

ZPRÁVY LESNICKÉHO VÝZKUMU

Reports of Forestry Research

SWAZEK 54

ČÍSLO 4/2009

Vydává Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., ISSN 0322-9688

Vedoucí redaktorka: M. Čížková DiS. Předseda ediční rady: Doc. RNDr. B. Lomský, CSc. Výkonná redaktorka: Mgr. E. Krupičková

Grafická úprava obálky a zlom: Tereza Janečková

Vychází čtvrtletně. Adresa redakce: Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., Strnady 136, 252 02 Jíloviště, tel. 257 892 222, 257 923 140, fax 257 921 444, e-mail: krupickova@vulhm.cz, http://www.vulhm.cz

Redakční rada Zpráv lesnického výzkumu

doc. Ing. Petr Zahradník, CSc. - předseda; doc. RNDr. Bohumír Lomský, CSc. - místopředseda; Ing. Jana Danysová (zástupce M. Čížková DiS.); RNDr. Jana Malá, CSc.; prom. biol. Zdeňka Procházková, DSc.; doc. RNDr. Marian Slodičák, CSc.; Ing. Vladislav Badalík; prof. Ing. Petr Kantor, CSc.; doc. Ing. Pavel Klč, Ph.D.; prof. Ing. Jiří Kulhavý, CSc.; prof. RNDr. Michal Marek, DrSc.; prof. Ing. Vilém Podrázský, CSc.; Ing. Miroslav Sloup; doc. Ing. Marek Turčáni, CSc.

Od roku 2009 je časopis zpracováván v Elsevier Bibliographic Databases.

OBSAH - CONTENT

ANTONÍN JURÁSEK - JAN LEUGNER

Dynamika růstu řízkovanců buku při umělé obnově lesa
Growth dynamics of beech cuttings in artificial forest regeneration

241

ONDŘEJ ŠPULÁK

Kvalita a kvantita přirozené obnovy buku ve vztahu ke světelným podmínkám mateřského porostu
Quality and quantity of the beech natural regeneration in relation to light conditions of the parent forest stand

248

VÁCLAV BURIÁNEK

Proměnlivost, ochrana genetických zdrojů a provenienční výzkum jasanu
Variability, genetic resources conservation and provenance research of ash

256

VÁCLAV BURIÁNEK

Problematika expanze jasanu v Českém krasu
Problems of ash expansion in Bohemian Karst

262

FRANTIŠEK ŠACH - VLADIMÍR ČERNOHOUS

Protierozní a meliorační účinky olše zelené
Soil conservative and ameliorative effects of *Alnus viridis*

267

LENA BEZDĚČKOVÁ - JANA ŘEZNÍČKOVÁ - ZDEŇKA PROCHÁZKOVÁ

Klíčivost stratifikovaných semen a vzházivost nestratifikovaných semen a plodů kaliny tušalaje, brslenu evropského a klokoče zpeřeného
Germination of stratified seeds and emergence of non-stratified seeds and fruits of *Viburnum lantana*, *Euonymus europaeus* and *Staphylea pinnata*

275

HANA VEJSADOVÁ - JANA ŠEDIVÁ - HELENA VLAŠÍNOVÁ - LADISLAV HAVEL - JOSEF MERTELÍK - KATEŘINA KLODOVÁ

Indukce organogeneze u jírovce maďalu (*Aesculus hippocastanum* L.)
Organogenesis induction in horse chestnut (*Aesculus hippocastanum* L.)

286

DAVID DUŠEK - MARIAN SLODIČÁK - JIŘÍ NOVÁK

Výchova smrkových porostů a tvorba horizontů nadložního humusu - Experiment Vrchmezi v Orlických horách
Thinning of Norway spruce stands and formation of forest-floor horizons in experiment Vrchmezi (Eastern Bohemia)

293

ONDŘEJ IVANEK - KAREL MATĚJKA - PETR NOVOTNÝ

Genetická struktura dvou částí porostu smrku ztepilého při horní hranici lesa na území KRNAP
Genetic structure of two parts of Norway spruce stand near the Alpine forest limit in the Krkonoše National Park

300

VÍT ŠRÁMEK - BOHUMÍR LOMSKÝ - RADEK NOVOTNÝ

Hodnocení obsahu a zásoby živin v lesních porostech - literární přehled
Content of nutrients in forest stands - review

307

LESNICKÉ AKTUALITY - CURRENT CONTENTS

- Poškození semenáčků smrku ztepilého mrazem a možnost jeho ovlivnění vhodnou přípravou půdy, technikou výsadby a výběrem místa pro výsadbu
Frost heaving of *Picea abies* seedlings as influenced by soil preparation, planting technique and location along gap-shelterwood gradients 316
- Odolnost kořenů a výhonků smrku ztepilého vůči mrazu po hnojení borem
Cold acclimation of Norway spruce roots and shoots after boron fertilization 316
- Časně krátkodobé ošetření semenáčků smrku ztepilého a jeho vliv na jejich mrazuvzdornost a rašení
Frost hardening and risk of a second flush in Norway spruce seedlings after an early-season short-day treatment 317
- Dodání živin má přechodný vliv na obsah dusíku a růst semenáčků smrku ztepilého
Nutrient loading has a transitory effect on the nitrogen status and growth of outplanted Norway spruce seedlings 317
- Oblastní logistika při energetickém zpracování dřeva - optimalizace místních zásob paliva
Regional energy wood logistics - optimizing local fuel supply 317

DYNAMIKA RŮSTU ŘÍZKOVANCŮ BUKU PŘI UMĚLÉ OBNOVĚ LESA

GROWTH DYNAMICS OF BEECH CUTTINGS IN ARTIFICIAL FOREST REGENERATION

ANTONÍN JURÁSEK - JAN LEUGNER

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., VS Opočno

ABSTRACT

The use of vegetative propagation is very important not only in breeding of forest tree species but also in artificial forest regeneration. It enables to introduce trees of high genetic quality into newly established forest stands. We prove the growth of beech cuttings in plantings in comparison to plantings of generative origin in our trials. Our results show that cuttings have a very good health state and their dynamic growth is comparable to the trees of generative origin.

Klíčová slova: buk, řízkovance, výsadby, dynamika růstu

Key words: beech, rooted cuttings, plantings, growth dynamic

ÚVOD

Z metod autovegetativního množení buku je jednodušším a ve školkařských provozech použitelným postupem řízkování z letních řízků. Tato technologie byla pro specifické podmínky lesních školek již podrobně rozpracována (JURÁSEK 2001). I když nelze předpokládat, že by autovegetativně množný sadební materiál buku výrazněji nahradil levnější klasické pěstování sadebního materiálu z osiva, přesto mají tyto výpěstky výraznou perspektivu použití. Metody autovegetativního množení mohou totiž zajistit rychlou reprodukci cenných populací dřevin se zárukou jejich genetické identity a mohou být plnohodnotným náhradním zdrojem pro obnovu lesa při nedostatku kvalitního osiva (JURÁSEK, HYNEK, NOVOTNÝ 1997). Potřeba vysoce kvalitního sadebního materiálu buku vystupuje do popředí i v souvislosti se současným trendem používání silnějších sazenic v nižších hektarových počtech, tedy s omezenou možností vyřazovat při pěstební výchově netvárné a geneticky nevhodné jedince.

Zakořeňování řízků je u listnáčů relativně dobře vyřešeno. Na rozdíl od jiných listnatých dřevin je praktické využití metody řízkování u buku omezeno problematickým přezimováním zakořeňovaných řízků přes první zimní období (SPETHMANN 1986, JURÁSEK 1990). K řešení těchto a následných problémů s řízkováním buku a pěstováním řízkovanců probíhala na pracovišti našeho řešitelského týmu řada experimentů, jejichž cílem bylo postupně řešit jednotlivé problémové aspekty zakořeňovací a pěstební technologie tak, abychom nejen zvýšili úspěšnost tohoto autovegetativního postupu, ale i s relativně nízkými náklady vypěstovali kvalitní výsadbyschopné řízkovance.

V současné době máme v rámci probíhajícího výzkumu k dispozici výsadby řízkovanců buku lesního (*Fagus sylvatica* L.), které byly postupně zakládány v lesních porostech od roku 1993. Z dostupných literárních pramenů je zřejmé, že svým rozsahem a dlouhodobostí sledování jsou tyto výsadby řízkovanců unikátní nejen v ČR, ale i v Evropě.

Cílem tohoto příspěvku je zhodnotit dynamiku růstu výsadeb řízkovanců buku v porovnání s výsadbami generativního původu a rozšířit tak poznatky o perspektivách použití autovegetativního množení dřevin pro obnovu lesa.

ROZBOR PROBLEMATIKY

Literárních poznatků s problematikou řízkování buku je relativně málo, citelně chybí zejména zahraniční literární informace ze současnosti. Zřejmým důvodem, proč je metodám autovegetativního množení u této dřeviny věnována podstatně menší pozornost, jsou problémy s dopěstováním řízkovanců. Z těchto důvodů není množení buku lesního řízkováním dosud provozně využíváno (CORNU et al. 1977, SPETHMANN 1982a, b, SCHACHLER et al. 1987a, JURÁSEK 1990, 2002).

Prakticky všechny dostupné literární prameny zabývající se problematikou množení buku lesního (*Fagus sylvatica* L.) řízkováním jsou pouze od specialistů z Evropy. Z amerických zdrojů jsou k dispozici pouze informace o zakořeňování řízků buku velkolistého *Fagus grandifolia* EHRH. (SIMPSON 2001, BARNES 2003). V jejich pracích jsou řešeny pouze základní otázky zakořeňování, jakými jsou odběr řízků, použití stimulatorů, mikroklima množáren apod. Autoři konstatují, že vážným problémem je přezimování zakořeňovaných řízků buku, proto je nutné v budoucnosti ověřovat postupy přezimování.

Metoda řízkování se prolíná se šlechtitelskými aspekty a slouží k reprodukci cenných populací dřevin (CHALUPA 1987, ŠINDELÁŘ 1987). S autovegetativním množením je nutně spojena práce s jednotlivými klony, což s sebou nese i určitá rizika. Jedná se především o nebezpečí zúžení genetického spektra druhu vytvořeného evolucí, čímž se může narušit schopnost přirozené autoregulace. Umělé autovegetativní postupy vytvořené syntetické populace lesních dřevin musí mít dostatečnou, geneticky podmíněnou, variabilitu. Tohoto

cile se v praxi dosahuje zastoupením dostatečného množství klonů v syntetické populaci a jejich proporcionálním podílem (ŠINDELÁŘ, FRÝDL 2004). Ve šlechtitelských programech se pracuje s klonovou směsí obvykle v rozsahu 100 – 2 000 klonů (KLEINSCHMIT, SVOLBA 1980). Při využití metody řízkování ve větších objemech lze předpokládat hromadný odběr řízků z velkého počtu semenáčků a sazenic a v následných cyklech z jejich vegetativně množeného potomstva, což představuje z genetického hlediska poněkud odlišný přístup. Při klasickém odebírání řízků z mladých stromů (klonové rozmnožování) je vytvářeno mnoho kopií z poměrně malého počtu genotypů a každý genotyp je používán odděleně, zatímco při hromadném, sériovém množení je vytvářeno poměrně málo kopií z mnoha genotypů vybraného oddílu. Při klonovém množení je možno vytěžit větší genetický zisk, je však zapotřebí rozsáhlejších a dlouhodobějších šlechtitelských programů. Naopak při hromadném rozmnožování kultur ve školce není genetický zisk tak velký, ale může být dosažen mnohem rychleji (RITCHIE 1997).

Absence konkrétních literárních poznatků je nejvýraznější na úseku sledování růstu řízkovanců buku po jejich výsadbě na trvalá lesní stanoviště. Informace o růstu řízkovanců buku po výsadbě na ŠLP MZLU v Brně uvádějí MAUER, PALÁTOVÁ (1996b, 2009). Komparací výsledků získaných při šetření vývoje kultury buku lesního založené řízkovanci a stejně vyspělými semenáčky generativního původu v 5. a 6. roce po výsadbě konstatují, že v žádném ze sledovaných parametrů (vývoje nadzemní části a kořenového systému) nebyl zjištěn signifikantní rozdíl v neprospěch řízkovanců. Řízkovance buku vytvořily celistvé rostliny, které zatím mají přinejmenším tak dobré předpoklady pro další vývoj a zajištění všech funkcí bukových porostů jako rostliny generativního původu. Velkou pozornost je třeba věnovat výsadbě řízkovanců, neboť mají pouze povrchové kořeny, které je třeba orientovat pozitivně geotropicky. Při nerespektování této zásady mohou vzniknout výrazně deformované kořenové systémy.

MATERIÁL A METODY

Řízkovance buku byly zakořeňovány a pěstovány ve školce v plastových sadbovačích technologiích „vzduchového polštáře“ tak, aby byly kosterní kořeny nasměrovány do pozitivně geotropického směru a zabránilo se vzniku deformací kořenů (JURÁSEK 1990, 2001). Výsadbyschopné řízkovance buku byly od roku 1992 postupně vysázeny na trvalé výzkumné plochy (dále TVP) v Krušných a Jizerských horách, v oblasti Krkonoš a Trutnovska. Na většině TVP bylo možné porovnávat růst řízkovanců buku se sadebním materiálem genera-

tivního původu. U některých výsadbách byl současně ověřován stimulační účinek při použití plastových chráničů sazenic, které současně stromky chrání proti poškození zvěří. Všechny výsadby řízkovanců a kontrolních výsadbách buku generativního původu nechráněné plastovými chrániči byly oploceny, preventivně byly používány i nátěry repelenty proti hlodavcům.

Vzhledem k velkému rozsahu výsadbách jsou v tomto příspěvku uváděny podrobněji pouze poznatky z TVP na Trutnovsku (ca 500 m n. m.) a TVP Nový Svět v Krkonoších (920 m n. m.), kde jsou pokusy nejrozsáhlejší a kde byly současně použity plastové chrániče sazenic. Dílčí výzkumné poznatky jsou uváděny i z dalších TVP v horské oblasti Krkonoš.

U výsadbách řízkovanců buku do lesních porostů byl sledován jejich zdravotní stav a fenologické projevy. Zjišťován byl rovněž vliv různé intenzity výživy ve školce na ujímavost, růst a zdravotní stav řízkovanců po výsadbě. Během vegetačního období byly odebírány vzorky listů k chemickým analýzám obsahu základních prvků. Růstové parametry řízkovanců buku byly měřeny na konci vegetačního období na reprezentativních vzorcích rostoucích jedinců.

Výsledky měření biometrických dat byly zpracovány běžnými matematicko-statistickými metodami, průkaznost rozdílů jsme testovali pomocí t-testu a v programu QC expert. Při grafickém zpracování byla průkaznost rozdílů vyjadřována pomocí intervalů spolehlivosti. Případné rozdílů v počtech hodnocených jedinců u variant pokusů v jednotlivých letech sledování vyplývaly z potřeby vyloučit z hodnocení jedince s nadzemními částmi výrazněji poškozenými zvěří nebo hlodavci.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Prakticky u všech sledovaných výsadbových pokusů na našich TVP byla prokázána velmi dobrá ujímavost řízkovanců buku s minimálními ztrátami. Jak je zřejmé z již publikovaných informací (JURÁSEK 2002, 2007), prakticky na všech pokusných plochách mortalita řízkovanců po dvou letech od výsadbě nepřevýšila 4 %. Této dobré ujímavosti řízkovanců na obnovních plochách jsme dosáhli v případě výsadbě starších, tj. 3 - 4letých sazenic. Publikovány byly již i informace o pozitivním účinku přihnojování řízkovanců ve školce na jejich následný zdravotní stav a růst po výsadbě (JURÁSEK 2007).

V tabulce 1 je uveden popis variant pokusů, při nichž byl průběžně sledován růst výsadbách řízkovanců buku a kontrolních výsadbách generativního původu na dvou TVP v podhorské a horské oblasti. Současně zde byl sledován i stimulační efekt plastových chráničů sazenic používaných jako prostředek individuální ochrany proti zvěří.

Tab. 1.

Popis variant experimentů s výsadbami buku vegetativního a generativního původu na TVP Trutnov (500 m n. m.) a TVP Nový Svět (920 m n. m.)
Description of treatments of vegetatively and generatively propagated beech plantings on research plot Trutnov (altitude 500 m) and Nový Svět (altitude 920 m)

Označení varianty/ Treatment	Popis varianty/ Description of treatment
A	sazenice generativního původu (1 + 2) v chráničích/generatively propagated plants (1 + 2) in tree shelters
B	sazenice generativního původu (1 + 2) volně v oplocence/generatively propagated plants (1 + 2) without shelters, fenced
C	řízkovance (rfk 1,5 + 2) v chráničích/cuttings (rfk 1,5 + 2) in tree shelters
D	řízkovance (rfk 1,5 + 2) volně v oplocence/cuttings (rfk 1,5 + 2) without shelters, fenced

Tab. 2.

Morfologické parametry výsadby buku generativního a vegetativního původu na TVP Trutnov - 500 m n. m. (popis variant viz tabulka 1)
Morphological features of beech plantings of vegetative and generative origin on research plot Trutnov - altitude 500 m (description of treatment see in Tab. 1)

Varianta/ Treatment		a) výška nadzemních částí/height							
		roky po výsadbě/years after planting							
		při výsadbě/ in the time of planting	2	3	4	5	6	7	8
A	x	37,6	70,7	94,5	113,4	133,8	153,9	168,8	197,0 a
	Sx	8,113	23,840	30,931	39,496	49,276	55,875	60,855	63,254
B	x	37,9	53,4	74,9	94,2	110,7	134,4	151,3	206,2 a
	Sx	8,208	16,583	24,675	33,552	37,842	38,881	41,271	54,466
C	x	28,2	55,7	79,3	95,8	120,2	138,4	157,4	201,8 a
	Sx	10,649	28,077	35,715	43,079	50,779	62,216	69,375	98,520
D	x	25,9	54,4	81,7	112,4	135,2	152,3	177,8	252,1 b
	Sx	12,854	22,936	26,964	33,167	37,520	42,183	48,761	43,428

Varianta/ Treatment		b) tloušťka kořenových krčků/root collar diameter							
		roky po výsadbě/years after planting							
		při výsadbě/ in the time of planting	2	3	4	5	6	7	8
A	x	6,7	8,7	9,7	11,6	14,6	16,5	22,1	30,1 a
	Sx	1,906	2,214	2,548	2,757	4,023	5,275	8,412	9,796
B	x	7,3	11,8	12,7	15,1	19,4	21,2	29,1	36,6 b
	Sx	1,834	2,407	2,827	3,937	4,943	6,570	6,899	8,998
C	x	5,4	6,7	7,9	9,1	10,8	13,4	18,2	25,3 a
	Sx	2,178	2,387	1,956	3,286	4,973	7,554	11,043	13,854
D	x	5,2	12,1	14,0	16,6	21,3	25,9	34,0	41,6 c
	Sx	1,899	3,058	3,717	4,963	6,374	7,264	7,546	9,555

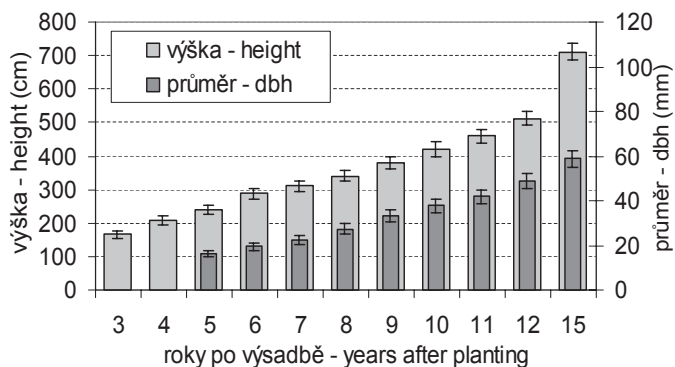
Různá písmena ve sloupci znamenají statisticky průkazné rozdíly (5% hladina významnosti)/
Different letters in a column indicate statistically significant differences (5% significance level)

Morfologické parametry výsadby buku generativního a vegetativního původu v osmileté řadě měření na TVP Trutnov (500 m n. m.) je uveden v tabulce 2. Z údajů je zřejmé, že dynamika růstu řízkovanců buku je velmi dobrá a srovnatelná s kontrolními sazenicemi generativního původu. Řízkovance rostoucí volně v oplocence (var. D) jsou dokonce po osmi letech sledování růstu průkazně vyšší než kontrolní sazenice. Pokud hodnotíme vliv plastových chráničů na výškový přírůst, jsou rozdíly u sazenic buku (var. A a B) neprůkazné, u řízkovanců buku jsou rozdíly průkazné v neprospěch plastových chráničů. Potvrzují se tak poznatky z literatury (STROBL, WAGNER 1996, KJELGREN et al. 1997) i výsledky našeho předchozího výzkumu (JURÁSEK 2008), že u výsadby buku na otevřených holinách může být pozitivní efekt plastových chráničů výrazně omezen poškozením opožděně vyžívajících letorostů mrazem, a tím i ztrátou na výškovém přírůstu.

V tabulce 2 je uvedena i časová řada měření tloušťkového přírůstu výsadby. I u tohoto parametru je přírůst řízkovanců plně srovnatelný se sazenicemi generativního původu. Při porovnání tloušťkového přírůstu výsadby v plastových chráničích a volně rostoucích

v oplocence jsou naměřené parametry průkazně vyšší u volně rostoucích jedinců a to jak u řízkovanců, tak i sazenic. Snížení tloušťkového přírůstu sadebního materiálu v chráničích je dočasným jevem kompenzovaným u většiny dřevin zvýšeným výškovým přírůstem, nepříznivý štihllostní koeficient se u jedinců vyrůstajících z chráničů relativně rychle pozitivně vyrovnává (SCHULTZ, THOMPSON 1996, STROBL, WAGNER 1996). I v případě tloušťkového přírůstu se u buku uvedeného v tabulce 2 potvrzují již publikované poznatky (KERR 1996, JURÁSEK 2008) o relativně nízké dynamice přírůstu buku v chráničích na radiačně exponovaných stanovištích.

Růst řízkovanců a sazenic buku v osmileté řadě měření v horské poloze (TVP Nový Svět, 920 m n. m.) je prezentován v tabulce 3. Dynamika růstu řízkovanců buku je i na této ploše velmi dobrá. Výška nadzemní části je po osmi letech růstu u řízkovanců statisticky průkazně vyšší než u kontrolních sazenic generativního původu, a to zejména u variant rostoucích volně v oplocence (srovnání variant B a D). U řízkovanců byly během časové řady měření zaznamenány i průkazně vyšší průměry krčků, tj. tloušťkového přírůstu.

**Obr. 1.**

Dynamika růstu výsadb řízkovanců buku při použití poloodrostků (TVP Trutnov)

Growth dynamics of plantings of beech cuttings established by large-sized plants

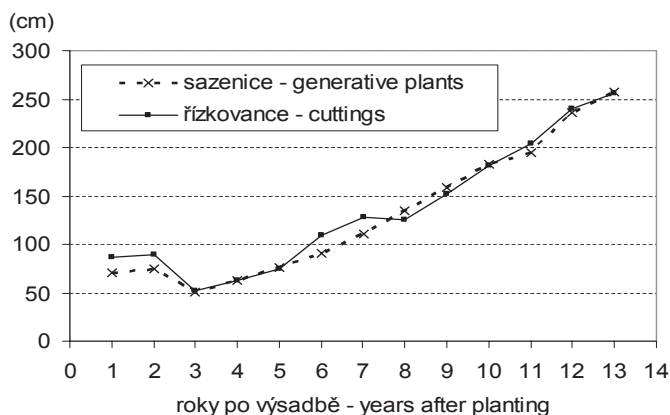
**Obr. 2.**

Pohled do korun řízkovanců buku (časně a pozdně rašící jedinci)
View into crowns of beech cuttings (early-flushing and late-flushing form)

Pokud hodnotíme vliv plastových chráničů na výškový růst, je zřejmé, že u řízkovanců (var. C) byl zaznamenán pozitivní (stimulační) efekt v prvních letech po výsadbě, v posledních dvou letech měření již více přirůstali jedinci volně rostoucí v oplocence (var. D) a rozdíly mezi těmito variantami jsou již v 8. roce měření neprůkazné. U sazenic buku generativního původu byl vyšší přírůst zjištěn u varianty v oplocence (var. B), i když rozdíly v porovnání se stromky v plastových chráničích (var. A) při posledním měření jsou neprůkazné. U tloušťkového přírůstu řízkovanců a sazenic buku v plastových chráničích a volně rostoucích v oplocence byly zjištěny obdobné trendy jako na TVP Trutnov (tab. 2), tj. průkazně vyšší tloušťkový přírůst u jedinců rostoucích volně v oplocence.

Z experimentů s řízkovanci buku na dalších výzkumných plochách mimo jiné vyplývá, že velmi dobře odrůstají výsadby, kde byl použit silnější sadební materiál až do velikosti poloodrostků. Potvrzují to např. údaje o růstu řízkovanců na TVP Trutnov uvedené na obrázku 1. Tyto výsadby dosahovaly v roce 2008 průměrné výšky 711 cm a průměrné výčetní tloušťky ca 6 cm. Stavbou koruny a kvalitou kmene jsou tyto jedinci vegetativního původu rovněž kvalitní (obr. 2) a opticky prakticky nerozeznatelní od stromů generativního původu.

Ve velmi dobrém zdravotním stavu jsou i starší výsadby poloodrostků řízkovanců buku na TVP Klínový potok v Krkonoších (1 070 m n. m.). Olistění, které jsme u těchto jedinců hodnotili, se v průměru pohybuje kolem 90 %, stejně jako u výsadb buku generativního původu, rostoucích na této ploše. Tyto naše nejstarší výsadby řízkovanců buku z roku 1992 vykazují i relativně dobrý růst. Je to patrné z obrázku 3, kde je v třináctileté růstové řadě porovnán růst řízkovanců a sazenic buku. V této nadmořské výšce je běžné, že letorosty buku jsou často poškozovány mrazem, kdy je terminální výhon nahrazován růstem nových prýtů ze spodní části kmínku. To vysvětluje i jinak nelogický propad průměrné výšky stromků v druhém až čtvrtém roce měření uvedený na obrázku. Z průběhu růstové řady je však zřejmé, že se řízkovance velmi dobře s tímto fenoménem vypořádaly a stabilní výškový přírůst i v této extrémní horské poloze obnovily. Výškový přírůst je prakticky stejný jako u jedinců generativního původu.

**Obr. 3.**

Růst řízkovanců a sazenic buku generativního původu v extrémních horských podmínkách (TVP Klínový potok, Krkonoše – 1 070 m n. m.)
Growth of cuttings and generatively propagated beech plants in extreme mountain conditions (research plot Klínový potok, Krkonoše Mts. - altitude 1,070 m)

Významným zjištěním je i to, že u řízkovanců buku v našich výsadbových pokusech jsme doposud nezaznamenali jakékoliv výraznější odchylky ve fenologických projevech a zdravotním stavu v porovnání s výsadbami buku generativního původu. Tyto poznatky, stejně jako výše uvedené informace o velmi dobré dyna-

mice růstu řízkovanců, jsou ve shodě s údaji, které uvádí MAUER a PALÁTOVÁ (2009). Tito autoři rovněž nezjistili při porovnání růstových parametrů v 6. roce po výsadbě žádné signifikantní rozdíly mezi řízkovanci a stejně vyspělými semenáčky generativního původu.

Tab. 3.

Morfologické parametry výsadeb buku generativního a vegetativního původu na TVP Nový Svět - 920 m n. m. (popis variant viz tabulka 1)
Morphological features of beech plantings of vegetative and generative origin on research plot Nový Svět - altitude 920 m (description of treatment see in Tab. 1)

Varianta/ Treatment		a) výška nadzemních částí/height						
		roky po výsadbě/years after planting						
		při výsadbě/ in the time of planting	2	3	4	5	7	8
A	x	29,06	51,8	64,0	73,4	86,3	109,0	158,7 a
	Sx	4,786	16,908	20,376	27,739	35,251	50,497	38,108
B	x	29,36	43,5	54,3	68,0	81,4	125,4	170,8 ab
	Sx	4,738	16,127	23,576	28,588	35,204	44,423	35,203
C	x	35,18	71,5	93,3	107,5	124,1	145,7	188,8 bc
	Sx	13,202	28,644	35,986	44,079	43,913	52,626	41,303
D	x	32,23	54,0	64,5	86,3	99,8	150,4	203,8 c
	Sx	10,404	18,977	25,502	33,284	39,591	54,723	54,355

Varianta/ Treatment		b) tloušťka kořenových krčků/root collar diameter						
		roky po výsadbě/years after planting						
		při výsadbě/ in the time of planting	2	3	4	5	7	8
A	x	5,4	8,2	8,5	9,3	10,9	12,4	14,8 a
	Sx	1,514	1,567	1,761	2,094	2,568	2,627	3,626
B	x	5,3	10,1	10,5	12,6	13,8	19,7	25,0 c
	Sx	1,518	3,045	3,162	3,631	4,564	6,081	5,103
C	x	7,1	10,0	11,0	11,3	12,6	17,5	21,4 b
	Sx	1,969	2,303	2,389	3,337	3,951	6,508	6,765
D	x	6,8	13,3	14,3	16,5	18,0	24,6	32,5 d
	Sx	2,144	3,389	2,882	3,729	5,650	7,065	8,347

Různá písmena ve sloupci znamenají statisticky průkazné rozdíly (5% hladina významnosti)/Different letters in a column indicate statistically significant differences (5% significance level)

ZÁVĚRY

- Výsadby řízkovanců buku, zakládané postupně od roku 1992 v různých stanovištních podmínkách podhorských a horských poloh, vykazují velmi dobrou ujímavost po výsadbě. Růstem, fenologickými projevy a zdravotním stavem jsou plně srovnatelné s výsadbami generativního původu.
- Ve výsadbových pokusech se při dlouhodobějších řadách měření potvrzuje opodstatněnost požadavku na použití silného sadebního materiálu (řízkovanců) pěstovaného ve školce ve tří až čtyřletém pěstebním cyklu.
- Ve venkovních výsadbách byla prokázána i velmi dobrá ujímavost a růst řízkovanců buku větších dimenzí – polodrostků.
- Stavbou koruny a kvalitou kmene jsou řízkovance buku při dodržení dostatečného zápoje rovněž kvalitní a opticky prakticky nerozeznatelné od jedinců generativního původu.
- Výsadby řízkovanců buku úspěšně odrůstají i na horní hranici možného použití buku, tj. nad 1 000 m n. m. Zdravotní stav a přírůst je i v těchto extrémních polohách srovnatelný s jedinci buku generativního původu.
- U řízkovanců buku ve výsadbách bylo opakovaně potvrzeno, že pozitivní stimulační efekt plastových chráničů sazenic na výškový přírůst nadzemní části se neprojevuje na otevřených plochách s celodenním osluněním. Dochází zde k neúměrnému prodloužení období růstu, a tím vzniká nebezpečí poškození mrazem u nevyzrálých letorostů s následnou ztrátou na přírůstu.
- Poznatky z výsadbových pokusů tedy potvrzují využitelnost výpěstků buku z vegetativního množení pro obnovu lesa.

V porovnání s produkcí sadebního materiálu z osiva je pěstování řízkovanců buku náročnější jak po technologické, tak i ekonomické stránce (citlivost na přezimování, nutnost použití fóliového krytu i v druhém roce pěstování). Metoda řízkování může být ale účelně používána jako šlechtitelský mezičlánek umožňující uchování cenných populací a klonů, kde se plně uplatní přednosti metod vegetativního množení. Tyto výpěstky potom mohou být velmi efektivně využívány pro výsadbu do lesních porostů. Relativně jednoduchá možnost přenosu a uchování vysoké genetické kvality umožňuje využití řízkovanců buku nejen pro zvýšení biodiverzity, ale i pro zvýšení stability nově zakládaných lesních porostů.

Poděkování:

Příspěvek vznikl v rámci řešení výzkumného záměru MZE č. 002070203 „Stabilizace funkcí lesa v antropogenně narušených a měnicích se podmínkách prostředí“.

LITERATURA

- BARNES H. W. 2003. Rooting potential of *Fagus grandifolia* cuttings. In: Combined proceedings. International Plant Propagators' Society, vol. 53.
- CORNU C. et al. 1977. Recherche des meilleures conditions d'enracinement des boutures herbacées de chêne rouvre (*Quercus petraea* /M./ LIEBL.) et hêtre (*Fagus sylvatica* L.). Annales des Sciences Forestières, 34: 1-16.
- CHALUPA V. 1987. Vegetativní rozmnožování listnatých dřevin řízkou a metodou *in vitro*. Lesnictví, 33: 501-510.
- JURÁSEK A. 1990. K některým aspektům autovegetativního množení buku řízkováním. Lesnictví, 36: 605-616.
- JURÁSEK A. 2001. Pěstební postupy pro získání výsadbyschopných řízkovanců buku a dubu. Lesnický průvodce, č. 1, 30 s.
- JURÁSEK A. 2002. Současné možnosti využití metody řízkování při pěstování sadebního materiálu smrku, buku a dubu. In: Využívání vegetativně namnoženého reprodukčního materiálu lesních dřevin. Sborník přednášek z celostátního semináře. Olešná, 28. – 29. 5. 2002. České Budějovice, INPROF: 11-17.
- JURÁSEK A. 2007. Possibilities of using rooted cuttings of European beech (*Fagus sylvatica* L.) for stabilisation of forest ecosystems. Journal of Forest Science, 53: 498-504.
- JURÁSEK A., BARTOŠ J., LEUGNER J., MARTINCOVÁ J. 2008. Metodika použití plastových chráničů sadebního materiálu lesních dřevin při umělé obnově lesa a zalesňování. [Manual for use of treeshelters in afforestation and reforestation.] Recenzovaná metodika. Lesnický průvodce, č. 6, 28 s. 08. ISBN 978-80-7417-002-7.
- JURÁSEK A., HÝNEK V., NOVOTNÝ P. 1994. Současný stav a koncepce záchrany genofondu, šlechtitelských programů a lesního školkařství v oblasti Sudet. [The present state and conception for protection of the gene pool preservation, forest tree breeding programs and forest nursery management in the Sudety region.] In: Paschalis P., Zajaczkowski S. (eds.): Protection of Forest Ecosystems. Selected problems of forestry in Sudety Mountains. Warszawa, Biuro GEF: 135-157. ISBN 83-86241-28-4.
- KERR G. 1996. The history, development and use of treeshelters in Britain. In: Brissette J. C. (ed.): Proceedings of the Tree Shelter Conference. June 20 - 22, 1995. Harrisburg, Pennsylvania. General Technical Report NE-221. Randor (USA), Northeastern Forest Experiment Station: 1-4.
- KJELGREN R., MONTAGUE D. T., RUPP L. A. 1997. Establishment in treeshelters II: Effect of shelter color on gas exchange and hardiness. HortScience, 32: 1284-1287.
- MAUER O., PALÁTOVÁ E. 1996. Vývoj řízkovanců buku lesního (*Fagus sylvatica* L.) po výsadbě do porostu. In: Perspektivy použití vegetativně množenoého sadebního materiálu v podmínkách lesního hospodářství. Sborník referátů z odborného semináře s mezinárodní účastí. Brno, 11. 12. 1996. Opočno, VÚLHM-VS: 71-77.
- MAUER O., PALÁTOVÁ E. 2009. Růst vegetativně množenoého sadebního materiálu lesních dřevin po výsadbě do porostů. In: Sušková M., Debnárová G. (eds.): Aktuálně problémy lesního školkařství, semenářství a umelej obnovy lesa 2009. Zborník příspěvků z mezinárodního seminára, ktorý sa konal 10. – 11. 6. 2009 v Liptovskom Jáne. Zvolen, Národné lesnícke centrum: 62-65. ISBN 978-80-8093-084-4 [CD-ROM].

- SCHULTZ R. C., THOMPSON J. R. 1996. Tree shelters for plantation establishment of bareroot red oak and black walnut in 5 midwestern states. In: Brisette J. C. (ed.): Proceedings of the Tree Shelter Conference. June 20 - 22, 1995, Harrisburg, Pennsylvania. General Technical Report NE - 221, Randor (USA), Northeastern Forest Experiment Station: 29-36.
- SIMPSON J. I. 2005. Vegetative propagation of American beech (*Fagus grandifolia*) [online]. The University of New Brunswick 2001 [cit. 15. srpna 2005]. Dostupné na internetu: <<http://digitalcommons.hil.unb.ca/dissertations/AAIMQ72509/>>.
- SPETHMANN W. 1982a. Stecklingsvermehrung von Laubbaumarten - Einfluß von Erntetermin, Substrat und Wuchsstoff. Deutsche Gartenbau, 36/2: 42-48.
- SPETHMANN W. 1982b. Stecklingsvermehrung von Laubbaumarten. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung, 153: 13-24.
- STROBL S., WAGNER R. G. 1996. Early results with translucent tree shelters in southern Ontario. In: Brisette J. C. (ed.): Proceedings of the Tree Shelter Conference. June 20 - 22, 1995, Harrisburg, Pennsylvania. General Technical Report NE - 221, Randor (USA), Northeastern Forest Experiment Station: 13-18.
- ŠINDELÁŘ J. 1987. Genetické a šlechtitelské aspekty záchrany genofondu ohrožených populací lesních dřevin vegetativním množením. Lesnictví, 33: 485-490.

GROWTH DYNAMICS OF BEECH CUTTINGS IN ARTIFICIAL FOREST REGENERATION

SUMMARY

Vegetatively propagated trees are essential for keeping high genetic quality of established forest stands. The simplest operationally usable method is growing plants from cuttings. The method of rooting half-matured annual shoots has been proved even in beech (JURÁSEK 2001). This paper assesses the growth of cuttings compared to plantings of generative origin. The growth of plantings established by vegetatively and generatively propagated plants has been compared on submontane (altitude of 500 m) and mountain (altitude of 920 m) research plots. Descriptions of treatments are shown in table 1. On both research plots, very good state of health and growth of cuttings was observed during 8-year monitoring period, comparable to generatively propagated trees.

At the same time we proved that plastic tree shelters have not any considerable positive effect on growth of beeches in open clear-cuts. Very good growth occurred also in plantings where cuttings were planted as strong transplants or large-sized plants. Results from research plot Trutnov prove these findings (Fig. 1). These plantings reached in 2008, i. e. 15 years after planting, average height of 711 cm. Vegetatively propagated beeches have good quality stem and crown form (Fig. 2) and virtually they are not distinguishable from trees of generative origin. Very good state of health occurred also in cuttings on extreme mountain locality at the altitude over 1,000 m. Also in these conditions the growth of cuttings is comparable to plantings of generative origin. Field experiments prove good usability of vegetatively propagated beech in reforestation.

Recenzováno

ADRESA AUTORA/CORRESPONDING AUTHOR:

Doc. Ing. Antonín Jurásek, CSc., Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., VS Opočno
Na Olivě 550, 517 73 Opočno, Česká republika
tel.: 494 668 391-2; e-mail: jurasek@vulhmop.cz

KVALITA A KVANTITA PŘIROZENÉ OBNOVY BUKU VE VZTAHU KE SVĚTELNÝM PODMÍNKÁM MATEŘSKÉHO POROSTU

QUALITY AND QUANTITY OF THE BEECH NATURAL REGENERATION IN RELATION TO LIGHT CONDITIONS OF THE PARENT FOREST STAND

ONDŘEJ ŠPULÁK

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., VS Opočno

ABSTRACT

Research focused on quality and quantity of beech seedlings was conducted on the research plot near upper limit of the beech occurrence in the Krkonoše Mts. (1,070 m a. s. l.). In 2006, light conditions by method of fish-eye crown hemispherical photography were analyzed in the regular network. At the same positions, number of seedlings, their height and height increments were measured in the area of 1 square meter. One to three average sample seedlings (with roots) was removed from each position. Samples were analyzed in accordance with extended methodology of planting stock proving (Czech technical standard ČSN 48 2115). Relations between light characteristics and parameters of natural regeneration of beech are discussed; morphological parameters of sample trees are described. Potential of beech seedlings to be lifted and used for artificial regeneration is summarized.

Klíčová slova: buk lesní, horský smrkobukový porost, přirozená obnova, hemisférická fotografie, světlo, růstové parametry, deformace
Key words: European beech, mountain beech with spruce forest stand, natural regeneration, hemispherical photography, light, growth parameters, deformation

ÚVOD

Buk lesní patří podle legislativy mezi meliorační a zpevňující dřeviny a cílem lesního hospodářství je navýšit jeho zastoupení v dřevinné skladbě. Semenné roky buku se objevují nepravidelně, většinou v intervalech 5 až 15 let (ŠINDELÁŘ 1993). Klíčení a odrůstání semenáčků je závislé na konkrétních podmínkách mikrostanoviště – množství a kvalitě světla, formě humusu, konkurenci ostatních dřevin, buňeně apod. (EMBORG 1998, TOPOLIANTZ, PONGE 2000, ŠPULÁK 2008). Bukové semenáčky pozitivně reagují na základní růstové faktory, jako jsou vlhkost a živinové zásobení půdy a intenzita světla (MADSEN 1995, MADSEN, LARSEN 1997). Tam, kde tomu odpovídají světelné podmínky, je buk schopen vytvářet banku semenáčků (SWAGRZYK et al. 2001), i když přežívání semen buku ve formě půdní semenné banky je velice zřídka.

Jedním z nejdůležitějších faktorů ovlivňujících přirozenou obnovu je přístup světla, jeho charakter, trvání a intenzita (AGESTAM et al. 2003). Buk je dřevina snázející dobře zástin, zvláště v mládí ji tato vlastnost činí konkurenceschopnou s řadou dalších dřevin (OTTO 1994). Přímé záření významně ovlivňuje teplotu a vlhkost půdy. Celkové záření v dospělých porostech výrazně prostorově i časově kolísá. Je to dáno relativně vysokým podílem přímého záření prostupujícího mezerami v porostním zápoji (BRUNNER 1994). Podle velikosti mezery může podíl přímého záření dosahovat až hodnot volné plochy (SAGHEB-TALEBI 1996). Množství a kvalita světla kolísá podle polohy v porostní mezeře, semenáčky jsou také závislé na expozici, sklonu svahu, výšce porostu, morfologii terénu apod.

Obecné podmínky průniku světla na stanoviště lze zjistit pomocí tzv. hemisférické fotografie porostního zápoje. Je to technika pro zachycení stavu zápoje prostřednictvím fotografií snímaných extrémně širokoúhlými objektivy, zvanými rybí oko - fisheye (RICH 1990). Optický úhel takového objektivu se typicky blíží nebo rovná 180°, je tedy široce uplatnitelný v zachycení hemisférických prostorů na dvoudimenzionální (FRAZER et al. 1997).

Prostorové rozmístění mezer v zápoji zachycené metodou hemisférické fotografie umožňuje odhad potenciálního slunečního záření pronikajícího na zemský povrch v průběhu definovaného období a výpočet dalších parametrů. Klíčovými údaji pro výpočty jsou orientace snímku, souřadnice lokality a charakteristika vegetační sezony (FRAZER et al. 1999). Ve studii v jehličnatém porostu byla zjištěna těsná souvislost mezi prostupností (transmissivity) měřenou pyranometrií a stanovenou na základě vyhodnocení hemisférické fotografie programem Gap Light Analyser – GLA (HARDY et al. 2004). Také parametry podíl mezer (gap fraction) a podíl světla mezer (gap light index) vypočítané programem GLA silně korelovaly se součinitelem prostupnosti světla zápojem (canopy light transmittance) měřenou fotodiodami (EASTER, SPIES 1994, BATTAGLIA et al. 2003).

Kvalita přirozené obnovy je dána parametry prostředí; řada vitálních jedinců z přirozené obnovy v některých parametrech neodpovídá standardům kvality pro výsadby schopný sadební materiál uvedený v ČSN 48 2115 Sadební materiál lesních dřevin. Důležitými se kvalitativní znaky jedinců buku z přirozené obnovy stávají nejen pro jejich další úspěšný růst na původním stanovišti, ale jsou i důležitým kritériem z hlediska lesního hospodáře pro potenciální vyzvedávání náletu za účelem dopěstování výsadby schopného

sadebního materiálu a jeho následnou výsadbu. Tento postup může zajistit chybějící reprodukční materiál místního původu vhodný pro vnášení buku v rámci podsadeb či vylepšování.

Cílem příspěvku je vyhodnotit vztah světla hodnoceného metodou hemisférické fotografie k parametrům přirozené obnovy při horní hranici rozšíření buku v modelové horské oblasti Krkonoš a posoudit jakostní znaky semenáčků z hlediska možnosti vyzvedávání a použití pro umělou obnovu v jiných porostech.

METODIKA

Výzkum zaměřený na hodnocení množství a kvality přirozené obnovy buku byl prováděn na výzkumné ploše Nad Benzinou 1 v Krkonoších. Plocha o velikosti 0,25 ha, nacházející se v nadmořské výšce 1 070 m (SZ svah o sklonu 27 %, 7K) byla založena v roce 1980 v 121letém (podle LHP) smrkobukovém porostu a spadá do série ploch zaměřených na sledování zdravotního stavu a vývoje porostů pod vlivem imisí (VACEK 1985, 1989). Na lokalitě se nacházejí nejvýše položené bukové porosty v Krkonoších, potažmo v České republice.

V roce 2005 bylo zopakováno vstupní měření porostu (stromová výška, výška nasazení koruny, tloušťka v prsní výšce a rozměry koruny) a výsledky publikovány (ŠPULÁK et al. 2007). Struktura porostu byla zpracována programem Silva Calc 2.0. V létě 2006 bylo v pravidelné síti 5 x 5 metrů (obr. 1a) provedeno zachycení světelných poměrů metodou hemisférické fotografie. V každém bodě ve výšce 1 m nad zemí byly vyfotografovány nejméně 2 snímky s mírně rozdílnou expozicí (fotoaparát Olympus C-750, Soligor Super Wide Fish Eye Lens 0.25 x). Hemisférické fotografie, minimálně dva snímky z každého bodu, byly vyhodnoceny programem Gap Light Analyser (verze 2.0, FRAZER et al. 1999). Celkem bylo vyhodnoceno 270 snímků. Pro kontrolu zpracování byly srovnávány parametry otevřenosti zápoje (Canopy Openness) mezi snímky ze stejného bodu: jestliže jejich rozdíl přesáhl 4 %, bylo vyhodnocení zopakováno. Výpočty byly zpracovány pro 16 azimutálních úhlů a 5 vertikálních okruhů.

Ve čtvercích 1 x 1 m se středem v každé měřicí pozici, přičemž hrany čtverců byly rovnoběžné s hranicemi výzkumné plochy, byl spočítán počet semenáčků a náhodně změřeno minimálně 8 zhruba průměrných jedinců (jako hodnocené veličiny byla zvolena výška a poslední 2 přírůsty). Celkem bylo změřeno 1 550 semenáčků. Následně byly ze středu každé plošky odebrány jeden až tři vzorníky buku včetně kořenového systému (celkem 85 analyzovaných vzorníků). Vzorníky byly analyzovány v akreditované Zkušební laboratoři školkařské kontroly ve VS Opočno podle rozšířené metodiky hodnocení sadebního materiálu. Zjišťovanými parametry byla výška, poslední přírůst, délka kořene, tloušťka kořenového krčku, objem a sušina nadzemní části, silných a jemných kořenů, sušina listů a deformace kořenů i nadzemní části. Byl zjišťován také věk semenáčků počítáním letokruhů na kořenovém krčku.

Grafické znázornění výpočtů bylo zpracováno pomocí programu GNUplot (verze 4.0). V průběhu zpracování byly hledány korelace mezi parametry přirozené obnovy a světelnou situací; korelace byly zpracovány v programu Excel.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Bukosmrkový porost na výzkumné ploše měl v roce 2005 hustotu 324 jedinců na hektar, podíl buků a smrků byl prakticky vyrovnaný. Průměrná tloušťka dosahovala 39,7 cm, výška 23,3 m, celková plocha korun byla 6 747 m².ha⁻¹ (obr. 1a) a výčetní kruhová základna porostu 42,5 m².ha⁻¹ (ŠPULÁK et al. 2007).

Na měřených čtvercích bylo celkem nalezeno 4 652 víceletých a 14 jednoletých semenáčků buku, 153 starších semenáčků smrku a 6 jedinců jeřábu. Průměrná hustota přirozené obnovy se tedy pohybovala kolem 465 tis. semenáčků buku a 15 tis. smrku na hektar. Variabilita hustoty však byla značná – počet bukových semenáčků na čtvercích kolísal od 0 (v 5 případech) po 204 na m², u smrku od 0 (49 případů) po 23 na m². Přestože smrk má v mateřském porostu srovnatelné zastoupení s bukem, jeho podíl v přirozené obnově je minimální. A to i přesto, že je považován v mládí za srovnatelně tolerantní k zastínění jako buk (např. OTTO 1994). Vliv na redukovaný výskyt smrku v následném porostu může mít jen postupně regenerující zhoršený zdravotní stav korun smrku, který více než buk trpěl v dobách zvýšené imisní zátěže (BURIÁNEK et al. 2004), a jeho dopad na snížení produkce semen a jejich klíčivost. V řadě evropských prací je v posledních letech popisována i tzv. invaze buku – schopnost buku v současné době přirozenou obnovou násobně předčít ostatní dřeviny smíšených porostů (např. STERBA, EKMÜLLNER 2008).

Průměrná výška bukové obnovy na ploše byla 23,1 cm (koeficient spolehlivosti - confidence 0,95), průměr na jednotlivých ploškách se pohyboval mezi 5,8 a 78,7 cm. Výška smrku dosahovala průměrně 16,0 cm (1,59) a kolísala mezi ploškami od 3,0 do 35,0 cm. Průměrný přírůst v roce 2006 u buku byl 3,4 cm (0,18), u smrku 2,7 cm (0,38).

Počty bukových semenáčků relativně dobře odpovídají rozložení korun mateřského porostu (obr. 1e). Polohy pod skupinkami smrku tihnou k minimálním počtům, zatímco pod bukovými skupinami se vyskytují počty vyšší. Na výskyt, klíčení a přežívání semenáčků však kromě vzdálenosti od mateřského stromu má vliv mnoho dalších faktorů: konkrétní plodivost stromu, působení hlodavců, kvalita půdy, světelné poměry (TOPOLIANTZ, PONGE 2000). Vzhledem k tomu, že se výzkumná plocha nachází na mírném svahu, může pohyb sněhu a jarní tání ovlivňovat přenos (odnos) semen po svahu a akumulaci v terénních depresích a u terénních překážek (padlé kmeny). Takový odnos je patrný např. v pravé horní části výzkumné plochy (okolí bodu c9 – obr. 1e), kde úklon svahu na JV umožňuje splavení semen mimo plochu. Maximální počty semenáčků smrku byly soustředěny opět pod skupinu smrků na J plochy (ojediněle až 23 na m² v poloze g8), další výskyt byl velice sporadický, roztroušeně po ploše.

S polohou mezer v porostním zápoji korespondují místa s nejvyššími průměrnými výškami semenáčků buku (obr. 1f). Vztah absolutního i relativního průměrného přírůstu k polohám korun mateřského porostu je více méně nezávislý (obr. 1g). Také u smrkových semenáčků lze pozorovat vyšší průměrné výšky pod mezerami v porostním zápoji.

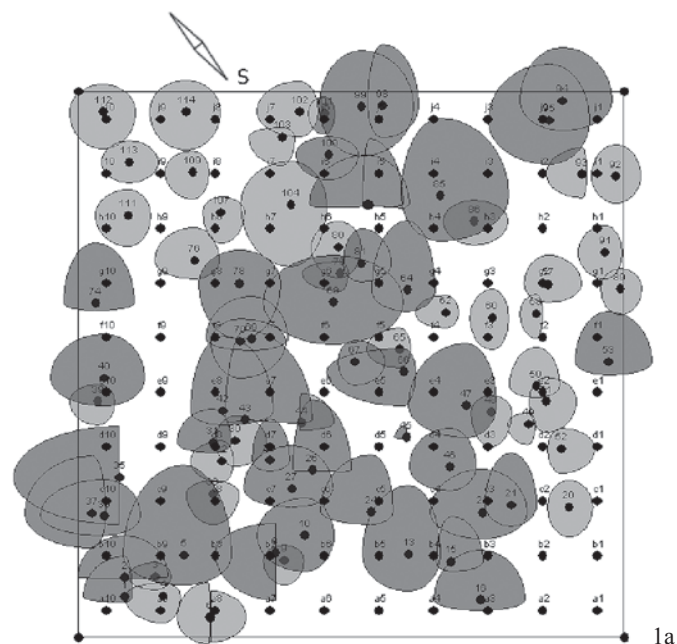
Na základě analýzy světelných poměrů bylo zjištěno, že se podíl otevřenosti zápoje (parametr Canopy Openness) na ploše, resp. na měřených bodech pohyboval mezi 7,5 a 26,2 % s nejčastějším rozmezím 14 až 16 %. Tento minimální rozptyl pouze velice omezeně vysvětloval variabilitu charakteristik přirozené obnovy buku (obr. 2). Byl zachycen pozitivní vztah průměrné výšky i průměrného přírůstu k otevřenosti zápoje. Výrazněji byl naznačen pokles

maximálního počtu semenáčků na jednotku plochy se zvyšující se otevřeností zápoje. Také MODRÝ et al. (2004) zjistil negativní vztah mezi otevřeností zápoje a průměrnou hustotou přirozené obnovy listnatých semenáčků. Jím prezentovaný graf má obdobný průběh a shodně nízký koeficient spolehlivosti. Důvod spatřuje ve zvyšující se konkurenci ostatní vegetace se zvyšující se ozářeností místa. Podíl buřeně na výzkumné ploše Nad Benzinou 1 však byl relativně malý a třtina křovištní (*Calamagrostis villosa* (CHAIX) J. F. GMELIN), jako nejvyšší konkurent ze zastoupených druhů, se vyskytovala převážně jen na nejvíce otevřeném a pravděpodobně i vlhčím místě v širším okolí bodu f9 (viz obr. 1a). K rozrůstání třtiny na tomto místě však nejspíš došlo až po nasazení a částečné stabilizaci semenáčků buku, jak vyplývá z jeho relativně vysokého počtu o průměrné výšce 77 cm. MADSEN a LARSEN (1997) zjistili pozitivní korelaci mezi otevřením zápoje a rozkolísáním výškového přírůstu. Porovnání zápoje a směrodatné odchylky absolutního přírůstu v předkládané studii takový vztah naznačuje (obr. 2), v případě relativního přírůstu se však neprojevil.

