

FUNKČNOST MODŘÍNU V POROSTECH NÁHRADNÍCH DŘEVIN V KRUŠNÝCH HORÁCH

FUNCTIONALITY OF LARCH IN SUBSTITUTE TREE SPECIES STANDS IN THE ORE MOUNTAINS

JIŘÍ NOVÁK, DAVID DUŠEK, MARIAN SLODIČÁK

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., Výzkumná stanice Opočno, Na Olivě 550,
517 73 Opočno, novak@vulhmop.cz

ABSTRACT

European larch (*Larix decidua* Mill.) is one of forest tree species, which was used to establish substitute stands after air-pollution calamity in the Ore Mts. (Czech Republic). Work is focused on analysis of functionality of 30-year-old larch stand after 17-year observation of growth (diameter, height), litter-fall and forest-floor formation. Effect of thinning (removed 53% of number of trees, 45% of basal area at the age of 13 years) was also studied. Results showed that substitute larch stands fulfilled the expected functions in case of biomass accumulation and restoring the nutrient cycle (litter-fall, forest-floor). Applied thinning has supported the growth and stability of the stands. However, it is necessary to use their current functionality and not delay the conversion (underplanting with target trees species composition), because they are still under strong pressure from harmful factors.

Keywords: needle litter-fall, forest-floor, diameter and height increment, thinning

ABSTRAKT

Modřín evropský (*Larix decidua* Mill.) byl jednou z dřevin použitých k tvorbě náhradních porostů po imisní kalamitě v Krušných horách v ČR. Příspěvek je zaměřen na vyhodnocení funkčnosti ca 30letého modřínového porostu po 17letém sledování parametrů růstu (výčetní tloušťka a výška) a tvorby a akumulace opadu. Sledován byl i efekt výchovného zásahu provedeného ve věku 13 let s odstraněním 53 % počtu stromů odpovídajících 45 % výčetní základny. Výsledky ukázaly, že náhradní porosty modřínu splnily očekávané funkce z pohledu akumulace biomasy a v ní obsažených živin včetně obnovení jejich koloběhu (opad, tvorba nadložního humusu). I když provedená výchova podpořila růst a stabilitu porostů, je třeba využít jejich současně funkčnosti a neodkládat přeměny (podsadby cílovými dřevinami), protože jsou stále pod silným tlakem škodlivých činitelů.

Klíčová slova: opad jehličí, horizonty nadložního humusu, tloušťkový a výškový přírůst, výchova lesa

Úvod

Modřín evropský (*Larix decidua* Mill.) byl jako domácí dřevina využit v ČR také pro tvorbu porostů náhradních dřevin (PND). Tyto porosty vznikaly v druhé polovině minulého století v imisemi silně poškozených oblastech (Krušné hory, Jizerské hory), kde nebylo možné vzhledem k přetrvávajícímu imisnímu tlaku obnovovat porosty dřevinami cílovými. Dřeviny pro tvorbu PND byly vybírány podle předpokladu zvýšené odolnosti vůči imisím i nepříznivým klimatickým podmínkám velkých odlesněných ploch (BALCAR et al. 2008a). Hlavním cílem zakládání PND tak bylo zachování kontinuity lesních porostů včetně zajištění základních mimoprodukčních funkcí (půdochranných a vodohospodářských) do doby, kdy imisní situace umožní zahájení přeměn na porosty s cílovou druhovou skladbou. U jehličnanů použitých v PND se původně předpokládalo i alespoň částečné plnění produkční funkce. Takovým příkladem byl i modřín, který původně vysazený jako náhradní dřevina mohl mít využití i v cílové druhové skladbě.

Modřín byl v imisní oblasti Krušných hor k roku 1991 využit pro tvorbu PND na celkem 4 851 ha (SMEJKAL et al. 1994). Výměra porostů s modřínem dále rostla až na 6 370 ha (ŠRÁMEK et al. 2015), přičemž nesmíšených modřínových porostů bylo v roce 2015 vykazováno 875 ha. Porosty náhradních dřevin jsou postupně stabilizovány výchovou nebo již přeměňovány (viz např. vládou ČR schválený „Program revitalizace Krušných hor“, MZE 2016). Předkládaný příspěvek je zaměřen na zhodnocení funkčnosti PND s modřínem na příkladu výsledků z dlouhodobého experimentu Kalek v Krušných horách. Posuzovány jsou otázky produkce a stability a také poutání a koloběhu živin náhradního modřínového porostu.