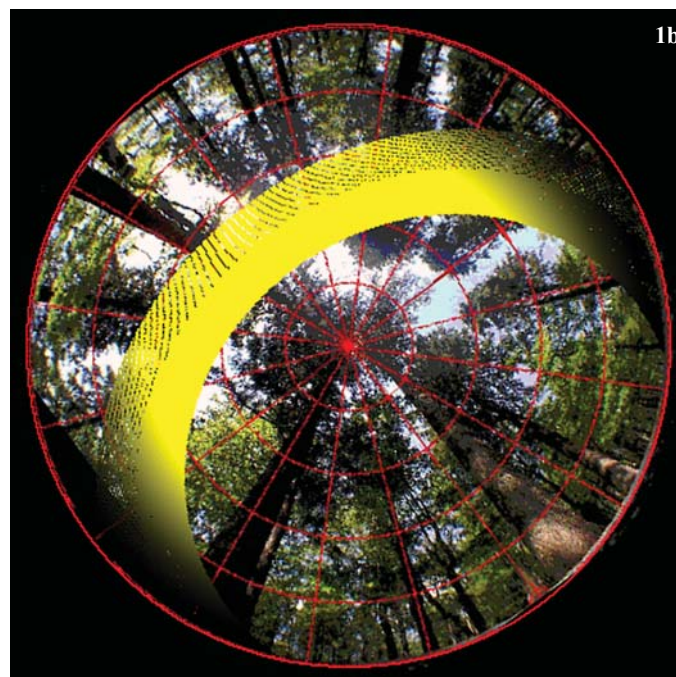
K rozličným závěrům ohledně průměrné výšky ve vztahu ke světlu s ohledem na půdní typ dospěl MODRÝ et al. (2004). Zatímco na ploše s rendzinou byl vztah výšek k otevřenosti zápoje pozitivní, plocha s kambizemí nevykazovala žádný trend. Relativně těsný pozitivní vztah mezi ročním výškovým přírůstem přirozené obnovy buku a relativní intenzitou světla pak popisují COLLET et al. (2001). V jejich studii však bylo sledované rozpětí intenzity světla více jak 50 % pouze v 7 stanovištních poměrech s relativně rovnoměrně rozloženými intenzitami. Podle PETERSE (1997) k nejlepší stabilizaci bukového náletu dochází při stínění 50% porostním zápojem. Konstatuje, že při zápoji více jak 75 % dochází k redukci výškového přírůstu, k přežívání však může docházet i v relativně temných porostních poměrech. SANIGA (1994) popisuje experiment ve středních polohách na Slovensku, při kterém došel k závěru, že stupeň clonění menší než 85 % vytváří předpoklad pro zabezpečení obnovy i při nezměněné cloně do 10 let.

Srovnáním vztahů modelem vypočítaných parametrů záření prostupujícího do porostu (difuzní, přímé, celkové) s parametry obnovy buku bylo zjištěno, že nejužší vztah k průměrné výšce, průměrnému přírůstu v roce 2006 (pozitivní), směrodatné odchylce přírůstu i k celkovému počtu semenáčků (negativní) má difuzní záření. Přesto koeficient spolehlivosti sledovaných vztahů byl nízký (max. $R^2 = 0,152$). Bližší souvislost mezi růstem a difuzním zářením popisují také ISHIDA a PETERS (1998). KOIKE (1991 in ISHIDA, PETERS 1998) vyslovuje názor, že difuzní záření má bližší vztah k odezvě v parametrech přirozené obnovy proto, že je indikátorem ustálené úrovně záření, které je k dispozici stále. Naproti tomu přímé a celkové záření zahrnují také tu část záření, kterou stromy nejsou schopny využít, protože je příliš intenzivní a na které reagují fotoinhibičně (např. EINHORN et al. 2004). Výsoce průkazný pozitivní vztah poměru difuzního záření k záření na volné ploše (Diffuse Site Factor, DSF), vypočítaného analýzou hemisférické fotografie, a celkové výšky a výškového přírůstu bukových podsadeb do smrkového porostu popisuje GRALLA et al. (1997). Zpracoval sedm výzkumných ploch s rozmezím parametru DSF 1 až 40 %, což je opět výrazně vyšší rozmezí a nižší počet hodnocení než v předkládané studii, a mohlo to mít vliv na lepší vyhodnotitelnost.

Výraznější korelace otevřenosti zápoje (ale i prostupujícího difuzního záření) a sledovaných parametrů obnovy nebylo dosaženo ani při posuzování jednotlivých sektorů oblohy podle světových stran (S, J, V, Z i SV, JV, JZ, SZ). Nejvyšší korelace s parametry



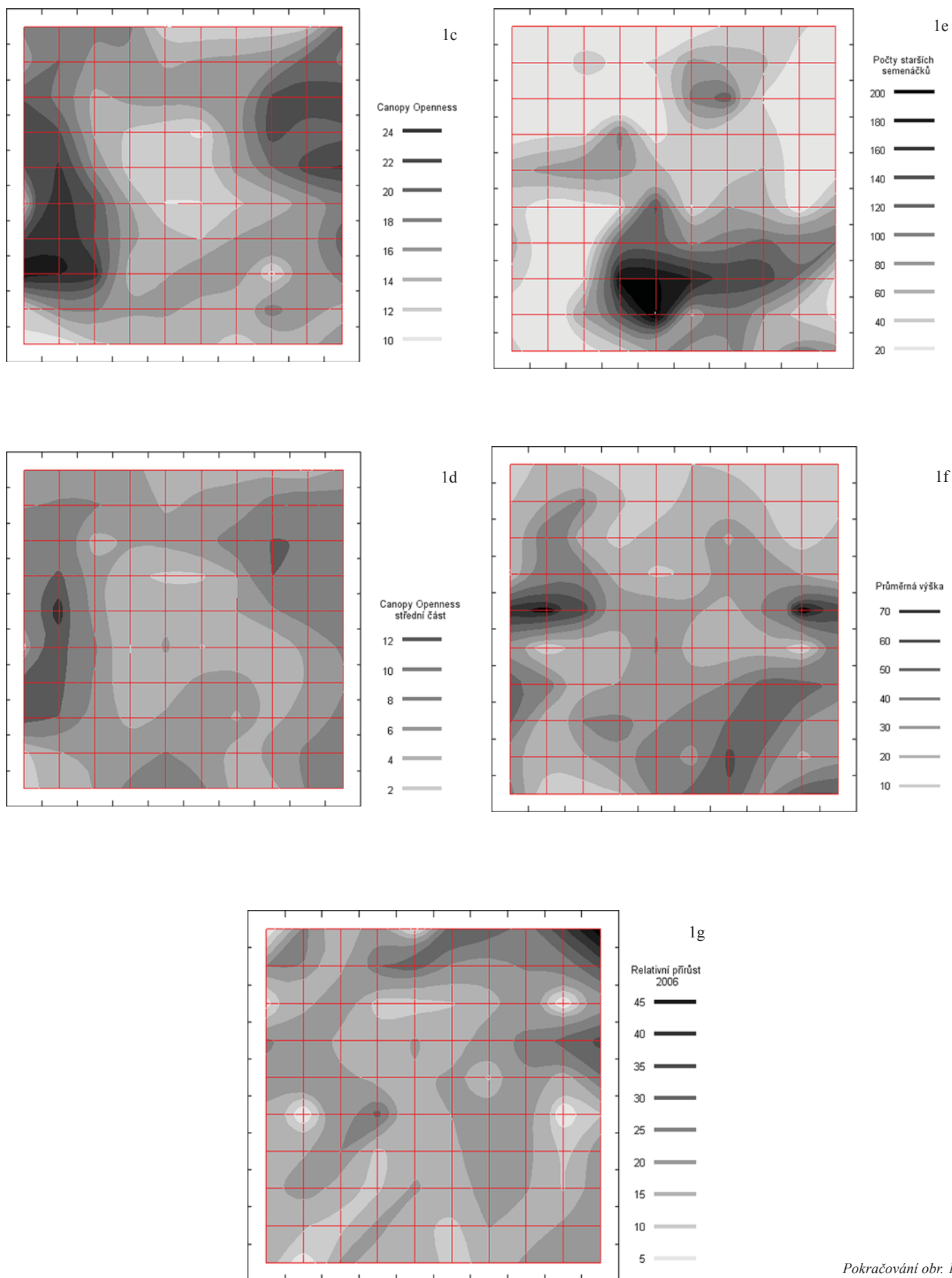
1a



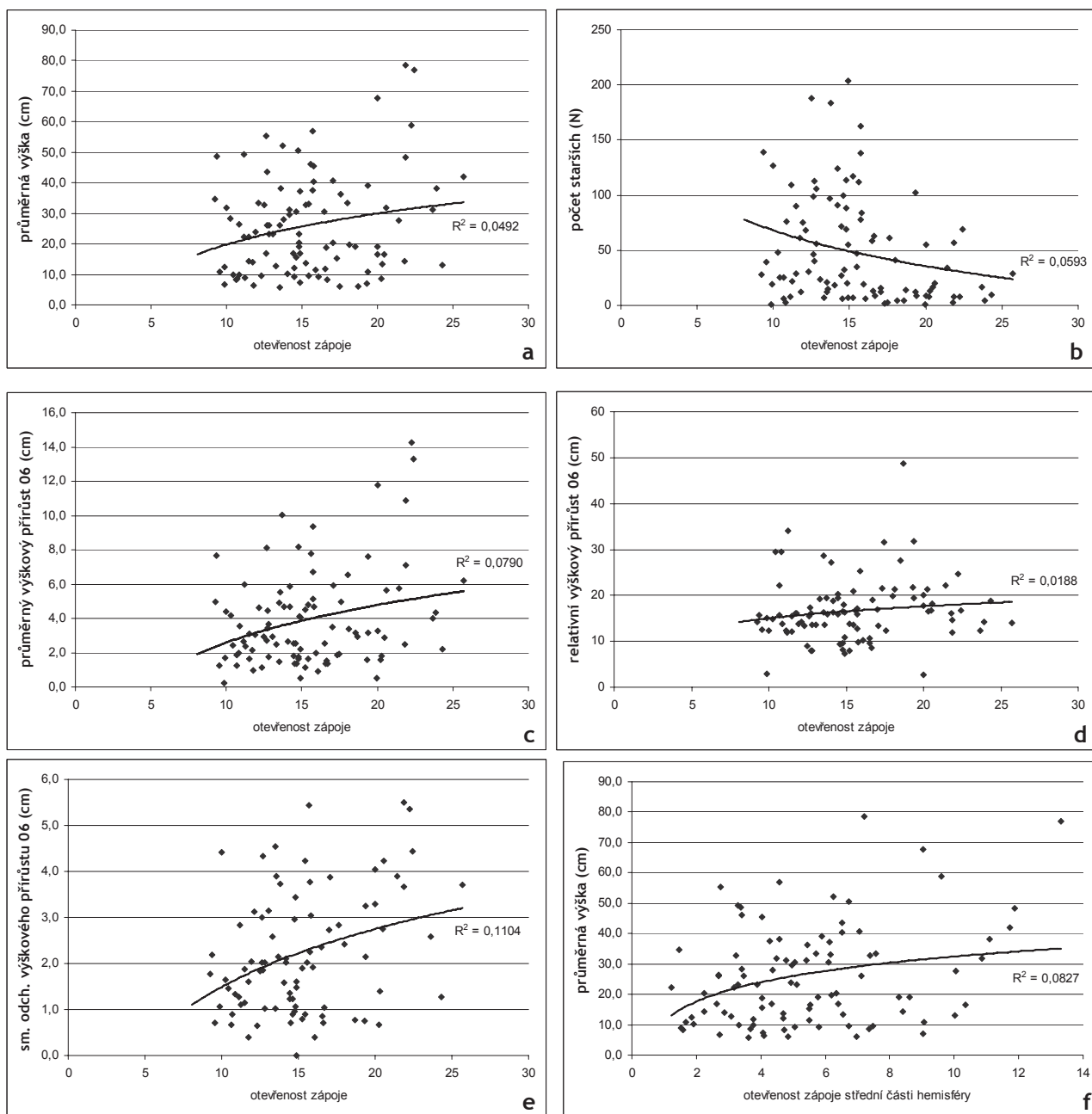
1b

Obr. 1.

Korunové projekce buku (tmavě šedá) a smrku (světle šedá) na výzkumné ploše v roce 2006 a pozice bodů zájmu (a), cesta pohybu Slunce (sunpath) na lokalitě za vegetační dobu (b), hypsogram otevřenosti zápoje celé hemisféry - % (c) a střední části korunového prostoru – více než 63 vertikálních stupňů - % (d), hypsogram počtu (e), průměrných výšek – cm (f) a průměrných relativních výškových přírůstů - % (g) starších bukových semenáčků na výzkumné ploše
Crown projection of beech (dark grey) and spruce (light grey) on the research plot in 2006 with positions of interest (a); sunpath of vegetation period (b); hypsogram of the canopy openness of the crown hemisphere - % (c) and central part of the crown hemisphere (more than 63° of zenith – d); hypsogram of the number (e), mean height – cm (f) and mean relative height increments – cm (g) of older beech seedlings on the research plot



Pokračování obr. 1

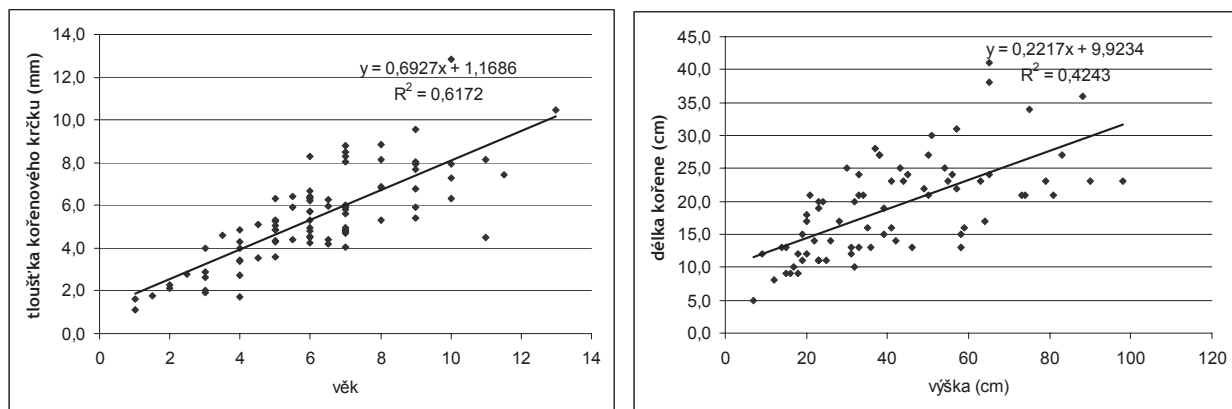


Obr. 2.

Vztahy mezi celkovou otevřeností zápoje (Canopy Openness) a průměrnou výškou bukových semenáčků (a), počty starších semenáčků (b), průměrným absolutním (c) a relativním (d) výškovým přírůstem v roce 2006 a směrodatnou odchylkou výškového přírůstu v roce 2006 (e) na měřicích ploškách a vztah průměrné výšky k otevřenosti zápoje střední části hemisféry (nad 63 vertikálních stupňů – f) Relations of Canopy Openness (CO) and mean height of beech seedlings (a), number of older seedlings (b), absolute (c) and relative (d) height increment in 2006 and standard deviation of height increment in 2006 (e) on the research spots; relation of the mean height of the seedlings and CO of the central part of the crown hemisphere (more than 63° – f)

obnovy byla nalezena mezi otevřeností zápoje pouze pro střední část hemisféry (nad 63 vertikálních stupňů) – obr. 2f. Z toho vyplývá, že, minimálně v takto stinných poměrech, přirozenou obnovu ovlivňuje nejvíce centrální část oblohy nad ní, resp. pravděpodobně prostor zenitu, kterým prochází přímé záření (obr. 1b). I přesto je rozpětí otevřenosti zápoje 20 % pro výraznější korelaci s parametry odrůstání přirozené obnovy buku velice omezené.

Průměrná výška analyzovaných vzorků semenáčků buku (40,5 cm) byla vyšší než průměrná výška všech měřených semenáčků buku na ploše, průměrný přírůst činil 6,5 cm. Bylo to způsobeno přednostním výběrem jedinců „vysadbyšopných rozměrů“ (nejvyšší vzorek měl 98 cm). Průměrný věk vzorků buku byl 6 let, rozpětí se pohybovalo mezi 1 a 13 roky. Vzhledem k jinak náhodnému výběru lze předpokládat, že toto rozpětí reprezentuje celou



Obr. 3.

Vztah věku a tloušťky kořenového krčku (a) a výšky a délky kořene (b) u vzorníků přirozené obnovy buku
Relation of age and root collar diameter (a) and height and length of root (b) of beech seedlings

výzkumnou plochu. Podle předpokladu byla korelace výšky s věkem minimální ($R^2 = 0,550$), o něco bližší byla souvislost s tloušťkou kořenového krčku (obr. 3a). Vztah mezi výškou semenáčku a délkou hlavního kořene byl velice volný (obr. 3b). U 9 % semenáčků došlo při vyzvedávání k přetržení křivého kořene, z nich polovina měla na vyzvednuté části křivého kořene zjištěnou deformaci. Sušina listů neměla žádný vztah k absolutnímu či relativnímu výškovému přírůstu, což nepřímo potvrzuje konkrétní adaptaci fyziologické aktivity asimilačního aparátu na konkrétní světelné poměry stanoviště (např. TOGNETTI et al. 1997).

Z hlediska kvality požadované pro výsadbyschopný sadební materiál (norma ČSN 48 2115) lze konstatovat, že u některých parametrů vyzvednuté semenáčky splňovaly daná kritéria pouze částečně. U 15,3 % byla popsána deformace nadzemní části (zmnožení terminálu, ojediněle zlomený terminál) a u 3,5 % poškození kmínku. Četnost dvojáků a trojáků byla obdobná. Nebyl nalezen žádný vztah mezi deformacemi nadzemní a podzemní části semenáčků. U semenáčků ve výškové kategorii 26 - 35 cm měla čtvrtina hodnocených jedinců podíl objemu jemných kořenů k objemu celého kořenového systému nižší, než stanovují standardy podle ČSN 48 2115 (10 %). Norma pravděpodobně pro tuto kategorii semenáčků počítá raději s vyšším podílem jemných kořenů tak, aby byla lépe zajištěna jejich výživa po výsadbě. U semenáčků vyšších než 35 cm už tento poměr většinou přesahoval minimální hodnotu udávanou v normě (5 %) několikanásobně. Semenáčky nad 26 cm výšky (srovnatelné se standardními semenáčky) také vesměs měly normě odpovídající tloušťku kořenového krčku (více jak 4, resp. 5 mm). Vzorníky vykazovaly ve všech případech větší objem kořenového systému oproti objemu nadzemní části, než je minimálně přípustný pro srovnatelný sadební materiál.

Podle kritérií ČSN 48 2115 Sadební materiál lesních dřevin se u 36,5 % semenáčků vyskytovala deformace kořenového systému (nepřiběžnost osy, odchylky směru růstu, zvlnění). Oproti sadebnímu materiálu pěstovanému ve školkách však nelze menší deformace u semenáčků z přirozeného zmlazení považovat vždy za nedostatek vedoucí k vysoké pravděpodobnosti snížené vitality či nestability jedince. Tvar kořenového systému je dán sklonem svahu, kamenitostí a pohybem sněhové vrstvy v průběhu zimního období a v zásadě ho můžeme chápat jako růstovou adaptaci na konkrétní mikrostanoviště.

Díky relativně vysoké pomístní hustotě přirozené obnovy pak lze předpokládat včasné prosazení jedinců s vyvinutějšími kořeny. Například NÖRR (2003) sledoval deformace kořenů přirozené obnovy hlavních listnáčů (buk, dub, javor a jasan) v Bavorsku. Zjistil deformace kořenů u 21 % jedinců z přirozeného zmlazení (v porovnání se 70 % výskytu deformací u jedinců vysazených). MAUER a PALÁTOVÁ (1996) popisují značný podíl kořenových deformací také u smrku z přirozené obnovy.

Deformace nadzemní části lze, podobně jako výskyt vícečetných vrcholů, úspěšně redukovat v rámci prvních výchovných zásahů. Problém tvaru kořenů se však stává klíčovým v případě využití náletu jako materiálu pro výsadby do okolních porostů. V tomto případě je třeba, aby, pro zajištění kvality výsadeb, jedinci vykazovali základní znaky odpovídající standardům ČSN 48 2115. Po vyzvednutí, případně po krátkodobém dopěstování je tento sadební materiál vysazován na rozličná mikrostanoviště. Při dodržení technologie výsadby musí být stromky připraveny na adaptaci bez nepříznivých parametrů kvality, které by mohly být překážkou úspěšného odrůstání a kvality nově zakládaných porostů. Už při vyzvedávání je tedy třeba s výskytem deformací počítat a vhodnou selekcí a následnou volbou technologie výsadby zamezit ohrožení vývoje a stability výsadeb.

ZÁVĚR

Výzkumem přirozené obnovy smrkobukového porostu při horní hranici rozšíření buku v Krkonoších bylo zjištěno, že otevřenost zápoje (Canopy Openness) v rozmezí 8 až 26 % dává dostatečné předpoklady pro nástup a udržení přirozené obnovy buku a redukci konkurence buňeně. Pro výraznější stabilizaci a odrůstání by bylo potřeba větší rozvolnění zápoje (50 - 70 %). Nejvíce parametry obnovy korelovaly s charakteristikou difuzního záření a s otevřeností zápoje centrální části korunového prostoru. Kromě světla i další parametry (variabilita terénu, vrstva humusu, vlhkost půdy, skeletovitost, konkurence buňeně atd.) významně ovlivňují přirozenou obnovu mikrostanoviště. V případě vyzvedávání semenáčků za účelem podsadeb či výsadeb autochtonního materiálu do okolních porostů, případně pro dopěstování ve školce, je třeba počítat s rizikem výskytu defor-

mací kořenového systému (v našich pokusech u cca 35 % jedinců). Deformace kořenů nemají přímou vazbu na netvárnost nebo růstové anomálie nadzemní části. U semenáčků do 35 cm pak přibývá nebezpečí zvýšeného podílu jedinců s malým objemem jemných kořenů (v naší studii cca u 25 % jedinců). Semenáčky ve vyšších výškových kategoriích většinou lépe splňují parametry kvality podle ČSN 48 2115, proto jsou i vhodnější pro případné vyzvedávání a použití pro umělou obnovu lesa. Pro možnost většího zobecnění získaných výsledků si daná problematika zasluhuje další výzkum.

Poděkování:

Príspevek vznikl v rámci řešení výzkumného záměru MZE č. 0002070203 „Stabilizace funkcí lesa v antropogenně narušených a měnících se podmínkách prostředí“.

LITERATURA

- 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.
- BATTAGLIA M. A., MITCHELL R. J., MOU P. P., PECOT S. D. 2003. Light transmittance estimates in a longleaf pine woodland. *Forest Science*, 49: s. 752-762.
- BRUNNER A. 1994. Die Entwicklung von Bergmischwaldkulturen in den Chiemgauer Alpen und eine Methodenstudie zur ökologischen Lichtmessung im Wald. *Forstliche Forschungsberichte München*, 128: 262 s.
- BURIÁNEK V., FABIÁNEK P., FADRHOŇOVÁ V., HADAŠ P., IVANEK O., JAČKA J., LOCHMAN V., LOMSKÝ B., STOKLASA M., ŠINDELÁŘ J., ŠRÁMEK V., UHLÍŘOVÁ H., VANČURA K., VAVŘÍČEK D., VEJPUŠKOVÁ M. 2004. Monitoring stavu lesa v České republice. Praha, Ministerstvo zemědělství České republiky a Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti: 431 s.
- COLLET C., LANTER O., PARDOS M. 2001. Effects of canopy opening on height and diameter growth in naturally regenerated beech seedlings. *Annals of Forest Science*, 58: 127-134.
- ČSN 48 2115: Česká technická norma ČSN 48 2115 - Sadební materiál lesních dřevin
- EASTER M. J., SPIES T. A. 1994. Using hemispherical photography for estimating photosynthetic photon flux density under canopies and in gaps in Douglas-fir forests of the Pacific Northwest. *Canadian Journal of Forest Research*, 24: 2050-2058.
- EINHORN K. S., ROSENQVIST E., LEVERENZ J. W. 2004. Photoinhibition in seedlings of *Fraxinus* and *Fagus* under natural light conditions: implications for forest regeneration? *Oecologia*, 140: 241-251.
- EMBORG J. 1998. Understorey light conditions and regeneration with respect to the structural dynamics of a near-natural temperate deciduous forest in Denmark. *Forest Ecology and Management*, 106: 83-95.
- FRAZER G. W., TROFYMOW J. A., LETZMAN K. P. 1997. A method for estimating canopy openness, effective leaf area index, and photosynthetically active photon flux density using hemispherical photography and computerized image analysis techniques. *Canadian Forest Service, Forest Ecosystem Processes Network*, 81 s.
- FRAZER G., CANHAM C., LERTZMAN K. P. 1999. Gap Light Analyzer (GLA). Imaging software to extract canopy structure and gap light transmission indices from true-colour fisheye photographs. Users manual and program documentation. Millbrook – New York, Institute of Ecosystem Studies, 1997, 36 s.
- GRALLA T., MÜLLER-USING B., UNDEN T., WAGNER S. 1997. Über die Lichtbedürfnisse von Buchenvoranbauten in Fichtenbaumhölzern des Westharzes. *Forstarchiv*, 68: 51-58.
- HARDY J. P., MELLOH R., KOENIG G., MARKS D., WINSTRAL A., POMEROY J. W., LINK T. 2004. Solar radiation transmission through conifer canopies. *Agricultural and Forest Meteorology*, 126: 257-270.
- ISHIDA M., PETERS R. 1998. Effects of potential PAR on shoot extension in juveniles of the main tree species in a Japanese temperate forest. *Ecological Research*, 13: 171-182.
- MADSEN P. 1995. Effects of soil water content, fertilization, light, weed competition and seedbed type on natural regeneration of beech *Fagus sylvatica*. *Forest Ecology and Management*, 72: 251-264.
- MADSEN P., LARSEN J. B. 1997. Natural regeneration of beech *Fagus sylvatica* L. with respect to canopy density, soil moisture and soil carbon content. *Forest Ecology and Management*, 97: 95-105.
- MAUER O., PALÁTOVÁ E. 1996. Morfogeneze kořenového systému smrku ztepilého (*Picea abies* (L.) KARST.) z přirozeného zmlazení do 30 let věku porostu. *Lesnictví – Forestry*, 42: 116-127.
- MODRÝ M., HUBENÝ D., REJŠEK K. 2004. Differential response of naturally regenerated European shade tolerant tree species to soil type and light availability. *Forest Ecology and Management*, 188: 185-195.
- NÖRR R. 2003. Wurzeldeformationen - ein Risiko für die Bestandesstabilität? *Forstliche Forschungsberichte München*, 195: 196 s.
- OTTO H.-J. 1994. *Waldökologie*. Stuttgart, Ulmer: 391 s.
- PETERS R. 1997. *Beech Forests*. Dordrecht, Boston, London, Kluwer Academic Publishers: 169 s.
- RICH P. M. 1990. 2. Characterizing plant canopies with hemispherical photographs. *Remote Sensing Reviews*, 5: 13-29.
- SAGHEB-TALEBI K. 1996. Quantitative und qualitative Merkmale von Buchenjungwüchsen (*Fagus sylvatica* L.) unter dem Einfluss des Lichtes und anderer Standortsfaktoren. Zürich, Schweizerischer Forstverein: 219 s.
- SANIGA M. 1994. Vplyv clony materského porostu na počiatkové fázy prirodzenej obnovy buka. *Acta Facultatis Forestalis Zvolen-Slovakia*, XXXVI: 117-125.
- ŠTERBA H., ECKMÜLLNER O. 2008. Invasion of beech (*Fagus sylvatica* L.) in conifer forests – five case studies in Austria. *Austrian Journal of Forest Science*, 125: 89-101.
- SWAGRZYK J., SZEWCZYK J., BODZIARCZYK J. 2001. Dynamics of seedling bank in beech forest: results of a 10-year study on germination, growth and survival. *Forest Ecology and Management*, 141: 237-250.
- ŠINDELÁŘ J. 1993. Přirozená obnova, základní opatření k záchraně a reprodukci genových zdrojů buku lesního. *VÚLHM, TEI pro lesnickou praxi*, č. 1, 11 s.
- ŠPULÁK O. 2008. Natural regeneration of beech and competition from weed in the summit part of the Jizerské hory Mts. (Czech Republic). *Austrian Journal of Forest Science*, 125: 79-88.
- ŠPULÁK O., JURÁSEK A., VACEK S. 2007. Smrkobukové výzkumné plochy Nad Benzinou 1 a 2 po 25 letech. *Opera Corcontica*, 44/2: 511-516.

- TOGNETTI R., JOHNSON J. D., MICHELOZZI M. 1997. Ecophysiological responses of *Fagus sylvatica* seedlings to changing light conditions. I. Interactions between photosynthetic acclimation and photoinhibition during simulated canopy gap formation. *Physiologia Plantarum*, 101: 115-123.
- TOPOLIANTZ S., PONGE J.-F. 2000. Influence of site conditions on the survival and growth of *Fagus sylvatica* seedlings in an old-growth beech forest. *Journal of Vegetation Science*, 11: 396-374.
- VACEK S. 1985. Výzkum struktury, růstu a vývoje ochranných lesů v horských polohách. – Ms. Závěrečná zpráva. Opočno, VÚLHM VS: 94 s., 278 s. příl.
- VACEK S. 1989. Dynamika změn ve smrkobukových porostech pod vlivem imisí. [Dynamics of changes in spruce and beech stands exposed to influence of air pollution.] *Práce VÚLHM*, 74: 239-276.

QUALITY AND QUANTITY OF THE BEECH NATURAL REGENERATION IN RELATION TO LIGHT CONDITIONS OF THE PARENT FOREST STAND

SUMMARY

In 2006 natural regeneration of beech was analyzed on the research plot situated near the upper limit of the beech occurrence in the Krkonoše Mts. (1,070 m a. s. l., 0.25 ha, NW slope of 27%). The research plot was established in the mature beech with spruce forest stand in 1980 with the aim to monitor stand development. In 2005, initial structural analysis of the parent forest was repeated. In 2006 light conditions by the method of hemispherical photography were analyzed in the regular network of 5 x 5 m. Images were processed by Gap Light Analyzer 2.0 software. At the same positions, number of seedlings, their heights and the latest 2 height increments were measured in the area of 1 square meter. Afterwards one to three average complete (with roots) sample seedlings were removed from each position. Samples were analyzed in accordance with extended methodology of planting stock proving (Czech technical standard ČSN 48 2115 - Planting material of the forest tree species). The monitored parameters were: tree height, latest increment, root length, root collar diameter, volume and dry matter of shoots, thick and thin roots, dry matter of leaves and presence of root or shoot deformations. Age of seedlings was assessed by counting of tree rings on the root collar. For graphical expression of the outcomes, GNUplot software was used.

The research showed that canopy openness of 8% to 26% in the upper mountain location makes sufficient conditions for initiation and sustaining of the beech natural regeneration with low competition of forest weed. For successful growth of beech seedlings, more reduced canopy is needed. The highest correlation of parameters of the natural regeneration was found with the amount of diffuse radiation and with the canopy openness of the central part of the crown hemisphere. Besides light, natural regeneration is influenced by other microsite factors (variability of terrain, humus layer, soil moisture, soil skeleton, weed competition, etc.). In case of lifting of seedlings for the purposes of underplanting or further cultivation of autochthonous material in forest nurseries, deformations of root system should be considered. About 35% of seedlings of our trial had deformations of roots, with no relations to their above-ground growth abnormality. Small seedlings (up to 35 cm of height) have higher risk of lower volume of fine roots (in our study about 25% of seedlings). Higher seedlings mostly better fulfill parameters of quality defined by Czech technical standard ČSN 48 2115, therefore they are more suitable for lifting and usage for artificial regeneration. Nevertheless, for wider generalization of the outcomes further research is needed.

Recenzováno

ADRESA AUTORA/CORRESPONDING AUTHOR:

Ing. Ondřej Špulák Ph.D., Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., VS Opočno
Na Olivě 550, 517 73 Opočno, Česká republika
tel.: 494 668 391; e-mail: spulak@vulhmop.cz

PROMĚNLIVOST, OCHRANA GENETICKÝCH ZDROJŮ A PROVENIENČNÍ VÝZKUM JASANU

VARIABILITY, GENETIC RESOURCES CONSERVATION AND PROVENANCE RESEARCH OF ASH

VÁCLAV BURIÁNEK

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., Strnady

ABSTRACT

The paper gives information about variability of genetic resources, review of measures on gene resources conservation, breeding activities including provenance research of ash in the Czech Republic and abroad. It is focussed on research of ash intraspecies variability, which has been not yet proved in genotype. The Czech provenance trial with common and narrow-leaved ash established in the spring 1999 is described more detailed, and the first preliminary results of height growth measurement of 35 provenances are presented.

Klíčová slova: jasan ztepilý, jasan úzkolistý, vtroušené listnáče, šlechtění, genetické zdroje, provenienční pokus, genová základna, rodičovský strom, semenný sad, ekotyp, fenotypová proměnlivost

Key words: common ash, narrow-leaved ash, scattered broadleaves, breeding, gene resources, provenance trial, gene conservation unit, parent (elite) tree, seed orchard, ecotype, phenotype variability

ÚVOD

Na našem území se přirozeně vyskytují dva hospodářsky významné druhy jasanů: jasan ztepilý (*Fraxinus excelsior* L.) a jasan úzkolistý (*Fraxinus angustifolia* VAHL.). Na celé řadě stanovišť představují nezastupitelnou složku lesních ekosystémů.

PROMĚNLIVOST

U jasanu ztepilého jsou v literatuře uznávány dva základní ekotypy - lužní a suťový, který bývá někdy uváděn jako chlumní popř. skalní. Lužní ekotyp je možné dělit ještě na nížinný, rozšířený pouze v úvalových lužních lesích a pahorkatinný, který stoupá podél menších vodotečí do vyšších vegetačních stupňů až do stupně bukových smrčín. Vedle suťového ekotypu je uvažován ještě zvláštní ekotyp vápencový, u něhož se předpokládá vyšší odolnost vůči suchu. Vyskytuje se u nás v Českém a Moravském krasu a na některých dalších menších lokalitách s vápencovým geologickým podložím. Odlišnost populací na různých stanovištích se projevuje ve fenotypu a byla mnohokrát prokázána v pokusech i v lesnické praxi. V genotypu nebyla dosud přesvědčivě dokázána, což je možné testováním potomstev a sledováním dědičnosti zkoumaných znaků.

Někteří autoři existenci ekotypů přímo zpochybňují. Např. LEIBUNDGUT (1956) neprokázal statisticky významné rozdíly mezi jasanem z lužních poloh a jasanem z vápencových substrátů. Jednalo se však jen o výsledky tříletého pokusu. Průkaznější jsou již práce dalšího německého autora Weisera. Ten nejprve na základě nádobových pokusů (WEISER 1965) a později i z výsledků hodnocení srovnávací výsadby ve věku 10 a 33 let došel k závěru, že jasan ze suchých stanovišť nejsou odolnější vůči suchu a naopak populace z vlhčích stanovišť nejsou odolnější vůči zaplavení (WEISER 1974, 1995).

Jiní autoři se však k možnosti existence ekotypů spíše přiklánějí (BOVET 1958, SCHÖNBORN 1967, MOULALIS 1974).

Informace o vnitrodruhové proměnlivosti jasanu ztepilého a znalosti o jeho genetické struktuře jsou dosud nedostatečné. O jasanu úzkolistém, který byl na našem území zjištěn až v roce 1956, a ani poté nebyl často v lesnické praxi rozlišován, jsou znalosti ještě menší. Je potřeba dořešit otázku jeho determinace současného rozšíření, ekologických nároků, produkce a některých dalších znaků a vlastností.

Proměnlivost jasanu v karpatské části Moravy studoval v 80. letech PRUDIČ (1984). Fenotypovou proměnlivostí na osmnácti plochách na území celé ČR se v této době zabýval také UTINEK (1987), později i RADOSTA (1995). Morfologické a ekologické charakteristiky obou domácích druhů jasanu včetně vlastností dřeva jsou věnovány publikace Matoviče (MATOVIČ, SIMANČÍK 1968, MATOVIČ 1985). Ze zahraničních prací je cenným zdrojem informací o jasanu ztepilém polská monografie (BUGALA 1995). Proměnlivostí amerických druhů jasanu *Fraxinus americana*, *F. pennsylvanica* se zabývali např. WRIGHT (1944) a CLAUSEN, KUNG, BEY a DANIELS (1981).

OCHRANA GENETICKÝCH ZDROJŮ

V minulosti byla otázkám šlechtění a ochrany genetických zdrojů jasanu věnována relativně jen malá pozornost. Teprve počátkem 90. let minulého století byl navržen nástin opatření k záchraně a reprodukci genetických zdrojů některých dříve opomíjených listnatých dřevin včetně jasanu (ŠINDELÁŘ 1991). Byly zpracovány teoretické podklady a náměty ke šlechtění a ochraně genových zdrojů i koncepce šlechtitelských programů pro všechny významnější dřeviny včetně jasanu (ŠINDELÁŘ 1990, HYNEK, MALÁ et al. (1995). Z toho vyplývající praktická opatření jako zakládání genových základen, semenných sadů apod. jsou pak ve spolupráci s výzkumem reali-

zována lesním provozem. V posledních letech jsou zajišťována státním podnikem Lesy ČR podle vlastní přijaté koncepce (KOTRLA et al. 2000)

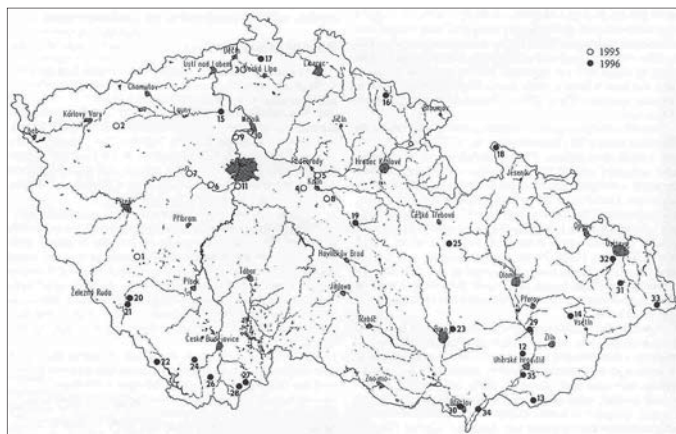
Jasan ztepilý ani úzkolistý není sice ohrožen jako druh, na mnoha lokalitách dokonce silně expanduje (BURIÁNEK 2001), avšak reprodukce některých kvalitních autochtonních dílčích populací není dostatečně zajištěna. Ohroženy jsou především některé okrajové populace na suťových lokalitách a v podhorských oblastech. Vážnými vadami jasanu je častý výskyt vidličnatosti a sklon k tvorbě výmladků na kmeni. Pro potřeby lesnické praxe je nutné zajistit upřednostnění nejkvalitnějších jedinců a populací při reprodukci s cílem zvýšit kvalitu jasanových porostů.

Jasan je registrován celkem ve 47 přírodních rezervacích, přičemž ve 24 z nich se významně podílí na dřevinné skladbě lesních porostů. V rámci opatření na ochranu genetických zdrojů bylo na území České republiky založeno 21 genových základů o celkové rozloze 8 486 ha, jejichž posláním a účelem je i ochrana genetických zdrojů jasanu (VANČURA, HÝNEK, MALÁ 1996). Podle Zprávy o stavu uznaných zdrojů reprodukčního materiálu lesních dřevin České republiky (Anonymus 2007) činí v současné době plocha porostů jasanu uznaných ke sklízení osiva pro oba druhy zhruba 780 ha, z toho 240 ha připadá na jasan úzkolistý. Uznáno a evidováno je 123 rodičovských stromů. Existuje jeden semenný sad o výměře 1 ha. Přehled opatření na ochranu genetických zdrojů jasanu v ČR uvádí tabulka 1.

Tab. 1.

Opatření na ochranu genetických zdrojů jasanu
The measures for genetic resources conservation of ash

Druh opatření/ Type of measure	Celkem/Total	
	rozloha/ area /ha/	počet/ number
Uznané porosty/Certified seed stands		
Jasan ztepilý/Common ash	540	152
Jasan úzkolistý/Narrow-leaved ash	242	40
Genové základny/Gene conservation units	8 486,25	21
Rodičovské stromy/Parent trees		123
Semenné sady/Seed orchards	1	1



Obr. 1.

Lokality sběru osiva jasanu
Localities of ash seed sampling

V evropském měřítku je problematice genetických zdrojů jasanu a jejich ochrany věnována pozornost v rámci mezinárodního programu na ochranu genetických zdrojů lesních dřevin EUFORGEN, který je koordinován Mezinárodním institutem genetických zdrojů rostlin (IPGRI) v Římě. Navazuje na Štrasburskou rezoluci S2 (Zachování evropských lesních genetických zdrojů). Jasan spadl nejprve do pracovní skupiny tzv. ušlechtilých listnáčů (Noble Hardwoods), která byla později reorganizována na skupinu vtroušených listnáčů (Scattered Broadleaves). V roce 1998 byla zpracována dlouhodobá evropská strategie ochrany genetických zdrojů pro jasan (PLIURA 1998), kde byl zhodnocen současný stav genetických znalostí, cíle ochrany genetických zdrojů jasanu a možnosti jejich ochrany. Rovněž byly publikovány technické směrnice pro ochranu a využívání genetických zdrojů jasanu (PLIURA, HEUERTZ 2003), které jsou určeny především praktickým lesním hospodářům.

PROVENIENČNÍ VÝZKUM

Jasan představuje v evropském měřítku nejvíce testovanou dřevinu ze všech vtroušených listnáčů. Rozdíly mezi proveniencemi byly zkoumány v Rumunsku (SMINTINA 1993) a v Polsku (GIERTYCH 1995). K dispozici jsou i první výsledky mezinárodního pokusu s jasanem ztepilým založeného v Německu (KLEINSCHMIDT, SVOLBA, ENESCU, FRANKE, RAU, RUETZ 1996). V ČR byl první provenienční pokus s jasanem založen na jaře 1999 (BURIÁNEK 2000). Na jedenácti pokusných plochách bylo celkem vysazeno 33 proveniencí jasanu ztepilého a 2 provenience jasanu úzkolistého různého původu z celé ČR. Každá provenience byla vysazena ve třech opakováních na parcelách 10 x 10 m ve sponu 2 x 1 m, tj. 50 jedinců na jedné parcele.

Charakteristiky proveniencí

Osivo k pokusu bylo sbíráno v letech 1995 a 1996. Provenience pocházejí celkem z dvaceti různých přírodních lesních oblastí (PLO) z celé ČR. Rozpětí nadmořských výšek se pohybuje od 160 do 870 m. Nejvíce proveniencí (5) pochází z Polabí (PLO 17) a z Předhoří Šumavy (PLO 12). Více než jednou proveniencí je zastoupena ještě Středočeská pahorkatina (PLO 10), Středomoravské Karpaty (PLO 36), Šumava (PLO 13) a Podbeskydská pahorkatina (PLO 39). Jasan úzkolistý pochází v obou případech z jihomoravských úvalů (PLO 35). Lze konstatovat, že jsou reprezentativně zastoupeny prakticky všechny typy stanovišť, na nichž je jasan významně zastoupen. Pokud jde o ekotopy, lužní je zastoupen 11x, lužní pahorkatinný 5x, suťový 17x a suťový vápencový 2x.

Charakteristika ploch

Plochy byly založeny v jedenácti různých přírodních lesních oblastech (PLO) celé ČR v prvním až šestém lesním vegetačním stupni. Rozpětí nadmořských výšek se pohybuje od 180 do 710 m n. m. Byla dána přednost oblastem a lokalitám, kde se jasan alespoň v malé míře vyskytuje a pěstuje, popř. odkud bylo sbíráno osivo na pokus. Rozloha ploch se pohybovala kolem 0,5 ha, počet testovaných proveniencí na jedné ploše se pohyboval od 10 do 24. Lokalizace jednotlivých proveniencí je na mapě na obrázku 1, jejich seznam je uveden v tabulce 2. Základní charakteristiky všech ploch jsou uvedeny v tabulce 3.

Tab. 2.

Seznam proveniencí jasanu ztepilého a úzkolistého
List of common and narrow-leaved ash provenances

Jasan ztepilý (<i>Fraxinus excelsior</i>)					
Číslo prov./ Prov. no.	Původ: LZ - LS (stav v r. 1999), lokalita/ Origin: forest district in 1999, locality	Číslo porostu/ Stand no.	Nadm. výška/ Altitude /m/	Přírodní lesní oblast/ Natural forest zone	Ekotop/ Ecotype
1	LS Spálené Poříčí - Polánka	551 A9	535	12 - Předhoří Šumavy	suťový/scree
2	VLS Velichov	32 H	620	4 - Doupovské hory	suťový/scree
3	LS Děčín - Benešov n. Pl.	632 C9	350	5 - České středohoří	suťový/scree
4	ŠLP Kostelec n. Č. l. - Svojšice	55 F11	265	10 - Středočeská pahorkatina	lužní/lowland alluvial
5	LS Nymburk - Libice	2 H6	190	17 - Polabí	lužní/lowland alluvial
6	LS Nižbor - Karlštejn	18 A4	320	8b - Český kras	suťový-vápencový/ scree-limestone
7	LS Křivoklát - Pustá Seč	9 F3	340	8a - Křivoklátsko	suťový/scree
8	LS Nymburk - revír Kolín, Kačina	125 D3	210	17 - Polabí	lužní/lowland alluvial
9	OL Veltrusy	3 K	170	17 - Polabí	lužní/lowland alluvial
10	Mělník (Lobkow. lesy) - Úpor	24 D	160	17 - Polabí	lužní/lowland alluvial
11	LZ Zbraslav - Dol. Břežany	23 B7	205	10 - Středočeská pahorkatina	lužní-pahorkatinný/ alluvial-hilly
12	LS Buchlovice - Jankovice	608 D9	340	36 - Středomoravské Karpaty	lužní-pahorkatinný/ alluvial-hilly
13	LS Strážnice - Javorník	564 C5	380	38 - Bílé Karpaty a Vizovické vrchy	lužní-pahorkatinný/ alluvial-hilly
14	LS Bystřice p. H. - Rajnochovice	107 C5	580	41 - Hostýnsko-vsetínská vrchovina a Javorníky	suťový/scree
15	LS Litoměřice - Budyně n. Ohří	316 C7	180	17 - Polabí	lužní/lowland alluvial
16	LZ Horní Maršov - LS Rýchory	142 B13/5	750	22 - Krkonoše	suťový/scree
	LZ Vrchlabí - LS Volský Důl	346 F9	750		
17	LS Česká Lípa - Prysk	363 D2	500	18a - Severočeská pískovcová plošina	suťový/scree
18	LS Javorník - Bílá Voda	606, 602	450	28 - Předhoří Hrubého Jeseniku	suťový/scree
19	LS Ronov n. Doubr. - Běstvína	547 A12	320	10 - Středočeská pahorkatina	suťový/scree
20	LS Kašperské Hory	551 A9	530	12 - Předhoří Šumavy a Novohradských hor	lužní-pahorkatinný/ alluvial-hilly
21	LS Kašperské Hory - Rejštejn	257 A12	800	13 - Šumava	suťový/scree
22	VLS Horní Planá - Jelení vrchy	43 C	870	13 - Šumava	suťový/scree
23	ŠLP Křtiny - Bílovice n. Svitavou	311 A11	500	30 - Dražanská vrchovina	suťový-vápencový/ scree-limestone
24	LS Český Krumlov - Chvalšiny	439 H	720	12 - Předhoří Šumavy a Novohradských hor	suťový/scree
25	LS Svitavy - Nová Ves	103 B11	560	31 - Českomoravské mezihoří	suťový/scree
26	LS Kaplice - Silniční domky	731 C,E	800	12 - Předhoří Šumavy a Novohradských hor	suťový/scree
27	LS Nové Hradce - H. Stropnice	F 3,4	557	12 - Předhoří Šumavy a Novohradských hor	lužní-pahorkatinný/ alluvial-hilly
28	LS Nové Hradce - Hojná Voda	424 C	800	14 - Novohradské hory	suťový/scree
29	LS Bystřice p. H. - Kroměříž	640 D11/6	200	34 - Hornomoravský úval	lužní/lowland alluvial
30	LZ Židlochovice - LS Horní les	230 E	160	35 - Jihomoravské úvaly	lužní/lowland alluvial
31	LS Frenštát p. R. - Palkovské hůrky	541 E60	430	39 - Podbeskydská pahorkatina	suťový/scree
32	LS Šenov - Polanecký les	319 D14	200	39 - Podbeskydská pahorkatina	lužní/lowland alluvial
33	LS Jablunkov - Mionší	405 B6	720	40 - Moravskoslezské Beskydy	suťový/scree
Jasan úzkolistý (<i>Fraxinus angustifolia</i>)					
Číslo prov./ Prov. no.	Původ: LZ - LS (stav v r. 1999), lokalita/ Origin: forest district in 1999, locality	Číslo porostu/ Stand no.	Nadm. výška/ Altitude /m/	Přírodní lesní oblast/ Natural forest zone	Ekotop/ Ecotype
34	LZ Židlochovice - Tvrdonice	933 B11 929 A9	160	35 - Jihomoravské úvaly	lužní/lowland alluvial
35	LS Strážnice - Nedakonice	324 C10	175	35 - Jihomoravské úvaly	lužní/lowland alluvial

Tab. 3.

Přehled provenienčních ploch s jasanem
List of provenance plots with ash

Č. pořadí/ Sequence	Č. evid./ No. of evidence	Lokalita-název plochy/ Locality- name of plot	Lesní správa (závod)/ Forest administration (enterprise)	Revír/ Forest district	Číslo porostu/ No. of stand	Lesní oblast/Forest area	Vegetační stupeň/ Vegetation zone	Nadmožská výška/ Altitude	Lesní typ/ Forest type	Ekotop/ Ecotope
1	179	UŽÍN	Litvínov	Unčín	748 BOV	2b- Mostecká pánev	1	180	1 V	nekultivovaná výsypka/ non-cultivated dump
2	180	KŘEPKOVICE	Teplá	Klášteř	379 C10	3 – Karlovarská vrchovina	6	710	6 K1	(suťový)/(scree)
3	181	KONĚPRUSY	Nižbor	Koně- prusy	203 D12	8b – Český kras	2	350	2 B	suťový - vápencový/ scree - limestone
4	182	BUJANOV	Kaplice	Rychnov	býv. školka	12b – Předhoří Novohradských hor	5	680	5O1	bývalá školka/former nursery
5	183	VELTRUBY	Nymburk	Kolín	526 H12	17 – Polabí	1	190	1 L	lužní/lowland alluvial
6	184	KROMĚŘÍŽ	Bystřice p. H.	Zámeček	630 A8	34 - Hornomoravský úval	1	190	1LO	lužní/lowland alluvial
7	185	TVRDONICE	Židlochovice	Tvrdonice	917 A9	35 – Jihomoravské úvaly	1	155	1 L	lužní/lowland alluvial
8	186	BUROVÁ	Strážnice	Javorník	510 A9	38a – Bílé Karpaty	3	490	3 B1	suťový/scree
9	187	BĚLOTÍN	Frenštát	Jindřichov	620 B50	29 – Nizký Jeseník	4	360	4 F1	lužní -pahorkatinný/alluvial-hilly
10	188	VYSOKÁ	Spálené Poříčí	Bohutín	823 B13	7 – Brdská vrchovina	3	625	3 K3	nevyhraněný/non-shaped
11	189	DEŠTNÁ	Česká Lipa	Dubé	louka	18a – Severočeská pískovcová plošina	1	250		lužní -pahorkatinný/ alluvial-hilly

METODIKA

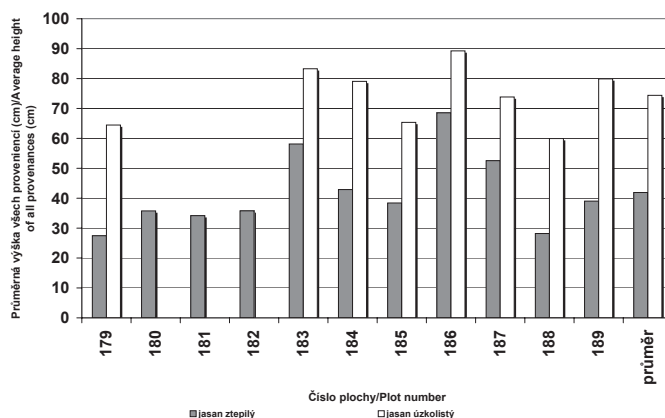
V létě 1999 byla provedena celková inventarizace, tzn. byl určen počet všech živých sazenic, který byl vyjádřen v procentech původního vysazeného počtu. Koncem léta 2000 bylo provedeno první měření výšek s přesností na 1 cm. Výsledky inventarizace i měření výšek byly pro každou plochu graficky zpracovány a statisticky zhodnoceny běžnými matematicko-statistickými metodami. Při zpracování hodnot celkových výšek byl vypočten aritmetický průměr a následující charakteristiky variability: rozptyl, směrodatná odchylka, střední chyba a variační koeficient. Průkaznost rozdílů byla posuzována analýzou variance, kde byl testován vliv proveniencí a opakování. V případě statisticky významných rozdílů mezi proveniencemi byl použit Duncanův test, pomocí něhož lze hodnocené proveniencí třídit do několika skupin. Dále byly testovány rozdíly mezi plochami (vliv lokality) pomocí standardů, tj. proveniencí vysazených na všech plochách. Korelace mezi průměrnými výškami proveniencí na jednotlivých plochách a nadmožskou výškou jejich původu byly testovány pomocí Pearsonova korelačního koeficientu.

VÝSLEDKY

Průměrná ujímavost podle proveniencí se na jednotlivých plochách pohybovala většinou v rozmezí od 62 do 100 %. Pokud jde o teplomilný jasan úzkolistý, vyšší procento ztrát (téměř 45 %) bylo podle očekávání zjištěno na ploše Vysoká v Brdech v nadmožské výšce 625 m, zatímco na ploše Veltruby v Polabí činily ztráty jen 5 %.

Růst sazenic v prvních dvou letech po výsadbě byl velmi pomalý. Většina růstové energie byla v prvním roce zřejmě věnována obnově a rozvoji kořenového systému. Průměrné roční přírůsty se pohybovaly na většině ploch jen kolem 5 - 10 cm. Pouze na plochách dobře zásobených vodou a živinami v nižších polohách byly vyšší. Výškový růst jasanu ztepilého a úzkolistého na jednotlivých plochách

v roce 2000 ukazuje obrázek 2. Zjištěné rozdíly mezi proveniencemi byly vzhledem k malým hodnotám výšek druhý rok po výsadbě většinou velmi malé a statisticky nevýznamné. Rozdíly mezi plochami jsou průkazné a jsou dány stanovištěm. Nejrychlejší růst byl zaznamenán na ploše 186 Burová v Bílých Karpatech, která je situována na velmi živném a vlhkém stanovišti, na druhém místě je plocha 183 Veltruby v přirozeném polabském lužním lese. Naopak nejpomalejší růst byl zaznamenán na ploše 179 Užín, která byla založena na rekultivované výsypce v imisně zatížené oblasti, dále na ploše 188 Vysoká, která leží na chudém kyselém stanovišti v Brdech a na ploše 181 Koněprusy ležící na vysychavém stanovišti v Českém krasu. V dalších letech se tyto rozdíly mezi plochami ještě zvýrazní.



Obr. 2.

Výškový růst jasanu ztepilého a úzkolistého na jednotlivých plochách
Height growth of common ash (in black column) and narrow-leaved ash (in empty column) on particular plots

ZÁVĚR - HODNOCENÍ PROVENIENCÍ NA ZÁKLADĚ JEJICH PŮVODU

Měřením výšek byly zjišťovány závislosti růstu proveniencí na ekotopu, lesní oblasti, lesním vegetačním stupni a nadmořské výšce místa původu. Ukazuje se, že zatím na většině ploch rostou velmi dobře proveniencie původem z lužního-pahorkatinného ekotopu. Testování korelace mezi průměrnými výškami proveniencí a nadmořskou výškou jejich původu prokázalo, že na některých plochách se stoupající nadmořskou výškou původu proveniencí klesaly jejich průměrné výšky.

Dosavadní výsledky je třeba hodnotit jako velmi předběžné a orientační s nízkou vypovídací hodnotou o proměnlivosti zastoupených proveniencí. Budou sloužit jako srovnávací materiál pro měření v pozdějších letech. První přesnější prokazatelné závěry o proměnlivosti dílčích populací je při dlouhodobých pokusech obdobného typu možné formulovat nejdříve na základě dalších měření a hodnocení zhruba minimálně po deseti až dvaceti letech po výsadbě. Tento pokus umožní studium jednotlivých dílčích populací a v budoucnu upřesnění semenářské rajonizace a zásad přenosu reprodukčního materiálu.

Poznámka:

Tento příspěvek byl zpracován v rámci řešení výzkumného záměru Ministerstva zemědělství ČR č. VZ 0002070203 „Stabilizace funkcí lesa v antropogenně narušených a měnících se podmínkách prostředí“.

LITERATURA

- Anonymus 2007. Zpráva o stavu uznaných zdrojů reprodukčního materiálu lesních dřevin České republiky za rok 2007. Brandýs nad Labem, Ústav pro hospodářskou úpravu lesů: 20 s.
- BOVET J. 1958. Contribution à l'étude des „Races écologiques“ du frêne, *Fraxinus excelsior* L. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen, 109: 536-546.
- BUGALA W. (ed.) 1995: Jesion wyniosły *Fraxinus excelsior*. Nasze drzewa lesne, 17. Sorus, Poznań – Kornik: 569 s.
- BURIÁNEK V. 2000. Provenienční výzkum jasanu v ČR. Zprávy lesnického výzkumu, 45/3: 1-9.
- BURIÁNEK V. 2001. Expanze jasanu ztepilého na pokusných plochách na území NPR Český kras. In: Pondělíček, M. (ed.): Problematika pěstování lesů ve zvláště chráněných územích přírody. Sborník semináře. Karlštejn, SCHKO Č. kras: 9 -13.
- CLAUSEN K. E., KUNG F. H., BEY C. F., DANIELS R. A. 1981. Variation in white ash. *Silvae Genetica*, 30: 93-97.
- GIERTYCH M. 1995. Zmianosc genetyczna jesionu wyniosłego *Fraxinus excelsior* L. *Sylwan*, 139: 87-91.
- HYNEK V., MALÁ J. et al. 1995. Šlechtění lesních dřevin. Základní informace o stavu v ČR dle jednotlivých dřevin. Jiloviště-Strnady, VÚLHM.
- KOTRLA P. et al. 2000. Koncepce zachování a reprodukce genových zdrojů lesních dřevin. Hradec Králové, Lesy České republiky: 61 s.
- KLEINSCHMIDT J., SVOLBA J., ENESCU V., FRANKE A., RAU H.-M., RUETZ W. 1996. Erste Ergebnisse des Eschen-Herkunftversuches von 1982. *Forstarchiv*, 67: 114-122.
- LEIBUNDGUT H. 1956. Beitrag zur Rassenfrage bei der Esche. *Schweiz. Zeitschrift für Forstwesen*, 107: 165-174.
- MATOVIČ A. 1985. Morfologická a ekologická charakteristika, stavba a vlastnosti dřeva jasanu úzkolistého (*Fraxinus angustifolia* VAHL. ssp. *pannonica* SOÓ et SIMON) a jasanu ztepilého (*Fraxinus excelsior* L.) Autoreferát doktorské disertační práce. Brno, VŠZ.
- MATOVIČ A., SIMANČÍK F. 1968. A morphological study of *Fraxinus excelsior* L. and *F. angustifolia* VAHL., their fruits and seeds gathered in several regions of Moravia and Slovakia. *Acta Univ. Agric., Facultas Silviculturae*, 37: 285-304.
- MOULALIS D. 1974. Possibilities of the existence of races associated with soil types within forest tree species. *Dasos*, 26(65/66): 16-20.
- PLIURA A. 1998. European long-term gene conservation strategies. Ash (*Fraxinus* spp.). In: Turok J. Jensen J., Palmberg-Lerche Ch., Rusanen M., Russel K., de Vries S., Lipman E. (eds.): Noble Hardwoods Network. Report of the third meeting, 13-16 June 1998, Sagadi, Estonia. International Plant Genetic Resources Institute, Rome: 8-19.
- PLIURA A., HUERTZ M. 2003. EUFORGEN Technical guidelines for genetic conservation and use for common ash (*Fraxinus excelsior*). Rome, Italy: International Plant Genetic Resources Institute, 6 s.
- PRUDÍČ Z. 1984. K problematice vidličnatého růstu jasanu. *Lesnická práce*, 63: 375-376.
- RADOSTA P. 1995. Poznámky k problematice proměnlivosti jasanů. *Zprávy lesnického výzkumu*, 40/2: 5-6.
- SCHÖNBORN A. VON. 1967. Gibt es Bodenrassen bei Waldbäumen? *Allgemeine Forstzeitschrift*, 22: 294-296.
- SMINTINA I. 1993. Teste de provenienta de la frasină comună (*Fraxinus excelsior* L.). Rezultate obținute la 10 ani după plantare. *Revista Padurilur*, 108: 10-17.
- ŠINDELÁŘ J. 1990. Koncepce šlechtitelských programů pro hospodářsky významné lesní dřeviny. Jiloviště-Strnady, VÚLHM.
- ŠINDELÁŘ J. 1991. Nástin opatření k záchraně a reprodukci genových zdrojů lesních dřevin listnatých v České republice. III. Ostatní vybrané druhy dřevin. *Zprávy lesn. výzkumu*, 36/3: 1-7.
- UTINEK D. 1987. Perspektivy pěstování jasanu v chlumech. *Zprávy lesn. výzkumu*, 32/3: 7-12.
- VANČURA K., HYNEK V., MALÁ J. 1996. State of genetic resources and gene conservation of Noble Hardwoods Network. Report of the first meeting. Escherode, Germany: 80-90.
- WEISER F. 1965. Untersuchungen generativer Nachkommenschaften von Esche (*Fraxinus excelsior* L.) trockener Kalkstandorte und Grundwassern beeinflusster Standorte im Gefäßversuch bei differenzierten Wasser und Kalkgaben. *Hamburg und Berlin, Forstwissenschaftliches Centralblatt*, 84: 44-64.
- WEISER F. 1995. Studies into the existence of ecotypes of ash (*Fraxinus excelsior*). *Forstarchiv*, 66: 251-257.
- WRIGHT J. W. 1944. Ecotypic variation in red ash. *J. Forestry*, 42: 591-597.

VARIABILITY, GENETIC RESOURCES CONSERVATION AND PROVENANCE RESEARCH OF ASH

SUMMARY

This paper presents discussion about ash variability and possible existence of ecotypes and gives a review of measures taken within gene resources conservation as the certified seed stands, gene conservation units, parent trees and seed orchards. Also the international activities at European level within EUFORGEN programme are shortly mentioned. The other breeding activities on ash especially provenance research in the Czech Republic and abroad are described. The provenance testing is focussed on research of ash intraspecies variability, which has been not yet proved in genotype. The Czech provenance trial with common and narrow-leaved ash established in the spring 1999 is described more detailed and the first preliminary results of height measurement of 35 provenances are presented. The influence of ecotype, forest region, forest vegetation zone and altitude of provenance origin on height growth has been tested. It appears that in most areas the provenances originated from lowland hill-sites still grow very well in the most plots. Correlation testing between average heights of provenances and altitude of origin has shown that in some plots the average height decreased with increasing altitude of provenance origin. The results must be considered as very preliminary and indicative of low explanatory value about variability represented by a provenance. They will serve as reference material for measuring in the next years. The more accurate and demonstrable conclusions about the variability of local populations can be preliminary formulate in such long-term experiments first on the basis of further measurement and evaluation after about ten or twenty years after planting. This experiment will allow the study of various local populations and will be useful in clarifying and improvement of seed zoning and transfer of reproductive material.

Recenzováno

ADRESA AUTORA/CORRESPONDING AUTHOR:

RNDr. Václav Buriánek, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i.
Strnady 136, 252 02 Jíloviště, Česká republika
tel.: 257 892 229; e-mail: burianek@vulhm.cz

PROBLEMATIKA EXPANZE JASANU V ČESKÉM KRASU

PROBLEMS OF ASH EXPANSION IN BOHEMIAN KARST

VÁCLAV BURIÁNEK

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., Strnady

ABSTRACT

This paper is concerned with common ash expansion, which widely appeared in the last years. The introduction gives attention to the history of this expansion and to ash invasion potential. The ash expansion and its process are more detailed described on the example from protected landscape area Bohemian Karst, where this appearance has been studied for several years. The conclusions and recommendation for management have been formulated on the base of long-time survey on the research plots.

Klíčová slova: jasan ztepilý, expanze, Český kras, invazní potenciál
Key words: common ash, expansion, Bohemian Karst, invasion potential

ÚVOD

V posledních letech dochází v lesních porostech na různých stanovištích k bohatému přirozenému zmlazování a místy i k expanzi jasanu ztepilého (*Fraxinus excelsior* L.). Jasan intenzivně zarůstá jak stávající porosty, tak i nové lesní paseky, lesní lemy, průseky apod., mnohdy se šíří i na nová stanoviště.

HISTORIE EXPANZE

Při studiu literatury se ukázalo, že expanze jasanu není ničím novým a je popisována již staršími autory. Četné příklady šíření jasanu jsou velmi starého data a jsou popisovány již od 19. století. SVOBODA (1955) uvádí četné příklady šíření jasanu z první poloviny 20. století. Popisuje proces záměny dubu jasanem v Rusku a na Ukrajině. Jako příčina je uváděna řídká plodnost dubu, hromadné ničení žaludů hlodavci, jejich poškozování hmyzem a mrazy a z toho vyplývající slabá přirozená obnova dubu. Další podobné příklady jsou známy z Anglie.

Také v lužních lesích byl již v minulosti zaznamenán proces postupného převládnutí jasanu nad dubem. Je doloženo, že v dunajských lužích Dolního Rakouska nebyl začátkem 19. století jasan vůbec uváděn. Dnes je zde hojnější než dub. Podobně v Dolnomoravském úvalu (LS Strážnice, Tvrdonice) je dnes jasan převládající dřevinou, zaujímající 60 % lesní půdy. Přitom v roce 1846 činilo zastoupení jasanu na LS Strážnice jen 33 %, teprve až v padesátých letech 20. století stoupl na 57 %. Ve všech těchto případech je nepochybná souvislost s vodohospodářskými úpravami velkých řek prováděnými koncem minulého století, které zamezily velkým dlouhodobým záplavám a tím vytvořily příznivější podmínky pro jasan. Ten totiž, ač je dřevinou vlhkomilnou, nesnáší dlouhodobě stagnující vodu. Převládnutí jasanu nad dubem je známo i z lužních lesů Slavonie v dnešním Chorvatsku. V některých případech

bylo toto přirozené zvyšování podílu jasanu podporováno i lesním hospodařením, kde byl jasan protěžován z důvodů podstatně kratší obmýtní doby oproti dubu. Vyznačuje se také daleko silnější výmladkovou schopností.

Příklady samovolného šíření jasanu jsou známy i v bukovém stupni, zejména na bazických substrátech. Například v Českém středohoří, v Malých Karpatech i jinde jsou časté husté jasanové mlaziny na bukových pasekách. Totéž bylo zaznamenáno i v Českém krasu (buková holoseč na Kodě). DOMIN (1935) popisuje již v roce 1935 vznik jasanových kolonií dokonce i v horských jehličnatých lesích na Podkarpatské Rusi. Od roku 1993 jsou na trvalých plochách sledovány změny vegetace v CHKO Pálava. Na mezických stanovištích, zvláště na bývalých mezofilních loukách a pastvinách je zde na oplocených plochách chráněných před zvěří patrná silná expanze jasanu. Také v národní přírodní rezervaci Bílé stráně u Pokratic, chránící teplomilná nelesní společenstva s výskytem celé řady druhů čeledi orchidejovitých (*Orchidaceae*), je dnes problémem zarůstání některými dřevinami, mj. i jasanem.

Další četné ilustrativní ukázky přirozené expanze jasanu představují například opuštěná sídla (vojenské prostory, bývalé hraniční pásmo), dále hradní zříceniny, neudržované parky apod. Na velké většině stanovišť tohoto typu je dnes hlavní náletovou dřevinou jasan.

INVAZNÍ POTENCIÁL

Invazní potenciál jasanu je značný a vyplývá z autekologických vlastností druhu. Jasan se vyznačuje mimořádnou ekologickou plasticitou. Nejlépe sice roste na hlubokých, živných a vlhkých půdách, ale je schopen růst i na sutích, skalách, hřebenech a jiných extrémních stanovištích, často velmi suchých s mělkým půdním profilem, avšak minerálně bohatých. Na celé řadě stanovišť má jasan charakter pionýrské dřeviny. Těžiště autochtonního rozšíření jasanu je přede-

vším v lužních lesích, kde je edifikátorem v řadě souborů lesních typů tzv. tvrdého luhu ve směsi s dubem letním a příměsí dalších lužních dřevin. Kromě těchto lužních stanovišť je jasan ztepilý typickou dřevinou suťových lesů, kde roste většinou ve směsi spolu s dalšími suťovými dřevinami jako s javory, lípami a jilmem horským. V těchto podmínkách roste od stupně doubrav až po bukové smrčiny v podhorských a horských oblastech, někdy i ve vrcholových partiích, zejména na bazických půdách.

Vyznačuje se velmi rychlým růstem zvláště v mladém věku, silnou výmladností a vynikající reprodukční schopností danou pravidelnou plodností, vysokým procentem zdravých semen s vysokou klíčivostí (kolem 70 %) a relativně nízkým ohrožením chorobami a škůdci. Jedinou nevýhodou je jeho poněkud vyšší hmotnost plodů, které se proto nemohou šířit na příliš dlouhé vzdálenosti.

EXPANZE JASANU NA PŘÍKLADU CHKO ČESKÝ KRAS

Expanze jasanu je systematicky experimentálně studována na vybraných lokalitách v CHKO Český kras od roku 1999 (BURIÁNEK 1999, 2001). Tato problematika byla také jedním z námětů seminářů pořádaných v minulých letech Správou CHKO Český kras (ŠVIHLA 1999, PONDĚLÍČEK 2001), kde byla možnost diskuse a výměny názorů z různých hledisek.

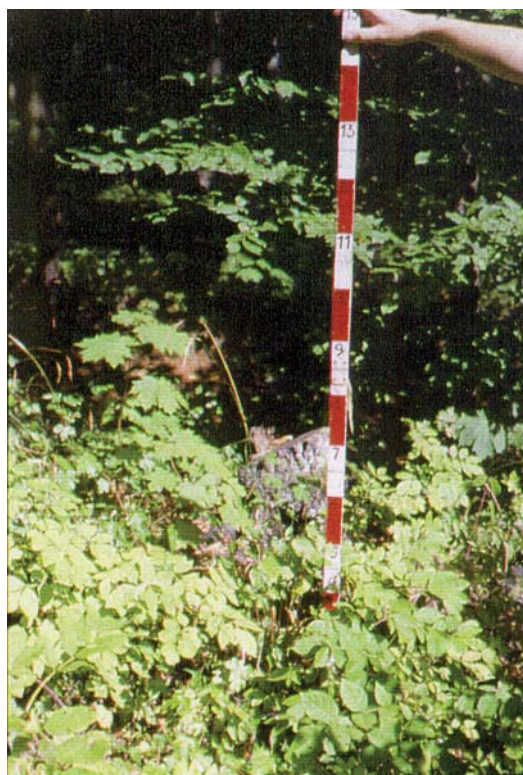
Jasan je autochtonní dřevinou různých přirozených lesních společenstev Českého krasu. Je udáván již ve fytoocenologických studiích z třicátých a čtyřicátých let 20. století (KLIKA 1942).

Kromě malých fragmentů potočních luhů (potoční jaseniny) byl však donedávna jasan v lesních porostech jen nepatrně vtroušen (maximálně do 5 %). K šíření dochází na různých stanovištích, nejvíce v habrových a v subxerofilních doubravách, méně v bučinách a v některých případech i v šipákových doubravách lesostepního charakteru. Překvapivé je, že intenzita zmlazení jasanu je relativně slabší v potočních jaseninách, kde je jasan hlavní a cílovou dřevinou. Jednou z příčin je pravděpodobně vysoké procento korunového zápoje, značné zastínění a také zabuřnění těchto stanovišť.

Průběh expanze

Jasan se rozšiřuje generativním způsobem ze semen. Ukazuje se, že intenzivnější šíření je na lokalitách, kde téměř nebo zcela absentuje přirozená obnova ostatních dřevin. Můžeme rozlišit dvě fáze expanze. V první fázi (obr. 1) dosahují nárosty jasanu zhruba výšky 0,5 m. Růst v této fázi počínající expanze je velmi pomalý a je zpravidla regulován okusem zvěří i konkurencí ostatních dřevin keřového i stromového patra. Jasan zde koexistuje s ostatními, většinou jen přimíšenými náletovými dřevinami a druhy keřového patra. Velká část energie jde ve prospěch tvorby kořenového systému. Tato fáze může trvat i řadu let. V této době mohou jasanové semennáčky dlouhou dobu přežívat i v hlubokém zástínu, přičemž jejich hustota se může pohybovat až kolem 1 250 jedinců na 1 ar.

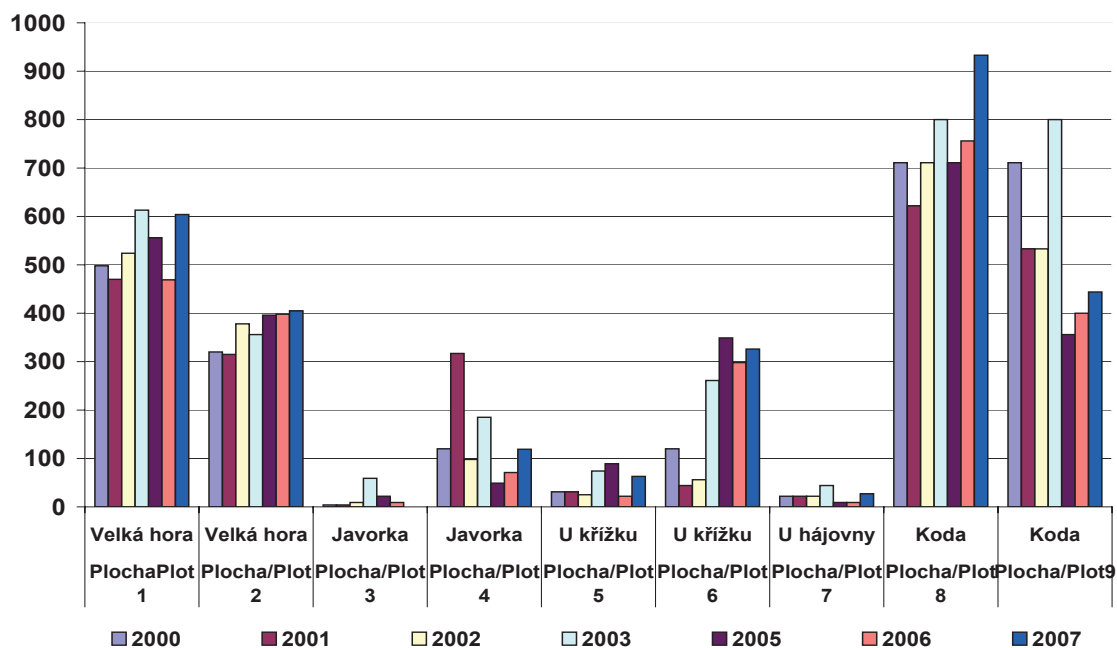
Poté následuje za příznivých podmínek druhá fáze (obr. 2), vyznačující se velmi rychlým výškovým růstem s průměrným ročním přírůstem 25 - 30 cm. V případě dostatečné hustoty náletu ovládne jasan zcela keřové patro a vytváří ve věku cca 12 - 15 let kompaktní podrost o průměrné výšce 160 cm, maximální přes 3 metry,



Obr. 1.
Počáteční fáze expanze jasanu na lokalitě Javorka v CHKO Český kras
Initial stage of ash expansion on the locality Javorka in Protected landscape area Bohemian Karst



Obr. 2.
Pokročilá fáze expanze jasanu na lokalitě Velká hora v CHKO Český kras
Advanced stage of ash expansion on the locality Velká hora in Protected landscape area Bohemian Karst



Obr. 3.

Průměrné počty semenáčků jasanu v ks/ar na jednotlivých lokalitách v CHKO Český kras v letech 2000 - 2007

The average number of ash seedlings in pieces/are on individual localities in Protected landscape area Bohemian Karst in years 2000 - 2007

v němž jsou konkurenčně potlačeny všechny ostatní dřeviny a též slabší jedinci jasanu. Počet jedinců jasanu v této fázi dosahuje i přes 900 kusů na 1 ar.

VÝSLEDKY

Průměrné počty přirozeného zmlazení jasanu na pokusných plochách na vybraných lokalitách v CHKO Český kras v letech 2000 - 2007 jsou uvedeny na obrázku 3. Na pokusných plochách o rozměrech 1,5 x 1,5 m byly zjišťovány počty jedinců a měřeny jejich výšky. Kromě jasanu byla provedena analýza přirozeného zmlazování i všech ostatních dřevin. Potvrdilo se, že jasan je na sledovaných lokalitách nejlépe zmlazující dřevinou, která je schopna dobře odrůstat i v zástinu stromového patra a konkurenčně potlačovat ostatní dřeviny. Při ponechání sukcese přirozenému vývoji se ukazuje, že tomuto tlaku by v podmínkách Českého krasu mohl být schopný účinně odolávat pouze buk, který je zde však omezen převážně pouze na specifická stanoviště s hlubším půdním profilem severních expozic. Jeho nevýhodou je také nízká frekvence semenných let, zatímco jasan většinou bohatě plodí každoročně. Pokud jde o dub, který je hlavní cílovou dřevinou, v poslední době byly po několika semenných letech na většině ploch zaznamenány překvapivě dostatečné počty semenáčků (až několik set jedinců na 1 ar). Na některých plochách počet semenáčků dubu dokonce převyšuje počet jedinců jasanu, na lokalitě U Hájovny bylo v roce 2007 dokonce zjištěno v průměru 2 907 kusů dubu na 1 ar. Semenáčky dubu však prakticky neodrůstají a zůstávají v průměru na výšce 10 cm. Jen naprosto zanedbatelný počet semenáčků přerostl ve sledovaném období výšku 20 cm. Z dalších dřevin zmlazuje nejvíce habr a javor babyka, v menším počtu se ale objevuje přirozené zmlazení prakticky všech vyskytujících se dřevin.

Doporučení pro management

Konkurence jasanu se v Českém krasu ukazuje jako významný limitující faktor přirozené obnovy dubu. Bez jeho eliminace není úspěšná obnova doubrav myslitelná a to ani v případech, kdy početnost dubového náletu je mnohem vyšší než jasanového. Na základě dosavadních zkušeností a výzkumu by mělo být postupováno diferencovaně podle stanovištních podmínek v závislosti na stupni intenzity a pokročilosti invaze jasanu. Jasan by měl být eliminován v pravidelných prořezávkách, a to pokaždé, kdy dojde k jeho masivnímu přerůstání nad dubem. Pochopitelně nejdůležitější je realizace těchto zásahů v první věkové třídě ve stadiu dubových semenáčků, kdy je třeba tyto prořezávky provádět opakovaně, zejména pokud jasan přeroste výšku cca 1,5 m, kdy již nemůže být zkoumán zvěř. Ve starších věkových stupních je třeba pokračovat v eliminaci jednotlivých jedinců jasanu v rámci probírek. V rámci pokusů bylo též zkoušeno bodové ošetření čerstvých řezných ploch jasanu herbicidem Roundup. Ukázalo se však, že i po tomto ošetření část jedinců přežívá a opětovně regeneruje, takže toto opatření může mít jen omezený význam ve výjimečných případech, kdy běžné prořezávky nedostačují a kde jasan i po vyřezání intenzivně tvoří výmladky. Zvláštní pozornost při eliminaci jasanu je třeba věnovat přírodovědecky cenným stanovištím. Např. kolem chráněných lesostepí by měla být provedena v rámci prevence šíření jasanu eliminace dospělých plodných stromů.

ZÁVĚR

Expanze jasanu v posledních letech je spontánním přírodním procesem souvisejícím se změnami abiotických i biotických faktorů prostředí – eutrofizací a synantropizací krajinného prostředí. Jedná se o všeobecný trend doložený v posledních desetiletích jak chemickými rozborů, tak značnými změnami vegetace v různých společenstvech. Projevuje se změnami chemismu půd a zvýšenými depozicemi dusíku, které v posledních desetiletích citelně vzrostly v důsledku rychlého nárůstu automobilové dopravy. V lesních porostech je jedním z důsledků šíření celé řady nitrofilních bylinných druhů, jako např. *Galium aparine*, *Geranium robertianum*, *Urtica dioica*, *Impatiens parviflora*. Nápadná je též expanze různých druhů ostružiníku (*Rubus fruticosus* agg.), v keřovém patře bezu černého (*Sambucus nigra*). Podle dosud zjištěných poznatků (HOFMEISTER 2001) však není samotný vliv atmosférické depozice sloučenin dusíku vlastní příčinou šíření jasanu.

Změněné stanovištní poměry, určité snížení stavů zvěře a v řadě případů zřejmě i oslabení konkurence ostatních dřevin, zejména snížení schopnosti jejich přirozené reprodukce, vytvářejí na většině lokalit Českého krasu pro expanzi jasanu velmi příhodné podmínky. Příznivé jsou rovněž vápnité a minerálně bohaté půdy. Předpokládá se rovněž vliv zhoršeného zdravotního stavu dubů a ostatních dřevin a určitého prosvětlení porostů. Přímá závislost intenzity jasanového náletu na míře defoliace stromového patra však nebyla prokázána (LIŠKA, SOUKUP 2002). Důležitým faktorem, který může míru expanze jasanu zcela zásadně ovlivnit, je výskyt mateřských plodných stromů v nejbližším okolí. Bylo zjištěno, že k intenzivnímu hojnému zmlazování jasanu v Českém krasu dochází v okruhu zhruba do 100 m od mateřského plodného stromu. Ve větších vzdálenostech byly zjištěny již jen jednotlivé semenáčky. Ve vzdálenostech nad 150 m je zmlazování jasanu pouze sporadické.

Pokud jde o biotické faktory, důležitý, i když nejednoznačný bude jistě vliv zvěře, která okusem redukuje přirozenou obnovu dřevin, přičemž jasan je zvěř vyhledáván přibližně stejně jako dub či buk. Nevýhoda dubu a buku však spočívá v tom, že konzumace jejich plodů je pro zvěř mnohem atraktivnější než plody jasanu. Na druhé straně v případě vyšších stavů zvěře je vedle ostatních dřevin intenzivně tlumen okusem i jasan. Snížení stavů zvěře by pak na lokalitách se slabou generativní reprodukcí dubu či buku vedlo zřejmě ještě k silnější expanzi jasanu. V této souvislosti je třeba si uvědomit způsob hospodaření, který ve sledované oblasti panoval ještě do poloviny 20. století (intenzivní pastva v lesích, hrabání steliva, vysoké těžby s krátkou dobou obmýtí v rámci pařezinového hospodářství), který neumožňoval dnešní expanzi jasanu.

Expanze jasanu a tím i změny společenstev jsou přirozené procesy, byť podmíněné změnami prostředí. Je nutno počítat s tím, že zastoupení jasanu v lesních porostech v příštích letech nepochybně poroste, zejména v nižších věkových třídách. Jeho tlumení, zejména na některých stanovištích se jeví jako potřebné a žádoucí, mj. i s ohledem na dodržení plánované cílové dřevinné skladby i na zájmy ochrany přírody.

Poznámka:

Tento příspěvek byl zpracován v rámci řešení výzkumného záměru Ministerstva zemědělství ČR č. VZ 0002070203 „Stabilizace funkcí lesa v antropogenně narušených a měnících se podmínkách prostředí.“ a s podporou Programu péče o krajinu Ministerstva životního prostředí.

LITERATURA

- BURIÁNEK V. 1999. Problematika expanze jasanu ztepilého v CHKO Český kras. In: Švihla V. (ed.): Vybrané problémy ochrany přírody a krajiny. Sborník ze semináře konaného v areálu Vyšší odborné školy pedagogické ve Svatém Janu pod Skalou dne 26. 10. 1999. Karlštejn, SCHKO Č. kras: 25-32.
- BURIÁNEK V. 2001. Expanze jasanu ztepilého na pokusných plochách na území NPR Český kras. In: Pondělíček M. (ed.): Problematika pěstování lesů ve zvláště chráněných územích přírody. Sborník semináře. Karlštejn, SCHKO Č. kras: 9-13.
- DOMIN K. 1935. O proměnlivosti jasanu ztepilého (*Fraxinus excelsior* L.). Lesnická práce, 14: 477-484.
- HOFMEISTER J. 2001. Význam atmosférické depozice sloučenin dusíku a historického vývoje dubohabrových lesních porostů CHKO Český kras z hlediska procesu šíření jasanu ztepilého (*Fraxinus excelsior*) v těchto porostech. In: Pondělíček M. (ed.): Problematika pěstování lesů ve zvláště chráněných územích přírody. Sborník semináře. Karlštejn, SCHKO Č. kras: 21-29.
- KLIKA J. 1942. Rostlinná společenstva Velké Hory u Karlštejna. Sborník České akademie technické, 16, 93, 7: 580-602.
- LIŠKA J., SOUKUP F. 2002. Vývoj zdravotního stavu dubů na lokalitě „Na pláních“ v období let 1993 - 2001 (NPR Karlštejn, CHKO Český kras). In: Pondělíček M. (ed.): Péče o lesy v NPR Karlštejn. Sborník ze semináře na půdě Vyšší odborné školy pedagogické ve Svatém Janu pod Skalou dne 19. 2. 2002. Karlštejn, SCHKO Č. kras: 37-43.
- PONDĚLÍČEK M. (ed.) 2001. Problematika pěstování lesů ve zvláště chráněných územích přírody. Sborník semináře. Karlštejn, SCHKO Č. kras: 66 s.
- SVOBODA P. 1955. Lesní dřeviny a jejich porosty, část II. Praha, SZN: 573 s.
- ŠVIHLA V. 1999. Vybrané problémy ochrany přírody a krajiny. In: Sborník ze semináře konaného v areálu Vyšší odborné školy pedagogické ve Svatém Janu pod Skalou dne 26. 10. 1999. Karlštejn, SCHKO Č. kras: 61 s.

PROBLEMS OF ASH EXPANSION IN BOHEMIAN KARST

SUMMARY

Ash expansion is the spontaneous natural process associated with changes of both abiotic and biotic environmental factors especially landscape and environment eutrophication in the last years. This is a general trend evidenced in recent decades both by chemical analysis and by significant vegetation changes in different communities. It manifests in soil chemical changes and increased nitrogen deposition, which in recent decades have increased significantly due to the rapid growth of car traffic. In forest stands one of the consequences is the dispersion of many herb nitrophilous species such as *Galium aparine*, *Geranium robertianum*, *Urtica dioica*, *Impatiens parviflora*. The expansion of different species of blackberry (*Rubus fruticosus* agg.) and common elder (*Sambucus nigra*) in the shrub layer is also remarkable. However, the only influence of atmospheric deposition of nitrogen compounds does not cause the ash expansion according to still findings.

The ash expansion has been studying and then described in the protected landscape area Bohemian Karst for several years. The site conditions change, a reduction of the game stock and in many cases probably also weakening competition from other species, particularly the reduction of their natural reproduction ability, create very favourable conditions for the ash expansion at most locations of the Bohemian Karst. The impact of worsening health status of oaks and other trees was also considered, however the direct dependence of ash natural seeding intensity on the degree of tree layer defoliation has not been proved. It was found that an important factor which may have crucial influence is the presence of mature fruitful trees in the immediate vicinity. The intensive ash regeneration in Bohemian Karst occurs within a radius of approximately 100 m from the parent fruitful tree. In the more distance only few seedlings were found. The ash natural regeneration above distance of 150 m was recorded very rarely.

Ash competition seems to be a significant limiting factor for oak natural regeneration. The successful regeneration of oak stands is not conceivable without elimination of ash, even in cases where the abundance of oak seeding is much higher than of ash. On the basis of actual experience and present research it should be taken measures according to different site conditions, depending on the degree of ash invasion intensity. Ash should be eliminated in the regular juvenile thinning, and whenever it massively overgrows oak. Of course, the implementation of these measures is the most important in the first age class in the stadium of saplings, when the thinning should be repeated, especially if the ash height reaches more than 1.5 m. In older age classes the ash elimination should be continued within the next thinning. The treatment of fresh cutting surfaces by herbicide Roundup was also tested. However, many of individuals survive and regenerate again even after this treatment, so this measure may have only limited importance in exceptional cases, when normal thinning is insufficient and where ash intensively forms sprouts after cutting. Special attention at the ash elimination should be paid to nature conservation of valuable habitats. For example the elimination of mature fruitful trees within prevention measures against the ash spreading should be realized around protected steppe communities.

The increasing of ash proportion in the forests stands in the coming years must be assumed, particularly in the younger age classes. Its control and limitation, particularly in some sites appear to be necessary and desirable, inter alia with regard to compliance with the planned target tree composition and the interests of nature conservation.

Recenzováno

ADRESA AUTORA/CORRESPONDING AUTHOR:

RNDr. Václav Buriánek, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i.
Strnady 136, 252 02 Jiloviště, Česká republika
tel.: 257 892 229; e-mail: burianek@vulhm.cz

PROTIEROZNÍ A MELIORAČNÍ ÚČINKY OLŠE ZELENÉ

SOIL CONSERVATIVE AND AMELIORATIVE EFFECTS OF *ALNUS VIRIDIS*

FRANTIŠEK ŠACH - VLADIMÍR ČERNOŽOU

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., VS Opočno

ABSTRACT

The paper reviews a scientific knowledge from foreign and domestic literature with aim to justify the scope of a long-time investigation in silvicultural use of permanently controversial green alder for mountainous sites. Information from green alder autoecology indicates its properties of an early successional species, capable of fixing air nitrogen (N₂). The green alder concurrently proves little interesting ameliorative effects on forest soils without any severe disturbance particularly without scalped or heavy scarified topsoil (LFH and Ah horizons). The practical domestic use of green alder is derived from its characteristics of pioneer species. That concerns the use in amelioration of soils with scalped or heavy scarified forest floor and bared mineral soil, the use for reforestation of stony and bouldery soils on rock-block fields, and the use in soil reclamations.

Klíčová slova: olše zelená, autoekologie, meliorace stanoviště, protierozní ochrana, stabilizace půdy, rekultivace

Key words: green alder, autoecology, site amelioration, erosion control, soil stabilization, reclamation

ÚVOD A NÁSTIN PROBLEMATIKY

Olše zelená je podle české legislativy meliorační a zpevňující dřevina (MZD). Je doporučována jako dřevina meliorující místa, kde byla lesní půda degradována v důsledku ztráty svrchní vrstvy – horizontů LFH a A. Je také doporučována jako dřevina sloužící ke zpevnění svahů ohrožených erozí. Její meliorační a půdoochranné účinky lze využívat zejména v horských oblastech, jak vyplývá z ekologie a rozšíření druhu.

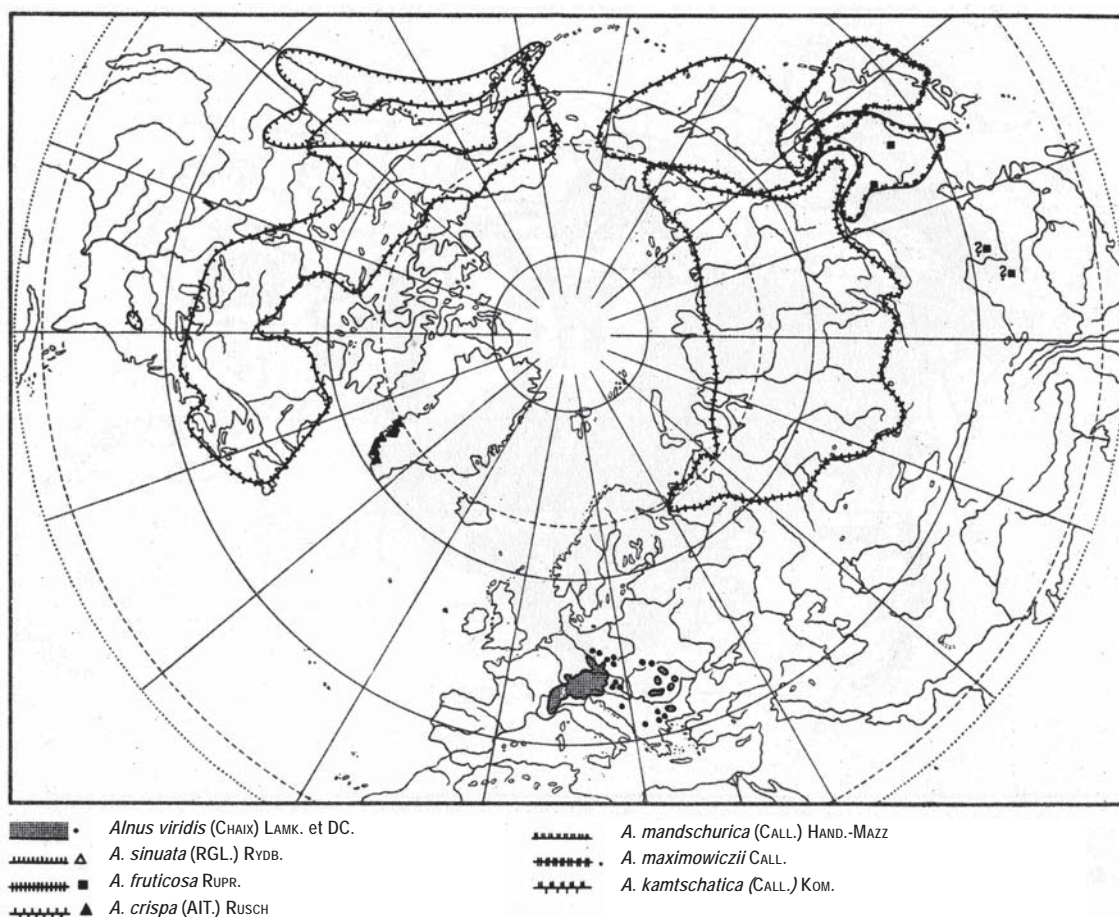
Nejprve se zastavme u nomenklatury olše zelené. Nomenklatura olše zelené (*Alnus viridis*) je velmi komplikovaná jak doma, tak v zahraničí. Příčinami problémů se systematikou této významné pionýrské dřeviny jsou morfologická variabilita, hybridizace a extendované cirkumpolární rozšíření (HARRIS 2004).

V aktuální renomované světové lesnické encyklopedii *Encyclopedia of Forest Sciences* výše citovaný HARRIS (2004) uvádí, že v podrodu *Alnobetula* jsou popisovány četné poddruhy jako druhy *Alnus viridis* (např. *Alnus viridis* subsp. *crispa* jako výsledek sexuální hybridizace). Potvrzením komplikovanosti jsou i dřívější encyklopedie (HORA 1981, MEUSEL et al. 1965, KRÜSSMANN 1976). V *Oxford Encyclopedia of Trees of the World* (HORA 1981) jsou do podrodu *Alnaster* rodu *Alnus* řazeny keře (eventuálně malé stromy) *A. pendula* (Japonsko, Korea), *A. viridis* (evropská olše zelená, pouze keř), *A. crispa* (olše zelená východní části Severní Ameriky, pouze keř), *A. sinuata* (olše zelená západní části Severní Ameriky). Jak *A. crispa*, tak *A. sinuata* jsou některými autory považovány za poddruhy *A. viridis* (*A. viridis* ssp. *crispa*, *A. viridis* ssp. *sinuata*). Do rodu *Alnus* autoři MEUSEL et al. (1965) resp. KRÜSSMANN (1976) řadí sekci *Alnobetula* resp. *Alnaster*, kde k *A. viridis* náleží příbuzná *A. sinuata* (syn. *A. sitchensis*, západní Severní Amerika), *A. crispa* (*A. viridis* ssp. *crispa*, východní Severní Amerika, Grónsko), *A. fru-*

ticosa (*A. viridis* var. *sibirica*, Sibiř), *A. mandschurica* (Mandžusko), *A. maximowiczii* (Japonsko, Sachalin) a *A. kamschatica* (Kamčatka).

V České republice zmiňují olši zelenou např. dendrologie HORÁČKA (2007), ÚRADNÍČKA, MADĚRY (2001) či HIEKA (1978). HIEKA (1978) rozlišuje keřovité olše habituálně na typ *repens* a typ *viridis*, kam řadí různé taxony polykormonální olše. CHMELÁŘ (1983) a z něj vycházející ÚRADNÍČEK, MADĚRA (2001) uvádějí pro olši zelenou rodová synonyma *Alnaster* či *Alnobetula*. Přes četné výskyty v horských oblastech ČR (Novohradské hory, Jihlavské vrchy, Jeseníky, Moravskoslezské Beskydy, Českomoravská vysočina, Krušné hory, Jizerské hory, Krkonoše, Orlické hory) považují olši zelenou za původní pouze na Šumavě. HORÁČEK (2007) používá pro olši zelenou rodový název *Duschekia* (olšička) a od rodu *Alnus* zdůvodňuje odlišnost rodu *Duschekia* přisedlými (ne stopkatými) pupeny. Do rodu *Duschekia* řadí keře nebo nízké stromy, podle různých autorů až 8 druhů ve východní Asii, v Evropě a v Severní Americe.

Poznatky prezentovaných dendrologů k olši zelené s důrazem na poznatky dendrologů lesnických lze shrnout, že se jedná o druh nehorských poloh boreálního pásma a horských poloh mírného (temperátního) pásma (obr. 1) s praktickým využitím jako meliorační a půdoochranné dřeviny hlavně pro horské oblasti. Komplikovanost taxonu olše zelené může v časoprostoru Země i v rámci českých zemí (blízkost Alp a Karpat jako původních areálů výskytu, Durynského lesa s výskytem olše zelené jako dřeviny zdomácnělé – MEUSEL et al. 1965, případně ve Šluknovském výběžku – PŘEROVSKÝ 1898, KUNT 1958) její nepůvodnost relativizovat a racionálně ospravedlnovat její meliorační půdoochrannou funkci a užití v horských oblastech narušených antropogenní činností (LOKVENC, VACEK 1993, 2004, DVOŘÁK 2004, GRUNDMANN 2004, PODRÁZSKÝ et al. 2003, 2005).



Obr. 1.

Rozšíření *Alnus viridis* a příbuzných druhů (MEUSEL et al. 1965)
 Range of *Alnus viridis* and related species (by MEUSEL et al. 1965)

PŘEHLED POZNATKŮ - VÝSLEDKY

Olše zelená je dlouhodobě na území Československa (včetně Podkarpatské Rusi) objektem deskripce jak přírodovědců (biologie, ekologie, areál dřeviny), tak lesníků (praktické využití pro melioraci, rekultivaci, stabilizaci, produkci).

K prvnímu okruhu (přírodovědeckému) se vztahuje řada prací domácích autorů (OPIZ 1856, PŘEROVSKÝ 1898, KLÁŠTERSKÝ 1935, JIRÁSEK 1937, 1939, KUNT 1958). Ze zemí současné Evropské unie se jedná zejména o práce z karpatských a alpských zemí (WEISE 1898, TRACI 1958, PASCOVSKI, IVANSCHI 1962, VORREITH 1961, BENECKE 1972, RUBLI 1974, MICHIELS 1993, KAMRUZZAHAN 2003).

K druhému okruhu (lesnickému) existuje z dob Československa již prací méně (ČERVENKA 1964, BEČKA 1975). K opětovnému zvýšení zájmu o olši zelenou došlo v 80. letech 20. století v souvislosti s imisní kalamitou a předjímanou odolností olše zelené vůči působení imisí zejména síry (LOKVENEC, VACEK 1991, 1993, KRIEGL 1994, 2000, BALCAR 2005, PODRÁZSKÝ, ULBRICHOVÁ 2003, PODRÁZSKÝ et al. 2005). Ve světě pak vzhledem k rozšíření olše zelené existuje k jednotlivým lesnickým okruhům jejího využití mnoho prací, z nichž nejpřínosnější poznatky využitelné v domácích poměrech přináší práce z USA, Kanady, Velké Británie a Nového Zélandu. K lesnic-

kému okruhu lze zařadit rovněž syntetické review autorů PETROV-SPIRIDONOV, JEGOROVA (1992), kteří poznatky o olši zelené shrnuli v rámci přehledu o melioračních účincích olší a jejich lesopěstebním využití.

Pěstební (auto)ekologie olše zelené

• Kořenový systém

MAUER et al. (2003) studovali kořenový systém olše zelené v imisních oblastech. Podrobili komplexní analýze 2 porosty olše zelené v Orlických horách (Velká a Malá Deštná, 1 060 resp. 1 050 m n. m., lesní typ jeřábová smrčina borůvková resp. třtinová, velmi mírný svah, příprava stanoviště pro zalesňování prstovým shrnovačem klestu neseným na lesním kolovém traktoru srovnatelná s mírnější obdoba přípravy buldozerem s klučicí radlicí, věk porostů 12 resp. 17 let) a 2 porosty v Krušných horách (Moldava, 840 - 850 m n. m., lesní typ kyselá buková smrčina třtinová, velmi mírný svah, příprava stanoviště pro zalesňování plošková, věk porostů 15 a 25 let). Tendence a charakter výsledků byly u všech porostů shodné. Kořenový systém analyzovaných olší byl povrchový, přičemž kořeny prorůstaly pouze humusové a humusem obohacené horizonty. Olše zelená na bázi kmene nasazovala velké množství horizontálních kořenů, které se postupně od kmene snopkovitě dále intenzivně větvily.

Při prakticky stejné tloušťce je lze označit jako kořeny kosterní, které však nepřesahovaly průmět koruny. Olše vytvářely abnormální množství jemných kořenů po celé délce kořenů horizontálních. Horizontální kořeny spolu s jemnými vytvořily hustou spleť prokořeňující celý profil humusových horizontů. Trhacími zkouškami se podařilo (pokud vůbec) olši vytrhnout pouze s celým „půdním koláčem“. Snopkovité větvení a husté prokořeňování vytváří dobré předpoklady pro stabilizaci půdy. V diskusi MAUER et al. (2003) dále uvádějí, že kořenový systém se může snadno přizpůsobovat půdnímu profilu. U všech analyzovaných jedinců byly zjištěny ve shlučích kořenové hlízkové aktinorhízy, ve větším měřítku u báze kmene a na některých větvích horizontálních kořenů, častěji na kořenech adventivních.

- Výskyt hlízek s bakteriemi a fixace dusíku

Využití olše zelené k melioraci, rekultivaci, stabilizaci i produkci je spojeno s fixací vzdušného dusíku N_2 symbiotickými hlízkovými bakteriemi na kořenovém systému olše. Existenci hlízek a fixaci dusíku studovali z kvalitativní i kvantitativní stránky četní autoři. BENECKE (1969) zmiňuje značný úspěch *Alnus viridis* při revegetačních zkouškách na erodovaných horských svazích Nového Zélandu. Předběžné výzkumy měly odhalit, jak se rozšiřují po umělé inokulaci hlízkové endofyty ze svého hostitele *A. viridis* do půdy. Bylo zjištěno, že mikroorganismy schopné vytvářet funkční hlízkové na kořenech *A. viridis* jsou v půdách Nového Zélandu přítomny. Endemické půdní organismy vhodné pro tvorbu hlízek u *A. viridis* a pokusy s křížením inokulace ukázaly, že pravděpodobně existují rozdíly mezi organismy vytvářejícími hlízkové u různých druhů olše. BENECKE (1970) o fixaci N_2 u *Alnus viridis* experimentálně dále zjistil, že nízké teploty v horských polohách neredukují fixaci dusíku a erodovaná neúrodná stanoviště zvyšují fixační aktivity. Po přidání NO_3-N stoupá obsah dusíku v kořenech a klesá fixační výkonnost hlízek.

DALTON, NAYLOR (1975) metodou redukce acetyleny na etylen, umožňující stanovit množství dusíku fixovaného mikroorganismy v hlízkách, a stanovením dusíku v půdě prokázali, že fixování vzdušného dusíku aktivitami olše zelené s hlízkami o průměru až 4 cm nevedlo k přímému zvýšení obsahu dusíku v okolní půdní vrstvě. Tento poznatek se shoduje se závěry řady autorů, jejichž výsledky rekapitulují PETROV-SPIRIDONOV, JEGOROVA (1992). Na základě moderních metod zjišťování se většina autorů shoduje, že půda je obohacována dusíkem prostřednictvím opadu a odumírajících kořenů. Okolo 90 % fixovaného dusíku se z hlízek přemisťuje do dalších rostlinných orgánů, především do listové biomasy. Prakticky veškerý dusík, který se v rostlinných orgánech olše nahromadí v průběhu vegetačního období, se dostává do půdy z opadu listů na podzim.

BINKLEY (1981) kvantifikoval, že porost olše zelené (*Alnus sinuata* – *Sitka alder*) fixuje ve dvaceti letech na stanovištích v Britské Kolumbii s odstupňovanou nadmořskou výškou 510 až 820 m podle inkubační metody redukce acetyleny ve vztahu k biomase hlízek $20 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ dusíku, což je vzhledem k požadavkům jehličnanů (převážně stejně staré douglasky – *Pseudotsuga menziesii*) dostačující. Ve směsi *A. sinuata* zabezpečuje jehličnanům vitální růst. Hlízky v 15 – 20 letech věku *A. sinuata* mají průměr až tři centimetry při výšce olše 5 – 7 m.

BINKLEY (1982) dále kvantifikoval fixaci N_2 , když pro porost olše zelené (*Alnus sinuata* – *Sitka alder*) ve věku pěti let v Britské Kolumbii (820 m n. m. na opuštěné skládce dříví po holoseči, mělký orthický regosol - 20 až 40 cm hluboká ledovcová hlína – till se 75 % skeletu) na bázi experimentu odvodil fixaci dusíku $35 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$.

- Optima a limity stavu výživy

Odhad limitů stavu výživy olše zelené (*Alnus crispa*) provedli PRÉGENT, CAMIRÉ (1985). Ke stanovení kritických úrovní vybraných živin v listech olše zelené pro její optimální růst a fixaci N_2 použili kulturu in vitro. Pro olši zelenou k získání 90% maxima růstu a fixace N_2 jsou potřebné foliární hladiny makroživin P 0,12 %, Mg 0,13 %, K 0,31 %, Ca 0,04 % hmotnosti sušiny. Výraznější účinek na stav N (fixaci N_2) měla deficiencie P, když její kritická hodnota představovala 0,118 %. Pro K jsou kritické hodnoty menší než 0,30 %, naopak hodnoty větší než 2 % jsou spojovány s redukcí růstu a fixace N_2 . Koncentrace Ca v rozmezí 0,037 až 0,743 % se zdály pro symbiotickou funkci olše vyhovující. Mg měl pro ovlivnění růstu a fixaci N_2 menší význam než P. Koncentrace 0,11 % Mg se však pro 2 - 3leté výsadby olše zelené ukázaly jako kritické.

- Tolerance k vodnímu stresu

Poznatky z pěstební ekologie olše zelené a porostů s ní rozšířili CLINE, CAMPBELL (1976). Prováděli šetření tolerance k vodnímu stresu olše zelené (*Alnus sinuata* – *Sitka alder*) v Priest River Experimental Forest v severním Idahu. Olše zelená vyskytující se pouze na vlhčích k severu obrácených svazích nebyla schopna posunout svůj osmotický potenciál k dostatečně nízkým úrovním pro účinnou vlhkostní kompetici. Její stomatální reakce bude zřejmě zapříčínovat omezení, protože uzavření nastává při nízkých úrovních stresu a redukuje tak výměnu plynů. Na vlhčích stanovištích nicméně její relativně vysoký osmotický potenciál pravděpodobně resultoval do účinnějšího fungování metabolického systému rostliny.

Příznivost svěžího ekotopu pro nárůst nadzemní i podzemní biomasy a pro nízkou mortalitu (1 %) olše zelené tři roky od výsadby na horskou imisní holinu potvrdili LOKVENC, VACEK (1993); sušší místa při stejné mortalitě vykazala menší nárůst biomasy, zamokření resultovalo ve významně vyšší mortalitu (10 %) a nejnížší nárůst biomasy.

- Reprodukční schopnosti

FARMER et al. (1985) zkoumal reprodukční schopnosti olše zelené *Alnus viridis* ssp. *crispa*, která vykazovala dostatečnou plodnost i klíčivost (klíčivost si semena podržují ca 10 měsíců). Vzcházení dovolují až vyšší teploty za delší fotoperiody a vlhká minerální půda. KRIEGL (2000) zaznamenal vysokou plodivost olše zelené 9 let po výsadbě na holosečném pruhový násek (100 % keřů), nevýznamně nižší plodivost pak pod rozpadajícím se předmýtním smrkovým porostem (88 % keřů), na obou plochách však bez generativně zmlazených jedinců. MAUER et al. (2003) potvrdili obrovskou schopnost olše zelené tvořit adventivní výhony nadzemní části i adventivní kořeny, resultující do rozrůstání keřů (obdobně BALCAR 2005).

Meliorace s vazbami na obnovu, růst a produkci

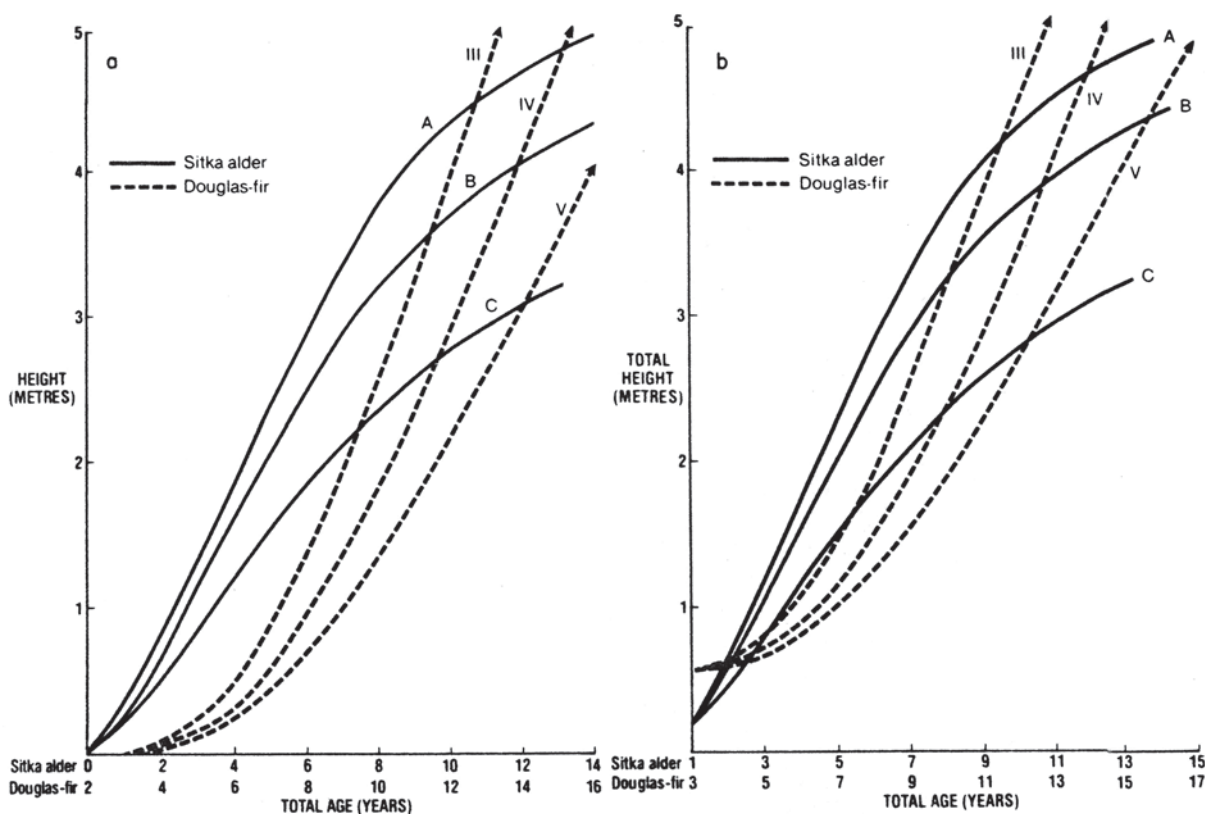
BALLARD, HAWKES (1989) hodnotili osmiletou kulturu smrku sivého (*Picea glauca*) na šterkovitém orthickém humuso-železitém podzolu (914 m n. m.) po buldozerové přípravě (nadložní humus stržen až k Ae horizontu). Mezi valy bez vlivu a s vlivem olše zelené (*Alnus viridis* ssp. *sinuata*) dosahoval smrk (1983) průkazně větší výšky a výškového přírůstu (2,01 m, resp. 42,5 cm) na ploše s olší zelenou než na ploše bez olše (1,65 m, resp. 28,4 cm). Pokud se týče podmínek růstu, lišil se organický uhlík C_{org} ve svrchní půdní vrstvě (0 – 15 cm) neprůkazně ve prospěch plochy s olší, průkazný rozdíl byl zaznamenán u celkového dusíku (0,071 %, resp. 0,109 %); pH (H_2O) bylo průkazně vyšší na ploše bez olše (5,04) než s olší

(4,57). Stav výživy jednoletého jehličí makroživinami byl průkazně rozdílný pouze pro N (0,94 % bez olše, 1,19 % s olší). Výsledky naznačují, že křovitá olše má na stanovištích s nízkou zásobou N potenciálně užitečné pěstební (meliorační) využití. Nevelká limitovaná produkce opadu a rychlá dekompozice má za následek neprůkazný rozdíl v C_{org} .

BINKLEY et al. (1984) zjišťovali ekosystémové účinky nárůstu olše zelené (*Alnus sinuata* – Sitka alder) v porostu douglasky (*Pseudotsuga menziesii*) na obsah živin, biomasu ekosystému, nadzemní čistou primární produkci, opad a půdu. Navýšení obsahu dusíku z fixace hlízkovými bakteriemi představovalo ve 23letém douglaskovém ekosystému 30 kg dusíku na ha.rok. Zakmenění a výčetní základna nebyly sice olší průkazně ovlivněny, ale průměrná výčetní tloušťka byla v porostu s olší vyšší o 13 %, průměrný pětiletý přírůst výčetní základny o 33 % a přírůst biomasy kmene o 40 % větší v porovnání s douglaskovým ekosystémem bez olše. Koncentrace N v douglaskovém jehličí byla průkazně vyšší, ale koncentrace P a S byly výrazně redukovány. Obsah živin v opadu byl 3 až 7krát větší a v půdě přístupný $N-NH_4$ byl větší 3krát. Kombinace střední (mírné) fixace N a keřovitá růstová forma s menší kompeticí pro prosadby dělají z olše zelené atraktivní druh ke smíšení s jehličnany na stanovištích s deficitem dusíku.

Pozitivní meliorační působení s přínosným dopadem na růst měla přirozená invaze olše zelené (*Alnus crispa* – mountain alder) i při zalesňování rašelinišť a vřesovišť s přípravou půdy naoráním ve východním Newfoundlandu (HUDSON 1993). Po 3 až 6 letech od přirozené invaze poblíž rostoucí olše zelené do neprospívajících kultur smrku černého - *Picea mariana* a smrku sítky - *Picea sitchensis* (spon 1,8 m) došlo k významnému zvýšení růstu smrků. Opad listové biomasy $50 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ olše zelené vedl k nárůstu obsahu N v jehličí o 10 až 15 %, příznivě se vyvíjela také vrstva nadložního humusu. Přitom nedocházelo 17 let po výsadbě k redukci počtu jedinců smrku/ha.

HARRINGTON, DEAL (1982) na bázi terénních šetření a odběru vzorků ve státu Washington zkonstruovali společné růstové výškové křivky do věku 17 let pro dva modely obnovy a smíšení douglasky (*Pseudotsuga menziesii*) a olše zelené (*Alnus sinuata* – Sitka alder): výškové křivky pro model sje olše zelené do dvouletého přirozeného zmlazení douglasky a výškové křivky pro model současné výsadby olše zelené (sadební materiál v obalech k1 + 0, výška 20 cm) a douglasky (sadební materiál v obalech 2 + k1, výška 55 cm). Výškové křivky jsou sestrojeny pro chudá stanoviště lišící se nadmořskou výškou od (500 do 1 290 m) a pozicí na svahu (obr. 2).



Obr. 2.

Společné růstové výškové křivky pro dva modely obnovy a smíšení douglasky (*Pseudotsuga menziesii*) a olše zelené (*Alnus sinuata* – Sitka alder): (a) výškové křivky pro model sje olše zelené do dvouletého přirozeného zmlazení douglasky; (b) výškové křivky pro model současné výsadby olše zelené (sadební materiál v obalech k1 + 0, výška 20 cm) a douglasky (sadební materiál v obalech 2 + k1, výška 55 cm). Výškové křivky jsou sestrojeny pro chudá stanoviště lišící se nadmořskou výškou od (500 do 1 290 m) a pozicí na svahu (HARRINGTON, DEAL 1982). Height-growth curves for Sitka alder (classes A – C) and Douglass-fir (sites III – V) with Douglass-fir given a 2-year advantage in total age. (a) The Sitka alder is seeded in a natural Douglass-fir stand. (b) 1-0 Sitka alder and 2-1 Douglass-fir seedlings are planted at the same time (by HARRINGTON, DEAL 1982).

Jestliže zpočátku olše zelená přerostla douglasku, výškový růst douglasky mohl být potlačen v důsledku zastínění či poškození terminálního letorostu. Douglaska přerostla olší zelenou obvykle do věku olše 10 let při výšce menší než 4 m. Řada růstových kombinací je odvozována ve vazbě na druh sadebního materiálu a postup obnovy.

Užitky poskytované olší zelenou (dodávání dusíku a organických látek) jsou přímo vázány na čistý fotosyntetický výkon: čím bude spon douglasky těsnější, tím dříve se dostane ze zastínění olší; na druhé straně široký spon douglasky bude pomáhat k udržení olše zelené ve smíšené po delší dobu a bude tak redukovat zastoupení ekonomicky cenné složky směsi.

Rozsáhlý a dlouhodobý výzkum interakcí komerčně významného smrku sivého (*Picea glauca*) a komerčně nevýznamné olše zelené (*A. crispa*, *A. sinuata* = *A. sitchensis*, *A. tenuifolia*) realizovala v boreálních lesích na Aljašce v letech 1990 až 2000 WURTZ (1995a, b, 2000). V prvních 20 letech fixuje olše zelená primární sukcesí na aljašských rovinách až 70 % dusíku potřebného pro smrkové porosty v příštích 200 letech. Různé zastoupení obou dřevin při obnově a vliv na tloušťkový a výškový přírůst (WURTZ 1994a) a pomístný podrost olše zelené v dospělých porostech a vliv na celkový dusík a sorpční kapacitu půdy (WURTZ 1995b, 2000) byly velmi variabilní; souvisely především s mírou zápoje a primární produktivitou stanoviště a na lokalitách bez výrazného narušení těžbou se významně neprojevily.

Olše zelená osidlující holou půdu může v některých případech bránit či ztěžovat obnovování hlavních hospodářských dřevin, zejména jehličnanů (MICHIELS 1993, FARNDEN 1994, MALLIK et al. 1997), případně omezovat využívání pastvin (RUBLI 1974). Ve zmíněných případech lze však křovitou a světlomilnou (slunnou až poloslunnou) olší snadno tlumit, ať již kombinací jejich ekologických vlastností a pěstebních opatření (MALLIK et al. 1997) či chemicky glyphosatem, případně mechanicky kroužkováním, vykopáním nebo vytržením z kořenů (FARNDEN 1994). Možnost využít slunnost a poloslunnost k regulaci růstu potvrdily výsledky z výsadby olše zelené na holosečný pruhový násek a pod rozpadající se předmýtní smrkový porost (LOKVENC, VACEK 1991). Zatímco mortalita se 5 let od výsadby na stanovišti jeřábové smrčiny třtinové prakticky nelišila (7 resp. 8 %), biometrické charakteristiky se lišily významně: celková výška 121 resp. 102 cm, průměrná šířka keře 62 resp. 39 cm, tloušťka kořenového krčku 18 resp. 10 mm, průměrný počet letorostů v keři 4 resp. 2, jejich hmotnost bez listů 71 resp. 25 g sušiny na jedince a hmotnost listů 27 resp. 7 g sušiny dtto.

Ochrana půdy před erozí a její stabilizace

ČERVENKA (1964) na základě experimentu založeného na „holích“ jižních svahů hřebene Trestník (východní část Slovenského rudohorí) v nadmořské výšce 1 350 m doporučuje olší zelenou vedle kosodřeviny jako nejučinnější pomocnou dřevinu při zalesňování na horní hranici lesa. Olše zelená vykazovala v 10 letech průměrnou výšku 1 m (max. 1,7 m) a průměrnou šířku keře 105 cm (max. 230 cm). Biologická příprava prostředí pro cílové dřeviny a jejich případná biologická ochrana prostřednictvím přípravného porostu olše zelené se prokázala zlepšením vzdušného a půdního prostředí. Přípravné porosty doporučuje zakládat na méně příznivých až nepříznivých stanovištích a na plochách bezprostředně ohrožených erozí (svahy ohrožené erozí a sutě svahy s lavinovým nebezpečím). Zakládání přípravného porostu olše zelené doporučuje provádět se sponem a seskupováním sazenic zásadně nepravidelným a hloučkovitým

(nejlépe sazenice v obalech). Tento způsob umožňuje postupně doplňovat cílové dřeviny s různými ekologickými nároky. Nebezpečí nedostatku vlhkosti a světla pod přípravným porostem nepřichází v těchto polohách prakticky v úvahu (jižní expozice s teplými propustnými vápencovými půdami jsou však pro přípravný porost olše zelené nevhodné). Eventuální prosvětlení přípravného porostu se provádí podle požadavku cílové dřeviny, kterou se přípravný porost prosazuje.

V práci se dále uvádí, že olše zelená má kořenový systém bohatě rozvětvený, značná část kořenů se rozprostírá blízko půdního povrchu, takže půda je kořeny dobře vázaná. Další část kořenů sahá hlouběji, podle podloží do hloubky 40 – 60 cm. Mimoto má olše zelená příznivý vliv na mikroklima a lze do její ochrany prosazovat náročnější listnáče.

BEČKA (1975) popisuje začlenění olše zelené do systému technické a biologické asanace sesuvů v řadě povodí v Jeseníkách (řádově desítky hektarů plochy sesuvů – 70 ha a desetitisíce m³ zeminy). Pod ochranou technických úprav – plůtků a palisád byla vysazována třtina rákosovitá, kterou doplňovala olše zelená přebírající zápojnou funkci (sesuv v povodí Hučivá Děsná). Dobré vlastnosti olše zelené byly hodnoceny z několika hledisek:

- Zpevňuje půdu sesuvů kořenovým systémem
- Obohacuje půdu sesuvů vzdušným dusíkem, produkovaným nitrogenními bakteriemi na kořenovém systému
- Neutralizuje půdní kyselost opadem listů s vysokým obsahem hořčiku
- Opad listů velmi rychle humifikuje
- Nadzemní část poskytuje výbornou ochranu cílovým dřevinám (buk, klen), také proti jinovatce a zvěři

Příroda sama ukazuje přirozenou sukcesí, jak postupovat v asanaci. Přitom se technickými a biologickými zásahy zabraňuje další destrukci a urychluje sukcese. Původně se olše vysekávala v arových polích šachovnicovým postupem a do vysekaných polí se vysazovaly cílové dřeviny. Vzhledem k rychlému zabuřeňování třtinou chloupkatou znemožňující konečné zalesnění se přešlo na prosadbu buku tři až čtyři roky po výsadbě olše, která ještě nebyla zapojená.

Rekultivace

VANN et al. (1988) na průmyslem devastovaných a opuštěných pozemcích postrádajících svrchní půdní vrstvu i podorničí provedli v pohoří Pennines (Velká Británie) testování pro rekultivační postupy kromě *Alnus glutinosa* a *Alnus rubra* také keřovitě *Alnus viridis* (alpská dřevina nadmořských výšek nad 1 000 m) a *Alnus sinuata* (velmi odolná dřevina na Aljašce osidlující glaciální tilly). Kryto-kořenový materiál v tubách byl vysazen ve sponu 1,75 m na severní svah o sklonu 20° do jílovité zeminy s hodnotami pH 3 až 5 na břidličnatém podloží. S inokulací i bez ní vytvářela po dvou letech *Alnus viridis* největší počet nadzemních výhonů na jeden keř dosahujících i největší celkovou délku a neinokulovaná i největší průměrnou délku výhonu. Méně produktivní se zpočátku jevily americké olše *A. rubra* a *A. sinuata*.

SCHERER, EVERETT (1998) použili v Cascade Mts. olší zelenou (*Alnus sinuata* – Sitka alder) společně se 4 druhy jehličnanů (3 druhy borovic a douglaska) a 8 druhů trav k vytvoření vegetačního krytu pomocí speciálního rekultivačního postupu na 35 hektarech šterkem proti větrné i vodní erozi pokryté hlušiny z měděných dolů. Na příkřím úbočí glaciálního údolí v 1 000 m n. m. jak na 20 trojúhelníkových půdních ostrůvcích o velikosti 5 arů navršených rekultivačními vrstvami, tak na ploše hlušiny s různou meliorací jalové zeminy

ve výsadbových jamkách dosáhla po 40 měsících největší celkovou výšku olše zelená. Nejlépe odrůstala v jamkách se směsí vápence a kompostu a na půdních ostrůvčích zamýšlených jako východiska šíření přirozeného zmlazení. Olše zelená byla po 4 vegetačních obdobích jedinou dřevinou schopnou reprodukce, když tolerovala i půdu s nízkým pH v rozpětí 2,6 až 5,4.

Na imisních holinách v horských oblastech České republiky se olše zelená prezentovala v porovnání s jinými dřevinami jako jedna z nejužitečnějších dřevin bez ohledu na provedenou přípravu stanoviště a použitý typ sadebního materiálu (MAUER et al. 2003, BALCAR 2005). Vykázala také brzkou vysokou plodivost (KRIEDEL 1994), když ve čtvrtém roce po výsadbě na horskou imisní holinu bylo plodných 42 % keřů, v sedmém roce plodilo již v průměru 79 % jedinců. Noví jedinci generativního původu však nebyli zaznamenáni.

ZÁVĚRY

Z přehledu problematiky je zřejmé, že v Evropě je věnována pozornost olši zelené a porostům s ní především z hlediska funkčnosti tohoto ekosystému na horní hranici lesa. Meliorační a rekultivační funkci olše zelené byla až na výjimky věnována pozornost především v Kanadě, v USA a na Novém Zélandu. K revegetaci a stabilizaci ploch rozsáhlých sesuvů byla v domácích poměrech olše zelená prezentována v Jeseníkách, ke stabilizaci holí po pastvě ovcí ve Slovenském rudohoří.

Právě její meliorační funkce jako raně sukcesní pionýrské dřeviny je žádoucí využít v České republice zejména na plochách s buldozerovou přípravou stanoviště (Krušné hory), ale i na plochách s intenzivní přípravou stanoviště prstovým shrnovačem klestu, kdy došlo k odstranění svrchní vrstvy lesní půdy (horizonty LFH, popř. i A) v různé intenzitě i na ploše po imisní kalamitě, nikoliv na stanovištích se zachovaným profilem lesní půdy (PEŘINA, PEŠKA 1956, PODRÁZSKÝ et al. 2005).

Imisní kalamita zasáhla i horská suťová stanoviště, jejichž půdoochranná funkce byla rovněž narušena. Také na těchto stanovištích může olše zelená jako pionýrská dřevina a porosty s ní uplatnit svoji půdoochrannou a stabilizační funkci.

Proto byly založeny experimentální výzkumné plochy Velká Deštná v Orlických horách (meliorační funkce na stanovištích s narušenou a odstraněnou svrchní půdní vrstvou – ŠACH, ČERNOŠOU 2000) a Holmanka na úbočí Malého Šišáku v Krkonoších (půdoochranná funkce na modelovém stanovišti postihovaném introskeletovou erozí – ŠACH, ČERNOŠOU 2009).

Výsledky z uvedených ploch, zpracováváné pro připravovaný další příspěvek, by měly mít praktický význam zvláště na lokalitách po buldozerové přípravě v Krušných horách, kde výzkum dlouhodobě provádí VAVŘÍČEK et al. (2009), když na základě výsledků a podnětů z výzkumné stanice v Opočně založil v roce 2008 experimentální sledování olše zelené na plochách, kam se při revitalizaci nedostala fermentovaná půda z rozhrnovaných valů (ca 60 % výměry plochy s valy rozhrnovanými do roku 2007 – ŠACH 2007).

Praktickou aplikaci výsledků je možné očekávat také na lokalitách postihovaných introskeletovou erozí (současná plocha 46,5 tis. ha, tj. 10 % půd v horských lesích 6. až 9. lvs) za předpokladu uplatnění olše zelené jako zdomácnělého druhu (případně druhu dealpinského či „depoloninskokarpatského“) a mimo chráněná území. Tyto lokality jsou totiž vesměs součástí I. a II. zón CHKO či NP se zpřísněným režimem ochrany přírody, zejména pak přírodních procesů (ŠACH et al. 2003).

Poděkování:

Příspěvek vznikl s podporou výzkumného záměru MZe ČR č. MZE0002070203, výzkumného projektu NAZV č. QH71296 a QH92073.

LITERATURA

- BALCAR V. 2005. Testování olše zelené a borovice blatky jako přípravných dřevin na imisní holině v Jizerských horách. In: Neuhöferová P. (ed.): Místo biologické meliorace v obnově lesních stanovišť. Praha, Česká zemědělská univerzita: 59-66. ISBN 80-213-1293-9.
- BALLARD T. M., HAWKES B. C. 1989. Effects of burning and mechanical site preparation on growth and nutrition of planted white spruce. Information Report BC-X-309. Victoria, B.C., Forestry Canada, Pacific and Yukon Region, Pacific Forestry Centre: 19 s.
- BEČKA K. 1975. Vývoj a činnost LTM do současné doby na úseku hrazení strží. In: Sborník materiálů ze semináře 90 let hrazení bystřin. Brno, Technické muzeum: 109-117.
- BENECKE U. 1969. Symbionts of alder nodules in New Zealand. Plant and Soil, 30: 145-149.
- BENECKE U. 1970. Nitrogen fixation by *Alnus viridis* (CHAIX) DC. Plant and Soil, 33: 30-48.
- BENECKE U. 1972. Physiologische Untersuchungen zur Eignung verschiedener Baumarten bei der Aufforstung in Hochlagen. Forschungsberichte 5/1972. München, Forstliche Versuchsanstalt: 87 s.
- BINKLEY D. 1981. Nodule biomass and acetylene reduction rates of red alder and Sitka alder on Vancouver Island, B.C. Canadian Journal of Forest Research, 11: 281-286.
- BINKLEY D. 1982. Nitrogen fixation and net primary production in young Sitka alder stand. Canadian Journal of Botany, 60: 281-283.
- BINKLEY D., LOUISIER J. D., CROMACK K. 1984. Ecosystem effects of Sitka alder in a Douglas-fir plantation. Forest Science, 30: 26-35.
- CLINE R. G., CAMPBELL G. S. 1976. Seasonal and diurnal water relations of selected forest species. Ecology, 57: 367-373.
- ČERVENKA E. 1964. Význam přípravných dřevin při zalesňování na horní hranici lesa. Lesnický časopis, 10: 345-351.
- DALTON D. A., NAYLOR A. W. 1975. Studies on nitrogen fixation by *Alnus crispa*. American Journal of Botany, 62: 76-80.
- DVOŘÁK J. 2004. Stop pro olšičku zelenou. Krkonoše-Jizerské hory, 37: 4-7.
- FARMER R. E., MALEY M. L., STOEHR M. U., SCHNEKENBURGER F. 1985. Reproductive characteristics of green alder in north-western Ontario. Canadian Journal of Botany, 63: 2243-2247.
- FARNDEN C. 1994. Forest regeneration in the ESSF zone of north-central British Columbia. Information Report BC-X-351. Victoria (British Columbia), Pacific Forestry Centre: 31 s.
- GRUNDMANN A. 2004. Olše zelená v Krkonoších. Krkonoše-Jizerské hory, 37: 17.
- HARRINGTON C. A., DEAL R. L. 1982. Sitka alder, a candidate for mixed stands. Canadian Journal of Forest Research, 12: 108-111.
- HARRIS S. 2004. Alders, birches and willows. In: Burley J., Evans J., Youngquist J. E. (eds.): Encyclopedia of Forest Sciences. Amsterdam, Elsevier: 1414-1419. ISBN 0-12-145160-7.
- HIEKE K. 1978. Praktická dendrologie. Díl 1. Praha, Státní zemědělské nakladatelství: 533 s.

- HORA B. 1981. The Oxford Encyclopedia of Trees of the World. Oxford, Oxford University Press: 338 s. ISBN 0192177125.
- HORÁČEK P. 2007. Encyklopedie listnatých stromů a keřů. Brno, Computer Press: 747 s. ISBN 80-251-1708-8.
- HUDSON A. J. 1993. The influence of mountain alder on the growth, nutrition, and survival of black spruce in an afforested heathland near Mobile, Newfoundland. Canadian Journal of Forest Research, 23: 743-748.
- CHMELAŘ J. 1983. Dendrologie s ekologií lesních dřevin. Hospodářsky významné listnáče. Praha, Státní pedagogické nakladatelství: 133, 39 s.
- JIRÁSEK V. 1937. Olše zelená v Nízkých Poloninách. Věda přírodní, 18, č. 9/10: 275-276.
- JIRÁSEK V. 1939. Druhý příspěvek k rozšíření olše zelené v Nízkých Poloninách a v západní části Vysokých Polonin. Věda přírodní, 19, č. 7: 214-215.
- KAMRUZZAHAN S. 2003. Is *Alnus viridis* 'a' Glacial Relict in the Black Forest? Inaugural-Dissertation zur Erlangung der Doktorwürde. Breisgau, Fakultät für Biologie der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg: 96 s.
- KLÁŠTERSKÝ I. 1935. Ochranařskobotanické studie na Podkarpatské Rusi. I. Olše zelená (*Alnus viridis* D. C.) a její porosty. Krása našeho domova, 27: 113-116.
- KRIEGEL H. 1994. Růst kultur v imisních oblastech v prvních letech po výsadbě. Lesnictví-Forestry, 40: 121-131.
- KRIEGEL H. 2000. Ovlivnění ekologických poměrů a růstu kultur (podsadeb) v horských oblastech odumírajícím smrkovým porostem. Communicationes Institutii Forestalis Bohemicae/Práce VÚLHM, 82: 93-113.
- KRÜSSMANN G. 1976. Handbuch der Laubgehölze. 2. Aufl., Bd. 1. Berlin, Paul Parey: 486 s. ISBN 3-489-71222-6.
- KUNT A. 1958. Olše zelená ve Šluknovském výběžku. Ochrana přírody, 13/4: 108-110.
- LOKVENC T., VACEK S. 1991. Vývoj dřevin vysazených na holině a pod porostem rozpadávajícím se vlivem imisí. Lesnictví, 37: 435-456.
- LOKVENC T., VACEK S. 1993. Použití autochtonních a zdomácnělých dřevin pro zalesňování imisních holin. In: Opera Corcontica. 30. Praha, Zeměd. nakl. Brázda: 53-71. ISBN 80-209-0240-6.
- LOKVENC T., VACEK S. 2004. Ještě k olši zelené. Krkonoše-Jizerské hory, 37: 16-17.
- MALLIK A. U., GONG Y. L., BELL F. W. 1997. Regeneration behavior of competing plants after clear-cutting. Noda Note No. 29. Sault Ste. Marie (Ontario, Canada), Great Lakes Forestry Centre: 6 s.
- MAUER O., PALÁTOVÁ E., RYCHNOVSKÁ A. 2003. Vývin kořenového systému olše lepkavé a olše zelené v imisních oblastech. Výzkumná zpráva. Brno, MZLU LDF: 83 s.
- MEUSEL H., JÄGER E., WEINERT E. 1965. Vergleichende Chorologie zentraleuropäischen Flora. Jena, Gustav Fischer Verlag: 583, 258 s.
- MICHIELS H.-G. 1993. Die Stellung einiger Baum- und Straucharten in der Struktur und Dynamik der Vegetation im Bereich der hochmontanen und subalpinen Waldstufe der Bayerischen Kalkalpen. Forstliche Forschungsberichte München Nr. 135. Universität München: 300 s.
- OPIZ P. M. 1856. Über die Gattung *Duschekia*. Lotos. Zeitschrift für Naturwissenschaften, 6: 24-24.
- PASCOVSKI S., IVANSCHI T. 1962. Aninul verde ca specie-pionier in Carpatii. Revista Padurilor, 77/9: 515-516.
- PEŘINA V., PEŠKA R. 1956. K používání olše jako přípravné dřeviny. Lesnická práce, 35: 148-152.
- PODRÁZSKÝ V., ULBRICHOVÁ I. 2003. Soil chemistry changes in green alder [*Alnus alnobetula* (EHRH.) C. KOCH] stands in mountain areas. Journal of Forest Science, 49: 104-107.
- PODRÁZSKÝ V., ULBRICHOVÁ I., KUNEŠ I., FOLK J. 2005. Green alder effects on the forest soils in higher elevations. Journal of Forest Science, 51, Special Issue: 38-42.
- PRÉGENT G., CAMIRÉ C. 1985. Mineral nutrition, dinitrogen fixation and growth of *Alnus crispa* and *Alnus glutinosa*. Canadian Journal of Forest Research, 15: 855-861.
- PŘEROVSKÝ R. 1898. *Alnus viridis*. Mitteilungen des Nordböhmschen Exkursions-Clubs (Böhm. Leipa), 21: 301-302.
- RUBLI D. 1974. Waldbauliche Untersuchungen in Grünerlenbeständen. Dissertation. Zürich, Eidgenössische technische Hochschule: 81 s.
- SCHERER G., EVERETT R. 1998. Using soil island plantings as dispersal vectors in large area copper tailings reforestation. In: Throgmorton D. et al. (eds.): Mining – Gateway to the Future. St. Louis, American Society for Surface Mining and Reclamation: 78-84.
- ŠACH F. 2007. Oponentský posudek podle smlouvy č. 1/2003 pro projekt GS LČR Revitalizace půdního prostředí valů v 7. LVS Krušných hor s návrhem dalších opatření pro obnovu lesa – dílčího realizačního výstupu č. 4/2007. Teplice, PŘ Lesy ČR: 6 s.
- ŠACH F., ČERNOŠOU V. 2000. Redukce úrodnosti půdy a růstu smrkových kultur v důsledku mechanizovaného shrnování klestu. In: Slodičák M. (ed.): Lesnické hospodaření v imisní oblasti Orlických hor. Opočno, VÚLHM-VS 2000: 65-72. ISBN 80-902615-9-0.
- ŠACH F., ČERNOŠOU V. 2009. Metodické postupy ochrany lesních pozemků proti erozi. Recenzovaná metodika. Lesnický průvodce, č. 1: 54 s. ISBN 978-80-7417-004-1.
- ŠACH F. et al. 2003. Vliv prostředí na obnovu lesa. Zpráva o postupu řešení projektu za rok 2003. Opočno, VÚLHM-VS: 65 s., příl. 24 s.
- TRACI C. 1958. Cultura aninului verde (*Alnus viridis* /CHAIX/ LAM. et D. C.) pe terenurile degradate de la altitudine mare. Revista Padurilor, 73: 606-608.
- ÚRADNÍČEK L., MADĚRA P. 2001. Dřeviny České republiky. Písek, Matices lesnická: 333 s. ISBN 80-86271-09-9.
- VANN A. R., BROWN L., CHEW E., SMITH G. D., MILLER E. 1988. Early performance of four species of *Alnus* on derelict land in the industrial Pennines. Quarterly Journal of Forestry, 82: 165-170.
- VAVŘÍČEK D. et al. 2009. Revitalizace půdního prostředí valů v 7. LVS Krušných hor s návrhem dalších opatření pro obnovu lesa - dílčího realizačního výstupu č. 2/2009. Parciální realizační výstup Grantové služby LČR - 1005/3GT/413. Teplice, KŘ Lesy ČR: 110 s.
- VORREITH M. 1961. Die Pionierholzarten des Hochgebirges Weiss-erlen - Alpenerlen - Latschen. Allgemeine Forstzeitung, 72: 118-121.
- WEISE A. 1898. Ein neues Alpengewächs im Clubgebiete. Mitteilungen des Nordböhmschen Exkursions-Club (Böhm. Leipa), 21: 109-110.
- WURTZ T. L. 1995a. An efficient design for studies of plant species interactions: an example with white spruce and alder. In: Mead D. J., Cornforth I. S. (eds.): Proceedings of the Trees and Soil Workshop. Agronomy Society of New Zealand Special Publication No. 10. Canterbury, Lincoln University Press: 51-57.

- WURTZ T. L. 1995b. Understory alder in three boreal forests of Alaska: local distribution and effects on soil fertility. Canadian Journal of Forest Research, 25: 987-996.
- WURTZ T. L. 2000. Interactions between white spruce and shrubby alders at three boreal forest sites in Alaska. General Technical Report PNW-GTR-481. Portland (Oregon, USA), Pacific Northwest Research Station: 29 s.

SOIL CONSERVATIVE AND AMELIORATIVE EFFECTS OF *ALNUS VIRIDIS*

SUMMARY

The aim of the paper was to represent the permanently controversial green alder (*Alnus viridis* sp.) on the basis of scientific knowledge from the foreign and domestic literature. The green alder occupies, in its variety of predominantly shrubby woody species, mountain sites of the temperate zone and lowland sites of boreal zone mainly in the northern hemisphere. Information from green alder autoecology indicates its properties of early successional species. The practical use of green alder was derived from its characteristics of pioneer species. That concerns the use in a site amelioration of soils lacking forest floor (organic matter), the use in soil conservation and mineral soil stabilization including soils on stony and bouldery localities, and the use in reclamations. The green alder concurrently proves little interesting ameliorative effects on forest soils without any severe disturbance particularly without scalped or heavy scarified topsoil (LFH and Ah horizons). Under the national conditions, the green alder is predestined to ameliorate sites windrowed by bulldozers or heavy slashrakers with severe scalped or heavy scarified forest floor and humus topsoil and to protect stony and bouldery sites against introskeletal erosion, usually after salvage timber harvesting and transportation owing to disasters. Assessment of assumed positive effects based on long-term silvicultural investigation pursued on a model territory of the Orlické hory Mts. and the Giant Mts. should be included in the prepared next paper.

Recenzováno

ADRESA AUTORA/CORRESPONDING AUTHOR:

Ing. František Šach, CSc., Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., VS Opočno
Na Olivě 550, 517 73 Opočno, Česká republika
tel.: 494 668 391; e-mail: sach@vulhmop.cz

KLÍČIVOST STRATIFIKOVANÝCH SEMEN A VZCHÁZIVOST NESTRATIFIKOVANÝCH SEMEN A PLODŮ KALINY TUŠALAJE, BRSLENU EVROPSKÉHO A KLOKOČE ZPEŘENÉHO

GERMINATION OF STRATIFIED SEEDS AND EMERGENCE OF NON-STRATIFIED SEEDS AND FRUITS OF *VIBURNUM LANTANA*, *EUONYMUS EUROPAEUS* AND *STAPHYLEA PINNATA*

LENA BEZDĚČKOVÁ - JANA ŘEZNÍČKOVÁ - ZDEŇKA PROCHÁZKOVÁ

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., VS Kunovice

ABSTRACT

This paper presents results of experiments lasting over 3 years (2006 - 2008) to determine the best stratification conditions for overcoming dormancy in the seeds of the wayfaring tree (*Viburnum lantana*), European euonymus (*Euonymus europaeus*) and European bladdernut (*Staphylea pinnata*). The experiments compared the effects of different pre-sowing treatments (stratification) on seed germination, specifically different combinations of duration and temperature of warm (10, 15, 20 or 30 °C depending on species) and cold (4 °C) stratification periods. Total period of stratification ranged from 3 to 6.5 months. The effect of seed soaking in detergent (in 10 ml/l solution for 3 days at 4 °C) and removing of the fleshy pulp (aril) before stratification on germination or seedling emergence of *Euonymus* seeds were also investigated. Germination of stratified seeds sown in spring was compared to field emergence of non-stratified seeds or fruits sown immediately after summer or autumn collection.

Klíčová slova: *Viburnum*, *Euonymus*, *Staphylea*, semena, plody, klíční klid, stratifikace, klíčivost, vzcházivost

Key words: *Viburnum*, *Euonymus*, *Staphylea*, seeds, fruits, dormancy, stratification, germination, field germination

ÚVOD

Keřové patro představuje zejména z hlediska mimoprodukčních funkcí důležitou složku lesních ekosystémů. Ani u běžných druhů našich domácích keřů nejsou většinou k dispozici metodiky předsevní přípravy pro zajištění optimální výtěžnosti osiva. Lze to zřejmě přičítat nižšímu hospodářskému významu těchto dřevin a také jisté komplikovanosti při předsevní přípravě jejich semen.

Semena kaliny tušalaje (*Viburnum lantana* L.), brslenu evropského (*Euonymus europaeus* L.) a klokoče zpeřeného (*Staphylea pinnata* L.) vykazují fyziologickou dormanci způsobenou inhibitory klíčení. U kaliny a zřejmě i brslenu je tento typ klíčního klidu kombinován i s morfologickou dormancí, tj. nedostatečně vyvinutým embryem v době zralosti semen (ŠNAJPERK 1954, BASKIN, BASKIN 2001, BARBOUR 2004). Od typu dormance se odvíjejí požadavky na předsevní přípravu (stratifikaci) semen. Obecně je pro překonání vlivu inhibitorů zpravidla nutné působení nízkých teplot (0 - 5 °C), k odstranění morfologické dormance dochází při vyšší teplotě (20 - 30 °C). V konkrétních postupech předsevní přípravy pro semena zmiňovaných druhů se ovšem dostupné literární zdroje do značné míry rozcházejí (KOLÁŘOVÁ et al. 2006).

Pro kalinu tušalaj je tak někdy doporučována pouze studená stratifikace trvající 2 - 12 měsíců (LEHOTSKÝ 1952 ex ŠNAJPERK 1954, SMITH 1952 ex GILL, POGGE 1974, Les Semences de Puy 2003), jindy teplo-studená stratifikace o celkové délce 3 - 13 měsíců (VINCENT 1965, USDA Forest Service 1948 ex GILL, POGGE 1974, DDR-Standard 1987 ex SCHUBERT 1999, MARZIALETTI 1999) s různým vzájemným poměrem teplé a studené fáze. Nejednotnost je i v názorech

na teplotu při teplé fázi stratifikace, ta se může pohybovat v rozmezí 17 - 30 °C. Dobrých výsledků klíčivosti po stratifikaci při 5 °C po 3 či 4 měsíce dosáhl NEKRASOV (1985), který také zaznamenal vliv klimatických podmínek místa původu (provenience) osiva na celkovou délku stratifikace. Podle DENA (1993) semena kalin obsahují dva či více inhibitorů, které se odbourávají při různých teplotách (např. při cca 21 °C nebo při 4 - 5 °C) a jedná se tedy o multicyklickou klíčivost. Pro odstranění klíčního klidu doporučuje semena vystavit přesně stanovenému sledu těchto teplot (tedy stratifikaci s určitým počtem teplých a studených fází). Nevýhodou kombinované teplo-studené stratifikace semen kaliny tušalaje je předčasné naklíčování převážně v průběhu teplých fází. Při zahájení stratifikace studenou fází může vyklíčit většina semen již během první teplé etapy.

Semena brslenu se vyznačují hlubokou fyziologickou dormancí. Působením vyšších teplot (9 - 10 °C) dochází v semeni k přeměně složitých cukrů na jednodušší, zárodek roste, přičemž puká vnější semenný obal (ŠNAJPERK 1954, BASKIN, BASKIN 2001). K vyklíčení semene je pak třeba teploty 0 - 5 °C (FANTA, POLNAR 1956). Kladný vliv detergentu na překonání klíčního klidu semen brslenu uvádí DENO (1993). Detergent působí podobně jako látky v zaživacím traktu ptáků, tj. umožňuje emulgaci inhibitorů tukové povahy, jež jsou pravděpodobně u semen brslenu přítomny. Záporný vliv na klíčivost semen brslenu může mít oranžový míšek. Při svém rozkladu odebírá semeni vodu a tím se zpomaluje bobtnání semene i počátek klíčení. Odstranění míšku před výsevem zvýší nejen klíčivost, ale urychlí i počátek klíčení (FANTA, POLNAR 1956).

Semena klokoče se vyznačují velmi nízkou klíčivostí v prvním roce po výsevu. Semena často přeléhají, někdy i déle než 18 měsíců (HUXLEY 1992). Plody se mají po sklizni mírně prosušit, semena vyluštit a stratifikovat (ŠNAJPERK 1954, WALTER 1978). Pro překonání dormance semen klokoče se doporučuje studená stratifikace v délce 4 - 5 měsíců (HUXLEY 1992, WALTER 1997, BURKART 2000) nebo častěji teplo-studená stratifikace o celkové délce 6 - 8 měsíců (DIRR, HEUSER 1974 ex YOUNG, YOUNG 1992, HEES-BOUKEMA 1993, PIOTTO, DI NOI 2003). Teplotu pro jednotlivé fáze stratifikace však žádný z těchto autorů neuvádí. TYLKOWSKI (2007) uvádí, že čerstvá neprosušená semena klokoče s vlhkostí nad 30 % vyžadují dlouhou teplo-studenou stratifikaci s teplou fází nejméně 12 týdnů následovanou studenou fází trvající 20 týdnů. Prosušením semen před stratifikací na obsah vody 11,3 % lze délku celkové stratifikace zkrátit. TYLKOWSKI dosáhl 50% klíčivosti skladovaných semen, když po stratifikaci při 15 - 25 °C snížil u semen klokoče obsah vody na 10 - 14 % a poté prosušená semena mechanicky skarifikoval a stratifikoval při 3 °C. Skarifikaci tvrdého obalu klokoče pomocí kyseliny sírové doporučují DIRR a HEUSER (1974 ex YOUNG, YOUNG 1992) i HESS-BOUKEMA (1993).

V praxi je poměrně častý sběr semen „za zelena“ koncem léta a jejich okamžité vysetí. Vysévají se celé či rozdrčené plody (WALTER 1978, GORDON, ROWE 1982). V literatuře však chybí údaje umožňující porovnání klíčivosti či vzházivost plodů vysetých „za zelena“ a semen po předosevní přípravě.

Vzhledem k mnohdy značně se lišícím metodám předosevní přípravy semen kaliny tušalaje, brslenu evropského a klokoče zpeřeného doporučených literaturou se naše práce zaměřila především na ověření těchto postupů předosevní přípravy a jejich porovnání s podzimními sjiemi nestratifikovaných semen nebo plodů a sjií za zelena s cílem vybrat nejvhodnější způsoby použitelné v naší semenářské a školkařské praxi.

MATERIÁL A METODIKA

Sběr a zpracování plodů

- Kalina tušalaj

Osivo kaliny tušalaje bylo získáno ze dvou lokalit (Buchlovice a Kunovice) vždy sběrem z jednoho keře. Sběr proběhl v roce 2006 ve třech termínech: pro výsev za zelena byly plody sbírány ještě

před plnou zralostí začátkem a koncem srpna (7.- 8. 8. a 23.- 24. 8. 2006), plně vyzrálé plody se sbíraly v polovině října (16. - 17. 10. 2006). U podzimního sběru byla polovina plodů ponechána bez zpracování, z druhé poloviny peckovic byla semena získána macerací. Plody se máčely ve vodě při pokojové teplotě (21 °C) po dobu 24 - 48 hodin. Poté se změkklé dužnaté obaly ručně rozmačkaly a voda s částečně odstraněnou dužninou se slila. Zbylá dužnina se odstranila protíráním semen na síť pod tekoucí vodou. Čistě vyluštěné osivo se rozprostřelo na síto asi v 1 cm silné vrstvě a nechalo se ve stínu při teplotě 21 °C proschnout 24 - 48 hodin. Během sušení se semena alespoň 1x denně promíchala, aby stejnoměrně prosychala. Plody ze sběru v srpnu (sběr za zelena) a říjnu byly vysety vždy druhý den po sběru.

- Brslen evropský

Sběr tobolek brslenu evropského se uskutečnil v druhé polovině září 2007 na třech lokalitách (tab. 1). Plody z lokality Nezdenice a Uherské Hradiště byly sebrány vždy z jednoho keře, zatímco na lokalitě Staré Město byla vytvořena směs ze dvou keřů. Sesbírané plody se ponechaly přibližně 48 hodin při pokojové teplotě (21 °C) proschnout, potom byla semena z tobolek oddělena drhnutím na sítu. U části semen byl odstraněn aril (míšek) jemným roztrháním semen na síť pod tekoucí teplou vodou (cca 30 °C). Poté byla semena sušena při pokojové teplotě 24 hodin.

- Klokoč zpeřený

U klokoče zpeřeného bylo stejně jako u kaliny použito osivo sesbírané vždy z jednoho keře na dvou lokalitách (Kunovice a Strážnice) během října 2006 (tab. 1). Semena byla z tobolek ručně vyloupana a prosušena při pokojové teplotě 24 hodin.

Semena všech dřevin až do zahájení předosevní přípravy byla skladována v uzavřených PVC obalech ve 4 ± 2 °C. Počáteční kvalita osiva (obsah vody, životnost a absolutní hmotnost) byla určena podle ČSN 48 1211 (2006) (tab. 1).

Předosevní příprava

Semena všech tří keřů byla stratifikována se substrátem. Před stratifikací byla semena přibližně 24 hodin při pokojové teplotě máčena ve vodě, u brslenu jedna varianta v roztoku detergentu (uvedeno dále). Po slítí vody byla semena smíchána s vlhkým rašelino-písčítým (1 : 1) substrátem s vlhkostí 30 - 35 % a uložena do PVC sáčků. Semena v uzavřených sáčcích byla inkubována buď

Tab. 1.

Přehled osiva použitého v experimentech a jeho počáteční obsah vody, životnost a absolutní hmotnost

List of seeds used for experiments and its initial moisture content, viability and 1,000 seeds weight

Dřevina/ Shrub species	Oddíl/ Seedlot	Nadmořská výška/ Altitude above sea level (m)	Datum sběru/ Collection date	Obsah vody/ Moisture content (%)*	Životnost/ Viability (%)*	Absolutní hmotnost/ 1,000 seeds weight (g)*
<i>Viburnum lantana</i>	Buchlovice	234	16. 10. 2006	29,2	83	34,6
	Kunovice	198	17. 10. 2006	27,6	75	35,1
<i>Euonymus europaeus</i>	Nezdenice	245	18. 9. 2007	34,1	91	63,3
	Uherské Hradiště	179	23. 9. 2007	28,6	73	52,8
	Staré Město	205	29. 9. 2007	32,3	95	64,8
<i>Staphylea pinnata</i>	Kunovice	198	12. 10. 2006	33,8	76	441,5
	Strážnice	177	17. 10. 2006	29,2	90	495,9

*Určeno podle ČSN 48 1211 (2006)/According to the Czech standard ČSN 48 1211 (2006)

Tab. 2.

Přehled experimentálních variant
Experimental design

Varianta/Treatment	Teplá stratifikace/ Warm stratification		Studená stratifikace při 4 °C/ Cold stratification at 4 °C
	Délka/Duration (m)	Teplota/Temperature (°C)	Délka/Duration (m)
<i>Viburnum lantana</i>			
3m_4 °C	n	n	3
5m_4 °C	n	n	5
1m_20 °C + 2m_4 °C	1	20	2
2m_20 °C + 3m_4 °C	2	20	3
3m_20 °C + 2m_4 °C	3	20	2
2m_15 °C + 3m_4 °C	2	15	3
3m_15 °C + 2m_4 °C	3	15	2
Síje plodů za zelena/Sowing of immature green fruits (8. - 9. 8. 2006)	n	n	n
Síje plodů za zelena/Sowing of immature green fruits (24. - 25. 8. 2006)	n	n	n
Podzimní síje nestratifikovaných plodů/Fall sowing of non-stratified fruits (17. - 18. 10. 2006)	n	n	n
Podzimní síje nestratifikovaných semen/Fall sowing of non-stratified seeds (20. 10. 2006)	n	n	n
<i>Euonymus europaeus</i>			
3,5m_10 °C + 3m_4 °C_A	3,5	10	3
3,5m_10 °C + 3m_4 °C_AD	3,5	10	3
3,5m_10 °C + 3m_4 °C	3,5	10	3
Podzimní síje semen s arilem/Fall sowing of seeds with aril (17. - 19. 10. 2007)	n	n	n
Podzimní síje semen s arilem ošetřených detergentem/Fall sowing of seeds with aril treated with detergent (17. - 19. 10. 2007)	n	n	n
Podzimní síje semen bez arilu/Fall sowing of seeds without aril (17. - 19. 10. 2007)	n	n	n
<i>Staphylea pinnata</i>			
1m_20 °C + 5m_4 °C	1	20	5
3m_20 °C + 3m_4 °C	3	20	3
5m_20 °C + 1m_4 °C	5	20	1
1m_30 °C + 5m_4 °C	1	30	5
3m_30 °C + 3m_4 °C	3	30	3
5m_30 °C + 1m_4 °C	5	30	1
Podzimní síje nestratifikovaných semen/Fall sowing of non-stratified seeds (24. 10. 2006)	n	n	n

m = měsíc/month; n = nepoužito/not applied

při 4 ± 2 °C (studená stratifikace) nebo při 10, 15, 20 nebo 30 ± 2 °C (teplá stratifikace) podle druhu keře. Během stratifikace bylo osivo v sáčcích každý týden cca pět minut provzdušňováno, přitom byla počítána a odstraňována semena s klíčkem větším než 5 mm, která (předčasně) vyklíčila. Po ukončení stratifikace byla všechna nevyklíčená semena vyseta do plastových nádob 10 x 8 x 5 cm se stratifikačním substrátem (viz výše) a umístěna na venkovní plochu, kde byla zavlažována podle potřeby. Klíčivost byla hodnocena každý týden a klíčící semena (klíček > 5 mm) byla odstraňována.

• Kalina tušalaj

Semena ve čtyřech opakováních po 100 kusech byla inkubována ve tmě při 4 °C (studená stratifikace) a při 15 nebo 20 °C (teplá stratifikace). Celková doba stratifikace trvala 3 - 5 měsíců. Bylo ověřeno 7 variant (tab. 2). Samotná studená stratifikace při 4 °C probíhala 3 nebo 5 měsíců. Při teplo-studené stratifikaci byla semena nejdříve inkubována 2 nebo 3 měsíce při 15 °C nebo 1 - 3 měsíce při 20 °C. Následující studená fáze trvala 2 - 3 měsíce. Stratifikace byla postupně zahajována podle celkové délky variant od prosince

2006 do dubna 2007. Síje nevyklíčených semen proběhla v květnu 2007, pokus byl ukončen v srpnu 2007.

• Brslen evropský

Pro všechny varianty ve čtyřech opakováních po 100 kusech byla vybrána stratifikace trvající šest a půl měsíce, jež se při předběžných pokusech v letech 2006 - 2007 jevila jako nejlepší (data nepublikována). Semena byla nejdříve inkubována 3,5 měsíce při 10 °C (teplá stratifikace) a poté 3 měsíce při 4 °C (studená stratifikace). Byly ověřeny 3 varianty: semena bez arilu (míšku), semena s arilem a semena s arilem, máčena 3 dny při 4 °C v roztoku detergentu (10 ml/l vody) (tab. 2). Jako detergent byl použit saponát s aktivní látkou phenoxyethanol a benzisothiazolinone. Proti napadení houbami byla semena všech variant před stratifikací či před podzimním výsevem ošetřena přípravkem MERPAN 80 WDG (účinná látka captan 80 %). Stratifikace byla zahájena v říjnu 2007 a ukončena počátkem dubna 2008 venkovní sítí. Pokus byl ukončen v květnu 2008.

• Klokoč zpeřený

Vzhledem k menšímu počtu semen byla u každé varianty použita čtyři opakování po 25 kusech. Semena klokoče byla vystavena teplo-studené stratifikaci lišící se teplotou teplé fáze (20 nebo 30 °C)

a délkou teplé i studené fáze (1 – 5 měsíců). Přehled všech 6 variant s celkovou délkou 6 měsíců je v tabulce 2. Stratifikace byly zahájeny v listopadu 2006 a ukončeny v dubnu 2007, kdy byla všechna semena vyseta ve venkovních podmínkách. Pokus byl ukončen v květnu 2008.

• Ověření stupně zralosti semen klokoče zpeřeného

U čerstvých semen klokoče sebraných v druhé polovině října roku 2008 (Boleradice, 206 m n. m, Ždánicko) bylo provedeno vyhodnocení stupně zralosti. Semena (4 x 35 ks) s obsahem vody 35,3 % byla 24 hodin máčena ve vodě při 21 °C. Následující den byl pomocí svěráčku mechanicky narušen tvrdý obal. Semena byla po vyjmutí z obalu opět máčena ve vodě dalších 24 hodin. Poté byla vypreparována embrya, která byla na vlhkém filtračním papíru v Petriho misce (průměr 20 cm) inkubována při střídavé teplotě 20/30 °C (16/8 hod) v klíčící skříni MLR 350 H (SANYO Electric, Co. Ltd., Japonsko). Jako kontrolní varianta byla po mechanické skarifikaci inkubována za stejných podmínek embrya i s endospermem (4 x 20 ks). Po 19 dnech byla jako semena zralá vyhodnocena embrya s protaženým klíčkem (klíček > 5 mm) a zelenými dělohami.

Tab. 3.

Celková a předčasná klíčivost stratifikovaných semen vysetých na jaře 2007 a vzházivost plodů a semen kaliny tušalaje ze sítí v srpnu a říjnu 2006. Data jsou průměrem čtyř opakování po 100 semenech. Pro určení signifikantních rozdílů ($p < 0,05$) mezi stratifikacemi byla použita ANOVA a Scheffeho test (StatSoft, Inc. 2005).

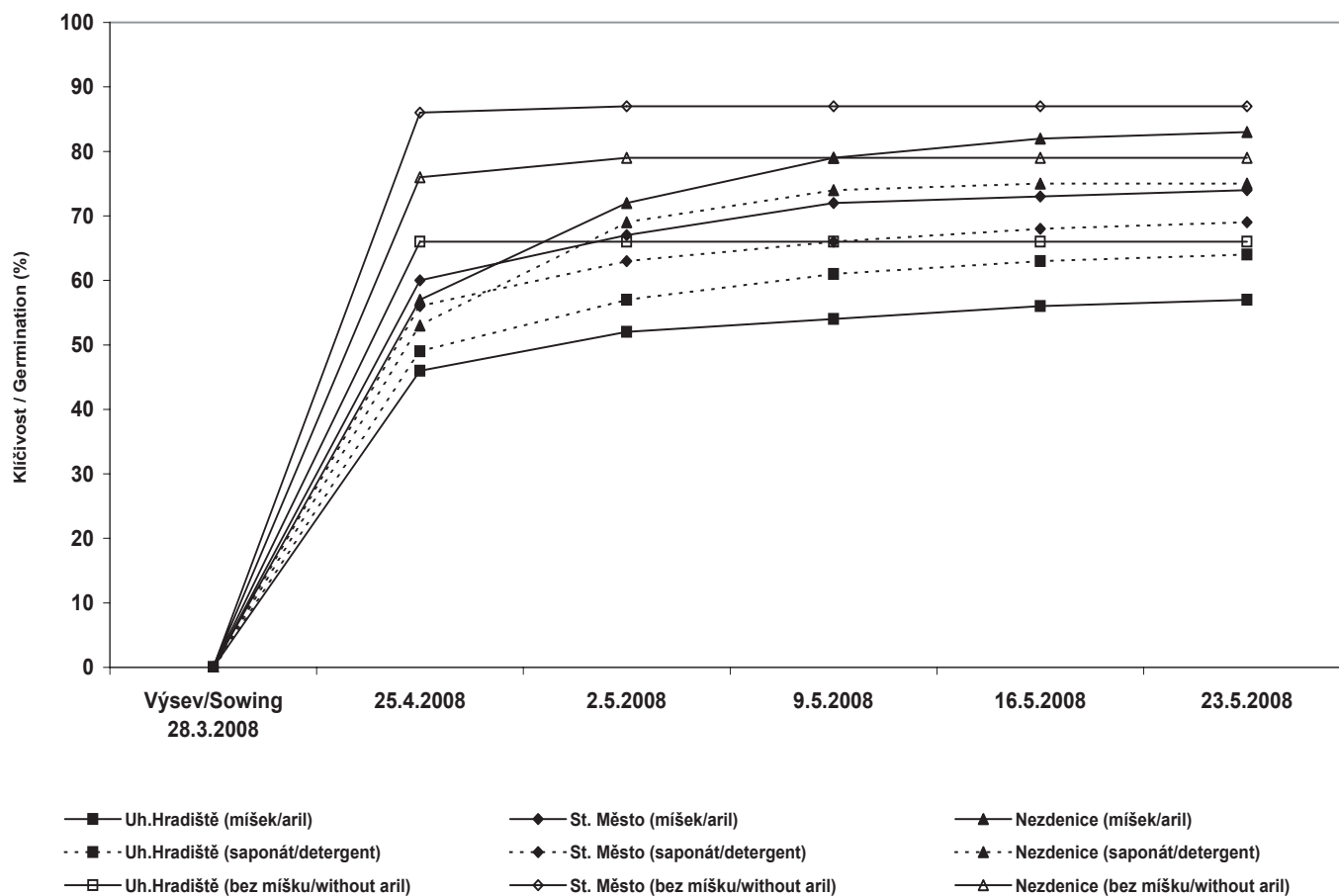
Germination capacity and precocious germination of stratified seeds sown in spring 2007 and seedling emergence of fruits and seeds of *Viburnum lantana* sown in August and October 2006. Data are the average of four replicates of 100 seeds. The ANOVA was used to determine significant differences ($p < 0.05$) among treatments and the means were compared using the Scheffe test (StatSoft, Inc. 2005).

Varianta/Treatment	Provenience/Provenance			
	Kunovice		Buchlovice	
	Klíčivost/ Germination capacity (%)	Předčasná klíčivost/ Precocious germination (%)	Klíčivost/ Germination capacity (%)	Předčasná klíčivost/ Precocious germination (%)
3m_4 °C*	16 a	0	23 a	0
5m_4 °C	18 a	0	22 a	0
1m_20 °C + 2m_4 °C	48 bc	0	58 bc	0
2m_20 °C + 3m_4 °C	59 bcd	28 a	63 bcd	31 a
3m_20 °C + 2m_4 °C	68 d	31 a	73 bcd	36 a
2m_15 °C + 3m_4 °C	63 cd	7 b	78 d	10 bc
3m_15 °C + 2m_4 °C	64 cd	11 bc	76 cd	17 c
Vzházivost/Seedling emergence (%)				
Síje plodů za zelena/Sowing of immature green fruits (8. - 9. 8. 2006)	16 a	n	21 a	n
Síje plodů za zelena/Sowing of immature green fruits (24. - 25. 8. 2006)	48 bc	n	57 b	n
Podzimní síje nestratifikovaných plodů/Fall sowing of non-stratified fruits (17. - 18. 10. 2006)	14 a	n	32 a	n
Podzimní síje nestratifikovaných semen/Fall sowing of non-stratified seeds (20. 10. 2006)	43 b	n	65 bcd	n

m = měsíc (délka studené nebo teplé stratifikace)/month (duration of warm or cold stratification)

• Příklad/Example: 3m_4°C = stratifikace 3 měsíce při 4 °C/stratification for 3 months at 4 °C

n = nepoužito/not applied



Graf 1.

Průběh klíčení stratifikovaných semen brslenu evropského po sítí na jaře 2008
Germination capacity of stratified seeds of *Euonymus europaeus* sown in spring 2008

Tab. 4.

Klíčivost stratifikovaných semen po sítí na jaře 2008 a vzházivost nestratifikovaných semen brslenu evropského z podzimní sítí 2007. Data (výsledky klíčovosti a vzházivosti v roce 2008) jsou průměrem čtyř opakování po 100 semenech. Pro určení signifikantních rozdílů ($p < 0,05$) mezi stratifikacemi byla použita ANOVA a Scheffého test (StatSoft, Inc. 2005).
Germination capacity of stratified seeds sown in spring 2008 and seedling emergence of non-stratified seeds of *Euonymus europaeus* sown in fall 2007. Data (germination and emergence in 2008) are the average of four replicates of 100 seeds. The ANOVA was used to determine significant differences ($p < 0.05$) among treatments and the means were compared using the Scheffé test (StatSoft, Inc. 2005).

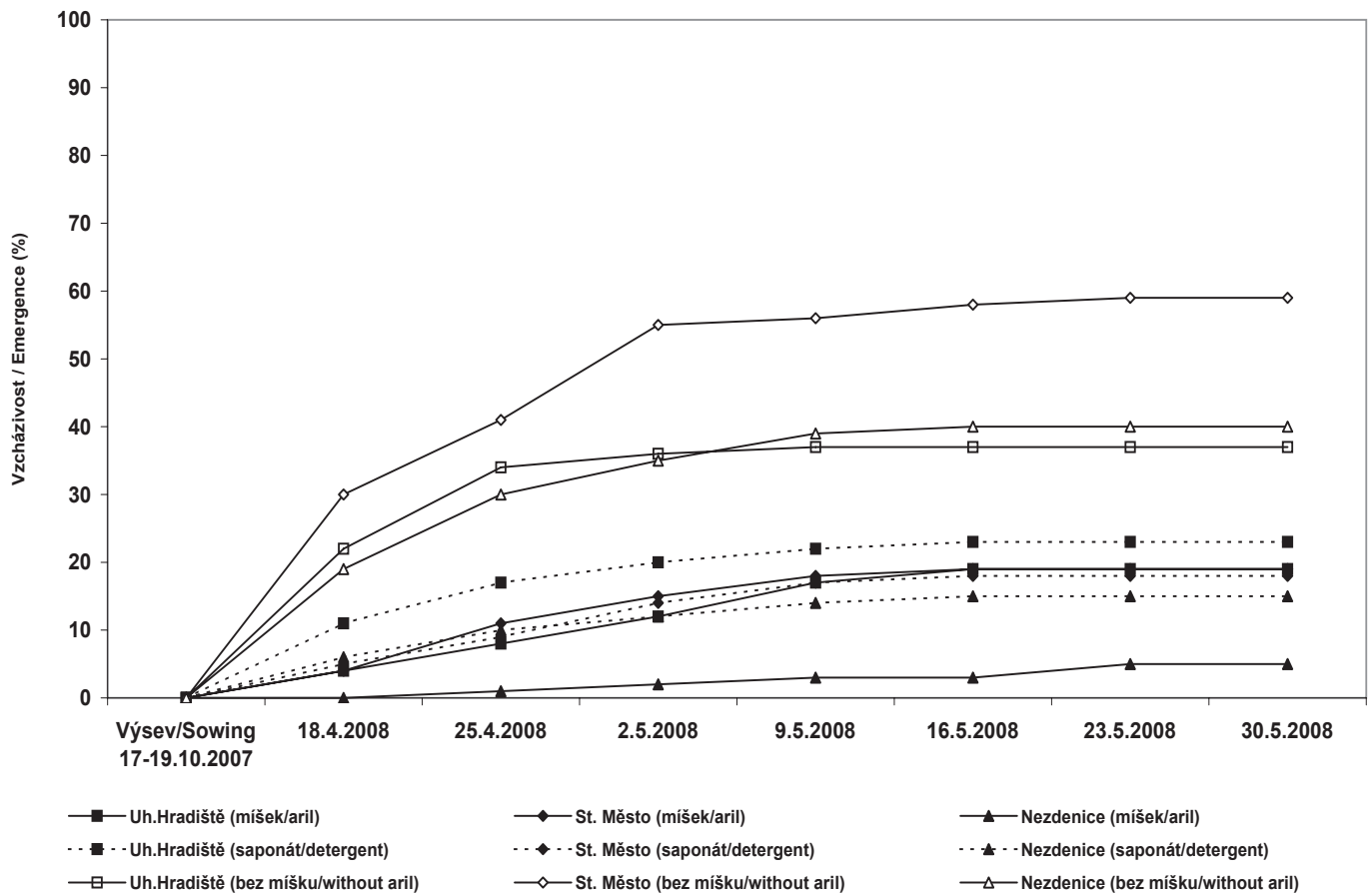
Varianta/Treatment	Provenience/Provenance		
	Uherské Hradiště	Staré Město	Nezdenice
	Klíčivost/Germination capacity (%)		
3,5m_10 °C + 3m_4 °C_A*	58 bc	74 bc	83 c
3,5m_10 °C + 3m_4 °C_AD**	64 c	69 bc	75 c
3,5m_10 °C + 3m_4 °C***	66 c	87 c	79 c
	Vzházivost/Seedling emergence (%)		
Podzimní sítí semen s arilem/ Fall sowing of seeds with aril (17. - 19. 10. 2007)	19 a	19 a	5 a
Podzimní sítí semen s arilem ošetřených detergentem/Fall sowing of seeds with aril treated with detergent (17. - 19. 10. 2007)	23 a	18 a	15 a
Podzimní sítí semen bez arilu/ Fall sowing of seeds without aril (17. - 19. 10. 2007)	37 ab	59 b	40 b

m = měsíc (délka studené nebo teplé stratifikace)/month (duration of warm or cold stratification)

*Stratifikace semen s arilem 3,5 měsíce při 10 °C následovaná 3 měsíci při 4 °C/Stratification of seeds with aril for 3.5 months at 10 °C followed with 3 months at 4 °C

**Stratifikace semen s arilem ošetřených detergentem/Stratification of seeds with aril treated with detergent

***Stratifikace semen bez arilu/Stratification of seeds without aril



Graf 2.

Průběh vzházivosti nestratifikovaných semen brslenu evropského z podzimní sje 2007
Seedling emergence of non-stratified seeds of *Euonymus europaeus* sown in fall 2007

Nestratifikované plody a semena – sje a hodnocení vzházivosti

Data sje nestratifikovaných semen nebo plodů jsou uvedena v tabulce 2. Nestratifikované celé plody (kalina) nebo semena (kalina, brslena a klokoč) byly vysety do plastových nádob 10 x 8 x 5 cm s komerčním substrátem AGRO CZ (pH 5 - 7) a umístěny ve venkovních podmínkách. U jednotlivých dřevin byl použit stejný počet semen u opakování jako u variant předosevní přípravy. Byla hodnocena vzházivost, semenáčky s prvními pravými lístky byly počítány každý týden a pokus byl ukončen v době, kdy tři týdny po sobě nevyšel již žádný semenáček.

Statistická analýza

Pro určení vlivu jednotlivých faktorů (provenience a varianty ošetření) a jejich vzájemné interakce byla data vyhodnocena vícefaktorovou analýzou variance (ANOVA). Průměry byly porovnány za použití Scheffého testu (StatSoft, Inc. 2005).

VÝSLEDKY

Kalina tušalaj

Životnost semen z obou lokalit zjištěná vitálním barvením v trifenylnyltetrazolium chloridu byla 75 a 83 %, obsah vody těsně po vylúštění semen 27,6 a 29,2 % (tab. 1). Klíčivost semen stratifikovaných pouze při 4 °C bez ohledu na délku stratifikace (3 nebo 5 měsíců) byla signifikantně ($P < 0,05$) nižší ve srovnání s variantami teplo-studené stratifikace. Nejlépe klíčila semena, která byla stratifikována buď 2 až 3 měsíce při 15 °C a poté další 3 nebo 2 měsíce při 4 °C nebo 3 měsíce při 20 °C a další 2 měsíce při 4 °C (tab. 3). Po stratifikaci trvající celkem 3 měsíce byla klíčivost nižší než u variant s celkovou délkou 5 měsíců. Nebyl zjištěn významný rozdíl v klíčení semen při aplikaci 15 nebo 20 °C v teplé fázi teplo-studených variant stratifikace. Negativním projevem aplikace 20 °C během teplé fáze ale bylo předčasné klíčení semen během stratifikace, snížení teploty na 15 °C se projevilo poklesem předčasně naklíčených semen (tab. 3). Během studené či krátké tříměsíční teplo-studené stratifikace nebyla pozorována žádná předčasně vyklíčená semena během stratifikace.

Významně nižší vzházivost plodů ze sběru za zelena počátkem srpna (16 až 21 %) ukazuje na nedostatečnou zralost semen. Plody ze sběru koncem srpna dosáhly již podstatně vyšší vzházivosti

Tab. 5.

Klíčivost stratifikovaných semen, vyšetých na jaře 2007, a vzházivost nestratifikovaných semen klokoče zpeřeného z podzimní sje 2006. Data (klíčivost a vzházivost v roce 2008) jsou průměrem čtyř opakování po 25 semenech. Pro určení signifikantních rozdílů ($p < 0,05$) mezi stratifikacemi byla použita ANOVA a Scheffeho test (StatSoft, Inc. 2005).

Germination capacity of stratified seeds sown in spring 2007 and seedling emergence of non-stratified seeds of *Staphylea pinnata* sown in fall 2006. Data (germination and emergence in 2008) are the average of four replicates of 25 seeds. The ANOVA was used to determine significant differences ($p < 0.05$) among treatments and the means were compared using the Scheffé test (StatSoft, Inc. 2005).

Varianta/Treatment	Provenience/Provenance	
	Kunovice	Strážnice
	Klíčivost/Germination capacity (%)	
1m_20 °C+ 5m_4 °C*	8 a	24 ab
3m_20 °C + 3m_4 °C	17 ab	25 ab
5m_20 °C + 1m_4 °C	68 b	48 ab
1m_30 °C + 5m_4 °C	32 ab	49 ab
3m_30 °C + 3m_4 °C	47 ab	50 ab
5m_30 °C + 1m_4 °C	63 ab	54 ab
	Vzházivost/Seedling emergence (%)	
Podzimní sje nestratifikovaných semen/Fall sowing of non-stratified seeds (24. 10. 2006)	50 ab	34 ab

m = měsíc (délka studené nebo teplé stratifikace)/month (duration of warm or cold stratification)

* Příklad/Example: 1m_20°C + 5m_4°C = stratifikace 1 měsíc při 20 °C následovaná 5 měsíci při 4 °C/stratification for 1 month at 20 °C followed with 5 months at 4 °C

(tab. 3). Vzházivost nestratifikovaných zralých semen vyšetých na podzim se pohybovala mezi 43 až 65 % a byla signifikantně vyšší než u výsevu celých plodů (14 až 32 % (tab. 3).

Brslen evropský

Životnost semen z lokalit Staré Město a Nezdenice po vyluštění byla vysoká (přes 90 %). Osivo z lokality Uherské Hradiště mělo životnost o 20 % nižší (poškození semen hmyzem) a také mělo nižší obsah vody než semena ze Starého Města a Nezdenic (tab. 1). Ponechání míšku (arilu) a máčení semen s míškem v detergentu nemělo žádný významný vliv na klíčivost stratifikovaných semen (tab. 4). Semena bez míšku ale vyklíčila během 5 týdnů, zatímco semena s míškem potřebovala k vyklíčení 8 týdnů (graf 1). Vzházivost nestratifikovaných semen vyšetých na podzim byla významně nižší ve srovnání s klíčivostí stratifikovaných semen vyšetých na jaře (tab. 4). Vliv saponátu se neprojevil ani zde, ale odstranění míšku zvýšilo vzházivost u všech tří oddílů, z toho u oddílu St. Město a Nezdenice signifikantně (tab. 4, graf 2).

Klokoč zpeřený

Životnost semen z lokality Strážnice, kde sběr proběhl o týden později (17. 10.), byla o 14 % vyšší než u semen z lokality Kunovice, i když semena měla nižší obsah vody (tab. 1). Semena, stratifikovaná v teplé fázi při 20 °C po siji na jaře 2007 vůbec nevyklíčila a přežela až do dalšího roku. Zvýšení teploty z 20 na 30 °C při 5 měsících teplé fáze vedlo ke klíčivosti 7 - 14 % semen již první rok po siji. Ještě více semen (20 - 44 %) prvním rokem vyklíčilo při zkrácení teplé fáze na 1 - 3 měsíce při 30 °C s následným prodloužením studené fáze na 3 - 5 měsíců. Tabulka 5 uvádí klíčivost semen klokoče až druhý rok po siji (v roce 2008). Mezi jednotlivými

variantami nebyly zjištěny významné rozdíly u semen pocházejících ze Strážnice. U osiva z Kunovic byl signifikantní rozdíl v klíčivosti pouze u semen stratifikovaných 1 měsíc při 20 °C a poté 5 měsíců při 4 °C a u semen, u kterých byla stratifikace při 20 °C prodloužena na 5 měsíců a studená fáze zkrácena na 1 měsíc (tab. 5). Celkově ale byla vyšší klíčivost u variant s teplou fází při 30 °C, i když rozdíly mezi jednotlivými variantami nebyly signifikantní. Prodloužení teplé fáze při 30 °C z 1 na 5 měsíců se projevilo ve zvýšení klíčivosti (tab. 5).

Nestratifikovaná semena vysetá na podzim 2006 následující rok vůbec nevyklíčila, přežela až do roku 2008. Vzházivost byla 34 - 50 % (tab. 5).

Při hodnocení stupně zralosti semen byla embrya po mechanickém narušení semenných obalů vypreparována z endospermu a umístěna na filtračním papíře při 20 - 30 °C (16 h tma/8 h světlo). Po osmi dnech bylo pozorováno protažení klíčků a zelenání děložních listků embryí, zatímco kontrolní embrya s endospermem se začínala rozkládat. Po 19 dnech u 79 % embryí došlo k protažení klíčku a zezelenání děloh, 21 % embryí bylo poškozeno během skarifikace a velmi náročné extirpace, což způsobilo ve vlhkém a teplém prostředí jejich mortalitu. Kontrolní embrya s endospermem nevyklíčila a do konce pokusu všechna shnila.

DISKUSE

Kalina tušalaj

Postupy předosevní přípravy kaliny tušalaje, doporučené různými autory, se značně liší: od samotné studené stratifikace (2 do 12 měsíců) po teplo-studenou stratifikaci o celkové délce 3 - 13 měsíců

s různým vzájemným poměrem teplé a studené fáze a různou teplotou teplé fáze (LEHOTSKÝ 1952 ex ŠNAJPERK 1954, SMITH 1952 ex GILL, POGGE 1974, VINCENT 1965, NEKRASOV 1985, MARZIALETTI 1999, Les Semences de Puy 2003 a další). Např. NEKRASOV (1985) dosáhl dobrých výsledků klíčivosti u semen tušalaje po studené stratifikaci v délce 3 nebo 4 měsíců při 5 °C. V našich pokusech s osivem z nadmořské výšky 198 a 234 m (tab. 1) ale semena stratifikovaná při 4 °C po dobu 3 nebo 5 měsíců klíčila podstatně hůře než po teplo-studené stratifikaci (tab. 3). Stratifikovaná semena, která nevyklíčila během prvního roku po síji (2007), byla ponechána ve venkovních podmínkách až do srpna následujícího roku (2008). U semen stratifikovaných pouze při 4 °C se klíčivost, která byla pouze 16 - 23 % v roce 2007, zvýšila na 28 - 42 % v roce 2008. Semena tak pravděpodobně prodělala „dodatečnou“ předosevní přípravu, pozitivně zřejmě působily vyšší teploty během letního období v roce 2007, které nahradily teplou fázi stratifikace. K podobnému zvýšení klíčivosti druhým rokem po síji došlo i u teplo-studené stratifikace o celkové délce 3 měsíce (data neuvedena). Nejlepších výsledků jsme dosáhli po 5 měsících teplo-studené stratifikace se 2 měsíci při 15 °C následovaných 3 měsíci při 4 °C (tab. 3). Nebyl zjištěn významný rozdíl v celkové klíčivosti semen při jejich inkubaci při 20 °C nebo 15 °C během teplé fáze, ale teplota 15 °C se projevila významným snížením předčasného klíčení semen během stratifikace. Teplota při teplé fázi u teplo-studené stratifikace se tedy jeví jako důležitý faktor, ovlivňující předčasnou klíčivost semen během stratifikace. Zatímco naše semena v teplé fázi stratifikace při 15 °C předčasně klíčila pouze 7 - 17 %, zvýšení teploty na 21 °C během teplé fáze může podpořit předčasnou klíčivost až na 78 - 91 % (DENO 1993). V praxi se mnohdy používá výsev semen před plnou zralostí - za zelena (WALTER 1978, GORDON, ROWE 1982, DIRR, HEUSER 1987). Semena tušalaje, vysetá ve fázi přechodu od mléčné ve voskovou zralost, mohou dosáhnout až 100% vzházivosti (TITUS 1940 ex GILL, POGGE 1974). Výsev může ale být problematický vzhledem ke stanovení aktuálního stavu zralosti semen (GILL, POGGE 1974). V našich pokusech byla signifikantně nižší vzházivost ze sije začátkem srpna (16 - 21 %) ve srovnání se síjí z posledního srpnového týdne (48 - 57 %). Počátkem srpna byly plody červeně zbarveny a semena se ještě nacházela z větší části ve stadiu mléčné zralosti. U části plodů vysetých koncem srpna se barva oplodí změnila již z červené na černou a vzhledem k prokazatelně vyšší vzházivosti bylo zřejmě minimálně 50 % semen ve voskové zralosti. Vzházivost těchto sije za zelena byla srovnatelná se vzházivostí nestratifikovaných semen vysetých na podzim (43 - 65 %) nebo s klíčivostí semen po některých variantách teplo-studené stratifikace (tab. 3). Zralé plody, vyseté na podzim, ale klíčily a vzházely podstatně hůře než sije za zelena nebo podzimní sije zralých nestratifikovaných semen. Pokud se uvažuje o síji celých plodů, měly by se po sběru nechat proschnout, aby se zabránilo jejich zapaření (GILL, POGGE 1974). Plody pro podzimní výsev v našich pokusech byly po sběru dva až tři dny prosušeny při teplotě 21 °C. Přesto vzházivost byla nízká, což bylo zřejmě zapříčiněno vlivem inhibitorů v oplodí.

Brslen evropský

Pro semena brslenu starší literatura nejčastěji doporučuje teplo-studenou stratifikaci s 0,5 - 3 měsíci teplotou a 2 - 6 měsíci studenou fází (LEHOTSKÝ ex ŠNAJPERK 1954, SCHUBERT 199-, HEES-BOUKEMA 1993, LARSON 1998, SCHUBERT 1999, PIOTTO, DI NOI 2003), případně samotné chlazení v délce až 8 měsíců (MARZIALETTI 1999, BURKART 2000). V našich předchozích pokusech samotné chlazení

přesušených semen brslenu nebylo účinné pro překonání dormance, neboť část semen přežela do dalšího roku. Ovšem ani ve druhém roce po síji nedosahovalo množství vyklíčených semen příliš vysokých hodnot (2 - 32 %, KOLÁŘOVÁ, BEZDĚČKOVÁ 2008). Naopak po teplo-studené stratifikaci s 3,5 měsíci při 10 °C následovanými 3 měsíci při 4 °C semena klíčí již prvním rokem po výsevu. Jelikož semena ztrácejí vitalitu především při delší inkubaci semen v teple, tedy v prostředí optimálním pro rozvoj plísní, použili jsme na ošetření semen s míškem i bez míšku fungicidní přípravek MERPAN 80 WDG, což se projevilo pozitivním efektem při potlačení plísní během stratifikace.

Vliv saponátu na zvýšení klíčivosti semen uvádí DENO (1993). Máčením semen ve vodě po dobu jednoho měsíce, za současného několikaminutového proplachování v saponátu (přesné složení se neuvádí) 1x týdně, dosáhl po následné stratifikaci ve venkovních podmínkách 45% klíčivost v prvním roce po výsevu a dalších 15 % semen vyklíčilo v roce následném. Naproti tomu semena máčená 7 dní ve vodě bez detergentu nevyklíčila vůbec. Výsledky našich pokusů s aplikací saponátu na stratifikovaná semena s míškem (arilem) i nestratifikovaná semena s míškem, vysetá na podzim, nepotvrdily pozitivní vliv saponátu na klíčivost nebo vzházivost semen brslenu.

Odstranění dužnatého míšku také neprokázalo významné zlepšení klíčivosti stratifikovaných semen vysetých na jaře, ale nestratifikovaná semena bez míšku vysetá na podzim dosáhla významně vyšší vzházivosti než semena s ponechaným míškem (tab. 4). Semena bez míšku dosáhla konečné vzházivosti o 3 týdny dříve než semena s míškem (graf 2). Pozitivní vliv odstranění míšku na klíčivost nestratifikovaných semen prokázali také FANTA a POLNAR (1956) a TAKOS a EFTHIMIOU (2003).

Norma ČSN 48 1211 (2006) nebo RUDOLF (1974) uvádějí průměrnou klíčivost semen brslenu mezi 70 - 80 %. Této hodnotě se nejvíce přiblížila klíčivost stratifikovaných semen ze sběrů v lokalitě Staré Město (69 - 87 %) a Nezdenice (75 - 83 %), zatímco semena z Uherského Hradiště měla klíčivost nižší (58 - 66 %, tab. 4), což bylo způsobeno napadením semen hmyzem.

Klokoč zpeřený

Literatura neuvádí příčiny dormance semen klokoče, pouze HESS-BOUKEMA (1993) píše o „dvojím klíčním klidu“ těchto semen. Pravděpodobně se jedná o klíční klid způsobený tvrdými semennými obaly a zároveň inhibitory klíčení. Při hodnocení zralosti semen sbíraných v polovině října 2008 jsme po osmi dnech inkubace pozorovaly protažení klíčků a zelenání děložních lístků embryí, zatímco kontrolní embrya s endospermem se začínala rozkládat. Po 19 dnech u všech embryí, nepoškozených během náročné skarifikace a preparace, došlo k protažení klíčků a zezelenání děloh. Naproti tomu všechna embrya s endospermem (kontrola) během pokusu uhynula. Tyto výsledky potvrzují dostatečnou morfologickou zralost semen klokoče sbíraných v polovině října s plně vyvinutými embryi. Inhibitory klíčení, jež jsou zřejmě u klokoče uloženy v endospermu, blokovaly aktivitu enzymů podmiňujících klíčení semen. Embrya s ponechaným endospermem proto neklíčila a při teplotě 20/30 °C, ve které pokus probíhal, byla rozložena mikroorganismy.

Přítomnost tvrdého osemení nemusí naznačovat potřebu mechanického předosevního ošetření (skarifikace), neboť mnoho tvrdých semen má v osemení vodní kanálky (DENO 1993), které umožňují přísun vody k embryu. V našich předchozích pokusech (data nepublikována) byla semena klokoče s obsahem vody nad 30 % před zahájením teplo-studené stratifikace se substrátem mechanicky skarifi-

kována (obal semen byl naprasknut ve svěráčku). Vlivem vlhkého a teplého prostředí během teplé fáze stratifikace došlo k rozvoji hub a plísní, které pronikly prasklým oseměním k endospermu a během dlouhé předosevní přípravy rozložily celé semeno. K těmto závěrům dospěl i TYLKOWSKI (2007), který se skarifikací semen klokoče během předosevní přípravy podrobněji zabýval ve svých pokusech. Zjistil, že skarifikace semen s vyšším obsahem vody způsobila ve vlhkém substrátu znehodnocení embrya. Naopak skarifikace semen až po teplé fázi stratifikace a snížení obsahu vody semen na 10 - 14 % významně urychlily klíčivost a zkrátily celkovou délku předosevní přípravy. Obsah vody v semenech klokoče hraje při odbourávání dormance důležitou roli. Podle TYLKOWSKÉHO (2007) se celková klíčivost semen prokazatelně zvýšila snížením obsahu vody semen po sběru před zahájením stratifikace na 11,3 %. Semena v našich pokusech měla obsah vody 29 - 34 %, což zřejmě bylo příčinou nízké nebo nulové klíčivosti v prvním roce po výsevu. Byla-li semena stratifikována po dobu 6 měsíců s teplou fází 1, 3 nebo 5 měsíců při 20 °C s následnou studenou fází 5, 3 a 1 měsíc, klíčivost semen se zvýšila až druhým rokem po výsevu. Semena přeležela až do dalšího roku, přičemž během léta prvního roku mohlo dojít k periodickému prosušení semen, po kterém následovala studená stratifikace během zimního období. Semena obou oddílů klíčila nestejně a jejich klíčivost byla ukončena až po 18 měsících, což je doba, kterou uvádí také HUXLEY (1992). Semena klíčila lépe, když teplota 20 °C během teplé fáze stratifikace byla nahrazena vyšší teplotou 30 °C. Pozitivním jevem byla u těchto variant klíčivost již v prvním roce po výsevu (až 44 % semen). I když semena byla zpočátku ve vlhkém substrátu plně hydratovaná, u některých semen zřejmě došlo při vyšší teplotě 30 °C k mírnému prosušení a snížení vlhkosti, což mohlo mít stejný efekt na klíčivost, jak uvádí TYLKOWSKI (2007).

ZÁVĚR

Na základě výsledků našich pokusů vyplývají následující doporučení:

Kalina tušalaj

1. Studená stratifikace v celkové délce 3 až 5 měsíců je pro překonání klíčivého klidu semen kaliny tušalaje nedostačující.
2. Snížení teploty z 20 na 15 °C v teplé fázi při teplo-studené stratifikaci vede k poklesu předčasné klíčivosti semen při zachování stejně vysoké klíčivosti. Doporučená teplota pro teplou fázi je 15 °C.
3. Doporučená předosevní příprava semen kaliny tušalaje je teplo-studená stratifikace trvající celkem 5 měsíců: 2 měsíce při 15 °C + 3 měsíce při 4 °C nebo 3 měsíce při 15 °C + 2 měsíce při 4 °C.
4. Pro sji za zelena je potřeba sbírat plody v období, kdy oplodí mění barvu červenou na černou. Doba sběru a okamžitá sje je podle průběhu počasí během dozrávání nejdříve koncem srpna, lépe v 1. polovině září.
5. Podzimní sje semen dává vyšší vzházivost než podzimní sje celých plodů (nedoporučuje se).

Brslen evropský

1. Doporučená předosevní příprava semen brslenu evropského je 6,5 měsíce teplo-studená stratifikace: 3,5 měsíce při 10 °C + 3 měsíce při 4 °C.
2. Odstranění dužnatého míšku ze semen významně zvýšilo klíčivost u nestratifikovaných semen vysetých na podzim, zatímco u semen stratifikovaných zkrátilo dobu klíčení. Doporučuje se míšek ze semen před výsevem či stratifikací odstranit.
3. Celková klíčivost semen po stratifikaci byla významně vyšší než vzházivost po podzimním výsevu nestratifikovaných semen.
4. Máčení semen s ponechaným míškem v saponátu nezvýšilo klíčivost.

Klokoč zpeřený

1. Semena klíčila nejlépe po 6 měsících dlouhé teplo-studené stratifikaci s teplou fází 1, 3 nebo 5 měsíců při 20 °C následovaných 5, 3 nebo 1 měsícem při 4 °C až ve druhém roce po výsevu. První rok po výsevu byla klíčivost velmi malá nebo nulová a většina semen přeležela do dalšího roku.
2. Zvýšení teploty z 20 na 30 °C v teplé fázi stratifikace se projevilo v klíčení semen již v prvním roce po výsevu, i když dosažené hodnoty byly nízké.

Poděkování:

Výzkum byl proveden v rámci výzkumného záměru MZe č. 0002070203 „Stabilizace funkcí lesa v antropogenně narušených a měnících se podmínkách prostředí“. Poděkování patří recenzentům za cenné připomínky a pracovním laboratoře Semenařské kontroly za technickou výpomoc.

LITERATURA

- BARBOUR J. Dormancy of trees and shrubs [online]. [cit. 12. července 2004]. <<http://www.nts1.fs.fed.us/Dormancy.ppt>>.
- BASKIN C. C., BASKIN J. M. 2001. Seeds. Ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination. Academic Press: 666 s. ISBN 0-12-080263-5.
- BURKART A. 2000. Kulturlblätter. Angaben zur Samenernte, Klengung, Samenlagerung, Samenausbeute und zur Anzucht von Baum- und Straucharten. Birmensdorf, Eidgenössische Forschungsanstalt WSL: 98 s.
- ČSN 48 1211 2006. Lesní semenářství – Sběr, kvalita a zkoušky kvality semenného materiálu lesních dřevin. Český normalizační institut: 56 s.
- DENO N. C. 1993. Seed germination theory and practice. Pennsylvania, Self-published.
- DIRR M. A., HEUSER M. W. 1987. The reference manual of woody plant propagation,. In: Plants for a future: *Viburnum lantana* [online]. [cit. 12. července 2004]. <http://www.ibiblio.org/pfaf/cgi-bin/arr_html?Viburnum+lantana>.
- FANTA J., POLNAR M. 1956. Generativní rozmnožování brslenu evropského (*Eonymus europaea* L.). Práce výzkumných ústavů lesnických ČSR, 11: 107-118.
- GILL J. D., POGGE L. 1974. *Viburnum* L. In: Schopmeyer C. S. (ed.): Seeds of woody plants in the United States. Washington, DC, Forest Service, USDA: 844-850.
- GORDON A. G., ROWE D. C. F. 1982. Seed manual for ornamental trees and shrubs. Forestry Commission Bulletin, 59: 120-128.
- HEES-BOUKEMA E. M. 1993. Het zaaien van houtige boomkwekerijgewassen. Informatie en Kennis Centrum Akker - en Tuinbouw, Afdeling Boomteelt, Boskoop: 207 s.
- HUXLEY A. 1992. The new RHS dictionary of gardening. In: Plants for a future: *Staphylea pinnata*. [online]. [cit. 12. července 2004]. <http://www.ibiblio.org/pfaf/cgi-bin/arr_html?Staphylea+pinnata>.
- KOLÁŘOVÁ P., BEZDĚČKOVÁ L. 2008. Ověření metod předosevní přípravy semen některých domácích druhů keřů (ptačí zob, kalina, brslen). Zprávy lesnického výzkumu, 53: 37-51.
- KOLÁŘOVÁ P., BEZDĚČKOVÁ L., PROCHÁZKOVÁ Z. 2006. Sběr, předosevní příprava, skladování a hodnocení jakosti semen vybraných druhů keřů: literární rešerše. Zprávy lesnického výzkumu, 51: 97-105.
- LARSON R. A. 1998. Propagation woody plants by seed. American nurseryman, 188: 39-43.
- Les Semences du Puy. 1999-2003. [online]. [cit. 9. července 2004]. <www.semencesdupuy.com/1F735-Viburnum-Lantana.html>.
- MARZIALETTI P. 1999. La propagazione per seme di alcune piante ornamentali [online]. [cit. 13. července 2004]. <www.cespevi.it/art/propseme.htm>.
- NEKRASOV V. I. 1985. Dormancy variation of introduced woody plants seeds. In: Nather J. (ed.): Proceedings of the International Symposium on Seed Problems under Stressfull Conditions. Vienna and Gmunden, Austria, June 3.-8. 1985: 239-242.
- PIOTTO B., DI NOI A. (ed.). 2003. Seed propagation of Mediterranean trees and shrubs. Roma, APAT: 108 s.
- RUDOLF P. O. 1974. *Euonymus* L. In: Schopmeyer, C. S. (ed.): Seeds of woody plants in the United States. Washington, DC, Forest Service, USDA: 393-397.
- SCHUBERT J. 1999. Lagerung und Vorbehandlung von Saatgut wichtiger Baum- und Straucharten. Landesanstalt für Ökologie, Bodenordnung und Forsten/Landesamt für Agrarordnung Nordrhein-Westfalen (LÖBF): 183 s.
- STATSOFT, INC. 2005. STATISTICA Cz [Softwarový systém na analýzu dat], verze 7.1. www.StatSoft.Cz
- ŠNAJPERK R. 1954. Lesní semenářství. Praha, SZN: 332 s.
- TAKOS I. A., EFTHIMIOU G. 2003. Germination results on dormant seeds of fifteen tree species autumn sown in a Northern Greek nursery. *Silvae Genetica*, 52: 67-70.
- TYLKOWSKI T. 2007. Stratification conditions determining seed dormancy release of European bladder nut (*Staphylea pinnata* L.). *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*, 76: 95-101.
- VINCENT G. 1965. Lesní semenářství. Praha, SZN: 330 s.
- YOUNG J. A., YOUNG Ch. G. 1992. Seeds of woody plants in North America. Portland, Dioscorides Press: 407 s.
- WALTER V. 1978. Rozmnožování okrasných stromů a keřů. Praha, SZN: 367 s.

GERMINATION OF STRATIFIED SEEDS AND EMERGENCE OF NON-STRATIFIED SEEDS AND FRUITS OF *VIBURNUM LANTANA*, *EUONYMUS EUROPAEUS* AND *STAPHYLEA PINNATA*

SUMMARY

Shrubs are used as firewood and fence posts, but they are especially important as non-wood-producing components of forests such as the production of fruits and berries that are consumed by humans and wildlife. The purpose of our work was to determine the best stratification conditions for overcoming dormancy in the seeds of the wayfaring tree (*Viburnum lantana*), European euonymus (*Euonymus europaeus*) and European bladdernut (*Staphylea pinnata*).

The effect of the temperature on the germination of extracted seeds of *Viburnum lantana* was studied for three years. Two seed lots were exposed to cold (three or five months) and/or warm (one, two or three months) – cold (two or three months) stratification. Germination (16 - 23%) of *Viburnum lantana* seeds after cold stratification at 4°C was significantly lower compared to the warm-cold stratification treatments. The best germination (63 - 78 %) was achieved in the warm-cold stratification treatments running five months with two or three months at 15 °C followed by three or two months at 4 °C or three months at 20 °C followed by two months at 4 °C. A temperature of 15 °C resulted in a decrease in premature germination (7 - 17%) during stratification compared to a rate of 28 - 36 % for seeds kept at 20 °C. Germination of field-sown, immature, green fruits sown early in August was significantly lower (16 - 21%) compared to fruits sown in late August (48 - 57%). Sowing of extracted, non-stratified seeds in the autumn resulted in significantly higher seedling emergence (43 - 65%) than occurred for fall sown, non-stratified fruits (14 - 32%).

The effect of the temperature on germination of extracted seeds of *Euonymus europaeus* was studied for two years. Three seed lots were exposed to warm-cold stratification with three and a half months at 10 °C followed by three months at 4 °C. These treatments were done with: (i) seeds with the aril removed, (ii) seeds with the aril intact and (iii) seeds with aril, soaked three days in detergent at 4 °C. The results showed that there was no significant effect of the detergent on germination of stratified seeds (germination 64 - 75%). Seeds with the aril removed germinated within a period of five weeks, whereas seeds with the aril intact needed eight weeks. The treatments for fall sown, non-stratified seeds were the same as for stratified seeds. Treating seeds with detergent did not increase their emergence, but removing the aril from seeds increased emergence in all three seed lots. Total emergence of non-stratified seeds was markedly lower (5 - 59%) compared to germination of stratified seeds (58 - 87%).

The effect of the temperature on germination of extracted seeds of *Staphylea pinnata* was studied for three years. Two seed lots were exposed to warm (one, three or five months) – cold (one, three or five months) stratification. The temperatures for the warm period of stratification were either 20 or 30 °C. Seeds exposed to six-month warm-cold stratification with one to five months at 20 °C did not germinate until the second season after sowing (8 - 68%). An increase in temperature from 20 to 30 °C caused a non-significant increase in total germination of seeds (32 - 63 %) whereas some of the seeds germinated (7 - 44 %) as early as the first spring after sowing. Overall, field-sown seeds resulted in 34 - 50 % seedling emergence in the second year following fall sowing. To evaluate the maturity of fresh *Staphylea* seeds the embryos were removed from the endosperm and placed on filter paper at 20/30 °C (16 h dark/8 h light). After 19 days 79% of the embryos germinated and their cotyledons became green whereas embryos with the endosperm intact (control treatment) were dead.

Recenzováno

ADRESA AUTORA/CORRESPONDING AUTHOR:

Ing. Lena Bezděčková, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., VS Kunovice
Na Záhonech 601, 686 04 Kunovice, Česká republika
tel.: 575 420 919; e-mail: bezdeckova@vulhmuh.cz

INDUKCE ORGANOGENEZE U JÍROVCE MAĎALU (*AESCULUS HIPPOCASTANUM* L.)

ORGANOGENESIS INDUCTION IN HORSE CHESTNUT (*AESCULUS HIPPOCASTANUM* L.)

HANA VEJSADOVÁ¹⁾ - JANA ŠEDIVÁ¹⁾ - HELENA VLAŠÍNOVÁ²⁾ - LADISLAV HAVEL²⁾ - JOSEF MERTLÍK¹⁾ - KATEŘINA KLODOVÁ¹⁾

¹⁾Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, v. v. i., Průhonice

²⁾Mendelova zemědělská a lesnická univerzita Brno

ABSTRACT

Horse chestnut (*Aesculus hippocastanum* L.) belongs to horticulturally valuable woody species. Successfulness of its planting in Europe has decreased due to a pest invasion, the horse chestnut leaf miner *Cameraria ohridella* DESCHKA & DIMIC, 1986. Research objective of this work was to induce organogenesis in explants taken from seedlings of horse chestnut individuals. Explants (shoot tips of vegetative buds, petiole and shoot segments) collected in the winter and the summer were cultured on WPM and MS medium. The endogenous bacterial and yeast contamination was showed to be limiting factor of regeneration induction in the winter buds. In spite of application of wide-spectrum antibiotics (Hygromycin, Timentin, Cefotaxim) into the medium and bud surface treatment using Antibiotic-Antimycotic Stabilized suspension and Amphotericin B, no viable in vitro culture was derived. However shoot tips of summer buds were found as the most suitable and responsive explants with none or low rate of microbial infection (13%) and high proliferation rate (up to 80%). Benzyladenine (BA) and naphthylacetic acid (NAA) were positive factors of organogenesis induction.

Klíčová slova: jírovec maďal, vegetativní pupeny, antibiotika, in vitro regenerace

Key words: horse chestnut, vegetative buds, antibiotics, in vitro regeneration

ÚVOD

Jírovec maďal (*Aesculus hippocastanum* L.), čeleď jírovcovité (*Hippocastanaceae*) pochází z jihovýchodní Evropy (Albánie, severní Řecko). Po mnoho let nebylo místo původu známo, protože byl do evropských zahrad přivážen z Turecka. V České republice je vysazován v lesích, parcích a alejích, ale poměrně často také zplaňuje. V současné době je rozšířen po celé Evropě, kromě severu, a v celém mírném pásu Severní Ameriky. Jedná se o evropský endemit a zároveň třetihorní relikv.

Z rostlinolékařského hlediska byl jírovec maďal po dlouhá léta bezproblémovou vitální a stresům odolnou dřevinou dobře využitelnou v zátěžovém prostředí. Změnu přinesl první výskyt klíněnky jírovcové (*Cameraria ohridella*) u Ohridského jezera v Makedonii (DESCHKA & DIMIC, 1986). Původ tohoto škůdce není doposud objasněn (KENIS et al. 2004). V poměrně krátké době se klíněnka rozšířila po celé Evropě (SKUHRÁVÝ 1999). V ČR byla poprvé zjištěna v roce 1993 na lokalitách Lednice, Valtice a Břeclav (LIŠKA 1997). Díky svému opakovanému přemnožování se stala nejvýznamnějším škůdcem jírovců. Larvy vyžírají parenchym listů a způsobují tzv. minování. Toto výrazné poškození listů v interakci s ostatními škodlivými činiteli způsobuje intenzivní nekrózu, svinování listů a předčasnou defoliaci, což představuje riziko pro zdravotní stav stromů. Klíněnka přezimuje ve stadiu cca 3 – 4 mm dlouhé, tmavohnědé kukly uvnitř listu ve formě útvarů podobných kokonu. I když během zimního období může být mortalita kukel v opadaném listu poměrně vysoká (GIRARDOZ et al. 2004), obecně k výraznému celkovému snížení

poškození listů minováním nedochází. Pro přímou ochranu jírovce je používán systém postřiků insekticidy (ŠEPROVÁ 2001) a feromonové lapače (SVATOŠ et al. 1999), pro nepřímou ochranu metoda likvidace opadaného listu s kuklami škůdce. Negativa těchto opatření spočívají v riziku pro životní prostředí, v ekonomické a pracovní náročnosti a v některých případech velmi omezené účinnosti. Perspektivní řešení ochrany nových výsadeb jírovců spočívá v nalezení přirozené rezistence jírovce maďalu k *C. ohridella* v ČR (MERTLÍK et al. 2004) a využití vytvořeného patentovaného klonového materiálu Mertelík-06 s ověřeným rezistentním chováním (MERTLÍK, KLODOVÁ 2006). Tento rostlinný materiál je udržován formou roubovanců v matečnici a slouží jako základní materiál pro další experimentální práci. Jedním z cílů výzkumu je vypracovat metody množení klonu Mertelík-06 technikou explantátových kultur. Výhodou in vitro metod je namnožení vybraných genotypů dřevin v relativně krátké době. Regenerace rostlinného materiálu probíhá dvěma způsoby, buď pomocí organogeneze nebo embryogeneze. U *Aesculus hippocastanum* je většina prací zaměřena na indukci embryogeneze (GASTALDO et al. 1994, CAPUANA, DEBERGH 1997, TROCH et al. 2009). RADOJEVIČ (1978) obdržel haploidní embrya z prašnickových kultur, DAMERI et al. (1986) i GASTALDO et al. (1996) indukovali somatickou embryogenezi z listových explantátů. PROFUMO et al. (1991) indukovali regeneraci výhonů z kotyledonů zralých semen a KAMENICKÁ a RYPÁK (1988) odvodili kalusovou kulturu z embryí izolovaných ze semen. Nejúspěšnější metodou, která se osvědčila pro klonové množení zejména listnatých dřevin, je organogeneze (MALÁ et al. 1999). U jírovce maďalu však úda-

je o indukci organogeneze téměř chybí. Byl zjištěn stimulační vliv cytokininů na iniciaci organogeneze u vegetativních pupenů (TRIPPI 1963, PUDEPHAT et al. 1997, SAN JOSE et al. 2001, ŠEDIVÁ et al. 2004, MAGNUSSON et al. 2009).

Cílem této práce bylo zjistit podstatné faktory indukce organogeneze u vegetativních pupenů jírovce maďalu. Byl studován účinek povrchové sterilizace, typu explantátu, růstových regulátorů a aktivního uhlí na regeneraci výhonů. U explantátů byl také vyhodnocen vliv širokospektrálních antibiotik na míru mikrobiální kontaminace.

MATERIÁL A METODY

Rostlinný materiál, povrchová sterilizace a aplikace antibiotik

Odběr rostlinného materiálu byl proveden ze semenáčků *A. hippocastanum* (PS 5046/AH) v období leden, únor, duben, červenec, srpen 2008 a únor, duben 2009. Terminální a axilární pupeny byly povrchově sterilizovány (po krátkém opláchnutí 70% etanolem, případně acetonem) 2,5% chlornanem sodným (50% komerční přípravek Savo) s přídavkem jedné kapky Tweenu po dobu 20 – 30 min nebo 0,1 – 0,2% roztokem HgCl₂ (10 min), poté byly 3 – 5x opláchnuty ve sterilní destilované vodě. Ze sterilních pupenů byly vypreparované meristémy vzrostných vrcholů s 1 – 2 listovými primordií umístěny přímo na agarové médium nebo na můstky z filtračního papíru v tekutém médiu.

Vzhledem k počáteční vysoké endogenní kontaminaci explantátů ze zimních pupenů byly použity dva postupy aplikace směsi antibiotik:

1. Antibiotika (Hygromycin, Cefotaxim, Timentin) byla přidána do kultivačního média tak, aby zahrnovala široké spektrum proti grampozitivním i gramnegativním bakteriím. Po týdnu na kultivačním médiu s antibiotiky byly explantáty přeneseny na médium bez antibiotik.
2. Po povrchové sterilizaci byly zimní pupeny ošetřeny antibiotiky (Sigma): Antibiotic-Antimycotic Stabilized suspension po dobu 24 hod. v doporučené (10 ml.l⁻¹) a dvojnásobné dávce s adicí Amphotericinu B. Po odstranění šupin byly pupeny s několika základy listů kultivovány ve 100 ml Erlenmayerových baňkách na pevném médiu bez antibiotik, překrytém vrstvou tekutého média s přídavkem směsi antibiotik.

Pro srovnávací pokusy byly testovány explantáty odebrané z vegetativních pupenů jedinců z pokusného pozemku VÚKOZ, v. v. i., a lokality ve východních Čechách i Brna.

Iniciační živná média a kultivační podmínky

Byla použita dvě základní média:

1. WPM (LLOYD, MCCOWN 1980), médium (Duchefa), které obsahovalo plnou koncentraci základních mikro/makroelementů a vitaminů s přídavkem 0,5 mg.l⁻¹ benzyladeninu (BA). Pro zpevnění média byl použit 7 g.l⁻¹ agar (Sigma).
2. MS (MURASHIGE, SKOOG 1962) médium s poloviční koncentrací solí (kromě CaCl₂), obsahující 2 g.l⁻¹ PVP (polyvinylpyrolidon), 2,5 g.l⁻¹ aktivního uhlí, 2% sacharózu, 0,5 mg.l⁻¹ BA, 0,1 mg.l⁻¹ NAA (kyselina naftyloctová) a 7 g.l⁻¹ agar (Sigma).

Před autoklárováním bylo pH živných médií upraveno na 5,8 – 6,0. Explantáty byly kultivovány týden v termostatu (22 ± 2 °C) ve tmě, pak v kultivační místnosti s fotoperiodou 16/8 h (světlo/tma) při teplotě 23/19 °C (den/noc) a světelné intenzitě 55 μmol.m⁻².s⁻¹ (zářivky). Subkultivace na čerstvá média probíhala v intervalu 3 – 6 týdnů.

VÝSLEDKY

Vliv povrchové sterilizace a doby odběru pupenů na regeneraci explantátů

Hodnocení účinnosti použitých sterilizačních postupů bylo provedeno bez rozlišení použitých klonů (tab. 1). Při založení primárních kultur ze zimních pupenů byla mikrobiální kontaminace vysoká (86 – 100 %) bez ohledu na typ a kombinaci sterilizačních činidel. V jarním období (duben) s použitím antibiotik poklesla kontaminace explantátů na 60 % a v letním období (červenec, srpen) byla kontaminace minimální (0 – 13 %). Bez ohledu na dobu odběru byl vždy větší podíl infekce způsoben endogenními mikroorganismy (bakterie, kvasinky). Regenerace explantátů v období leden – duben byla nízká (0 – 17 %) a po dalším přenesení na čerstvé živné médium došlo k jejich nekróze. Při odběru letních pupenů v období červenec – srpen regenerovalo 50 – 80 % explantátů, a to především z důvodu nižší bakteriální kontaminace. Po přenosu na čerstvé médium se stejným složením se vytvořily nové výhonky (obr. 1).

Vliv testovaných antibiotik na míru mikrobiální kontaminace explantátů

Vliv antibiotik v médiu na míru kontaminace explantátů u zimních pupenů jedinců z pokusného pozemku ve VÚKOZ, v. v. i., a z lokality ve východních Čechách ukazuje tabulka 2. Po 10 dnech



Obr. 1. Primární kultura *A. hippocastanum*
Primary culture of *A. hippocastanum*

Tab. 1.

Vliv doby odběru a sterilizačních agens na míru kontaminace a proliferaci explantátů u *A. hippocastanum* po 20 dnech
Influence of collection time and sterilization agents on contamination rate and explant proliferation in *A. hippocastanum* after 20 days

Doba odběru pupenů ^{1/} Bud collection time	Sterilizace ^{2/} Sterilization	Použití antibiotik ^{3/} Antibiotic application	Počet explantátů/ Explant no.	Kontaminace/Contamination (%)		Regenerace/ Regeneration (%)
				F	B/K	
Leden/January	S	–	50	22	78	0
Únor/February	S+H	–	22	0	86	14
Duben/April	S+H	+	30	7	53	17
Červenec/July	S	+	30	0	0	80
Srpen/August	S	+	16	0	13	50

¹Každá hodnota znamená průměry z experimentu v roce 2008 a 2009/Each value represents the means of experiment in 2008 and 2009;

²S – 50% Savo/Commercial bleach (30 min) H – 0,2% HgCl₂ (10 min)

³Ošetření explantátů/Explant treatment with Antibiotic-Antimycotic Stabilized suspension (10 ml.l⁻¹); F – plíseň/mildew; B/K – bakterie nebo kvasinky/bacteria or yeast

Tab. 2.

Vliv antibiotik v médiu na míru kontaminace explantátů u zimních pupenů *A. hippocastanum* po 10 dnech
Influence of antibiotics in the medium on contamination rate of explants in *A. hippocastanum* winter buds after 10 days

	Kontaminace/Contamination (%)							
	Doba odběru pupenů ^{1/} Bud collection time							
	Únor/February				Duben/April			
	1		2		1		2	
	F	B/K	F	B/K	F	B/K	F	B/K
A	0	100	0	0	0	100	0	100
B	100	100	0	100	100	100	0	100
C	0	100	0	100	0	100	0	100
D	100	100	100	100	0	100	0	100
E	100	100	100	100	100	100	0	100

¹Explantáty z donorových stromů/Explants from donor trees in the year 2008;

1 – pozemek/trial: VÚKOZ, v. v. i., 2 – lokalita východní Čechy/locality in the eastern Bohemia; A – Hygromycin (40 mg.l⁻¹) + Timentin (200 mg.l⁻¹); B – Hygromycin (40 mg.l⁻¹) + Timentin (200 mg.l⁻¹) + Cefotaxim (100 mg.l⁻¹); C – Hygromycin (40 mg.l⁻¹) + Timentin (500 mg.l⁻¹) + Cefotaxim (100 mg.l⁻¹); D – Hygromycin (40 mg.l⁻¹) + Timentin (200 mg.l⁻¹) + Cefotaxim (200 mg.l⁻¹); E – kontrola bez antibiotik/control without antibiotics; F – plíseň/mildew; B/K – bakterie nebo kvasinky/bacteria or yeast

se mikrobiální kontaminace neprojevila pouze u explantátů jedinců z lokality ve východních Čechách ošetřených směsí Hygromycinu (40 mg.l⁻¹) a Timentinu (200 mg.l⁻¹); ale po 20 dnech všechny explantáty znekrotizovaly. U pupenů odebraných v dubnu byly všechny testované varianty kontaminovány bakteriemi nebo kvasinkami.

Žádná mikrobiální kontaminace a 100% regenerace (tab. 3) byla pozorována po 20 dnech u explantátů, které byly izolovány ze zimních pupenů jedinců ze stanoviště v Brně, které byly ošetřeny po dobu 24 hod. doporučenou (10 ml.l⁻¹) dávkou Antibiotic-Antimycotic směsi (ošetření A) a kultivovány na pevném médiu bez antibiotik, přelitým tekutým médiem s dvojnásobnou dávkou A (20 ml.l⁻¹). Adice Amphotericinu B v koncentraci 25 mg.l⁻¹ (ošetření B), varianty 2A+B a pak 1A+B nebo 1A+B a následně 1A+B, snížila

mikrobiální kontaminaci na 50 % a explantáty z 50 % regenerovaly. Dlouhodobá kultivace za přítomnosti dvojnásobných dávek obou antibiotik ale vedla k nekróze.

Vliv typu explantátu a NAA na indukci organogeneze

Jako nejvíce responsabilní primární explantáty byly zjištěny vzrostlé vrcholy, u kterých regenerovaly výhony na médiích s 0,5 mg.l⁻¹ BA a 0,1 mg.l⁻¹ NAA (tab. 4). Ve srovnání se samotným BA, kdy regenerovalo 20 % explantátů, přítomnost auxinu NAA regeneraci zvýšila na 35 %, ale počet výhonů neovlivnila. U řapíků a nodálních segmentů stonku se po 6 týdnech vytvořil kalus, u řapíků k regeneraci výhonů nedošlo a u nodálních segmentů se vytvořily adventivní výhony.

Tab. 3.

Efekt dvou následných ošetření pupenů antibiotiky na míru kontaminace explantátů u *A. hippocastanum* po 20 dnech
Effect of two successive bud treatments using antibiotics on contamination rate of explants in *A. hippocastanum* after 20 days

Ošetření pupenů ¹ /Bud treatments		Kontaminace/Contamination (%)		Regenerace/Regeneration (%)	Nekróza/Necrosis (%)
1.	2.	F	B/K		
1A	1A	0	0	0	100
1A	2A	0	0	100	0
1A	2A+B	0	0	0	100
1A	1A+B	0	0	0	100
2A	1A	0	0	0	100
2A	2A	0	100	0	100
2A	2A+B	0	100	0	100
2A	1A+B	0	0	0	100
2A+B	1A	0	100	0	100
2A+B	2A	0	100	0	100
2A+B	2A+B	0	100	0	100
2A+B	1A+B	0	50	50	50
1A+B	1A	100	0	0	100
1A+B	2A	0	100	0	100
1A+B	2A+B	0	50	0	100
1A+B	1A+B	0	50	50	50

¹Explantáty z donorových stromů v Brně/Explants from donor trees in Brno;

1A – 10 ml.l⁻¹ Antibiotic-Antimycotic Stabilized suspension; 2A – 20 ml.l⁻¹; 1A+B – 10 ml.l⁻¹ +25 mg.l⁻¹ Amphotericin B; 2A + B – 20 ml.l⁻¹ + 25 mg.l⁻¹ Amphotericin B; F – plíseň/mildew; B/K – bakterie nebo kvasinky/bacteria or yeast

Vliv aktivního uhlí na regeneraci výhonů

Při polovičním zásobení živin v MS médiu s obsahem aktivního uhlí nebyla pozorována vyšší regenerace výhonů, ale jejich průměrný počet na explantát se zvýšil (tab. 5) a došlo také k tvorbě kořenů (obr. 2).

**Obr. 2.**

Tvorba kořenů u *A. hippocastanum*
Root formation in *A. hippocastanum*

DISKUSE A ZÁVĚR

Cílem práce bylo zjistit podstatné faktory indukce organogeneze u vegetativních pupenů jírovce maďalu. Mikropropagační technologie lze s úspěchem využít u řady druhů listnatých dřevin a na úspěšné založení primárních kultur má podstatný vliv řada faktorů, jako je zajištění vhodných kultivačních podmínek (chemické složení živného média, teplota, vlhkost a světelný režim). Významně ovlivňuje úspěšnost organogeneze i stáří a fyziologický stav dárcovského jedince, doba sběru, způsob a délka skladování zdrojového materiálu, povrchová sterilizace a technika preparace explantátů (MALÁ et al. 1999). V našich experimentech jsme se zaměřili na výběr vhodné povrchové sterilizace explantátů, odstranění bakteriální a kvasinkové kontaminace a vlivu některých složek živného média na regeneraci výhonů.

U jírovce maďalu neexistuje mnoho údajů o indukcii organogeneze, většina prací se zabývá somatickou embryogenezí (GASTALDO et al. 1994, CAPUANA, DEBERGH 1997, TROCH et al. 2009) nebo studiem produkce sekundárních metabolitů (GASTALDO et al. 1996). Z tohoto důvodu jsme navázali na naše předchozí výsledky (ŠEDIVÁ et al. 2004) a použili jsme jako základní primární explantáty meristémy vzrostného vrcholu. Současně byly testovány nodální segmenty stonku a části řapíku. Protože v zimním a jarním období byly explantáty po 20 dnech silně kontaminovány bakteriemi i kvasinkami (bez ohledu na vysoké koncentrace použitých sterilizačních činidel a délku povrchové sterilizace pupenů), byly vyzkoušeny dva způsoby aplikace antibiotik: v prvním byla přidána do kultivačního média, v druhém byly pupeny povrchově ošetřeny různými koncentracemi

Tab. 4.

Vliv typu explantátu na regeneraci výhonů u *A. hippocastanum* po 6 týdnech
Influence of explant type on shoot regeneration in *A. hippocastanum* after 6 weeks

Varianty/Treatments	Typ explantátu/Explant type	Regenerace výhonů/ Shoot regeneration (%)	Průměrný počet výhonů na explantát/ Mean shoot no./explant
BA	VV	20	2
	SŘ	K	–
	NS	K	2
BA + NAA	VV	35	2
	SŘ	K	–
	NS	K	3

0,5 mg l⁻¹ BA; 0,1 mg l⁻¹ NAA; ½ MS medium

VV – vzrostlý vrchol/shoot tip of summer buds, SŘ – segment řapíku/petiole segment, NS – nodální segment/nodal segment, K – kalus/callus

Počet explantátů tvořících výhonu je vyjádřen jako procento z celkového počtu explantátů (25)/The number of explants forming shoots is expressed as percentage of total number of explants used.

Tab. 5.

Efekt aktivního uhlí na regeneraci výhonů u vzrostných vrcholů letních pupenů *A. hippocastanum* po 6 týdnech
Effect of activated charcoal on shoot regeneration of summer bud shoot tips in *A. hippocastanum* after 6 weeks

Varianty/Treatments	Regenerace výhonů/ Shoot regeneration (%)	Průměrný počet výhonů na explantát/ Mean shoot no./explant
BA + PVP	50	2
BA + PVP + aktivní uhlí/activated charcoal	50	3
BA + NAA + PVP	80	5
BA + NAA + PVP + aktivní uhlí/activated charcoal	80	6

0,5 mg l⁻¹ BA; 0,1 mg l⁻¹ NAA; 2 g l⁻¹ PVP; 2,5 g l⁻¹ activated charcoal; ½ MS medium

Primární explantát/Primary explant – vzrostlý vrchol letního pupenu/shoot tip of summer bud

přípravku Antibiotic-Antimycotic Stabilized suspension a Amphothericinu B. Tento způsob ošetření pupenů se ukázal jako vhodnější, byla zjištěna nízká míra kontaminace a zvýšené procento proliferace v závislosti na koncentraci antibiotik. Účinné byly doporučené základní koncentrace, dvojnásobné dávky vedly k nekroze explantátů. Přestože došlo k potlačení mikrobiální kontaminace explantátů, regenerace výhonů byla nízká a později došlo k jejich nekroze.

Protože se u zimních pupenů nepodařilo aplikací různých směsí antibiotik spolehlivě odstranit mikrobiální infekci, provedli jsme další pokusy v letním období (červenec – srpen). Zde byla zjištěna minimální bakteriální kontaminace a nejvyšší regenerace výhonů byla vyhodnocena u vzrostných vrcholů letních pupenů. Při použití axilárních pupenů se nepodařilo odvodit žádnou kulturu in vitro na rozdíl od terminálních pupenů, kdy regenerovalo až 80 % explantátů. Stonkové a řapíkové segmenty vytvořily kalus s nízkým či žádným regeneračním potenciálem. Autorům DAMERI et al. (1986) se podařilo indukovat kalus a embryogenní masu u listových explantátů *A. hippocastanum*.

KAMENICKÁ a RYPÁK (1988) získali kalusovou kulturu na MS médiu v přítomnosti BA a kyseliny 2,4-dichlorfenoxyoctové (2,4-D). V našich experimentech se podařilo organogenezi stimulovat buď samotným BA v koncentraci 0,5 mg.l⁻¹ nebo v kombinaci s NAA (0,1 mg.l⁻¹). Adice aktivního uhlí do média výrazně regenera-

ci explantátů neovlivnila. Pozitivní vliv aktivního uhlí je potřeba vyhodnotit z dlouhodobějšího hlediska včetně jeho potenciálního stimulačního vlivu na multiplikaci kultur (pokusy probíhají) a zakořeňování výhonů.

Výsledky lze shrnout do následujících závěrů:

- Rozhodujícím faktorem indukce organogeneze byla doba odběru vegetativních pupenů.
- Nejvhodnějším obdobím pro regeneraci primárních explantátů bylo letní období z důvodů nízké kontaminace explantátů a snížené produkce fenolů.
- Jako účinné sterilizační agens se osvědčil 2,5% chlornan sodný (50% komerční přípravek Savo) s dobou působení 20 – 30 min.
- Kontaminace endogenními mikroorganismy (bakterie a kvasinky) byla po 20 dnech potlačena povrchovým ošetřením zimních pupenů směsí Antibiotic-Antimycotic Stabilized suspension a Amphothericinu B v doporučených základních koncentracích.
- Nejvyšší regenerace výhonů byla vyhodnocena u vzrostných vrcholů letních apikálních pupenů v přítomnosti BA (0,5 mg.l⁻¹) a NAA (0,1 mg.l⁻¹).

Poděkování:

Výsledky byly získány za finanční podpory MZe ČR v rámci projektu NAZV č. QH81101.

LITERATURA

- CAPUANA M., DEBERGH P. 1997. Improvement of the maturation and germination of horse chestnut somatic embryos. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 48: 23-29.
- DAMERI R. M., CAFFARO L., GASTALDO P., PROFUMO P. 1986. Callus formation and embryogenesis with leaf explants of *Aesculus hippocastanum* L. *Journal of Plant Physiology*, 126: 93-96.
- DESCHKA G., DIMIC N. 1986. *Cameraria ohridella* n. sp. aus Mazedonien, Jugoslawien (*Lepidoptera, Lithocellettidae*). *Acta Entomologica Jugoslaviae*, 22: 11-23.
- GASTALDO P., CARLI S., PROFUMO P. 1994. Somatic embryogenesis from stem explants of *Aesculus hippocastanum*. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 39: 97-99.
- GASTALDO P., CAVIGLIA A. M., CARLI S., PROFUMO P. 1996. Somatic embryogenesis and esculin formation in calli and embryoids from bark explants of *Aesculus hippocastanum* L. *Plant Science*, 119: 157-162.
- GIRARDOZ S., KENIS M., QUICKE D. 2004. Mortality factors affecting the different developmental stages of *Cameraria ohridella* DESCHKA & DIMIC in Switzerland. In: Abstract of papers of 1st International Cameraria Symposium – *Cameraria ohridella* and other invasive leaf-miners in Europe. Praha: IOCB ASCR: 11 s.
- KAMENICKÁ A., RYPÁK M. 1988. Optimalizácia rastu kalusového kultúry pagaštana konského (*Aesculus hippocastanum* L) vo vzťahu k rastovým regulátorom. *Biologia (Bratislava)*, 43: 61-69.
- KENIS M., AVTZIS N., FREISE J., GIRARDOZ S., GRABENWEGER G., HEITLAND W., LAKATOS F., LOPEZ VAAMONDE C., SVATOŠ A., TOMMOW R. I. 2004. Finding the area of origin of the horse chestnut leaf miner. Where are we today? In: Abstract of papers of 1st International Cameraria Symposium – *Cameraria ohridella* and other invasive leaf-miners in Europe. Praha: IOCB ASCR: 19 s.
- LIŠKA J. 1997. Verbreitung der Roskastanienminiermotte in der Tschechischen Republik. *Forstschutz Aktuell*, 21: 5.
- LLOYD G., MCCOWN B. 1980. Commercially-feasible micropropagation of mountain laurel, *Kalmia latifolia*, by use of shoot tip culture. *International Plant Propagators' Society Proceedings*, 30: 421-427.
- MAGNUSSON V. A., CASTILLO C. M., DAI W. 2009. Micropropagation of two elite birch species through shoot proliferation and regeneration. *Acta Horticulturae*, 812: 185-188.
- MALÁ J., CVRČKOVÁ H., MÁCHOVÁ P., ŠÍMA P. 1999. Využití mikropropagace při záchraně cenných populací ušlechtilých listnatých lesních dřevin. *Zprávy lesnického výzkumu*, 44/4: 6-11.
- MERTELIK J., KLOUDOVÁ K., VANC P. 2004. Occurrence of *Aesculus hippocastanum* with high degree of resistance to *Cameraria ohridella* in the Czech Republic. *Acta fytotechnica et zootecnica*, 7: 204.
- MERTELIK J., KLOUDOVÁ K. 2006. Klon *Aesculus hippocastanum* MERTELIK 06 s rezistentním chováním ke *Cameraria ohridella* - patent č. 296896. *Věstník č. 7/2006*.
- MURASHIGE T., SKOOG F. 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiologia Plantarum*, 15: 473-497.
- SAN JOSE M. C., BALLESTER A., VIEITEZ A. M. 2001. Effect of thidiazuron on multiple shoot induction and plant regeneration from cotyledonary nodes of chestnut. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology*, 76: 588 - 595.
- PROFUMO P., GASTALDO P., BEVILACQUA L., CARLI S. 1991. Plant regeneration from cotyledonary explants of *Aesculus hippocastanum* L. *Plant Science*, 76: 139-142.
- PUDDEPHAT I. J., ALDERSON P. G., WRIGHT N. A. 1997. Influence of explant source, plant growth regulators and culture environment on culture initiation and establishment of *Quercus robur* L. in vitro. *Journal of Experimental Botany*, 48: 951-962.
- RADOJEVIĆ L. 1978. In vitro induction of androgenic plantlets in *Aesculus hippocastanum*. *Protoplasma*, 6: 369-374.
- SKUHRAVÝ V. 1999. Zusammenfassende Betrachtung der Kenntnisse über die Roskastanien-miniermotte, *Cameraria ohridella* DESCHKA & DIMIC (Lep., Gracillariidae). *Journal of Pest Science*, 72: 95-99.
- SVATOŠ A., KALINOVÁ B., VOSKOVEC M., KINDL J., HOVORKA O., HRDÝ I. 1999. Identification of a New Lepidoptera Sex Pheromone in Picogram Quantities using an Antennal Bidetector: (8E, 10Z)-Tetradeca - 8,10- dienal from *Cameraria ohridella*. *Tetrahedron Letters*, 40: 7011-7014.
- ŠEDIVÁ J., VEJSADOVÁ H., MERTELIK J. 2004. Využití metody meristémového množení in vitro v kombinaci s termoterapií pro ozdravení vybraných druhů rostlin od virových infekcí a metody mikropropagace in vitro pro klonové namnožení vybraných rezistentních taxonů. *Závěrečná zpráva projektu 0441 výzkumného záměru VÚKOZ, v. v. i., Průhonice*, 11 s.
- ŠEFROVÁ H. 2001. Control possibility and additional information on the horse-chestnut leafminer *Cameraria ohridella* DESCHKA & DIMIC (*Lepidoptera, Gracillariidae*). *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 5:121-127.
- TRIPPI V. S. 1963. Studies on ontogeny and senility in plants. II. Seasonal variation in proliferative capacity in vitro of tissues from branches from juvenile and adult zones of *Aesculus hippocastanum* and *Castanea vulgaris*. *Phyton*, 20: 146 - 152.
- TROCH V., VERMEIR N., WERBROUCK S., VAN LABEKE M. C. 2009. Development, maturation and germination of horse chestnut somatic embryos. *Acta Horticulturae*, 812: 185-188.

ORGANOGENESIS INDUCTION IN HORSE CHESTNUT (*AESCULUS HIPPOCASTANUM* L.)

SUMMARY

Horse chestnut (*Aesculus hippocastanum* L.) belongs to horticulturally valuable woody species. Successfulness of its planting in Europe has decreased due to a pest invasion, the horse chestnut leaf miner *Cameraria ohridella* DESCHKA & DIMIC, 1986. Research objective of this work was to induce organogenesis in explants taken from seedlings of horse chestnut individuals. Shoot tip meristems with 1 – 2 leaf primordia were isolated from surface sterilized vegetative buds and were placed onto WPM (LLOYD, MCCOWN 1980) and MS (MURASHIGE, SKOOG 1962) medium containing a half salt concentration and benzyladenine (BA) and naphthylacetic acid (NAA). Subcultivation onto medium with an identical composition was performed every 3 – 6 weeks. In winter buds, where a high microbial contamination (bacteria and yeasts) was observed, two methods of antibiotic treatment were used: i), antibiotics (Hygromycin, Timentin, Cefotaxim) were added into cultivation medium; ii) the buds were surface-treated with various concentrations of Antibiotic-Antimycotic Stabilized suspension (treatment A) and Amphotericin B (treatment B) as provided by Sigma. This technique of bud treatment showed to be more effective, decreased contamination rate and increased proliferation were found depending on antibiotic concentration. Recommended basic amounts of A (10 ml.l⁻¹) and 25 mg.l⁻¹ B were efficient, twofold doses induced explant necrosis. In spite of efficient explant decontamination demonstrated after 20 days, no viable in vitro culture was derived.

In summer buds, a low bacterial infection (13%) and the highest shoot regeneration (up to 80%) were ascertained in shoot tips. Nodal stem and petiole segments formed calli with low or none regeneration capacity. A critical factor in organogenesis induction was the collection time of vegetative buds. A suitable time for explant regeneration was July – August when the explants showed low microbial contamination and decreased phenol production. Sterilizing method, 2.5% calcium hypochlorite with 20 – 30 min bud treatment, showed to be suitable. The highest shoot regeneration was observed in the presence of BA in concentration of 0.5 mg.l⁻¹ and 0.1 mg.l⁻¹ naphthylacetic acid (NAA).

Recenzováno

ADRESA AUTORA/CORRESPONDING AUTHOR:

Ing. Hana Vejsadová, Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, v. v. i.,
Květnové nám. 391, 252 43 Průhonice, Česká republika
tel.: 296 528 237; e-mail:vejsadova@vukoz.cz

VÝCHOVA SMRKOVÝCH POROSTŮ A TVORBA HORIZONTŮ NADLOŽNÍHO HUMUSU - EXPERIMENT VRCHMEZÍ V ORLICKÝCH HORÁCH

THINNING OF NORWAY SPRUCE STANDS AND FORMATION OF FOREST-FLOOR HORIZONS IN EXPERIMENT
VRCHMEZI (EASTERN BOHEMIA)

DAVID DUŠEK - MARIAN SLODIČÁK - JIŘÍ NOVÁK

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., VS Opočno

ABSTRACT

Effects of thinning were studied in Norway spruce stands within experiment Vrchmezi in the Orlické hory Mts. (North-Eastern part of the Czech Republic). The stand lies at an altitude of 880 m in the 6th beech with spruce forest vegetation zone (*Piceeto-Fagetum – Avenella flexuosa*). The experiment was founded in 1987 in 18-year-old spruce stand established by planting with density of 4,000 trees per hectare. Research was done on two comparative plots: control plot without thinning and thinned plot with negative selection from below. The objectives of the study were to find out the possible effects of thinning on basic parameters of stand and litterfall and accumulation of forest floor horizons. The results showed that thinning led to better static stability of trees and to prolongation of their crowns. The difference between litterfall on both variants was not significant. Thus, performed thinning did not cause decrease of litterfall. Dry biomass accumulated in horizon L (litter) was significantly higher on control plot in comparison to thinned plot. It probably means that decomposition on thinned plot was faster. The significant differences in F (fermentation) and H (humus) horizons were not found.

Klíčová slova: smrk ztepilý, výchova lesa, opad, humusové horizonty

Key words: Norway spruce, thinning, litterfall, forest floor horizons

ÚVOD

Smrk ztepilý je naše nejrozšířenější dřevina. Na většině stanovišť, kde má tato dřevina své optimum (5. – 8. LVS), je nutné počítat s určitým stupněm ohrožení. Nejdůležitějšími škodlivými činiteli jsou vítr, sníh, biotičtí škůdci a imise. Porostní výchova je pak jedním z hlavních opatření zaměřeným mimo jiné také na zvýšení stability lesních porostů a jejich odolnosti vůči škodlivým činitelům.

Při výchovných zásazích dochází k odstraňování části nadzemní biomasy, která se v porostech buď ponechává při prvních zásazích, nebo při následných zásazích odstraňuje a zpracovává. V obou případech je tak v porostu redukován počet jedinců produkujících opad, který je jedním z nejdůležitějších zdrojů živin v lesním ekosystému. Ovlivněním porostního mikroklimatu prostřednictvím výchovného zásahu též vznikají podmínky pro rychlejší dekompozici organického materiálu a jeho následnou mineralizaci. Na druhou stranu lze očekávat, že u stromů uvolněných výchovným zásahem dojde k rozšíření a prodloužení korun a tím ke zvětšení asimilačního aparátu, což se projeví v opětovném zvýšení množství opadu.

V této práci je hodnocen dlouhodobý vliv výchovných zásahů na základní parametry porostu, zejména pak ve vazbě na množství opadu a na tvorbu holorganických půdních horizontů v podmínkách smrkového porostu experimentální řady Vrchmezi v Orlických horách.

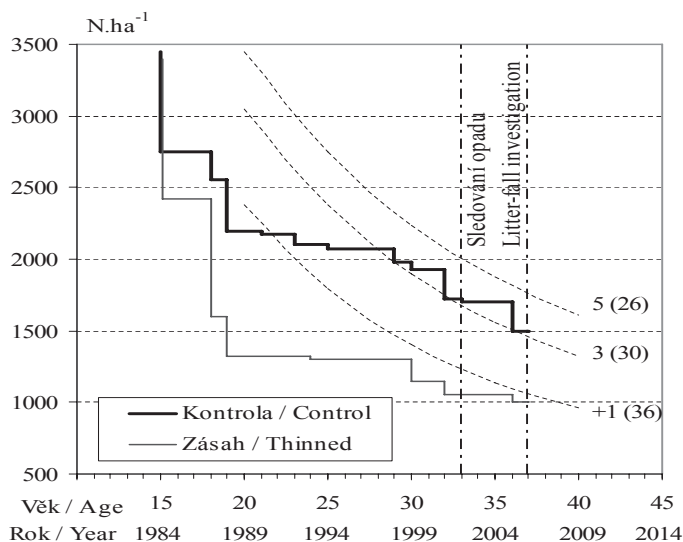
MATERIÁL A METODIKA

Experimentální řada Vrchmezi byla založena v roce 1987 v 18leté smrkové mlazině vzniklé z výsadby v nepravidelném spouhu ca 4 tisíce jedinců na hektar. Porost leží na mírném (3%) svahu se severozápadní expozicí na kambizemi v nadmořské výšce 880 m nad mořem (LT 6K1, *Piceeto-Fagetum – Avenella flexuosa*). Série je tvořena dvěma srovnávacími plochami o velikosti 20 × 20 m dělenými na 4 opakování (bloky) o velikosti 0,01 ha.

Jedna srovnávací plocha (K) byla ponechána jako kontrolní, tj. bez úmyslných těžebních zásahů. Na druhé srovnávací ploše (Z) byl uplatňován výchovný režim s negativním výběrem v podúrovni. Výchovné zásahy se uskutečnily ve věku 15, 18 a 30 let (rok 1984, 1987 a 1999).

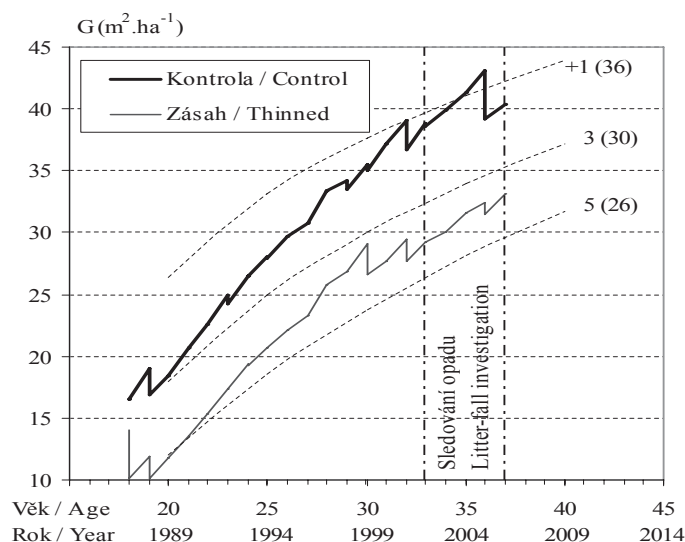
Výčetní tloušťky byly měřeny každoročně průměrkou na všech stromech. Pro analýzu horního stromového patra bylo uvažováno 200 nejlustších stromů na hektar. Výšky stromů a nasazení živé koruny (výška poslední živé větve na kmeni) byly měřeny pomocí výškoměru Blume-Leiss na ca 30 jedincích. Pro konstrukci výškové křivky (vyjádření výšky stromu jako funkce jeho výčetní tloušťky) byla použita funkce $h = (d^2/(\beta_0 + \beta_1 \times d)^2) + 1,3$ (NÄSLUND 1937), kde h je výška stromu, d je výčetní tloušťka a β_0 , β_1 jsou regresní koeficienty.

Zásoba porostů byla odvozena na základě hmoty pokácených vzorníků a aplikací regresní funkce podle KORSUNĚ (1961) $v = \beta_0 \times (d+1)^{\beta_1} \times h^{\beta_2}$, kde v je objem kmene, d je výčetní tloušťka kmene, h je výška kmene a β_0 , β_1 , β_2 jsou regresní koeficienty.



Obr. 1.

Vývoj počtu stromů v porovnání s tabulkovými hodnotami (ČERNÝ et al. 1996) pro bonity +1 (36), 3 (30) a 5 (26)
Number of trees compared with growth tables (ČERNÝ et al. 1996) for site indexes +1 (36), 3 (30) and 5 (26)



Obr. 2.

Vývoj výčetní kruhové základny v porovnání s tabulkovými hodnotami (ČERNÝ et al. 1996) pro bonity +1 (36), 3 (30) a 5 (26)
Basal area compared with growth tables (ČERNÝ et al. 1996) for site indexes +1 (36), 3 (30) and 5 (26)

Opad byl od roku 2002 do roku 2006 zachytáván do šesti opadoměrů (tři na každé variantě) o zachytávací ploše 0,5 m², umístěných v transektu v pravidelném rozestupu 4 m. Vzorky byly vysušeny nejdříve při pokojové teplotě a následně v laboratorii při teplotě 80 °C a poté byly zváženy.

V roce 2001 proběhl kvantitativní odběr vzorků holorganických horizontů (L, F, H) za pomoci kovových rámečků o rozměrech 25 × 25 cm ve třech opakováních. Vzorky byly vysušeny a následně zváženy stejně jako v případě zjišťování množství opadu.

K statistické analýze byly použity statistické programy UNISTAT® 5.1 a R 2.8.0. Statistická významnost rozdílů ve výčetních tloušťkách stromů a také štíhlostních kvocientech byla testována pomocí t-testu. Rozdíly v tloušťkách a štíhlostních kvocientech horních kmenů byly z důvodu asymetrie rozdělení testovány neparametrickým Mann-Whitneyovým testem (ANDĚL 2003). Tento test byl také použit pro testování signifikance rozdílů ve výčetní kruhové základně a zásobě. Pro testování významnosti rozdílů v délkách korun byla použita analýza kovariancí (MYERS, WELL 2003). Statistická významnost rozdílů v hmotnosti sušiny opadu a rozdílů v hmotnosti sušiny jednotlivých holorganických horizontů byla testována neparametrickým Mann-Whitneyovým testem. Předpoklad normality výběrů byl ověřován pomocí standardních metod průzkumné analýzy dat – QQ graf, graf symetrie, diferenční kvantilový graf apod. (MELOUN, MILITKÝ 2004).

VÝSLEDKY

Vývoj porostních parametrů

Po provozním výchovném zásahu ve věku 15 let klesl na variantě Z počet stromů z 3 500 na 2 400 jedinců na hektar. Při prvním experimentálním zásahu ve věku 18 let byl podúrovňovým zásahem s negativním výběrem počet stromů dále zredukován na 1 600 jedinců

na hektar. Do věku 30 let byl porost jednou poškozen sněhem (rok 1988 – vytěženo 275 stromů na hektar) a námrazou (rok 1992 – vytěženo 25 stromů na hektar). Ve věku 30 let byla hustota porostu v souladu s programem výchovy snížena na 1 150 jedinců na hektar. Do roku 2006 (37 let) dále hektarový počet klesal, především v důsledku nahodilé těžby po poškození sněhem, až na 1 000 ks. V kontrolním porostu (K) se původní počet 2 750 jedinců na hektar v 15 letech postupně redukoval, zejména v důsledku poškození sněhem, až na 1 500 jedinců na hektar v roce 2006 (obr. 1).

Střední tloušťka dosahovala ve věku 18 let před zásahem 9,0 cm na variantě K a 8,6 cm na variantě Z a rozdíl nebyl statisticky významný. V roce 2006 v 37 letech činila střední tloušťka na kontrole 18,5 cm a 20,5 cm na zásahu. Tento rozdíl již byl statisticky průkazný ($p < 0,001$). Rozdíl v tloušťce horních kmenů ve věku 37 let (23,3 cm na K a 24,1 cm na Z) byl však nesignifikantní (tab. 1).

Výčetní kruhová základna dosahovala ve věku 18 let (tři roky po provozním výchovném zásahu) 14,0 m² na variantě Z a 17,7 m² na variantě K. Prvním experimentálním výchovným zásahem na variantě Z byla výčetní kruhová základna snížena na 10,1 m² (57 % kontroly). Následkem zvýšeného přírůstu dosahovala v 30 letech výčetní kruhová základna varianty Z již 84 % kontroly. Výchovným zásahem v tomto věku znovu poklesla na 75 % kontroly. V roce 2002 (začátek sledování opadu) dosahovala výčetní kruhová základna vychovávané varianty 76 % hodnoty kontroly. V roce 2006 v 37 letech dosahovala výčetní kruhová základna na variantě Z 82 % kontroly (obr. 2). Rozdíl mezi variantami ve věku 37 let byl statisticky průkazný na nižší hladině významnosti ($p = 0,057$).

Zásoba kmenová kontrolního porostu ve věku 18 let činila 63 m³.ha⁻¹ s kůrou, na variantě Z 51 m³.ha⁻¹ s kůrou. Na konci sledovaného období měla kontrola zásobu 267 m³.ha⁻¹ a varianta s výchovou 211 m³.ha⁻¹. Rozdíl nebyl statisticky významný, patrně v důsledku vysoké variability po sněhových polomech z předcházejícího období. Stromy s výčetní tloušťkou nad 20 cm představovaly zásobu 126 m³.ha⁻¹ na variantě K

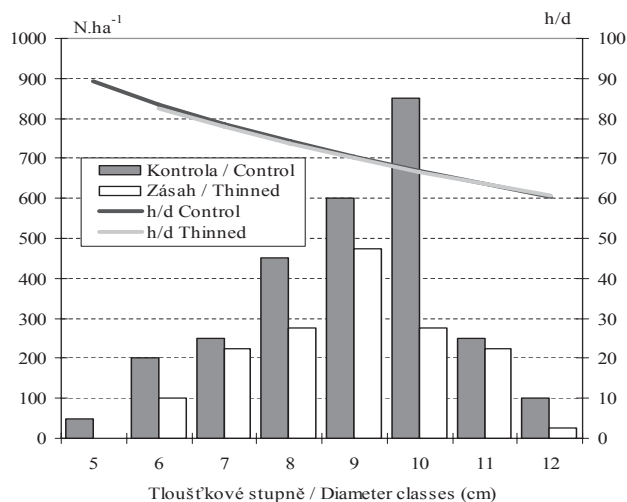
Tab. 1.
Základní údaje o experimentu Vrchmezi
Basic data of Vrchmezi experimental series

Věk/Rok ¹	18/1987			24/1993			30/1999			37/2006			18-37/1987-2006			
	Kontrola ²	Zásah ⁴	Zásah ⁴	Kontrola	Zásah	Zásah	Kontrola	Zásah	Zásah	Kontrola	Zásah	Zásah	Kontrola	Zásah		
N.ha ⁻¹	2 750	2 425	1 600	2 100	1 325	1 300	1 925	1 300	1 150	1 500	1 000	1 000	NT ⁷	odstraněno NT	odstraněno NT	odstraněno ÚT ⁸
d (cm)	9,0	8,6	9,0	12,7	13,6	16,9	15,2	16,9	17,2	18,5	20,5	20,5				
d ₂₀₀ (cm)	11,4	11,1	11,1	16,1	16,2	20,3	19,2	20,3	20,3	23,3	24,1	24,1				
G (m ² .ha ⁻¹)	17,7	14,0	10,1	26,5	19,3	29,1	35,0	29,1	26,6	40,3	33,1	33,1	10,67	4,62		6,32
h (m)	6,3	6,1	6,3	9,7	9,1	11,8	11,8	11,8	11,8	15,0	15,6	15,6				
h ₂₀₀ (m)	7,1	7,0	7,0	10,7	9,7	12,2	12,9	12,2	12,2	16,1	16,2	16,2				
h/d	70,1	71,5	70,0	76,6	66,5	69,9	77,3	69,9	69,0	81,1	76,1	76,1				
h/d ₂₀₀	62,2	63,3	63,3	66,5	60,1	60,4	67,3	60,4	60,4	69,1	67,2	67,2				
V (m ³ .ha ⁻¹)	63	51	36	129	79	150	215	150	137	267	211	211	66	24		29

N – počet stromů/number of trees, d – výčetní tloušťka středního kmene/diameter at breast height of mean stem, d₂₀₀ – výčetní tloušťka 200 dominantních jedinců na hektar/diameter at breast height of 200 thickest dominant trees per hectare, G – výčetní základna/basal area, h – střední výška/mean height, h₂₀₀ – výška 200 dominantních jedinců na hektar/height of 200 thickest dominant trees per hectare, h/d – štíhlostní kvocient středního kmene/quotient of slenderness for mean stem, h/d₂₀₀ – štíhlostní kvocient 200 dominantních jedinců na hektar/quotient of slenderness for 200 thickest dominant trees per hectare, V – zásoba porostu/stand volume, NT – nahodilá těžba/salvage cutting, ÚT – úmyslná těžba/planned cutting, ¹Age/Year, ²Variant, ³Control, ⁴Thinned, ⁵Before thinning, ⁶After thinning, ⁷Removed by salvage cutting, ⁸Removed by planned cutting

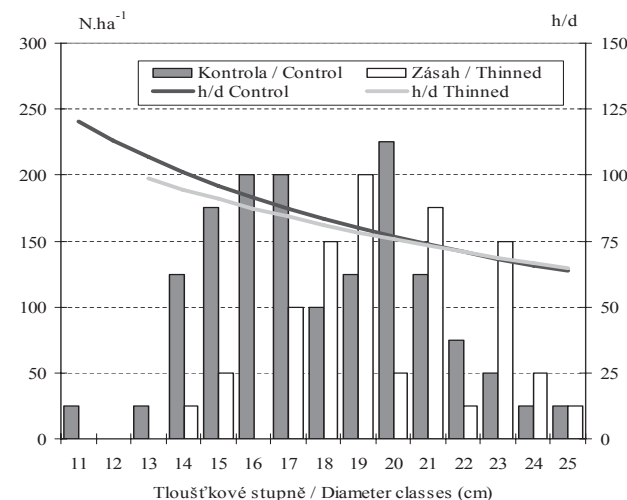
a 122 m³.ha⁻¹ na variantě Z. Na variantě K bylo od roku 1987 do roku 2006 nahodilou těžbou odstraněno 66 m³.ha⁻¹, na variantě Z bylo ve stejném období nahodilou těžbou odstraněno 24 m³.ha⁻¹ a 29 m³.ha⁻¹ úmyslnou těžbou.

Štíhlostní kvocient středního kmene byl na počátku (v roce 1987) vyšší na variantě Z (72) než na variantě K (70), ale rozdíl nebyl statisticky průkazný. V roce 2006 činil štíhlostní kvocient středního kmene na variantě K 81 a na variantě Z 76 a rozdíl byl vysoce statisticky průkazný (p = 0,001). Z obrázků 3 a 4 je však patrné, že průběh štíhlostního kvocientu v jednotlivých tloušťkových stupních se mezi variantami lišil jen minimálně. Rozdíl v štíhlostním kvocientu stromů horního stromového patra na kontrole (69) a na zásahu (67) nebyl shledán signifikantním.



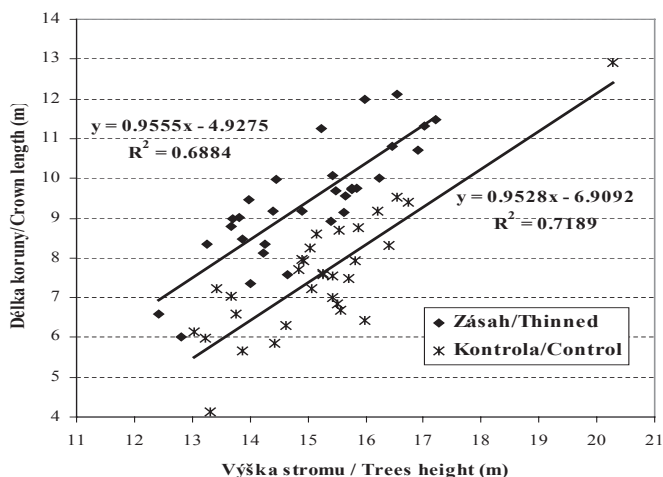
Obr. 3.

Tloušťková struktura a štíhlostní kvocient podle tloušťkových stupňů 18letého smrkového porostu
Diameter structure and h/d ratio for diameter degrees of spruce stand at the age of 18 years



Obr. 4.

Tloušťková struktura a štíhlostní kvocient podle tloušťkových stupňů 37letého smrkového porostu
Diameter structure and h/d ratio for diameter degrees of spruce stand at the age of 37 years



Obr. 5.

Graf závislosti délky koruny na výšce stromu v 36letém smrkovém porostu

Graph of relationship between crown length and tree height of spruce stand at the age of 36 years

Délka koruny středního kmene činila na konci sledovaného období na variantách K a Z 7,4 m, resp. 9,5 m. Analýza kovariancí vedla k zamítnutí nulové hypotézy ($p < 0,0001$) a rozdíly jsou tedy vysoce průkazné (obr. 5).

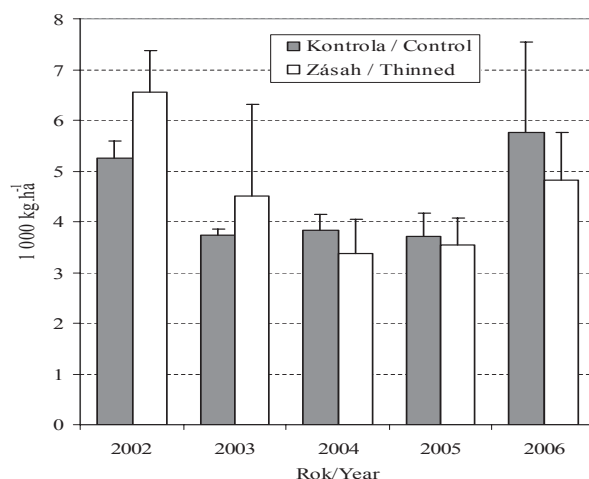
Vývoj opadu a tvorba humusových horizontů

Za celou pětiletou periodu sledování bylo zjištěno 22,30 tun opadu na hektar na kontrole a 22,81 tun na hektar v porostu se zásahy. Průměrný roční opad tedy činil 4 459 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ na variantě K a 4 562 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ na variantě Z. Tyto rozdíly nebyly statisticky signifikantní. Roční opad na variantě K kolísal v rozmezí od 3 438 do 4 920 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, na variantě Z v rozmezí od 2 955 do 5 665 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (obr. 6).

V horizontu opadanky (L) bylo akumulováno 13,58 $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ sušiny na kontrole a 7,34 $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ na zásahu. Rozdíl byl statisticky signifikantní pouze na hladině $p = 0,08$. V tomto horizontu byl tedy akumulován přibližně tříletý průměrný opad pod kontrolním porostem a pouze asi 1,6letý pod porostem s výchovou. Fermentační horizont (F) představoval 18,93 $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ sušiny na variantě K a 19,08 $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ sušiny na variantě Z. Tento rozdíl nebyl shledán statisticky významným. Horizont F na obou variantách akumuloval přibližně 4,2letý průměrný opad. V humusovém horizontu (H) tvořila sušina 169,70 $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ na variantě K a 131,06 $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ na variantě Z. Rozdíl nebyl statisticky významný. Celková hmotnost sušiny všech holorganických horizontů (L, F, H) na variantách K a Z činila 202,21 $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$, resp. 157,48 $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ (obr. 7).

DISKUSE

Podle horní porostní výšky (K – 16,1 m, Z – 16,2 m v 37 letech) a střední porostní výšky (K – 15,0 m, Z – 15,6 m) lze obě varianty zařadit do tabulkové bonity 4 (28), pro niž je horní výška ve věku 37 let zjištěná interpolací 17,8 m a střední výška 14,8 m (ČERNÝ et al. 1996). Hektarový počet jedinců na variantě K ve věku 37 let (1 500 stromů. ha^{-1}) představuje ca 80 % tabulkové hodnoty (1 865 stromů. ha^{-1}) pro bonitu 4 (28), ale výčetní kruhová základna



Obr. 6.

Roční opad (průměr se směrodatnými odchylkami) pod smrkovými porosty ve věku 33 – 37 let

Annual litterfall (mean with standard deviation) under spruce stands at the age of 33 – 37 years

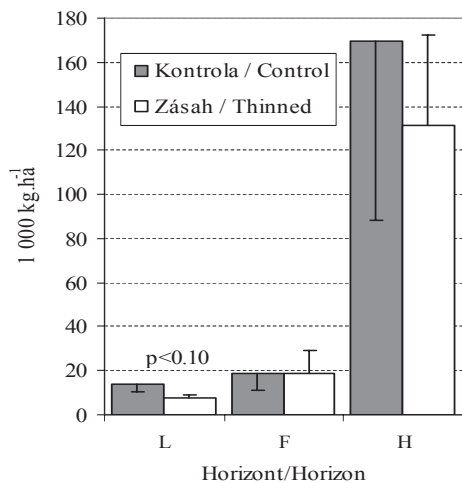
(40,3 $\text{m}^2\cdot\text{ha}^{-1}$) představuje 127% zakmenění ve srovnání s tabulkami (31,7 $\text{m}^2\cdot\text{ha}^{-1}$). Na variantě Z byl počet jedinců ve stejném věku (1 000 ks. ha^{-1}) na ca 54 % tabulkových hodnot a výčetní kruhová základna (33,1 $\text{m}^2\cdot\text{ha}^{-1}$) dosahovala 104 % tabulkové hodnoty pro bonitu 4 (28).

Tabulková zásoba kmene s kůrou zjištěná interpolací pro věk 37 let a bonitu 4 (28) činí 243 $\text{m}^3\cdot\text{ha}^{-1}$. Zásoba varianty K (126 $\text{m}^3\cdot\text{ha}^{-1}$) tedy představovala 110 % tabulkové zásoby a zásoba varianty Z (122 $\text{m}^3\cdot\text{ha}^{-1}$) pouze 87 % tabulkové hodnoty.

Lze konstatovat, že použití růstových tabulek, v případě varianty K pro odhad výčetní kruhové základny, by vedlo k podhodnocení skutečného stavu. Odhad zásoby by byl také podhodnocen, ovšem méně než v případě výčetní kruhové základny, zřejmě v důsledku spádových kmenů.

Výchova smrkových porostů v oblasti Orlických hor musí být zaměřena na vytváření odolnosti vůči škodlivým činitelům. Štíhlostní kvocient středního kmene může sloužit jako ukazatel odolnosti porostu vůči sněhu a větru. Ve vyšších polohách šestého vegetačního stupně by z hlediska odolnosti smrkového porostu proti větru měl dosahovat štíhlostní kvocient optimální hodnoty 63, maximálně však 68 (VICENA et al. 1979). Podle dosavadních výsledků experimentu Vrchmezi lze konstatovat, že 20 let po silném podúrovňovém zásahu (redukce ve věku 18 let na ca 1 600 jedinců na 1 ha) se štíhlostní kvocient středního kmene pohybuje kolem hodnoty 76, překračující i maximální výše uvedenou hranici. Význam silného výchovného zásahu se projevil při srovnání s nevychovávaným porostem na ploše K, kde štíhlostní kvocient středního kmene dosahuje ve věku 37 let průkazně horší hodnoty 81.

Jiní autoři (MILNE 1995, WANG et al. 1998, LEKES, DANDUL 2000) uvádějí mírnější kritéria pro hodnocení stability smrkových porostů. Podle těchto studií indikuje obecně štíhlostní kvocient přesahující hodnotu 100 nízkou stabilitu porostů. Ve vztahu k poškození sněhem je pro mladé smrkové porosty uváděna kritická hodnota štíhlostního kvocientu 90 (MILDNER 1967, KONOPKA et al. 1987, NAVRATIL 1995).



Obr. 7.

Hmotnost sušiny (průměr se směrodatnými odchylkami) jednotlivých holorganických horizontů pod smrkovými porosty ve věku 32 let
Amount of dry mass (mean with standard deviation) under spruce stands at the age of 32 years

Výška stromů v jednotlivých tloušťkových stupních nebyla ve smrkových porostech experimentu Vrchmezí podstatně ovlivněna. Pro statickou stabilitu porostu je tedy důležité rozložení jedinců v jednotlivých tloušťkových stupních. Výše zmíněnou maximální hodnotu štíhlostního kvocientu 68 (VICENA et al. 1979) tedy nepřekračují na obou variantách stromy zařazené do tloušťkových stupňů 23 cm a vyšších. Nevychovávaný porost (K) tvoří z 93 % jedinci nedosahující těchto dimenzí. V porostu se silným podúrovňovým zásahem (Z) tvoří ve věku 37 let (20 let po zásahu) stromy s příznivým štíhlostním kvocientem (menším než 68) téměř čtvrtinu (23 %) celkového počtu stromů. Navíc lze předpokládat, že silnými zásahy vytvořené spádné kmeny a mohutný kořenový systém se nebudou v budoucnu příliš měnit. Smrkové porosty po dosažení výšky 15 m mění tyto charakteristiky velmi málo (CREMER et al. 1982) a experimentální porosty dosáhly této hranice právě na konci období sledování ve věku 37 let.

Délka koruny smrku by měla tvořit ve vyšších polohách šestého vegetačního stupně optimálně 63 % a minimálně 57 % výšky kmene (VICENA et al. 1979). V experimentálních porostech Vrchmezí dosahuje ve věku 37 let koruna v kontrolním porostu 47 % výšky středního kmene, zatímco v porostu s výchovou tvoří koruna 61 % výšky středního kmene. Pro horní stromové patro (200 nejtlustších jedinců na hektar tvořících kostru porostu) dosahuje koruna v kontrolním porostu 53 % výšky a v porostu s výchovou 65 % výšky. Uplatněním silného podúrovňového zásahu (plocha Z) ve věku 18 let s redukcí na ca 1 600 jedinců na 1 ha došlo k zachování příznivé délky korun v následujících letech a to téměř u všech stromů v porostu.

Zjištěné průměrné roční množství opadu lze považovat za poměrně vysoké při srovnání s podobným experimentem na stacionáru Polom (NOVÁK, SLODIČÁK 2004, 2006) v Orlických horách (800 m n. m., kyselé stanoviště), kde roční opad kolísá od 1 800 do 4 800 kg.ha⁻¹ (věk 27 – 39 let). Při šetření ve čtyřech čtyřicetiletých smrkových porostech v Dánsku bylo zjištěno roční množství opadu v rozmezí od 1 100 do 5 700 kg.ha⁻¹ (BILLE-HANSEN, HANSEN 2001). V nižších nadmořských výškách a na lepších bonitách lze pravděpodobně očekávat ještě vyšší množství ročního opadu.

Například v 39letém smrkovém porostu experimentální řady IUFRO – 13 Vítkov (600 m n. m., bývalá zemědělská půda) byl zjištěn roční opad 8 500 – 8 700 kg na hektar (SLODIČÁK et al. 2005). Prakticky shodné množství opadu zjištěného pod oběma variantami experimentu Vrchmezí ukazuje, že ztráty nadzemní biomasy v důsledku výchovných zásahů byly kompenzovány delšími korunami stromů v komparaci s kontrolním porostem.

Zjištění, že v horizontu L na kontrolní ploše byl akumulován zhruba tříletý opad, je v souladu s výsledky experimentu Polom, kde byl v 36letém smrkovém porostu v horizontu L akumulován 2 – 4letý opad (NOVÁK, SLODIČÁK 2004). Fermentační horizont byl na experimentu Polom podstatně mocnější (37 – 38 t.ha⁻¹) než na experimentu Vrchmezí (ca 19 t.ha⁻¹). Naopak množství námi zjištěné sušiny v horizontu H (169,70 t.ha⁻¹ na variantě K a 131,06 t.ha⁻¹ na variantě Z) je mírně vyšší než na experimentu Polom, kde se hodnoty pohybovaly mezi 138,3 – 146,4 t.ha⁻¹. Statistická nevýznamnost rozdílů v akumulaci sušiny horizontu H je pravděpodobně důsledkem velké variability vzorků. Při opakovaném šetření na této lokalitě provedeném v roce 2002 byla zjištěna statisticky významně nižší zásoba sušiny horizontu H pod vychovávaným porostem (PODRÁZSKÝ et al. 2005).

ZÁVĚR

- Výchovný zásah se projevil v průkazně větší výčetní tloušťce středního kmene (18,5 cm na K a 20,5 cm na Z) na konci sledovaného období (37 let, rok 2006). Tloušťka dominantních stromů (23,3 cm na K a 24,1 cm na Z) nebyla výchovnými zásahy signifikantně ovlivněna. Po celé sledované období měla kontrolní varianta vyšší výčetní kruhovou základnu, výčetní kruhová základna vychovávaného porostu na konci experimentu dosahovala pouze ca 82 % kontroly.
- Hektarová zásoba porostů ve věku 37 let činila 267 m³ na variantě K a 211 m³ na variantě Z. S připočtením provedených nahodilých těžeb i úmyslných zásahů ve věku od 18 do 37 let dosahuje kontrola 333 m³.ha⁻¹ a varianta s výchovou 264 m³.ha⁻¹. Stromy s výčetní tloušťkou nad 20 cm ve věku 37 let představovaly hektarovou zásobu 126 m³ na variantě K a 122 m³ na variantě Z.
- Výchovný zásah měl pozitivní vliv na štíhlostní kvocient středního kmene. Ačkoli se jeho hodnota za sledované období na obou variantách zvýšila (ze 70 na 81 na K a z 72 na 76 na Z), byla na konci sledovaného období průkazně nižší na variantě s výchovou. Průběhy křivek štíhlostního kvocientu napříč tloušťkovými stupni se však mezi variantami téměř nelišily jak na počátku, tak i na konci sledovaného období a rozdíl ve štíhlostním kvocientu kmenů horního stromového patra nebyl signifikantní. Stabilizační efekt tedy spočíval především v odstranění labilní podúrovňové složky porostu.
- Výchovný zásah se také pozitivně projevil na délce korun stromů. Koruny měřených stromů na konci období sledování byly průkazně delší na variantě Z (průměrně 9,5 m) než na variantě K (průměrně 7,4 m).
- Rozdíl v množství průměrného ročního opadu mezi variantami K (4 459 kg.ha⁻¹) a Z (4 562 kg.ha⁻¹) byl statisticky neprůkazný. Ztráty nadzemní biomasy v důsledku výchovných zásahů byly plně kompenzovány zvýšeným přírůstem uvolněných stromů, především prodloužením jejich korun. Výchovné zásahy tak z dlouhodobého hlediska nevedly ke snížení množství opadu.

- V holorganických horizontech bylo celkově akumulováno 202,21 t.ha⁻¹ pod kontrolním porostem a 157,48 t.ha⁻¹ pod porostem s výchovou. V horizontu L byl akumulován zhruba 3letý opad (13,58 t.ha⁻¹) na variantě kontrolní a přibližně 1,6letý opad (7,34 t.ha⁻¹) na variantě se zásahy. V horizontu F byl akumulován přibližně 4,2letý opad na obou variantách (ca 19 t.ha⁻¹). V horizontu H bylo uloženo 169,70 t.ha⁻¹ opadu na variantě kontrolní a 131,06 t.ha⁻¹ na variantě se zásahy. Statisticky významné bylo pouze vyšší množství sušiny v horizontu L pod kontrolním porostem ($p = 0,08$).

Poděkování:

Tato studie vznikla v rámci řešení dlouhodobého výzkumného záměru Ministerstva zemědělství MZe ČR č. 0002070203 „Stabilizace funkcí lesa v antropogenně narušených a měnicích se podmínkách prostředí“.

LITERATURA

- ANDĚL J. 2003. Statistické metody. Praha, Matfyzpress: 299 s.
- BILLE-HANSEN J., HANSEN K. 2001. Relation between defoliation and litterfall in some Danish *Picea abies* and *Fagus sylvatica* stands. *Scand. J. For. Res.*, 16: 127-137.
- ČERNÝ M., PAŘEZ J., MALÍK Z. 1996. Růstové a taxační tabulky hlavních dřevin České republiky (smrk, borovice, dub, buk). Jílové u Prahy, IFER: 245 s.
- CREMER K. W., BOROUGH C. J., MCKINNELL F. H., CARTER P. R. 1982. Effects of stocking and thinning on wind damage in plantations. *New Zealand Journal of Forest Science*, 12: 244-268.
- KONOPKA J., PETRAS R., TOMA R. 1987. Štíhlostný koeficient hlavních dřevin a jeho význam při statické stabilitě porostů. *Lesnictví*, 33: 887-904 (summary in English).
- KORSUŇ F. 1961. Hmotové tabulky pro smrk. *Lesnictví*, 7: 275-304.
- LEKES V., DANDUL I. 2000. Using airflow modelling and spatial analysis for defining wind damage risk classification (WINDARC). *For. Ecol. Management*, 135: 331-344.
- MELOUN M., MILITKÝ J. 1998. Statistické zpracování experimentálních dat. Praha, East Publishing: 839 s.
- MILDNER H. 1967. Die Widerstandsfähigkeit von Fichtenjungbeständen gegenüber atmosphärischen Einwirkungen. *Soz. Forstwirtschaft*, 17: 57-59.
- MILNE R. 1995. Modelling mechanical stresses in living Sitka spruce stems. In: Coutts M. P., Grace J. (eds.): *Wind and Trees*. Cambridge, Cambridge University Press: 165-181.
- MYERS J. L., WELL A. D. 2003. *Research Design and Statistical Analysis*. New Jersey, Lawrence Erlbaum Associates: 760 s.
- NÄSLUND M. 1937. Die Durchforstungsversuche der Forstlichen Versuchsanstalt Schwedens in Kiefernwald. In: *Meddelanden fran Statens Skogsförsöksanstalt. Mitteilungen aus der Forstlichen Versuchsanstalt Schwedens*. Stockholm: 121-69.
- NAVŘATIL S. 1995. Minimizing wind damage in alternative silviculture systems in boreal mixed woods. *For. Can. and For. Lands Wildl. Alta. For. Serv. Edmonton, Alta. Canada-Alberta Partnership Agreement in For. Rep. No. 124*.
- NOVÁK J., SLODIČÁK M. 2004. Structure and accumulation of litterfall under Norway spruce stands in connection with thinnings. *Journal of Forest Science*, 50: 101-108.
- NOVÁK J., SLODIČÁK M. 2006. Litter-fall as a source of nutrients in mountain Norway spruce stands in connection with thinning. In: *Stabilisation of Forest Functions in Biotopes Disturbed by Anthropogenic Activity*. Opočno: 297-310.
- PODRÁZSKÝ V., NOVÁK J., MOSER W. K. 2005. Vliv výchovných zásahů na množství a charakter nadložního humusu v horském smrkovém porostu. *Zprávy lesnického výzkumu*, 50: 222-225.
- SLODIČÁK M., NOVÁK J., SKOVSGAARD J. P. 2005. Wood production, litter fall and humus accumulation in a Czech thinning experiment in Norway spruce (*Picea abies* (L.) KARST.). *Forest Ecology and Management*, 209: 157-166.
- VICENA I., PAŘEZ J., KONOPKA J. 1979. Ochrana lesa proti polomům. Praha, SZN: 244 s.
- WANG Y., TITUS S. J., LEMAY V. M. 1998. Relationships between tree slenderness coefficients and tree or stand characteristics for major species in boreal mixed wood forests. *Can. J. For. Res.*, 28: 1171-1183.

THINNING OF NORWAY SPRUCE STANDS AND FORMATION OF FOREST-FLOOR HORIZONS IN EXPERIMENT VRCHMEZI (EASTERN BOHEMIA)

SUMMARY

The objectives of the study were to find out effects of thinning on basic parameters of stand (diameter structure, basal area, stand volume and static stability of stand) and litterfall and development of forest floor horizons. Effects of thinning were studied in Norway spruce stand on experiment Vrchmezi in the Orlické hory Mts. (North-Eastern part of the Czech Republic). The stand lies at an altitude of 880 m in the 6th beech with spruce forest vegetation zone (*Piceeto-Fagetum – Avenella flexuosa*). The experiment was founded in 1987 in 18 years old spruce stand established by planting with density of 4,000 trees per hectare. Research was conducted in two comparative plots: control plot without thinning and thinned plot with negative selection from below.

At the age of 37 years (in 2006), the number of trees per hectare was 1,500 and 1,000 on control and thinned plot, respectively. The diameter at breast height of the mean stem was 18.5 for control and 20.5 cm for thinned plot at the same age. The difference was found to be significant. However, we found no significant differences in case of the diameter at breast height of dominant trees (200 thickest trees per hectare).

The control plot basal area was higher during the whole investigation period. The thinned plot basal area reached 82% in comparison to control plot at the age of 37 years. The stand volume per hectare was 267 m³ (333 m³ including salvage cutting) for control plot and 211 m³ (264 m³ including thinning) for thinning. The differences in terms of basal area and stand volume were not found to be significant.

The quotient of slenderness of mean stem was significantly higher in control plot (81) compared to thinned plot (76). However, the quotient of slenderness of 200 thickest trees was similar (69 for control and 67 for thinning). The length of crown of trees was significantly different between compared plots - for mean stem 7.4 m in control plot and 9.5 m in thinned one at the age of 36 years. Thus, the length of crowns was positively influenced by thinning regime.

The mean annual litterfall was 4,459 kg.ha⁻¹ and 4,562 kg.ha⁻¹ in control and thinned plot, respectively. The annual litterfall varied from 3,438 to 4,920 thousand kg.ha⁻¹ for control and from 2,955 to 5,665 thousand kg.ha⁻¹ for thinned variant. However we found no significant differences in litterfall between plots. The loss of biomass after thinning was probably completely saturated by longer crowns of the trees left after thinning.

Altogether the forest floor horizons accumulated around 202 and 157 thousand kg.ha⁻¹ of dry biomass in control and thinned plot, respectively. Significantly different amount was detected only in L (litter) horizon (13.58 and 7.34 thousand kg.ha⁻¹ in control and thinned plot). It probably means that decomposition of litterfall on thinned plot was faster. The differences in F (fermentation) and H (humus) horizons were not found to be significant, perhaps due to great variability of the data.

Recenzováno

ADRESA AUTORA/CORRESPONDING AUTHOR:

Ing. David Dušek, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., VS Opočno
Na Olivě 550, 517 73 Opočno, Česká republika
tel.: 494 668 391; e-mail: dusek@vulhmop.cz

GENETICKÁ STRUKTURA DVOU ČÁSTÍ POROSTU SMRKU ZTEPILÉHO PŘI HORNÍ HRANICI LESA NA ÚZEMÍ KRNAP

GENETIC STRUCTURE OF TWO PARTS OF NORWAY SPRUCE STAND NEAR THE ALPINE FOREST LIMIT IN THE KRKONOŠE NATIONAL PARK

ONDŘEJ IVANEK¹⁾ - KAREL MATĚJKA²⁾ - PETR NOVOTNÝ¹⁾

¹⁾ Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., Strnady; ²⁾ IDS (Information and Data Systems), Praha

ABSTRACT

Genetic differences between two Norway spruce (*Picea abies*) tree sets (subpopulations) in the Giant Mountains (Krkonoše in Czech) National Park, the Sněžka Mt. region, differing markedly in extent of damage after the Kyrill hurricane (2007), were investigated by using isozyme analysis for 110 standing and 110 laying (wind damaged) trees. Biometric measurements including preliminary tree-ring analysis were also accomplished. Using one-dimensional horizontal electrophoresis on the starch gel, G-6-PDH, GDH, SDH-A, PGM-A, MDH-B, MDH-C, LAP-B, IDH-A, IDH-B, AAT-A, AAT-B and AAT-C isozyme loci were studied. The highest genetic diversity was found for AAT-C and LAP-B loci, the lowest one for the IDH-A and AAT-B ones for both spruce subpopulations. For the remaining loci G-6-PDH, GDH, SDH-A, PGM-A, IDH-B, MDH-B and MDH-C significant differences were found between both Norway spruce sets. Slight genetic differentiation between lower and upper part of the standing trees subpopulation was found. Genetic distances of investigated spruce sets in framework of overall six spruce stands and populations were calculated.

Klíčová slova: disturbance, genetická struktura, isoenzymová analýza, Krkonoše, letokruhová analýza, *Picea abies* (L.) KARSTEN, poškození větrem
Key words: disturbance, genetic structure, isozyme analyse, Giant Mountains, tree-ring analysis, *Picea abies* (L.) KARSTEN, wind damage

ÚVOD A CÍL PRÁCE

Přírodní horské smrčiny jako klimaxový biotop smrku ztepilého (*Picea abies* (L.) KARSTEN) se zachovaly většinou na nepřístupných místech v 8. lesním vegetačním stupni, jehož horní hranice je současně horní hranicí lesa. Pastva při horní hranici lesa místy mohla způsobit postupné snížení této hranice, holosečná těžba v 16. a 17. století zamezila zmlazování buku a jedle v nižších partiích (MAC-KOVČIN et al. 2002). V Krkonoších se horské smrčiny svazu *Piceion excelsae* PAWLOWSKI in PAWLOWSKI, SOKOLOWSKI, WALLISCH (1928) vyskytují v nadmořských výškách (1 000) 1 050 - 1 300 (1 370) m (HUSOVÁ et al. 2002). Pro 8. LVS jsou v Krkonoších udávány výšky 1 050 - 1 350 m (HANIŠ, MIKESKA et al. 2000). Třtinové smrčiny rostou na svazích a vrcholech kopců v supramontánním stupni, přičemž v blízkosti horní hranice lesa jsou vlivem extrémního klimatu a případně sekundárně i následkem pastvy rozvolněnější (KUČERA 2001). Věk porostů se pohybuje v průměru od 120 do 200 let, výjimečně přes 300 let. V důsledku přirozené obnovy je věková struktura původních horských smrčín různorodá. V nižších chráněných polohách smrky dosahují výšky až 30 m, směrem k alpské hranici lesa jejich výška rychle klesá na pouhých 5 až 8 m (SÝKORA 1983). Průměrná roční teplota kolísá mezi 1,9 a 2,9 °C, počet vegetačních dnů je 60 - 100, sněhová pokrývka trvá ca 140 - 200 dnů, vzdušná i půdní vlhkost jsou vysoké, roční srážky činí 1 450 až 1 600 mm (HANIŠ, MIKESKA et al. 2000). Na silikátových podkladech se tvoří kyselé půdy nejčastěji typu horského humusového podzolu se silnou vrstvou surového humusu, na extrémních suťových

stanovištích typu ranker (HUSOVÁ et al. 2002). Horské smrčiny jsou silně ohroženy dálkovým přenosem imisí, bořivými a přepadovými větry, sněhem, jinovatkou, ledovkou i mrazem, a proto jsou v současnosti tyto porosty z velké části rozvráceny či poškozeny (PRŮŠA 2001).

Lze předpokládat, že v těchto značně extrémních růstových podmínkách budou vykazovat i populace smrku specifické genetické vlastnosti. Otázkou je, jak se může genetická konstituce populace odrážet ve vnějších charakteristikách porostu. Takovou charakteristikou může být například i odolnost porostu vůči rozpadu při výskytu extrémní události. Cílem předkládané práce je posouzení genetických parametrů vybraného porostu při horní hranici lesa v Krkonoších, v jehož části došlo k rozpadu následkem silné větrné epizody.

Jednou z metod, kterou se dokumentuje genetická variabilita populací lesních dřevin na molekulární úrovni, je isoenzymová analýza. Genetická struktura populace je tak popisována pomocí vybrané sady markerů, které jsou představovány vybranými enzymatickými systémy. Genetická variabilita populace dané dřeviny je výslednicí genotypové skladby porostu v době jeho přirozené obnovy či umělého založení, dále selekčního působení stanovištních faktorů na přežívání jedinců (z přirozených např. klima, geologické, pedochemické poměry, z antropogenních např. imisní zátěž), které ovlivňují selekci různých genotypů v rámci druhu (PRUS-GLOWACKI, GODZIK 1995, IVANEK 2006a). Dále je dána výslednou druhovou skladbou a výchovnými, případně obnovními zásahy v porostu.

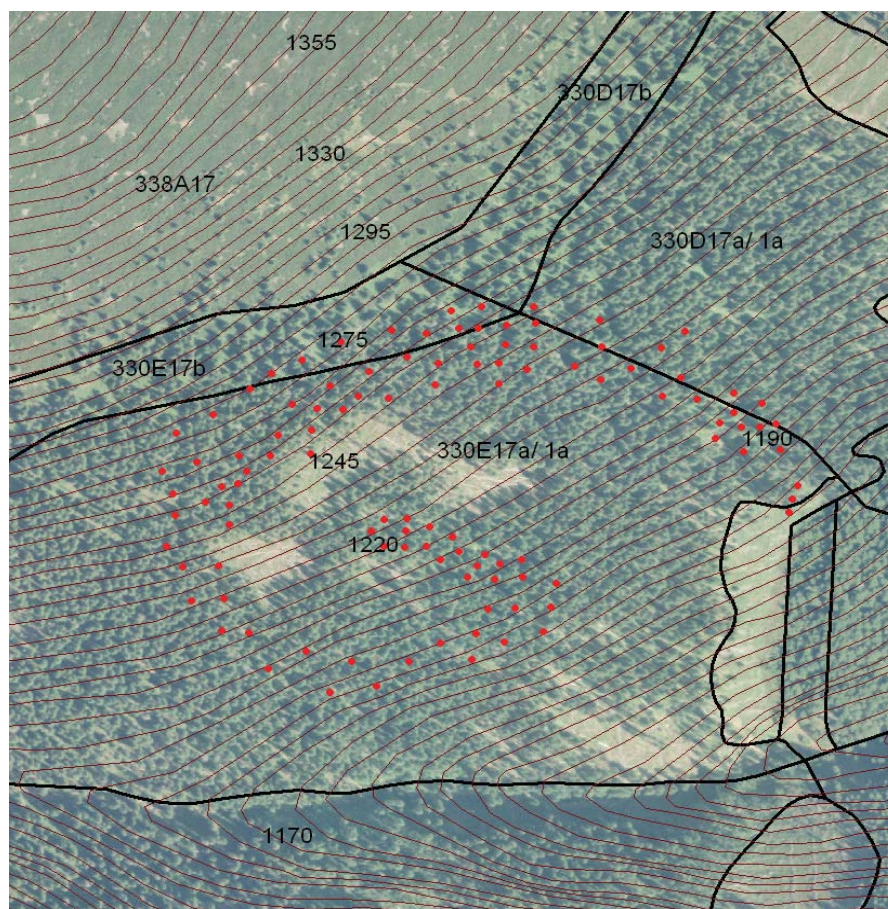
MATERIÁL A METODIKA

Zájmová plocha se nachází v Krkonoších na jihovýchodním úbočí Sněžky, v lokalitě Lvi důl, v rámci LHC Horní Maršov (platnost LHP 2003 – 2012, obr. 1). Odpovídá porostní skupině 330E17a/1a (s přesahem do skupin 330E17b a 330D17a/1a, přičemž hranice těchto skupin je v terénu nezřetelná), udávané stáří 211 let (k roku 2008). V tomto lesním porostu byla dříve založena trvalá výzkumná plocha 24 (Střední hora), která je dlouhodobě sledována (VACEK, MATĚJKA 1999, VACEK, MATĚJKA et al. 2007). Tento porost vykazuje dlouhodobě zvýšenou, přesto stabilní defoliaci (okolo 55 - 60 % v posledním desetiletí), druhové složení vegetace je od roku 1980 značně stabilní (MATĚJKA in VACEK, MATĚJKA et al. 2007). Sledovaná plocha zahrnuje dva soubory (subpopulace) jedinců smrku ztepilého, označované dále jako soubory (1) a (2), odlišené podle následků orkánu Kyrill (leden 2007). Soubor (1) představuje 110 náhodně vybraných nepoškozených nebo slabě poškozených stojících stromů k datu prvního systematického sledování plochy (6. 3. 2007), tj. odpovídá subpopulaci nepoškozeného porostu. Soubor (2) odpovídá subpopulaci 110 opět náhodně vybraných ležících stromů, které podlely zlomům a vývrátům k témuž datu. Přesná poloha vybraných stromů byla měřena pomocí GPS přístroje, poloha všech ostatních stromů byla

odhadnuta vzhledem k zaměřeným jedincům. Souřadnice S-JTSK se pro soubor (1) pohybují v intervalu $x = 984010$ až 984305 m, $y = 639452$ až 639913 m, nadmořská výška činí 1 170 až 1 275 m. Data prostorového rozmístění stromů v porostu byla zpracovávána v prostředí GIS. Z jedinců obou souborů byly odebrány vzorky větví za účelem provedení isoenzymových analýz (odběr vzorků 6. 3. 2007). Stromy souboru (1) byly změřeny v roce 2008 (výška – h a průměr ve výčetní výšce – DBH). U vybraných jedinců byly v roce 2009 odebrány vývrty pro provedení letokruhové analýzy.

Isoenzymové analýzy

Z odebraných větví byly získány dormantní pupeny, které byly homogenizovány. Výsledný extrakt byl analyzován po rozdělení isoenzymů jednorozměrnou horizontální elektroforézou na škrobovém gelu v tris-citrátovém pufracím systému (PASTEUR et al. 1988, IVANEK 2006a) s použitím aparatury Multiphor II firmy Pharmacia Biotech. Všechny gely byly skenovány a zpracovány v programu ImageMaster firmy Pharmacia Biotech. Měření byla dvakrát opakována, s umístěním porovnávacího standardu na každý z gelů. Získané zymogramy byly vyhodnoceny na bázi elektroforetické mobility pro alelické páry 12 polymorfních lokusů (tab. 1).



Obr. 1.

Rozmístění analyzovaných stromů, jež jsou součástí subpopulace (1) v rámci sledovaného porostu na podkladě ortofotomapy (snímek z roku 2001) s vyznačenou hranicí porostních skupin a s vrstevnicemi (interval 5 m)

The assessed tree distribution of the subpopulation (1) within part of stand on the orthophoto (situation in 2001) with border lines of the stand groups and contour lines (interval of 5 m)

Tab. 1.Sledované enzymatické systémy a lokusy
Assessed enzymes and loci

Enzym – lokus	Zkratka
Glukózo-6-fosfátdehydrogenáza	G-6-PDH
Glutamátdehydrogenáza	GDH
Šikimátdehydrogenáza - A	SDH-A
Fosfoglukomutáza - A	PGM-A,
Malátdehydrogenáza - B, C	MDH-B, MDH-C
Leucinaminopeptidáza - B	LAP-B,
Isocitrátdehydrogenáza - A, B	IDH-A, IDH-B
Aspartátaminotransferáza - A, B, C	AAT-A, AAT-B, AAT-C

Biometrické analýzy

U 62 vybraných jedinců smrku ze souboru (1) byla měřena celková výška a výčetní tloušťka. K měření výšek byl používán ultrazvukový výškoměr VERTEX III (přesnost 0,1 m), k měření výčetní tloušťky taxační průměrka (přesnost 0,5 cm). Z 13 vybraných jedinců byly odebrány vývrty pro stanovení věku.

Vyhodnocení dat

Výstupní data programu ImageMaster byla exportována a dále zpracovávána s využitím programů IsoEnz (MATĚJKA 2009a) a SeqAn (MATĚJKA 2009b). U sledovaných lokusů byly vyhodnoceny počty alel na lokus, alelické frekvence, hodnoty pozorované heterozygotnosti, skutečný zjištěný počet genotypových tříd (tj. počet zjištěných kombinací přítomných alelických párů pro všechny enzymy a jejich lokusy), Shannonův index H' (SHANNON, WEAVER 1949) a Rao index R (RAO 1982) modifikované pro hodnocení genetické diverzity (MATĚJKA 2009a). Pro vyhodnocení genetické diverzity je zvláště vhodný Rao koeficient, který uvažuje podobnost mezi jednotlivými genotypy. Genetická vzdálenost mezi subpopulacemi byla počítána jako Nei distance D (NEI 1978):

$$D = -\ln \frac{\sum_{i=1}^n P_{Ai} * P_{Bi}}{\sqrt{(\sum_{i=1}^n P_{Ai}^2) * (\sum_{i=1}^n P_{Bi}^2)}}$$

pro vzdálenost mezi populacemi A a B při n hodnocených lokusech, přičemž zastoupení i -té alely v populaci A je p_{Ai} .

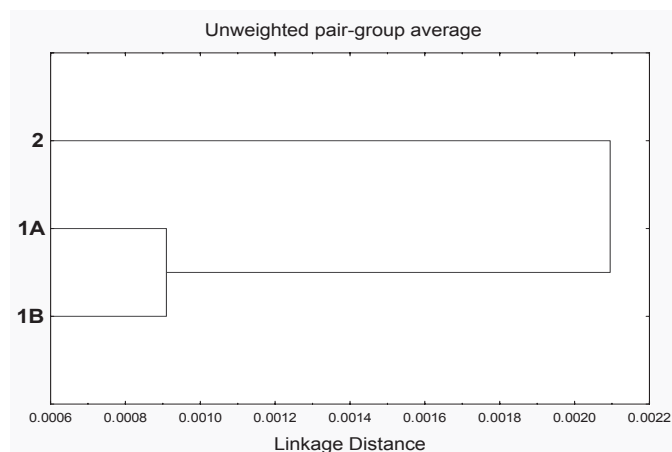
Uvedené genetické charakteristiky byly zpracovány zvláště pro soubor nepoškozené (1) a rozvrácené (2) části porostu. Dále byly zpracovány pro subpopulace v rámci souboru (1), lišící se z hlediska nadmořské výšky. Soubor (1A) odpovídá nižší nadmořské výšce, v intervalu 1 170 – 1 222 m, subpopulace (1B) odpovídá vyšší nadmořské výšce, v intervalu 1 223 – 1 275 m. Hranice byla stanovena tak, aby rozdělovala šetřenou populaci na dvě poloviny.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Genetické charakteristiky jsou pro sledované lokusy v souborech jedinců (1) a (2), případně i pro podsoubory (1A), (1B) uvedeny v tabulce 2. Počet alel na lokus se pohybuje v rozmezí 1 až 4, přičemž nejvyšších hodnot dosahuje u lokusů SDH-A a LAP-B. Nejvyšší pozorovanou heterozygotností se u obou souborů vyznačují lokusy AAT-C a LAP-B, nejnižší mají lokusy AAT-B, IDH-A a MDH-B.

Celkový počet zjištěných alel dosahuje hodnoty 27 pro soubor (1) (nepoškozený porost) a 32 pro soubor (2) (rozvrácený porost), přičemž u lokusů G-6-PDH, MDH-B a AAT-B bylo u souboru (2) zjištěno zvýšení o jednu a u AAT-A o dvě alely. V souboru (1) bylo nalezeno 9 a v souboru (2) 11 polymorfních lokusů, přičemž soubor (2) vykazuje vyšší heterozygotnost u 8 z těchto lokusů. Hodnoty heterozygotnosti klesají v pořadí lokusů AAT-C > LAP-B > G-6-PDH ~ SDH-A > MDH-C ~ IDH-B ~ PGM-A > GDH ~ AAT-A ~ MDH-B ~ IDH-A ~ AAT-B v případě souboru (1) a v pořadí AAT-C > LAP-B > SDH-A ~ MDH-C > G-6-PDH > PGM-A > GDH ~ IDH-B ~ MDH-B > AAT-A > AAT-B > IDH-A u souboru (2). Soubor (2) vykazuje vyšší počet genotypových tříd (přítomných kombinací alelických párů pro všechny sledované lokusy) a vyšší hodnoty indexů diverzity H' a R ve srovnání se souborem (1).

Počet zjištěných alel dosahuje hodnoty 24 u spodní (1A) i horní (1B) části nepoškozeného porostu. V obou souborech (1A) a (1B) bylo nalezeno 8 polymorfních lokusů, přičemž soubor (1B) vykazuje vyšší heterozygotnost u 6 z nich. Pořadí hodnot heterozygotnosti se u souborů (1A) a (1B) vzájemně liší. Soubor (1B) vykazuje vyšší počet genotypových tříd a vyšší hodnoty indexů diverzity H' a R ve srovnání se souborem (1A), standardní genetická vzdálenost hodnocená jako Nei distance D subpopulací (1A) a (1B) činí však pouze 0,00091 ve srovnání s obdobnou vzdáleností těchto subpopulací se subpopulací (2), která nabývá průměrné hodnoty 0,00210 (viz též obr. 2).

**Obr. 2.**

Hierarchická klasifikace subpopulací (1A) - nepoškozená část porostu v nižší nadmořské výšce, (1B) - nepoškozená část porostu ve vyšší nadmořské výšce a (2) - větrem rozvrácená část porostu
Hierarchical classification of the subpopulations (1A) - undamaged stand in lower altitude, (1B) - undamaged stand in higher altitude, and (2) - wind-damaged part of the stand

Tab. 2.

Počty alel na lokus a hodnoty pozorované heterozygotnosti pro subpopulace smrku 1A (nepoškozený, spodní část), 1B (nepoškozený, horní část), 1 (nepoškozený, celý soubor), 2 (rozvrácený)
 Number of alleles per locus, observed heterozygosity values and diversity features for spruce subpopulations 1A (undamaged, lower part), 1B (undamaged, upper part), 1 (undamaged, the whole set) and 2 (wind-damaged)

Subpopulace/Subpopulation	Počet alel/locus Allel no./locus				Heterozygotnost/Heterozygosity			
	1A	1B	1	2	1A	1B	1	2
G6PDH	2	2	2	3	0,082	0,125	0,103	0,091
GDH	1	2	2	2	0,000	0,021	0,010	0,036
SDH_A	4	3	4	4	0,082	0,104	0,093	0,165
PGM_A	2	2	2	2	0,061	0,042	0,052	0,067
MDH_B	1	1	1	2	0,000	0,000	0,000	0,027
MDH_C	2	3	3	3	0,061	0,083	0,072	0,130
LAP_B	3	3	4	4	0,265	0,333	0,299	0,361
IDH_A	1	1	1	1	0,000	0,000	0,000	0,000
IDH_B	2	2	2	2	0,041	0,083	0,062	0,036
AAT_A	2	1	2	4	0,020	0,000	0,010	0,018
AAT_B	1	1	1	2	0,000	0,000	0,000	0,009
AAT_C	3	3	3	3	0,612	0,574	0,594	0,509
Celkový počet alel/Total allele number	24	24	27	32				
Počet genotypových tříd/Number of genotype classes	22	25	38	42				
Shannonův index H'	3,916	4,235	4,475	4,787				
Rao index R	0,065	0,072	0,070	0,082				
Nei vzdálenost D/Nei dissimilarity D		(1A-1B)	(1A-2)	(1B-2)				
		0,00091	0,00123	0,00296				

Vysoké hodnoty heterozygotnosti lokusu AAT-C a relativně vysoké hodnoty této veličiny u lokusů LAP-B a SDH-A, zjištěné u obou sledovaných souborů, jsou typické pro naprostou většinu smrkových populací (IVANEK 2000, 2006, PRUS-GLOWACKI GODZIK 1995, KONNERT 1995). U souboru (1) však lze konstatovat zvýšenou hodnotu heterozygotnosti enzymatického systému GDH a u souboru (2) značně zvýšenou heterozygotnost lokusu MDH-C. Pokud se týká souboru (2), zvýšené počty zjištěných alel a genotypových tříd, stejně jako zvýšené hodnoty indexů diverzity H', R a heterozygotnosti u většiny z lokusů odpovídají vyššímu stupni genetické diverzity této, tj. rozvrácené části porostu. Vysoká genetická diverzita bývá často považována za typickou pro autochtonní porosty. V některých případech však bývá naopak pozorována u porostů vzniklých z heterogenní směsi reprodukčního materiálu alochtonního původu (IVANEK 2006). Vzhledem k tomu, že u rozvrácené části porostu (2) byla zjištěna přítomnost relativně vzácných alel (KONNERT 1995) u tří lokusů, tj. MDH-B, AAT-A a AAT-B, lze považovat za možné, že při založení této části porostu bylo použito nepůvodního reprodukčního materiálu.

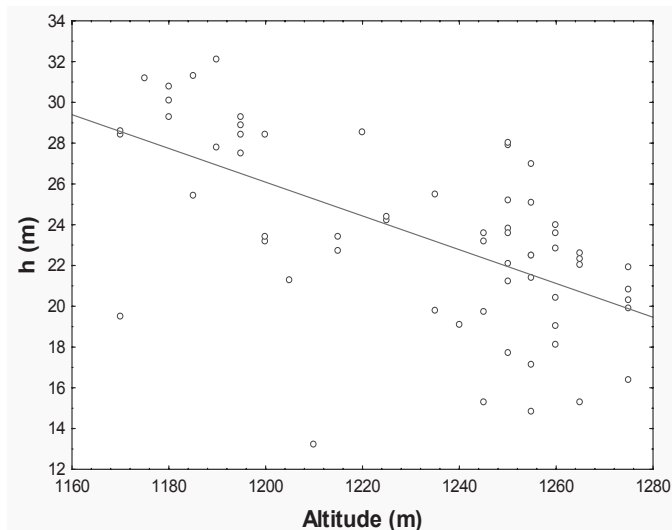
Pokud se týká nepoškozené části porostu (1), rozdíl v počtu genotypových tříd a hodnotách indexů diverzity H', R a heterozygotnosti mezi spodní (1A) a horní (1B) částí porostu odpovídají zvýšení diverzity v horní části tohoto porostu. Na druhé straně zde nebyl zjištěn rozdíl v zastoupení jednotlivých alel. Rovněž standardní genetická vzdálenost mezi soubory 1A a 1B je výrazně nižší než genetická vzdálenost mezi soubory (1) a (2).

Podle letokruhových analýz bylo zjištěno rozmezí věku stromů 87 + n až 170 + n let, kde n je doba, po níž strom rostl do výšky odběru (cca 130 cm), obě subpopulace (1A a 1B) vykazují prakticky stejné věkové rozpětí. Tento údaj se shoduje s udávaným stářím v LHP (je nutno si uvědomit, že zvláště počáteční růst porostu v této nadmořské výšce může být velmi pomalý) i se zjištěním, že se porost nachází v místech, kde byl uváděn vzrostlý les i v době mapování stabilního katastru (1842).

Na nadmořské výšce (altitude) silně závisí výška stromů (h) ($r = -0,609$, $h = 125,4 - 0,0828 \cdot \text{altitude}$; obr. 3). Méně závislá, přesto statisticky průkazným způsobem, je výčetní tloušťka (DBH) ($r = -0,382$, $\text{DBH} = 214,2 - 0,1354 \cdot \text{altitude}$; obr. 4). Obdobný výsledek s nižší závislostí DBH na nadmořské výšce ve srovnání s výškou stromů je běžně nalézán v podmínkách horských smrčín (MATĚJKA 2009c). Zdá se pravděpodobné, že environmentální podmínky (především klimatické) charakterizující území v blízkosti horní hranice lesa nejenže ovlivňují růstové možnosti jednotlivých stromů, ale mohou vést i ke genetické diverzifikaci různých částí porostu, jak vyplývá ze srovnání s výsledky isoenzymových analýz. Přesto je tato diverzifikace tak mírná, že může být snadno překryta jinými vlivy - v našem případě se jedná o výskyt jedinců náležejících jiné subpopulaci, která byla výrazně postižena zaznamenanou větrnou kalamitou. To je dokumentováno i poměrně výraznou genetickou odlišností mezi subpopulacemi (1) a (2) (viz obr. 2).

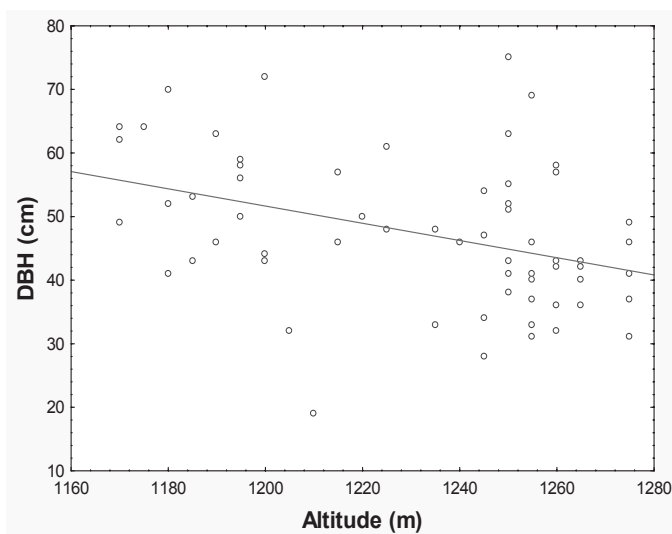
Prezentovaná data je možno porovnat s údaji dalších smrkových porostů a populací, z nichž byla vybrána lokalita Josefova bouda

v Krkonoších s mladým smrkovým porostem (IVANEK, MATĚJKA 2009, dále pod kódovým označením 75) a další lokality s dosud nepublikovanými údaji, které se týkají genetické struktury smrkových populací horských lesů Králického Sněžníku (PLO 27 - Hrubý Jeseník). Zde byly provedeny odběry v roce 2005 ze tří porostů: populace (51a) - Prales ve Strmém (porostní skupina 724B17b, převažující SLT 7S, nadmořská výška 1 030 – 1 130 m); populace (51b) - Vlaštovní skály (porostní skupiny 729C17a a 729C17b, převažující



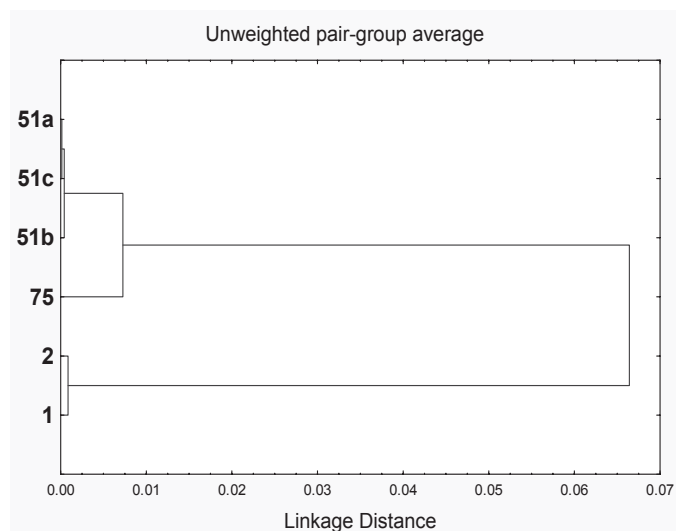
Obr. 3.

Vztah mezi výškou stromů (h) a nadmořskou výškou (altitudem) v souboru sledovaných jedinců - subpopulace (1)
Relationship between tree height (h) and altitude in the observed tree set - subpopulation (1)



Obr. 4.

Vztah mezi průměrem stromů ve výčetní výšce (DBH) a nadmořskou výškou (altitudem) v souboru sledovaných jedinců - subpopulace (1)
Relationship between tree diameter (DBH) and altitude in the observed tree set - subpopulation (1)



Obr. 5.

Hierarchická klasifikace dvou sledovaných subpopulací (1 a 2) společně s mladším porostem z Krkonoš (populace 75) a se třemi populacemi z vrcholové oblasti Králického Sněžníku (populace 51a, b, c)
Hierarchical classification of both subpopulations (1 and 2) together with younger stand from the Giant Mts. (population 75) and three populations growing in top part of the Králický Sněžník Mt. Only limited locus number was used.

SLT 8N, nadmořská výška 1 140 – 1 300 m); populace (51c) - Pod Frantovou chatou (porostní skupina 729A17, převažující SLT 8K, nadmořská výška 1 100 – 1 250 m). Toto porovnání bylo provedeno pouze na základě čtyř lokusů (AAT-B, AAT-C, PGM-A, SDH-A), které byly analyzovány pro všechny uvedené populace.

Jak ukazuje hierarchická klasifikace v tomto širším rámci smrkových porostů a populací, je genetická rozdílnost mezi subpopulacemi (1) a (2) z lokality Sněžka podstatně menší ve srovnání s genetickou rozdílností mezi touto a ostatními lokalitami (obr. 5).

ZÁVĚR

Isoenzymové analýzy obou částí porostu na jihovýchodním úbočí Sněžky ukázaly, že se jedná o soubory (subpopulace) s poměrně vysokou pozorovanou heterozygotností, resp. genetickou diverzitou, zejména u lokusů AAT-C, LAP-B a SDH-A. U souboru (2), postiženého rozvratem silným větrem, byla navíc zjištěna značně vysoká genetická diverzita a vysoká heterozygotnost lokusu MDH-C, zatímco u nepoškozeného souboru (1) byla zjištěna vysoká heterozygotnost enzymu GDH. Mezi soubory (1) a (2) byla zjištěna prokazatelná odlišnost na základě genetické vzdálenosti podle NEI (1978). V případě souboru odpovídajícího nepoškozené subpopulaci bylo dále zjištěno, že heterozygotnost a zastoupení minoritních alel u většiny sledovaných lokusů, stejně jako počítané indexy genetické diverzity byly mírně zvýšené u subpopulace (1B) nacházející se ve vyšší nadmořské výšce, což naznačuje mírnou diverzifikaci genetické struktury populace v blízkosti horní hranice lesa. Genetická odlišnost mezi subpopulacemi smrku na sledované lokalitě je podstatně nižší ve srovnání s rozdíly mezi populacemi této dřeviny oproti jiným lokalitám.

Poděkování:

Zpracování příspěvku bylo podpořeno výzkumným záměrem č. MZE0002070203. Spolupracovníkům J. Kubcovi a J. Mannové patří dík za provedení terénních odběrů a za technickou pomoc.

LITERATURA

- HANIŠ J., MIKESKA M. et al. 2000. Oblastní plán rozvoje lesů. Přírodní lesní oblast 22 Krkonoše. Platnost 2000 - 2019. Hradec Králové, Ústav pro hospodářskou úpravu lesů: 362 s.
- HUSOVÁ M., JIRÁSEK J., MORAVEC J. 2002. Jehličnaté lesy. In: Moravec, J. (ed.): Přehled vegetace České republiky. Svazek 3. Praha, Academia: 127 s.
- IVANEK O. 2000. Genetic study of Norway spruce from the northern part of Czech Republic with isoenzyme analyses. Commun. Inst. For. Boh./Práce VÚLHM, 19: 15-23.
- IVANEK O. 2006a. Porovnání genetické diverzity vybraných porostů smrku ztepilého. In: Novotný, P. (ed.): Šlechtění lesních dřevin v České republice a Polsku. Sborník ze semináře s mezinárodní účastí, Strnady 8. 9. 2005. 99 s. Jíloviště-Strnady, VÚLHM: 49-55.
- IVANEK O. 2006b. Výsledky isoenzymových analýz populací smrku ztepilého na plochách s různými stanovištními podmínkami. Zprávy lesnického výzkumu, 51: 32-37.
- IVANEK O., KRČMÁŘ B. 2004. Genetické srovnání dvou populací smrku z PLO Karlovarská vrchovina s dalšími populacemi této dřeviny v rámci vybraných ploch ICP Forests. In: Novák, J., Slodičák, M. (eds.): Results of Forestry Research in the Ore Mts. in 2003: 245-251.
- IVANEK O., MATĚJKA K. 2009. Sledování genetické diverzity smrku ve vybraném porostu v Krkonoších jako podklad pro modelování vlivu výchovy na genetickou strukturu populace dřeviny. URL: http://www.infodatasys.cz/biodivkrsu/rep2008_isoenz.pdf
- KONNERT M. 1995. Isoenzymuntersuchungen bei Fichte (*Picea abies* (L) KARST.) und Weisstanne (*Abies alba* MILL.). Anleitung zur Trennmethodik und Auswertung der Zymogramme, Teisendorf.
- KUČERA T. 2001. Smrčiny. In: Chytrý, M., Kučera, T., Kočí, M. (eds.): Katalog biotopů České republiky. Praha, AOPK ČR: 307 s.
- MACKOVČIN P., FALTYSOVÁ H. et al. 2002. Královéhradecko. In: Mackovčín, P. (ed.): Chráněná území ČR, svazek V. Praha, AOPK ČR a Brno, EkoCentrum: 316 s.
- MATĚJKA K. 2009a. Program IsoEnz. Databáze isoenzymových analýz. [Isoenzyme analysis database.] URL: http://www.infodatasys.cz/software/hlp_isoenz/isoenz.htm
- MATĚJKA K. 2009b. Návod k programu SeqAn Sequential data distribution analyse. URL: http://www.infodatasys.cz/software/hlp_seqan/seqan.htm
- MATĚJKA K. 2009c. Assessment of tree layer biomass and structure using aerial photos in lake catchments of the Šumava Mts. Journal of Forest Science, 55: 63-74.
- NEI M. 1978. Estimation of average heterozygosity and genetic distance from a small number of individuals. Genetics, 89: 583-590.
- PASTEUR N. et al. 1988. Practical Isogyne Genetics. Ellis Horwood series in gene technology. New York, Wiley & Sons: 15-29.
- PRUS-GLOWACKI W., GODZIK S. 1995. Genetic structure of *Picea abies* tolerant and sensitive to industrial pollution. Silvae Genetica, 44: 62-65.
- PRŮŠA E. 2001. Pěstování lesů na typologických základech. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce: 593 s., CD-ROM.
- RAO C. R. 1982. Diversity and dissimilarity coefficients: a unified approach. Theor. Pop. Biol., 21: 24-43.
- SHANNON C. E., WEAVER W. 1949. The Mathematical Theory of Communication. Urbana, Illinois: University of Illinois Press.
- SÝKORA B. 1983. Krkonošský národní park. Praha, SZN: 280 s.
- VACEK S., MATĚJKA K. 1999. State of forest stands on permanent research plots in the Krkonoše Mts. in years 1976 - 1997. J. Forest Sci., 45: 291-315.
- VACEK S., MATĚJKA K. et al. 2007. Zdravotní stav a dynamika lesních ekosystémů Krkonoš pod stresem vyvolaným znečištěním ovzduší. In: Folia Forestalia Bohemica, vol. 4. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce: 216 s.

GENETIC STRUCTURE OF TWO PARTS OF NORWAY SPRUCE STAND NEAR THE ALPINE FOREST LIMIT IN THE KRKONOŠE NATIONAL PARK

SUMMARY

Genetic and biometrical features of two Norway spruce subpopulations (sets) in the Krkonoše (Giant Mts.) National Park were investigated. One subpopulation was markedly damaged by Kyrill hurricane in 2007. The stand (age of 211 years at 2008 according to the forest management plan) is localized in the Giant Mts. in the Sněžka Mt. region, Lví důl locality, forest enterprise Horní Maršov, stand group 330E17a/1a, altitude 1,170 – 1,275 m, corresponding to the 8th (Norway spruce) forest altitudinal zone near the upper forest line. Isozyme analysis for 110 standing and 110 damaged trees and biometric measurements including preliminary tree-ring analysis were accomplished. One-dimensional horizontal electrophoresis on starch gel was used and different alleles of isozyme loci G-6-PDH, GDH, SDH-A, PGM-A, MDH-B, MDH-C, LAP-B, IDH-A, IDH-B, AAT-A, AAT-B and AAT-C were determined on the basis of their electrophoretic mobility. Subsequently, allele numbers per loci, allelic frequency and observed heterozygosity were evaluated. Genotype combinations were a basis to calculate coefficients of genetic diversity: Shannon's index (H' ; SHANNON, WEAVER 1949) and Rao's index (R ; RAO 1982) were adopted to use in the population genetics. Data were processed in the IsoEnz and SeqAn software (MATĚJKA 2009a, b). The highest genetic diversity was found for AAT-C and LAP-B loci, the lowest one for the IDH-A and AAT-B ones for both spruce subpopulations. For the remaining loci G-6-PDH, GDH, SDH-A, PGM-A, IDH-B, MDH-B and MDH-C significant differences were found between both Norway spruce sets. Slight differences were found between lower and upper part of the standing trees subpopulation. Moderate genetic distance according to NEI (1978) between the undamaged and wind-damaged Norway spruce sets was found. This distance was evaluated comparing to distances with another stand in the Giant Mts. and three populations from the Králický Sněžník Mt. (Jeseníky Mts).

Recenzováno

ADRESA AUTORA/CORRESPONDING AUTHOR:

Ing. Ondřej Ivanek, CSc., Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i.
252 02 Jíloviště, Strnady 136, Česká republika
tel.: 257 892 267; e-mail: ivanek@vulhm.cz

HODNOCENÍ OBSAHU A ZÁSoby ŽIVIN V LESNÍCH POROSTECH - LITERÁRNÍ PŘEHLED

CONTENT OF NUTRIENTS IN FOREST STANDS - REVIEW

VÍT ŠRÁMEK - BOHUMÍR LOMSKÝ - RADEK NOVOTNÝ

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., Strnady

ABSTRACT

From the perspective of the nutrient cycle, forestry is usually considered to be a long-term sustainable activity. The nutritional output from the ecosystem represented by timber harvesting should be compensated by weathering of soil particles and atmospheric deposition. This balance is enabled on one hand by the long interval of harvesting, which is on average 80 to 150 years; and on the other hand by the properties of wood, which consists mainly of carbon, oxygen and hydrogen – elements gained by plants from the atmosphere and water. The ideal equilibrium, however, is often disrupted by the long-term impacts of air pollution or by intensive forest management (whole tree harvesting, litter ranking, energy wood production). The article reviews the methods of leaf analysis for forest nutrition assessment and also focuses on the nutrition stock in other compartments of the tree biomass, such as the stem, branches or roots.

Klíčová slova: výživa lesních porostů, listové analýzy, biomasa

Key words: forest nutrition, leaf analysis, biomass

ÚVOD

Lesní půda představuje jednu ze základních součástí lesních ekosystémů, která je v dynamické rovnováze s živými organismy i atmosférou. Kdykoliv se změní jedna z těchto komponent, jsou ovlivněny i ostatní složky (FISHER, BINKLEY 2000). Z hlediska lesnického hospodářství je význam lesní půdy chápán především (i když ne výhradně) jako zdroj živin potřebných pro růst lesních porostů. Obecně se přitom na lesní hospodářství nahlíží z hlediska koloběhu látek jako na trvale udržitelné – výstup živin z ekosystému představovaný těžbou a využíváním dřeva by měl být nahrazen postupným zvětráváním minerálních částic půdy a atmosférickou depozicí. Tato rovnováha je umožněna jednak dlouhodobostí lesnického hospodářství s obvyklým produkčním intervalem 80 - 150 let, jednak tím, že výsledným produktem je dřevo, které je tvořeno především uhlíkem, kyslíkem, a vodíkem, tedy prvky, jež rostliny získávají přímo z ovzduší a z vody. První práce zabývající se výzkumem výživy dřevin a jejich nároků na půdu spadají do poloviny 18. století, největšího rozsahu pak dosáhly po druhé světové válce (BINKLEY 1986). Přestože by se mohlo zdát, že veškeré problémy v oblasti výživy lesních porostů jsou již prostudovány, jde o disciplínu, která se v současné době dále dynamicky rozvíjí. Aktuální problémy představuje zejména narušená výživa na dlouhodobě acidifikovaných lokalitách při současné imisní zátěži, bilance a využívání živin v porostech různých dřevin a jejich směsích a využívání a rekompensace živin v porostech se zkráceným obmětím (rychlerostoucí dřeviny).

Od konce 90. let minulého století docházelo v různých oblastech České republiky k chřadnutí smrkových porostů, které se projevuje především jejich žloutnutím (LOMSKÝ, ŠRÁMEK 2004). Tento typ poškození je ve většině případů prokazatelně spojený s nedostatkem

bazických prvků, zejména hořčíku v lesních půdách i v asimilačních orgánech dřevin (HÜTTL 1986). Projevuje se tak dlouhodobě vysoká kyselá zátěž, která zejména v 70. a 80. letech minulého století narušovala sorpční komplex lesních půd a vedla k vyplavování důležitých biogenních prvků (KHANNA, ULRICH 1985, LANDMAN et al. 1997). Nejextrémnější případy poškození jsou řešeny chemickými melioracemi, obecně se za cestu k nápravě považuje také úprava druhového složení porostů ve prospěch listnáčů, ve vyšších nadmořských výškách zejména kleny, buku a jeřábu. Pozitivní efekty listnatých dřevin spočívají ve snížení depozice látek pod porostem oproti smrkovým porostům (LOCHMAN 1993), v rychlejší dynamice humusové vrstvy a v možnosti využívat živiny z hlubších částí půdního profilu (JENTSCHKE et al. 2001). V některých oblastech, kde jsou smrky poškozeny, vykazují bukové porosty skutečně vcelku uspokojivý zdravotní stav (ŠRÁMEK et al. 2008). Výzkumy prováděné různými organizacemi v posledních letech však přinesly také několik problematických zjištění:

1. Zhruba od nadmořské výšky 700 m n. m. nevykazují obsahy živin v půdě žádné rozdíly mezi smrkovými a bukovými porosty – přitom buk je náročnější na zabezpečení výživy bazickými prvky.
2. S bukovým dřevem je z ekosystému odnášeno poměrně vysoké množství bazických prvků (HERBAUTS et al. 2002).
3. Depozice kyselých látek do bukových porostů je nižší než u smrku, přesto zejména v horských oblastech překračuje hranice kritické dávky, například v oblasti Krušných hor je to na více než 90 % území (HADAS 2006).
4. Zatímco v ČR je zdravotní stav bukových porostů uspokojivý, v oblasti jižního Německa, Francie a Švýcarska dochází v posledních letech ke zhoršování zdravotního stavu této dřeviny (UNECE 2005). Pro hodnocení trvalé udržitelnosti lesního hospodářství

je tak nutné komplexně hodnotit nejen obsah živin v půdě, ale celkové vstupy a výstupy látek v rámci ekosystému (AKSELLSSON et al. 2007).

LISTOVÁ ANALÝZA

Chemická analýza asimilačních orgánů - listů či jehličí - je základním a obecně používaným postupem pro zjištění úrovně výživy dřevin a identifikaci nerovnováhy v zásobení jednotlivými prvky. Sledování obsahu živin v jednotlivých orgánech bylo v minulém století spojeno s výzkumem výživy lesních dřevin, později v 70. letech se snahou plně využít biomasy těžných stromů a také s ověřením, k jakým dochází ztrátám biogenních prvků při tomto způsobu využití biomasy. V současné době jsou údaje získávány především pro ekosystémové studie a v souvislosti s nápravami poruch výživy hnojením.

Ze souboru starších prací (BECKER, DILLINGEN 1939, NĚMEC 1948, MATERNA 1963) lze odvodit obecně platné závěry:

a) obsahy biogenních prvků i křemíku se mezi různými druhy dřevin odlišují; celkově jsou zřetelné rozdíly mezi jehličnatými a listnatými dřevinami;

b) variabilita koncentrací jednotlivých prvků v orgánech dřevin je velmi vysoká; vezmeme-li v úvahu krajní hodnoty, pak mnohde překrývá i druhové rozdíly; rozptýl hodnot je dán vnějšími faktory – obsahem přístupných živin v půdě, její vlhkostí, průběhem počasí, někde i zatížením z atmosféry např. sloučeninami dusíku a síry; koncentraci prvků ovlivňují i vnitřní faktory dřeviny;

c) obecně platí, že mladší části kůry, větví, dřeva, listů, jehličí, kořenů jsou bohatší fosforem, draslíkem, dusíkem – platí to i o hořčíku, i když ne jednoznačně; obsahy vápníku a křemíku jsou naopak vyšší ve starších částech rostlin;

d) nejnižší koncentrace klíčových živin (N, P, K) jsou ve dřevě kmenů, vyšší jsou ve dřevě větví, kůře, kořenech, asimilačních orgánech, plodech; vápník a hořčík nemají tak výraznou tendenci;

e) hladina určitého biogenního prvku v kterémkoliv orgánu lesní dřeviny nemusí nutně charakterizovat úroveň jeho disponibilních zásob v půdě.

V tabulce 1 jsou uvedeny údaje o obsahu biogenních prvků (N, P, K, Ca, Mg) v mg.kg⁻¹ v orgánech jehličnatých a listnatých dřevin.

Tab. 1.

Rozdíly v obsahu biogenních prvků u jehličnanů a listnáčů (podle MATERNA 1963, LYR, POSTER, FIEDLER 1974)

Differences in content of biogenic elements for conifers and broadleaves (according to MATERNA 1963, LYR, POSTER, FIEDLER 1974)

Obsah prvků/ Content of elements	Jehličnany/Conifers		Listnáče/Broadleaves	
	mg.kg ⁻¹		mg.kg ⁻¹	
	Asimilační orgány/Assimilation organs	LYR et al.		LYR et al.
N	7 000 – 20 000	5 000 – 28 000	10 000 – 32 000	10 000–34 000
P	900 – 2 000	200 – 3 400	1 000 – 2 800	1 000 – 6 900
K	2 000 – 10 000	2 000 – 14 800	4 000 – 17 000	4 000 – 13 000
Ca	1 000 – 12 000	1 000 – 15 600	3 000 – 23 000	3 000 – 17 200
Mg	300 – 2 500	300 – 3 100	700 – 4 000	700 – 3 600
	Kůra/Bark			
N	4 000 – 9 500	3 100 – 11 800	6 000 – 12 000	4 000 – 29 100
P	100 – 1 700	300 – 2 100	200 – 2 800	200 - 800
K	2 500 – 3 000	2 500 – 3 200	700 – 6 100	700 – 6 300
Ca	1 800 – 1 900	1 800 – 18 000	300 – 4 900	300 – 4 900
Mg	200 – 1 800	200 – 1 800	500 -	500 – 1 900
	Dřevo/Wood			
N	500 – 1 800	1 000 – 2 300	800 – 2 500	1 600 – 2 800
P	20 - 160	20 - 500	100 - 500	70 - 400
K	200 - 900	300 - 900	400 – 2 600	800 – 1 600
Ca	500 – 1 700	500 – 1 700	500 – 2 700	700 – 2 700
Mg	100 - 600	100 - 600	100 - 700	300 - 500
	Dřevo větví/Wood of branches			
N	800 – 1 900		1 000 – 2 800	
P	100 - 200		300 - 500	
K	500 - 900		1 100 – 2 900	
Ca	100 – 1 900		300 – 4 800	
Mg	200 – 1 800		500 – 1 700	

POMĚRY ŽIVIN

Ve výživě lesních dřevin hrají významnou roli kromě množství dostupných biogenních prvků také jejich vyrovnané poměry. Základním přínosem v této oblasti byla studie INGESTADA (1982), který vyvinul hydroponický systém pro sazenice dřevin umožňující hodnotit rychlost příjmu živin a stanovit optimální rychlost zásobení i optimální poměry živin. Podstatné jsou jeho závěry, že potenciální růst sazenic je v ideálních podmínkách výživy vyšší než růst v živinami bohaté půdě. Poměry poskytovaných prvků musí být vyvážené a musí odpovídat požadavkům sazenic. Jejich relativní poměry jsou přitom velmi podobné pro široké spektrum lesních dřevin. Výsledky této práce však nebyly plně aplikovatelné pro dospělé porosty. Pro hodnocení stavu výživy dospělých porostů byly stanoveny „harmonické poměry živin“, tj. základní poměry mezi živinami (HÜTTL 1986), které byly později upřesněny a využívány pro hodnocení vyvážené výživy (HÜTTL 1990, STEFAN, HERMAN 1996, LINDER 1995, LUYSSAERT et al. 2004, LOMSKÝ 2004). Hlavní minerální živiny jsou hodnoceny ve vztahu k obsahu dusíku a bazické prvky mezi sebou. Poměry vyvážené výživy jsou: N/P – 7,01 - 10,00 (6 - 12), N/K - 1-3, N/Ca - 2-7, N/Mg – 8 - 14 (30), K/Ca 0,8 - 2,4, K/Mg 2,2 - 6,4 a Ca/Mg -2,5 - 5. K narušení rovnováhy výživy může dojít působením řady faktorů. Nízké obsahy bazických prvků v asimilačních orgánech jsou ovlivněny kyselou depozicí a pokračující acidifikací půd - na velmi silně kyselých půdách dochází k uvolňování toxických iontů Al^{3+} , Mn, k negativnímu ovlivnění mykorhiz a ke zhoršení příjmu živin (Mg/Al, Ca/Al) (ULRICH 1986, BEYSCHLAG et al. 1987). Narušení výživy dřevin může být spojeno i s působením vzdušných polutantů, jako jsou SO_2 a O_3 poškozující voskové vrstvy jehlic. V kombinaci s kyselými srážkami pak dochází k vyplavování živin z asimilačních orgánů a k jejich následnému nedostatku (PRINZ et al. 1982, GUDE-RIAN et al. 1985, SKEFINGTON, ROBERTS 1985). Rovněž kyselá horizontální srážky s vysokou koncentrací NH_3/NH_4 způsobují ztráty živin – zejména K, Zn, Mg, Mn, Ca - a vedou k nevyváženosti výživy. Výrazně mohou narušit rovnováhu výživy porostů dlouhodobě působící zvýšené depozice dusíku (NIHLGARD 1985, FLÜCKIGER et al. 1986, TURK, HORN 1991, BUCHMANN et al. 1995).

Obsahy minerálních živin v asimilačních orgánech mohou jednoznačně indikovat, zda se dřevina nachází v oblasti dobré nebo nadbytečné (luxusní) výživy a nebo zda je obsah prvku v asimilačních orgánech v nedostatku. Vnější projev deficiencie ve výživě může být charakterizován určitou hranicí obsahu prvku, která však má v reálných podmínkách určitý rozsah. Ten se pohybuje od mírného nedostatku, kdy vznikají viditelné projevy poškození pouze při působení dalších nepříznivých podmínek, přes výrazný nedostatek výživy s obvyklými projevy poškození až k fyziologickému minimu obsahu prvku. Při něm jsou v rostlině ohroženy základní fyziologické procesy, jejichž narušení vede k výraznému zhoršení zdravotního stavu rostliny a může končit až jejím odumřením.

Pro smrk ztepilý v našich podmínkách lze použít následující rozsahy limitních hodnot: Obsahy dusíku se v jehličí pohybuje podle různých autorů od 5 000 do 35 000 $mg.kg^{-1}$. Hranice nedostatku ve výživě se pohybuje od 7 000 do 13 000 $mg.kg^{-1}$. Hranice obsahu dusíku ovlivňujícího fyziologické procesy leží v rozmezí 5 000 – 7 000 $mg.kg^{-1}$. Obsahy fosforu v jehličí také významně kolísají od 200 do 3 500 $mg.kg^{-1}$. Hranice nedostatku a výrazného nedostatku výživy leží v rozmezí 800 – 1 000 $mg.kg^{-1}$, obsahy fosforu nižší než 500 $mg.kg^{-1}$ lze považovat za kritické z pohledu fyziologických procesů. Obsahy draslíku také mohou výrazně kolísat v závislosti na stanovišti a stáří dřeviny od 2 000 do 15 000 $mg.kg^{-1}$. Hranice charakterizující nedostatek ve výživě leží v oblasti 3 500 $mg.kg^{-1}$, výrazný nedostatek je kolem 2 000 $mg.kg^{-1}$. Fyziologickým limitem můžeme charakterizovat hodnoty v rozmezí 1 000 – 1 500 $mg.kg^{-1}$. Obsahy vápníku také silně kolísají a narůstají s věkem rostliny a leží v rozmezí od 1 000 do 15 000 $mg.kg^{-1}$. Nedostatečná výživa vápníkem leží v rozmezí 1 000 až 1 500 $mg.kg^{-1}$. Obsahy vápníku v jehličí v rozmezí 500 - 1 000 $mg.kg^{-1}$ již mohou negativně ovlivnit životně důležité procesy. Také obsahy hořčíku mohou značně kolísat od 300 – 2 800 $mg.kg^{-1}$. Hranice nedostatku výživy leží v rozmezí 600 - 700 $mg.kg^{-1}$, výrazný nedostatek je indikován hranicí 500 $mg.kg^{-1}$ a fyziologické procesy jsou významně ovlivněny, pokud obsahy hořčíku v jehličí klesnou pod hranici 300 $mg.kg^{-1}$. Hranice nedostatku výživy sírou leží pod hodnotou 1 100 $mg.kg^{-1}$. Výrazný nedostatek síry prozatím nebyl jednoznačně v našich podmínkách identifikován, stejně tak i hodnoty fyziologického minima.

Tab. 2.

Limitní obsahy prvků podle ICP Forests
Limiting contents of elements according to ICP Forests

Živina/Nutrient	N (%)	P ($mg.kg^{-1}$)	K ($mg.kg^{-1}$)	Ca ($mg.kg^{-1}$)	Mg ($mg.kg^{-1}$)	S ($mg.kg^{-1}$)
Dřevina/Wood species						
				Smrk/Spruce		
Hranice nedostatku ¹⁾	1,20	1 000	3 500	1 500	600	1 100
Hranice nadbytku ²⁾	1,70	2 000	9 000	6 000	1 500	1 800
				Borovice/Pine		
Hranice nedostatku ¹⁾	1,20	1 000	3 500	1 500	600	1 100
Hranice nadbytku ²⁾	1,7	2 000	10 000	4 000	1 500	1 800
				Buk/Beech		
Hranice nedostatku ¹⁾	1,80	1 000	5 000	4 000	1 000	1 000
Hranice nadbytku ²⁾	2,50	1 700	10 000	8 000	1 500	2 500
				Dub/Oak		
Hranice nedostatku ¹⁾	1,50	1 000	5 000	3 000	1 000	-
Hranice nadbytku ²⁾	2,50	1 800	10 000	8 000	2 500	-

¹⁾Limit of shortage; ²⁾Limit of surplus

Výsledky listových analýz lze využít i pro stanovení příliš vysokých obsahů některých prvků. Zátěžové prvky jako síra, fluor a chlor se v asimilačních orgánech hromadí s věkem, ale také vlivem dlouhodobého působení imisí. Podle výše jejich obsahu lze usoudit na míru zátěže. Tak u jehličnanů obsahy síry nad 1 200 mg.kg⁻¹ indikují zvýšené imisní pozadí, zátěž a hodnoty přesahující 3 000 mg.kg⁻¹ pak vysokou míru znečištění ovzduší (MATERNA 1981, TESAŘ et al. 1982). U fluoru hodnoty obsahu do 5 mg.kg⁻¹ ukazují standardní či mírnou zátěž, obsahy do 8 mg.kg⁻¹ a více vysokou a velmi vysokou zátěž fluorem. U chloru leží hranice vysoké a velmi vysoké zátěže v rozmezí od 700 do 2 000 a více mg.kg⁻¹ (POLLE et al. 1992, HOFFMANN, KRAUSS 1988).

Výše uvedené limity jsou obvykle pro jednotlivé dřeviny rozpracovány do různých stupnic, na jejichž základě probíhá hodnocení vlastních listových analýz. (LOMSKÝ 2004). Tyto studie obvykle vycházejí z regionálních zkušeností a z prací, které byly zaměřeny na studium růstu (případně výskyt poškození) ve vztahu ke koncentracím jednotlivých živin v listových orgánech (např. WEHRMANN 1959a, b, STREBEL 1960, REHFUESS 1967). K vyhodnocení výsledků rozborů asimilačních orgánů je tak k dispozici řada tabulek poměrně přesně uvádějících limitní hodnoty a do jisté míry i rozmezí optima. Jednotlivé tabulky se mohou lišit v hodnotách obsahů různých živin. Při volbě vhodných klasifikačních kritérií lze vycházet z podobnosti přírodních podmínek v oblasti jejich vypracování a předpokládaného využívání (MATERNA 1964, 1981, INGESTAD 1979, FIEDLER, HÖHNE 1984, BERGMANN 1988, HOFFMANN, KRAUSS 1988, FOERST et al. 1987, GUSSONE 1987, HÜTTL 1986, BONNEAU 1995).

V tabulce 2 jsou uvedeny hraniční hodnoty nedostatku a nadbytku obsahu základních prvků výživy v asimilačních orgánech, stanovené mezinárodním Programem ICP Forests, které je možno využít pro relativní srovnání výsledků listových analýz v rámci Evropy při odběrech provedených v roce 1996. Při výběru těchto hodnot se vycházelo z národních hodnotících kritérií zemí účastnících se pro-

jektu ICP Forests. Výsledný materiál tak představuje konsenzus pro celou západní Evropu a pro většinu států východní Evropy.

Pro oblast střední Evropy (Německo, Česká republika) lze velmi dobře využít hodnoty, které byly stanoveny HÜTTELEM (1986) pro německé lesní oblasti, které jsou svými podmínkami velmi podobné lesním oblastem v České republice a jsou v úplném souladu s hodnotami, které stanovil MATERNA (1964). Hodnoty nedostatečné, dostatečné a nadbytečné výživy jsou uvedeny v tabulce 3.

Srovnání obou tabulek ukazuje na některé nepodstatné rozdíly. Mohou být způsobeny podmínkami, ve kterých byly získávány podklady pro jejich sestavení, ukazují i na nedostatečnou úroveň poznání v některých směrech.

Při hodnocení výsledků listové analýzy, jako metody sloužící k objektivnímu hodnocení úrovně výživy, je významné posouzení meziroční variability výsledků. Ta je poměrně značná u smrku i buku (HUNGER 1974). Rozdíly v koncentraci některých prvků (dusík, draslík, hořčík apod.) mezi jednotlivými roky mohou být větší než prostorové rozdíly mezi jednotlivými stromy v jednom roce. Proto jeden odběr nebo jen jednotlivé odběry opakované v delším časovém intervalu (např. 5 let), mohou skutečnou informaci o stavu výživy významně zkreslit (ASCHE 1997). Listová analýza má i některé další slabiny. Indikuje pouze to množství živin, které byla dřevina schopna za daných podmínek z prostředí (především z půdy) přijmout. To množství závisí však nejen na půdních zásobách, ale i na intenzitě koloběhu látek mezi porostem a půdou a například i na zdravotním stavu dřeviny. Při přípravě větších projektů hnojení by proto měly být prováděny vždy i půdní analýzy a v pilotní fázi také ověření výsledků zásahu na založených diagnostických pokusných plochách. Obecně lze ovšem říci, že stav výživy lesních dřevin indikuje velmi dobře situaci v biocyklech živin a lépe než stav půdy dokládá schopnost dřevin přijímat v dostatečné kvantitě bioelementy z jejich prostředí. Často i v nepříznivých podmínkách dokáží lesní dřeviny přijímat dostatek živin a díky fungování celého lesního ekosystému je udržet v oběhu.

Tab. 3.

Limitní obsahy prvků pro smrk, borovici a buk podle HÜTTLA (1986)

Limiting contents of elements for spruce, pine and beech according to HÜTTL (1986)

Výživa/ Nutrition	nedostatečná/ insufficient	dostatečná/ sufficient	nadbytečná/ surplus	nedostatečná/ insufficient	dostatečná/ sufficient	nadbytečná/ surplus	nedostatečná/ insufficient	dostatečná/ sufficient	nadbytečná/ surplus
Živina/ Nutrient	smrk/ <i>Picea abies</i>			Borovice/ <i>Pinus sylvestris</i>			Buk/ <i>Fagus sylvatica</i>		
	mg.g ⁻¹								
N	< 12 - 13	13 - 15	> 15	< 13 - 14	14 - 16	> 16	< 19	19 - 25	> 25
P	< 1,1 - 1,2	1,2 - 1,5	> 1,5	< 1,2 - 1,3	1,3 - 1,5	> 1,5	< 1,5	1,5 - 3,0	> 3,0
K	< 4,0 - 4,5	4,5 - 6,0	> 6,0	< 4,0 - 4,5	4,5 - 6,0	> 6,0	< 10,0	10 - 15,0	> 15,0
Ca	< 1,0 - 2,0	2,0 - 3,0	> 3,0	< 1,0 - 2,0	2,0 - 3,0	> 3,0	< 3,0	3,0 - 10,0	> 10,0
Mg	< 0,7 - 0,8	0,8 - 1,0	> 1,0	< 0,7 - 0,8	0,8 - 1,0	> 1,0	< 1,5	1,5 - 3,0	> 3,0
	µg.g ⁻¹								
Mn	< 20	20 - 80	> (80) 500	< 20	20 - 80	> (80)	< 35	35 - 150	> 150
Zn	< 13	13 - 25	> 25	< 13	13 - 25	> 25	< 15	15 - 50	> 50
Fe	< 17	17 - 30	> 30	< 17	17 - 30	> 30			
Cu	< 4	4 - 12	> 12	< 4	4 - 12	> 12	< 5	5 - 15	> 15
B	< 10	10 - 30	> 30	< 10	10 - 30	> 30	< 15	15 - 40	> 40
Al	0	0 - 400	> 400	0	0 - 400	> 400	0		

Propracování metodiky listové analýzy bylo věnováno v uplynulých několika desetiletích velké úsilí. Jeho vyvrcholením je metodika odběru vzorků asimilačních orgánů i jejich analytického zpracování, schválená programem ICP Forests (UNECE 1998). Je to metodika doporučená v rámci mezinárodního kooperativního programu, jehož hlavním cílem je zhodnotit vliv znečištěného ovzduší na lesy. Postup však vyhovuje i pro obecné posuzování úrovně výživy pro charakteristiku množství živin, které jsou dřeviny schopny získat z půdy, a pro následné praktické využití.

OBSAHY PRVKŮ V BIOMASE DŘEVIN

Dostupnost živin je jedním z limitujících faktorů pro produkci lesa. Obsah živin v půdě je ovlivňován pěti hlavními toky (AUGUSTO et al. 2000, TOMLISON 2003):

1. zvětráváním hornin,
2. atmosférickou depozicí látek,
3. vymýváním látek z půdního horizontu,
4. antropogenním cíleným vstupem látek (hnojení),
5. odstraňováním biomasy (lesnické hospodaření).

Pokud nejsou vstupy látek v rovnováze s výstupy, není situace trvale udržitelná. Odstraňování živin v biomase tak může potenciálně vést k vyčerpání lesních půd. Již poměrně staré práce upozorňují na možnost vyčerpání zásoby kationtů v lesních půdách při použití tzv. stromové metody těžby, při které jsou z porostů odstraňovány

celé stromy včetně asimilačních orgánů (KREUTZER 1979, KRAPPENBAUER, BUCHLEITNER 1981, SMITH et al. 1986, BUBLINEC, ILAVSKÝ 1990) a že mohou být použity pouze za předpokladu doplnění zásoby těchto prvků aplikací melioračních materiálů – např. recyklací dřevěného popela (OLSSON et al. 1996). V podmínkách střední Evropy, kde byly lesní půdy dlouhodobě ovlivňovány atmosférickou depozicí kyselých látek, je ovšem legitimní otázka trvalé udržitelnosti lesního hospodaření i při tradičních způsobech obhospodařování lesů. Pro účely zajištění udržitelnosti lesního hospodářství je vhodné pokusit se o odhad:

- 1) obsahu živin v odstraňované biomase,
- 2) obsahu živin v těžebních zbytcích,
- 3) stanovit obsah živin, který by měl být doplněn případným hnojením pro zajištění budoucí produkce.

Obsahy živin vázané v jednotlivých částech dřevin jsou velmi rozdílné. Výskyt prvků v různých kompartmentech biomasy je ovlivněn jejich mobilitou v rostlinných pletivech. Ta je dána různými faktory (rozpuštěností iontů, iontovým nábojem, pH, kvalitou buněčných stěn, koncentračním gradientem). Obvykle nejvyšší obsahy látek jsou v asimilačních orgánech. Velmi vysoké koncentrace některých prvků – zejména vápníku, draslíku, ale i hořčíku jsou obsaženy v kůře dřevin (2x až 15x více než ve dřevě). Naopak na živiny poměrně chudé je dřevo větví a kmene, tvořené převážně celulózou a ligniny. Ani v těchto částech dřevin nejsou obsahy látek rovnoměrné. ROTHPEFFER a KARLTUN (2007) dospěli u smrkových porostů k závěru, že při zanedbání gradientu koncentrací živin

Tab. 4.

Orientační hodnoty zásoby hlavních živin [$\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$] v porostech smrku podle FEGERA et al. (1991), ALRIKSSONA, ERICSSONA (1998), NIHLGÅRDA (1971), SCARASIA-MUGNOZZA et al. (2000) a ŠRÁMKA et al. (2005)

Orientation values of supplies for main nutrients [$\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$] in spruce stands according to FEGER et al. (1991), ALRIKSSON, ERICSSON (1998), NIHLGÅRD (1971), SCARASIA-MUGNOZZA et al. (2000) and ŠRÁMEK et al. (2005)

		N	P	K	Ca	Mg
Jehličí/Needles	průměr ¹⁾	194,4	20,1	88,2	63,1	10,6
	rozsah ²⁾	(104-288)	(7,9-28,7)	(36-136)	(34-103)	(3,6-23,4)
Větve/Branches	průměr ¹⁾	129,8	11,1	61,1	92,3	13,0
	rozsah ²⁾	(60-280)	(8,5-18,8)	(36-143)	(68-150)	(5,8-20,7)
Kmen/Stem	průměr ¹⁾	192,8	15,8	114,3	239,2	28,5
	rozsah ²⁾	(111-270)	(8,0-28,5)	(60-172)	(108-407)	(19,0-50,9)

¹⁾average; ²⁾volume

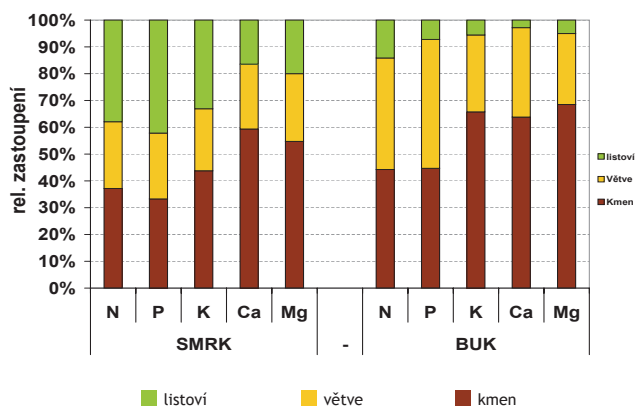
Tab. 5.

Orientační hodnoty zásoby hlavních živin [$\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$] v porostech buku podle NIHLGÅRDA (1971) a SCARASIA-MUGNOZZA et al. (2000)

Orientation values of supply for main nutrients [$\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$] in beech stand according to NIHLGÅRD (1971) and SCARASIA-MUGNOZZA et al. (2000)

		N	P	K	Ca	Mg
Listoví/Leaves	průměr ¹⁾	80,7	4,1	25,6	20,5	3,5
	rozsah ²⁾	(40-130)	(2,1-6,4)	(13-33)	(8-34)	(1,6-7,5)
Větve/Branches	průměr ¹⁾	277,5	27,9	117,7	196,1	18,9
	rozsah ²⁾	(67-760)	(9,2-61,4)	(63-251)	(122-401)	(10,7-47,7)
Kmen/Stem	průměr ¹⁾	242,5	22,6	261,6	381,6	44,0
	rozsah ²⁾	(130-300)	(14,5-29,4)	(201-394)	(201-541)	(30,7-57,0)

¹⁾average; ²⁾volume



Obr. 1.

Poměrné zastoupení obsahu živin v biomase kmene, větví a listoví smrkových a bukových porostů. Data podle FEGERA et al. (1991), ALRIKSSONA, ERICSSONA (1998), NIHLGÅRDA (1971), SCARASIA-MUGNOZZA et al. (2000) a ŠRÁMKA et al. (2005)

Proportional representation of nutrient content in biomass of stem, branches and leaves in spruce and beech stands. Data according to FEGER et al. (1991), ALRIKSSON, ERICSSON (1998), NIHLGÅRD (1971), SCARASIA-MUGNOZZA et al. (2000) and ŠRÁMEK et al. (2005)

v kmenech dochází k podhodnocení obsahu K o 30 %, P o 51 % a Mg o 22 % - to se týká pouze obsahu živin v horní části kmene, nikoliv v celé nadzemní části. Vysoké koncentrace P a K indikují vyšší počet živých buněčných pletiv, naopak pokles koncentrací Ca od dřevěné k okraji kmene indikuje vyšší koncentrace Ca ve starších částech rostlin. V kořenech smrku rostoucího na chudých písčitých půdách zjistili FEGER et al. (1991) 3x až 4x nižší obsahy živin než v nadzemní části. Téměř 50 % biomasy bylo alokováno v kořenovém kmene, který šel do hloubky cca 30 cm, jemné kořeny představovaly cca 10 % biomasy kořenového systému.

Vázané obsahy živin se také pochopitelně odlišují podle věku lesního porostu a podle druhu dřeviny. Průměrné koncentrace živin v biomase klesají s narůstáním mladého porostu, po dosažení dospělosti (smrk cca 50 let, buk 80 let) se již tolik nemění (AUGUSTO et al. 2000). Přitom mladé porosty mají větší relativní zastoupení částí bohatých na živiny, jako je běl či dřev. U starších porostů je více zastoupeno jádrové dřevo s nižším obsahem živin. Stejná práce dokládá zajímavý fakt, že půdní vlastnosti mají pouze marginální vliv na obsah živin v biomase porostů (také HAGEN-THORN et al. 2004), přestože určitá variabilita ve výsledcích získaných různými autory existuje. Vázané obsahy živin tak odpovídají lépe celkové biomase dřevin než kvalitě stanoviště. I experimenty s hnojením lesních porostů ukázaly, že tyto zásahy ovlivňují obsah živin v asimilačních orgánech, méně v kůře a větvích a vůbec ne v jádrovém dřevě (INGERSLEV 1999).

Rozdíly mezi dřevinami spočívají jednak v odlišné celkové biomase na obdobných stanovištích, jednak na odlišných koncentracích látek v rostlinných pletivech. ALRIKSSON a ERIKSSON 1998 např. zjistili, že na lokalitách v severním Švédsku (výsadby na zemědělských půdách) mají břiza a modřín nejvyšší biomasu kmene, smrk a borovice naopak nejvyšší biomasu listoví.

Listnaté dřeviny mají obecně vyšší koncentrace obsahu prvků v biomase než jehličnany, ovšem u fosforu a vápníku to bývá naopak (HAGEN-THORN et al. 2004, WANG et al. 2000). Např. AUGUSTO et al. (2000) zjistili u buku vyšší obsah živin než u smrku, borovice a douglasky.

To se potvrdilo zejména pro N a K, pro Ca a Mg to již nebylo tak jasné a P nemohl být porovnán kvůli nedostatečnému množství dat. Ve skutečnosti nemusí tento fakt vždy znamenat výraznější vyčerpávání půd pod bukem, protože výše celkového odběru živin závisí na výši produkce, frekvenci a intenzitě pěstebních zásahů a době obmýti. Pokud se tyto údaje započítají do celkové bilance, pořadí dřevin se změní vzhledem k vyšší produkci a kratšímu obmýti u douglasky a smrku. Přes řadu prací věnovaných různým typům lesních porostů dosud chybí studie, které by se cíleně věnovaly problematice ovlivnění koloběhu živin při záměně dřevinné skladby v různých stanovištních podmínkách.

Orientační hodnoty zásoby prvků v biomase smrkových a bukových porostů jsou uvedeny v tabulce 4 pro dospělé smrkové a v tabulce 5 pro bukové porosty. Jak je patrné, absolutní hodnoty obsahu živin se mohou v závislosti na stanovištních podmínkách a produkční schopnosti porostů značně lišit. SCARASIA-MUGNOZZA et al. (2000) dokládá nárůst biomasy smrku v gradientu od Skandinávie do střední Evropy a následný pokles směrem ke středomoří. Lokální variabilita závislá na místních podmínkách ovlivňujících dostupnost živin a produkci však může být obdobná i vyšší než v gradientu zeměpisné šířky. Z porovnání tabulek vyplývá, že ve smrkových porostech je výrazně vyšší podíl živin vázaný v asimilačních orgánech, naopak v buku jsou celkově vyšší zásoby živin ve větvích a také zásoba živin ve kmenech je vyšší než u dospělých smrkových porostů. Relativní zastoupení živin v jednotlivých částech biomasy stromů v dospělých smrkových a bukových porostech je patrné z obrázku 1. V bukových porostech je zjevně větší část živin poutána v kmenech, což je výrazné zejména u fosforu (45 %), draslíku (66 %) a hořčíku (68 %). Ve větvích je pak poutána významná část zásoby fosforu (48 %) a dusíku (42 %). Pochopitelně je nutné si uvědomit, že u opadavých listnatých dřevin existuje větší dynamika obsahu jednotlivých prvků a že zejména ve větvích se zásoba živin v zimním a vegetačním období výrazně proměňuje.

Poměrně málo prací se vzhledem k náročnosti analýz věnuje podzemní biomase, která se u dospělých smrkových i bukových porostů obvykle pohybuje v rozsahu 13 až 30 % biomasy celkové, přičemž její hlavní součástí tvoří pařezy a hrubé kořeny. Jemné kořeny o průměru do 2 mm obvykle představují 1 – 4 % celkové biomasy porostů.

Poděkování:

Příspěvek vznikl v rámci projektu NAZV (QH81246) „Dynamika obsahů hlavních živin ve smrkových a bukových porostech v ČR – možnosti zajištění výživy lesních dřevin jako předpoklad trvale udržitelného rozvoje“ s významným přispěním výzkumného záměru Ministerstva zemědělství ČR (0002070203) „Stabilizace funkcí lesa v antropogenně narušených a měnících se podmínkách prostředí“.

LITERATURA

- AKSELLSON C., WESTLING O., SVERDRUP H., HOLMQUIST J., THELIN G., UGGLA E., MALM G. 2007. Impact of harvest intensity on long-term base cation budgets in Swedish forest soils. *Water, Air and Soil Pollution, Focus*, 7: 201-210.
- ALRIKSSON A., ERIKSSON, H. M. 1998. Variations in mineral nutrient and C distribution in the soil and vegetation compartments of five temperate tree species in NE Sweden. *Forest Ecology and Management*, 108: 261-273.
- ASCHE N. 1997. Nährelementgehalt in Buchenblättern unter besonderer Berücksichtigung der zeitlichen Variation auf basenarmen Standorten in Nordrhein Westfalen. *Forstw. Cbl.*, 116: 394-402.
- AUGUSTO L., RANGER J., PONETTE Q., RAPP M. 2000. Relationship between forest tree species stand production and stand nutrient amount. *Annals of Forest Science*, 57: 313-324.
- BECKER-DILLINGEN J. 1939. Die Ernährung des Waldes. Berlin, Verl. f. Ackerbau: 589 s.
- BERGMANN, W. 1988. Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen. Jena, Stuttgart, Gustav Fischer Verlag: 835 s.
- BEYSCHLAG W., WEDLE M., LANG O. L., HEBE U. 1987. Influence of magnesium fertilizer application on the photosynthesis and transpiration of Norway spruce on a magnesium-deficient site in the Fichtelgebirge. *Allgemeine-Forstzeitschrift*, no. 27-28-29: 738-741.
- BINKLEY D. 1986. *Forest Nutrition Management*. John Wiley & Sons: 290 s.
- BONNEAU M. 1995. Fertilisation de forêts dans les pays tempérés. Nancy, ENGREF: 367 s.
- BUBLINEC E., ILAVSKÝ J. 1990. Harvesting of aboveground biomass of trees and its effect on site conditions in forests. *Lesnictví*, 36: 887-894.
- BUCHMANN N., OREN R., ZIMMERMANN R. 1995. Response of magnesium-deficient saplings in a young, open stand of *Picea abies* (L.) KARST. to elevated soil magnesium, nitrogen and carbon. *Environmental-Pollution*, 87: 31-43.
- FEGER K. H., RASPE S., SCHMID M., ZÖTTL H. W. 1991. Verteilung der Elementvorräte in einem schlechtwüchsigen 100jährigen Fichtenbestand auf Buntsandstein. *Forstwissenschaftliches Centralblatt*, 110: 248-262.
- FIEDLER H., HÖHNE H. 1984. Die Bor-Ernährung von Koniferen und ihre Beziehung zum Gehalt an Calcium und Kalium in den Assimilationsorganen. *Beiträge für die Forstwirtschaft*, 18: 73-80.
- FISHER R. F., BINKLEY D. 2000. *Ecology and management of forest soils*. Third edition. John Wiley & Sons: 489 s.
- FLÜCKIGER W., BRAUN S., FLÜCKIGER-KELLER H., LEONARDI S., ASCHE N., BUEHLER U., LIER M. 1986. Untersuchungen über Waldschaden in festen Beobachtungsflächen der Kantone Basel-Landschaft, Basel, Stadt, Aargau, Solothurn, Bern, Zurich und Zug. *Schweiz. Zeitschr. f. Forstw.* 139: 917-1010.
- FOERST K., SAUTER U., NEUERBURG W. 1987. Bericht zur Ernährungssituation der Wälder in Bayern und über die Anlage von Walddüngeversuchen. München, Forstliche Forschungsberichte: 79: 7-9.
- GUDERIAN R., KUPPERS K., SIX R. 1985. Reaktionen von Fichte und Pappel auf Schwefeldioxid- und Ozonwirkung bei unterschiedlicher Versorgung mit Kalzium und Magnesium. *VDI-Berichte*, 560: 657-701.
- GUSSONE H. A. 1987. Kompensationskalkung und die Anwendung von Düngemitteln im Walde. *Forst- und Holzwirt*, 42: 158-163.
- HADAŠ P. 2006. Potenciální depoziční toky síry, dusíku, iontů vodíku a jejich vliv na zdravotní stav lesních porostů na území PLO Krušné hory. In: *Lesnický výzkum v Krušných horách. Recenzovaný sborník z celostátní vědecké konference*. Strnady, VÚLHM: 17-38.
- HAGEN-THORN A., ARMOLAITIS K., CALLESEN I., STJERNQUIST I., 2004. Macronutrients in tree stems and foliage: a comparative study of six temperate species planted at the same stands. *Annals of Forest Science*, 61: 489-498.
- HERBAUTS J., PENNINGCKY V., GRUBER W., MEERTS P. 2002. Radial variations in cation exchange capacity and base saturation rate in the wood of pedunculate oak and European beech. *Canadian Journal of Forest Research*, 32: 1829-1837.
- HOFFMANN G., KRAUSS H. H. 1988. Die Ausscheidung von Ernährungsstufen für die Baumarten Kiefer und Buche auf der Grundlage von Nadel und Blattanalyse und Anwendungsmöglichkeiten in der Überwachung des ökologischen Waldzustandes. Berlin, Soz. Forstw. : 272-273.
- HUNGER W. 1974. Untersuchungen über die jahreszeitliche und jahresweise Fluktuation der Nährelementkonzentrationen in den Nadeln eines jüngeren Fichtenbestandes. *Flora*, 163: 422-442.
- HÜTTL R. F. 1986. Neuartige Waldschäden und Nährelementversorgung von Fichtenbeständen in Südwestdeutschland am Beispiel Oberschwaben. *Kali-Briefe*, 17: 1-7.
- HÜTTL R. F. 1990. Nutrient supply and fertilizer experiments in view of N saturation. *Plant and Soil*, 128: 45-58.
- INGERSLEV M. 1999. Above ground biomass and nutrient distribution in a limed and fertilized Norway spruce (*Picea abies*) plantation. Part I. Nutrient concentrations. *Forest Ecology and Management*, 119: 13-20.
- INGESTAD T. 1979. Mineral nutrition requirements of *Pinus sylvestris* and *Picea abies* seedlings. *Physiologia Plantarum*, 45: 373-380.
- INGESTAD T. 1982. Relative addition rate and external concentration: driving variables used in plant nutrition research. *Plant, Cell and Environment*, 5: 443-453.
- JENTSCHKE G., DREXHAGE M., FRITZ H. W., FRITZ E., SCHELLA B., LEE DOHYUNG, GRUBER F., HEIMANN J., KUHR M., SCHMIDT J., SCHMIDT S., ZIMMERMANN R., GODBOLD D. L. 2001. Does soil acidity reduce subsoil rooting in Norway spruce (*Picea abies*)? *Plant and Soil*, 237: 91-108.
- KHANNA P. K., ULRICH B. 1985. Processes associated with acidification of soils and their influence on the stability of spruce stands in Solling area. In: *Proc. symp. Air Pollution and Stability of Coniferous Forest Ecosystems*. Ostravice, October 1 - 5, 1984, Brno, Fac. Forestry Agric. Univ. 23-26.
- KRAPFENBAUER A., BUCHLEITNER E. 1981. Holzernte, Biomassen- und Nährstoffaustrag, Nährstoffbilanz eines Fichtenbestandes. *Centralblatt für das Gesamte Forstwesen*, 98: 193-223.
- KREUTZER 1979. Ökologische Fragen zur Vollbaumernte. *Forstwissenschaftliches Centralblatt*, 98: 298-308.
- LANDMAN G., HUNTER I. R., HENDERSHOT W. 1997. Temporal and spatial development of magnesium deficiency in forest stands in Europe, North America and New Zealand. In: Hüttl, R., F., Schaaf, W. (eds.): *Magnesium deficiency in forest ecosystems*. Kluwer Academic Publishers: 23-64.
- LINDER S. 1995. Foliar analysis for detecting and correcting nutrient imbalances in Norway spruce. *Ecological Bulletins*, 44: 178-190.

- LOCHMAN V. 1993. Spady imisních látek do lesních ekosystémů ve vztahu ke změnám v lesních půdách. *Lesnictví-Forestry*, 39: 58-72.
- LOMSKÝ B. 2004. Listové analýzy. In: Monitoring zdravotního stavu lesa v České republice. Ročenka programu ICP Forests 2003. Jíloviště-Strnady, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti: 23-112. ISBN 80-86461-42-4.
- LOMSKÝ B., ŠRÁMEK V. 2004. Different types of damage in mountain forest stands of the Czech Republic. *Journal of Forest Science*, 50: 533-537.
- LUYSSAERT S., SULKAVA M., RAITIO H., HOLLMEN J. 2004. Evaluation of forest nutrition based on large-scale foliar surveys: are nutrition profiles the way of the future? *Journal of Environmental Monitoring*, 6: 160-167.
- LYR H., POSTER H., FIEDLER H. J. 1974. *Gehölzphysiologie*. Moskva, Lesnaja Promyšlenost: 421 s.
- MATERNA J. 1963. Hnojení lesních porostů. Praha, Státní zemědělské nakladatelství: 227 s.
- MATERNA J. 1964. Hnojení smrkových porostů. Metodiky ÚVTI. Praha
- MATERNA J. 1981. Výživa krušnohorských smrčín. *Lesnictví*, 27: 689-698.
- NĚMEC A. 1948. Hnojení lesních kultur. Lesní školky Brázda, Rádce zemědělce, 8: 218 s.
- NIHLGÅRD B. 1985. The ammonium hypothesis: An additional explanation of the forest dieback in Europe. *Ambio*, 14: 2-8.
- OLSSON B. A., BENGTSSON J., LUNDKVIST H. 1996. Effects of different forest harvest intensities on the pools of exchangeable cations in coniferous forest soils. *Forest Ecology and Management*, 84: 135-147.
- POLLE A., MÖSSNANG M., SCHÖNBORN A., SLADKOVIC R., RENNENBERG H. 1992: Field studies on Norway spruce trees at high altitudes. *New Phytol.*, 121: 89-99.
- PRINZ B., KRAUSE G. H. M., STRATHMANN H. 1982. Waldschäden in der Bundesrepublik Deutschland. *LIS-Berichte*, 28: 1-154.
- REHFUESS K. E. 1967. Beziehungen zwischen Standort, Ernährungszustand und Wuchsleistung von Tannenbeständen (*Abies alba* MILL.) in Süddeutschland. *Gablitätsschrift*. München.
- ROTHPEFFER C., KARLTUN E. 2007. Inorganic elements in tree compartments of *Picea abies* – Concentrations versus stem diameter in wood and bark and concentrations in needles and branches. *Biomass and Bioenergy*, 31: 717-725.
- SCARASIA-MUGNOZZA G., BAUER G., A., PERSSON G., MATTEUCCI G., MASCI A. 2000. Tree biomass, growth and nutrient pools. In: Schulze, E., D. (ed.): Carbon and nitrogen cycling in European Forest Ecosystems. Berlin Heidelberg, Springer-Verlag: 49-62
- SKEFFINGTON R. A., ROBERTS T. M. 1985. Effect of ozone and acid mist on Scots pine and Norway spruce: An experimental study. *VDI-Berichte*, 560: 747-760.
- SMITH C., T., MCCORMACK M. L., HORNBECK J. W., MARTIN C. W. 1986. Nutrient and biomass removals from a red spruce-balsam fir whole tree harvest. *Canadian Journal of Forest Research*, 16: 381-388.
- STEFAN K., HERMAN F. 1996. Nutrient contents of spruce needles from the Tyrolean Limestone Alps. *Phyton*, 36: 231-244.
- STREBEL O. 1960. Mineralstoffernährung und Wuchsleistung von Fichtebeständen in Bayern. *Forstw. Cbl.*: 79.
- ŠRÁMEK V., KULHAVÝ J., VEJPUŠKOVÁ M., MAXA M., FADRHOŇSOVÁ V., NOVOTNÝ R., LOMSKÝ B., ZÁHORA J., 2005. Vliv současných depozic dusíku na zvyšování přírůstu a kvalitu výživy smrkových porostů. VÚLHM – závěrečná zpráva projektu NAZV QC1723, 54 s.
- ŠRÁMEK V., VEJPUŠKOVÁ M., NOVOTNÝ R., HELLEBRANDOVÁ K. 2008. Yellowing of Norway spruce stands in the Silesian Beskids – damage extent and dynamics. *Journal of Forest Science*, 54: 55-63.
- TESAŘ V., ANDĚL P., SCHWARZ O., VACEK S. 1982. Poznatky o míře ovlivnění lesních porostů Krkonoš imisemi na úrovni roku 1979. *Opera Concorctica*, 19: 79-94.
- TOMLISON G. H. 2003. Acidic deposition, nutrient leaching and forest growth. *Biogeochemistry*, 65: 51-81.
- TURK T., HORN R. 1991. Mineral balance in two differing deposition-affected Norway spruce ecosystems in Fichtelgebirge (NE-Bavaria). *Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft*, 66: 423-426.
- ULRICH B. 1986. Factors affecting the stability of temperate forest ecosystems. In: 18th IUFRO World Congress, Div. 1, vol. 1. Ljubljana, : 121-135.
- UNECE, 1998. International Co-operative Programme on Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests. Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests. 4th edition, Hamburg, Germany.
- UNECE, 2005. The condition of forests in Europe, 2005 executive report. Federal Research Centre for Forestry and Forest Product (BFH), 32 s.
- UNECE, 2006. Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests Part IIIa. Sampling and Analysis of Soil. UNECE, CLRTAP, ICP Forests, 26 s.
- WANG J. R., LETCHFORD T., COMEAU, P., KIMMINS J. P. 2000. Above- and below-ground biomass and nutrient distribution of a paper birch and subalpine fir mixed-species stand in the sub-boreal spruce zone of British Columbia. *Forest Ecology and Management*, 130: 17-26.
- WEHRMANN J. 1959a. Methodische Untersuchungen zur Durchführung von Nadelanalysen in Kiefernbeständen. *Forstw. Cbl.*, 78: 65-97.
- WEHRMANN J. 1959b. Mineralstoffernährung in Kiefernbeständen in Bayern. *Forstw. Cbl.*, 78: 129-149.

CONTENT OF NUTRIENTS IN FOREST STANDS - REVIEW

SUMMARY

Chemical analysis of leaves or needles is the common basic procedure for assessing the nutritional status of trees and forest stands. Besides the absolute concentration, the ratio between single elements is also very important. The nutrient content of leaves can identify whether the plant is growing in the conditions of good or luxurious nutrition or whether it is stressed by an insufficient supply of some element. The exhibited signs of deficiency can be characterized by a certain level of nutrient concentration, with some range for different local conditions. This range starts with a "slight" deficiency, where the visual symptoms occur only in combination with other stresses (e. g., drought, insect attack), is followed by severe nutritional deficiency with common visible effects and ends with the physiological limit of nutrient content. These limits are usually handled in the form of nutritional tables that are used for the practical assessment of forest nutrition. Different sources can provide different limits for the nutrition of forest trees. The local site conditions and forest type should be considered as criteria for the evaluation of nutrition. Table 2 shows the limits used in the ICP Forests international monitoring programme, and table 3 shows the limits commonly used in the Czech Republic as more corresponding to the Central European values.

The results of foliar analysis can also be used for the detection of high concentrations of some elements. Sulphur, fluorine and chloride compounds accumulate in leaves under the impact of air pollution.

From the perspective of the nutrient cycle, forestry is usually considered to be a long-term sustainable activity. The nutritional output from the ecosystem represented by timber harvesting should be compensated by the weathering of soil particles and atmospheric deposition. This balance is enabled on one hand by the long interval of harvesting, which is on average 80 to 150 years; and on the other hand by the properties of wood, which consists mainly of carbon, oxygen and hydrogen – elements gained by plants from the atmosphere and water. The ideal equilibrium, however, is often disrupted by the long-term impacts of air pollution or by intensive forest management (whole tree harvesting, litter ranking, energy wood production).

Recenzováno

ADRESA AUTORA/CORRESPONDING AUTHOR:

Ing. Vít Šrámek, Ph.D., Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i.,
Strnady 136, 252 02 Jíloviště, Česká republika
tel.: 257 892 232; e-mail: sramek@vulhm.cz

POŠKOZENÍ SEMENÁČKŮ SMRKU ZTEPILÉHO MRAZEM A MOŽNOST JEHO OVLIVNĚNÍ VHODNOU PŘÍPRAVOU PŮDY, TECHNIKOU VÝSADBY A VÝBĚREM MÍSTA PRO VÝSADBU

Semenáčky jehličnatých stromů jsou poškozovány mrazem každé jaro i podzim. V důsledku nízkých teplot (těsně pod 0 °C), které se v těchto obdobích vyskytují, se při půdním povrchu vytvářejí ledové krystalky, voda těsně pod povrchem zamrzá a vzhledem k nepřítomnosti sněhové pokrývky dochází k narušení kořenů semenáčků a následné desikaci, která vyúsťuje v omezení růstu stromu v následujících letech.

Pokusy zaměřené na snížení poškození semenáčků mrazem se uskutečnily v severním Švédsku ve smíšeném 53letém jehličnatém lese nacházejícím se v nadmořské výšce 260 m, v oblasti, kde průměrná roční teplota je 1,7 °C a roční srážky 610 mm.

Po těžbě v letech 2004 – 2005 zůstaly v porostu světliny a vytvořily se clonné seče o rozměrech 30 x 40 m. Na nich byla provedena příprava půdy třemi různými způsoby. Na začátku října 2005 byly na upravené plochy vysazeny jednorocní semenáčky smrku ztepilého (*Picea abies*), které pocházely ze semen místní proveniencí vyseté na jaře 2004. Semenáčky byly 10 – 12 cm vysoké, délka kořenů byla maximálně 10 cm. Výsadba semenáčků byla provedena čtyřmi způsoby: normálně, do hloubky, do pokusného mobilního obalu a do pokusného fixního obalu.

V listopadu 2005 a květnu 2006 byly vyhodnocovány mrazové škody na semenáčcích. Částečně odhalený kořen, zcela vykořeněný semenáček, zlomený kmen a nakloněný semenáček byly uvažovány jako důsledek poškození mrazem a statisticky zpracovány, ostatní kategorie poškození jako semenáček ohnutý sněhem, vyplavený semenáček, částečně nebo zcela uschlý semenáček nebyly do hodnocení zahrnuty.

Poškození semenáčků mrazem bylo přímo úměrné hloubce půdní přípravy u všech čtyř způsobů výsadby. Semenáčky v mobilním obalu byly poškozovány mrazem více než ostatní semenáčky. Hnojení substrátem snížilo poškození mrazem jak v případě normální, tak hloubkové výsadby. Semenáčky ve fixních obalech byly na různých připravených plochách poškozovány různě, na hnojené ploše bylo poškození větší. Kromě toho semenáčky ve fixních obalech byly na jaře snadněji vyplavovány nebo častěji podléhaly následkům sucha. Nebyl prokázán rozdíl mezi semenáčky vysazenými ve světlinách a na clonné seči, což mohlo být způsobeno tím, že v tomto pokusu byly použity vyšší semenáčky, které lépe vzdorovaly mrazu.

Poškození mrazem lze snížit výsadbou na hnojenou plochu nebo na plochu s morovou vrstvou 5 – 10 cm silnou. Výsadba do hloubky se doporučuje na plochách s morovou vrstvou okolo 20 cm. Neprokázalo se, že by semenáčky v obalech byly odolnější vůči mrazu, spíše tomu bylo naopak. Úroveň poškození mrazem se nelišilo ve světlinách ani na clonné seči, rozdíl byl pouze na východně orientovaných plochách.

Silva Fennica, 43, 2009, č. 1, s. 39-50.

Kp

ODOLNOST KOŘENŮ A VÝHONKŮ SMRKU ZTEPILÉHO VŮČI MRAZU PO HNOJENÍ BOREM

Ve skandinávských zemích je druhou hlavní příčinou odumírání některých smrkových porostů nedostatek boru v půdě. Nedostatečný přísun boru má za následek mrazové poškození přezimujících pupenů, kdy vnitřní struktura pupenu je narušena a v pupenu se vytváří ledové krystalky. Výsledkem dlouhodobého pokusu s přihnojováním borem, který se uskutečnil již v minulosti, bylo procentuální snížení odumřelých jemných kořenů.

Současné pokusy, které probíhají ve Skandinávii, si stanovily za cíl objasnit fyziologické pochody nejen v pupenech, ale i v kmenech a kořenech smrku ztepilého. Pro pokus byly vybrány mladé smrkové porosty dva roky po přihnojení, které vykazovaly nedostatečnou zásobu boru. Cílem bylo sledovat jednak toleranci smrku ztepilého na různé mrazové teploty a jednak na dostupnost boru a dusíku.

Pokusný porost 25letého smrku ztepilého (*Picea abies* L. KARST.) s přimíšenou olší šedou (*Alnus incana* L.) se nachází ve východním Finsku. Stromy byly rozděleny do 18 bloků, každý blok zahrnoval 8 stromů, z nichž každé dva stromy v rámci bloku byly hnojeny buď borem, nebo dusíkem, potom kombinovaně dusíkem a borem a dva stromy byly kontrolní. Hnojivo bylo rozprostřeno v okruhu 2,5 m okolo každého stromu.

V průběhu pokusu byla sledována teplota jak pod smrkem ztepilým, tak pod olší šedou, po dobu 5 let (mezi 12. srpnem a 9. prosincem) byly shromažďovány vzorky jehličí z mladých výhonků pro analýzu obsahu živin a terminální pupeny. Kořeny byly získávány ze sazenic v balech, které byly umístěny na pokusné plochy v červnu 2001.

Získaný rostlinný materiál byl v laboratoři vystaven mrazu po dobu 4 hodin. Doba působení mrazu zohledňovala očekávanou míru mrazové tolerance jednotlivých orgánů. Minimální teplota, po kterou byly vzorky vystaveny mrazu, byla -110 °C, počáteční teplota +5 °C. Mrazová tolerance každé pokusné tkáň byla statisticky vyhodnocena (ANOVA, Tukeyho test, aj.).

Výsledky hodnocení ukázaly, že hnojení borem zvyšuje koncentraci tohoto prvku v orgánech stromu. Bez přihnojení borem vykazují některé stromy naprostý nedostatek tohoto prvku a některé jsou těsně na hranici nedostatku. Hnojení má tedy příznivý vliv na koncentraci tohoto prvku v jehličí, účinek dusíku ani vzájemné působení dusíku a boru nebyly potvrzeny. Nepotvrdila se hypotéza, že dostatečný přísun dusíku může nahradit nedostatek boru. Hnojené stromy vykazovaly vyrovnaný poměr dusíku a boru, nicméně i na úrodných stanovištích byly růstové poruchy zapříčiněny nedostatkem boru, nikoliv nerovnováhou poměru těchto prvků. Jemné kořínky byly podstatně méně odolné vůči mrazu než nadzemní orgány. Vizualní hodnocení tolerance jehličí a kmenů vůči mrazu se lišilo od výsledků získaných v laboratoři, u vizualního hodnocení pupenů tomu bylo naopak. To může být způsobeno rozdílnou přípravou pokusných vzorků nebo ročním obdobím sběru materiálu.

Největší poškození mrazem při nedostatku boru se projevilo na kmeni stromu, mrazová tolerance kořínků, pupenů a jehličí nebyla ovlivněna. Zvýšilo se sice riziko poškození mrazem, ale jevílo se pouze jako pravděpodobné. Na základě této studie nelze s jistotou konstatovat, že nedostatek boru je spouštěcím momentem chřadnutí smrku ztepilého.

Silva Fennica, 43, 2009, č. 2, s. 223-233.

Kp

ČASNÉ KRÁTKODOBÉ OŠETŘENÍ SEMENÁČKŮ SMRKU ZTEPILÉHO A JEHO VLIV NA JEJICH MRAZUVZDORNOST A RAŠENÍ

Finský lesnický výzkumný ústav zaměřil jednu ze svých aktivit na to, jak zabránit, aby semenáčky smrku ztepilého (*Picea abies* L. KARST.) vysazené v jarním období byly poškozovány časnými podzimními mrazy. Zvýšení mrazuvzdornosti u otužovaných semenáčků vysazených v srpnu a září již bylo pozorováno, ale možnost otužování semenáčků pro jarní výsev ještě zkoumána nebyla.

Studie si vytkla za cíl ověřit účinek mrazu na semenáčky vystavené mrazu v raném stadiu jejich růstu a sledovat nebezpečí výskytu pozdního rašení. Pro pokus byly použity semenáčky pocházející ze semenných sadů. Semenáčky byly pěstovány v plastických balech ve sklenicích. V době první růstové periody byly semenáčky pravidelně zavlažovány a rostly za normálních světelných podmínek. V říjnu 2001 byly přemístěny do venkovních prostor a přezimovaly pod sněhovou příkrývkou. Během druhé růstové periody byly přihnojeny. Ze 40 semenáčků v balech se jich 20 vrátilo do skleníku a 20 bylo ponecháno ve venkovních podmínkách. V dalších letech byly semenáčky nejen vysazovány v různých ročních obdobích, ale byly simulovány různé přírodní podmínky, např. různá délka nočního času, apod.

Vzorky semenáčků i některé jejich orgány byly vystaveny mrazu v mrazových boxech, v kterých bylo nastaveno 6 různě vysokých teplot. Po 14 dnech byl hodnocen růst, resp. zastavení růstu semenáčku, tvorba pupenů a mrazuvzdornost semenáčků vysazených do školky.

Časné vystavení semenáčků mrazu zvyšuje ve srovnání s neošetřenými semenáčky jejich okamžitou mrazuvzdornost - hlavně jehličí a kmenů - do začátku září. V pozdějších měsících se rozdíl mezi ošetřenými a neošetřenými semenáčky stírají, pozdní rašení se může projevit u všech semenáčků. Semenáčky pěstované na jaře ve sklenicích jsou tomuto nebezpečí méně náchylné.

Tato studie, která se jako první zabývala účinky vlivu mrazu na semenáčky, bude pokračovat v příštích letech včetně prověřování výsledků tohoto pozorování v praxi.

Silva Fennica, 43, 2009, č. 2, s. 235-247.

Kp

DODÁNÍ ŽIVIN MÁ PŘECHODNÝ VLIV NA OBSAH DUSÍKU A RŮST SEMENÁČKŮ SMRKU ZTEPILÉHO

Růst přesazených sazenic je často pomalejší následkem nejen nedostatečného přísunu vody, ale také nedostatečného příjmu živin. Jedním z nejdůležitějších prvků pro růst sazenic je dusík, který se však na chudších půdách nevyskytuje v dostatečném množství, ale může být doplňován hnojením.

Pokus s hnojením půd chudých na živiny probíhal od roku 2000 ve Finsku. Semenáčky byly před vysazením do přírody přihnojeny a poté bylo hodnoceno, jak zvýšený přísun živin ovlivňuje růst smrku ztepilého (*Picea abies* L. KARST.). Semenáčky smrku ztepilého byly dva roky před výsadbou pěstovány ve školce, v které byly zajišťo-

vány ideální vodní podmínky, a byly přihnojovány. Účinek hnojení na semenáčky byl testován na dvou úrovních, jedna plocha se nacházela na ploše dřívější školky a byla hnojená. Před výsadbou sazenic byla ještě přihnojena, druhá plocha nebyla ošetřena.

Analýza půdních živin byla prováděna na 20 náhodných vzorcích půdy o objemu 41,5 cm³. Semenáčky, průměr jejich kmene a výška, byly měřeny vždy na podzim v letech 2001 – 2003. Pro určení obsahu dusíku v tkáních byly náhodně vybrány semenáčky, které byly uříznuty těsně nad zemí a jejich kořeny vyjmuty. Tyto vzorky byly po usušení a rozemletí podrobeny analýze a výsledky zpracovány statistickou metodou ANOVA.

Přihnojení zlepšilo výškový růst semenáčků smrku ztepilého během prvního vegetačního období, vliv na kořenový růst ani v půdách chudých na živiny se neprokázal. Z výzkumu vyplývá, že smrk rostoucí na půdě chudé na dusík ale s dostatečnou zásobou vody transportuje více dusíku do růstu výhonků než do růstu kořenů.

Z výzkumu vyplynulo, že přihnojení podporuje růst výhonků a kořenů hlavně během první vegetační sezony v půdách chudších na živiny. V dalších letech se neprokázal vliv hnojení v žádné ze zkoumaných alternativ. Všeobecně lepší růst byl pozorován u semenáčků rostoucích v bohatších půdách, které obsahovaly vyšší obsah dusíku. Proto vývoj semenáčků závisí nejen na jejich kvalitě, ale také na vybraném stanovišti a jeho přípravě. Přesto lze doporučit v prvním vegetačním období hnojení semenáčků smrku ztepilého vysazených na chudších stanovištích, které je potřeba rychle zalesnit.

Silva Fennica, 43, 2009, č. 2, s. 249-260.

Kp

OBLASTNÍ LOGISTIKA PŘI ENERGETICKÉM ZPRACOVÁNÍ DŘEVA - OPTIMALIZACE MÍSTNÍCH ZÁSOB PALIVA

Využívání dřeva jako paliva má v Rakousku dlouholetou tradici, ale v posledních letech, kdy se podpora bioenergetiky dostává do popředí všeobecného zájmu, se spotřeba dřeva tepelnými elektrárnami mnohonásobně zvyšuje. Elektrárny kromě klasického paliva stále více využívají dřevní hmoty pro výrobu energie. Pokud má ale tento zdroj být levnější a dostupnější než jiné palivo, je třeba vytvořit ekonomicky vyhovující dodavatelskou síť těchto zařízení, v které by nedocházelo ke ztrátám při přísunu dřevního materiálu do elektrárny. Proto byla vypracována studie, jejímž cílem bylo vyhodnotit, v jakém vztahu je dopravní vzdálenost a objem zásob hlavně pro zimní období k ekonomičnosti provozu elektrárny, a vytypovat vhodné oblasti pro těžbu dřevního materiálu.

Studie byla zpracována v roce 2006 na základě zhodnocení situace předcházejícího roku ve vybrané oblasti. Ukázalo se, že většina elektráren se nachází v blízkosti městských oblastí a spaluje dřevní odpad, kůru, pilařský odpad a štěpku. Ekonomičnost provozu byla hodnocena na základě 4 scénářů: i. spotřeba lesní štěpky 73 400 m³ ve stávajícím zařízení; ii. renovace a instalace středně velké elektrárny s roční spotřebou 50 000 m³ dřeva; iii. renovace a instalace větší elektrárny s roční spotřebou 302 700 m³ a iv. zpracovávání nekvalitních štěpek vzniklých jako odpad při těžbě.

Ze statisticky zpracovaných údajů získaných z jednotlivých scénářů vyplývá, že skladovací náklady se zvyšují, pokud se pře-

vo dovází z terminálů, ovšem na druhé straně náklady na zajištění stálého přísunu paliva nejsou zanedbatelné. V případě, že se dovází z terminálů pouze 50 % materiálu, náklady jsou však nižší. Nejlevnější způsob je doprava dřeva přímo do elektrárny včetně jeho zpracování na místě. Nicméně v zimě a počátkem jara se bez terminálů, vzhledem k vzrůstající spotřebě dřevní hmoty v tomto období, nelze obejít.

Studie nezpracovala do svého hodnocení pohyb cen na trhu, je zaměřena na místní podmínky pouze jedné oblasti a proto je třeba se problémem zabývat v širším měřítku.

Silva Fennica, 43, 2009, č. 1, s. 113-128.

Kp