MATERIÁL A METODIKA

Výzkum probíhal na experimentální sérii Kalek (50.5859250N, 13.3536936E) v PLO 1 – Krušné hory), kde je sledován vliv výchovy na růst a vývoj mladých modřínových porostů. Na sérii je varianta s výchovou doplněna srovnávacím porostem bez výchovy, kde jsou odstraňovány pouze zlomy, vývraty a souše. Experiment byl založen v 12leté modřínové monokultuře v roce 1999 v nadmořské výšce 780 m na rozhraní SLT 6S/7S (UHUL 2019). Porost vznikl řadovou výsadbou (v původním sponu 1 × 1,5 m – 6 667 jedinců na 1 ha) po mechanizovaném shrnutí klestu do valů. Sledování opadových poměrů bylo zahájeno v roce 2002, kdy byly v porostech instalovány opadoměry se zachytnou plochou 0,25 m² nejprve po 3 a později po 4 kusech na každou dílčí variantu. Další údaje o založení a průběhu experimentu včetně metodiky sběru dat o růstu porostů (výčetní tloušťka a výška) lze nalézt v předchozích publikacích (NOVÁK, SLODIČÁK 2006, NOVÁK et al. 2011, 2014, KACÁLEK et al. 2018). Experiment byl ovlivněn aplikovaným provozním vápněním, které proběhlo přímo na sledované lokalitě v roce 2006 a dále, s hranicí aplikace pouze ca 1 km směrem SV od lokality experimentu, v letech 2015 a 2017 (UHUL 2021).

Pro účely této práce byly vyhodnoceny výsledky získané v období 2002 až 2016 na variantě kontrolní a s výchovou pro růst porostů a v období 2002 až 2017 na variantě kontrolní pro opad a jeho akumulaci. Vzorky z opadoměrů byly odebí-

rány pokud možno jednou ročně po kompletním opadání jehličí. Odběr vzorků humusových horizontů proběhl v říjnu 2006 a v listopadu 2010. U všech vzorků opadu a humusových horizontů byla stanovována hmotnost sušiny (vysušením při teplotě 80 °C do konstantní hmotnosti) a u směsného vzorku pro každý odběr byl stanovován celkový podíl živin, oxidovatelného uhlíku, pH (H₂O), pH (KCl) a saturace bázemi dle Kappena (použité metody podrobněji viz např. NOVÁK et al. 2013). Všechna získaná data byla analyzována pouze pomocí popisných charakteristik výběru – aritmetický průměr a směrodatná odchylka. Dále byl využit párový t-test pro hodnocení průběhu hodnot h/d v tloušťkových stupních.

VÝSLEDKY

Růst a stabilita

Ve věku 29 let (2016) vykazoval kontrolní porost (K) bez zásahu hustotu 1 400 jedinců na hektar, při průměrné výčetní tloušťce 17,8 cm a výšce 18,6 m a s výčetní základnou 37,0 m².ha⁻¹ (Tab. 1). Porost, kde proběhl výše popsaný výchovný zásah (Z), dosáhl ve vztahu ke kontrole 63 % hustoty (880 stromů na hektar), 108 % průměrné výčetní tloušťky (19,3 cm), 102 % výšky (18,9 cm) při 73 % výčetní základny (27,1 m².ha⁻¹). Nahodilá těžba za sledované období 2000-2006 (věk 13-29 let) představovala v kontrolním nevychovaném porostu 2 000 stromů na hektar s výčetní základnou 6,7 m². Důvodem nahodilé těžby byly, podle podílu na odstraněné výčetní základně, ze 70 % souše, 22 % vývraty a 8 % zlomy. Za stej-

Tab. 1: Denrometrické charakteristiky náhradních porostů modřínu na experimentu Kalek v Krušných horách

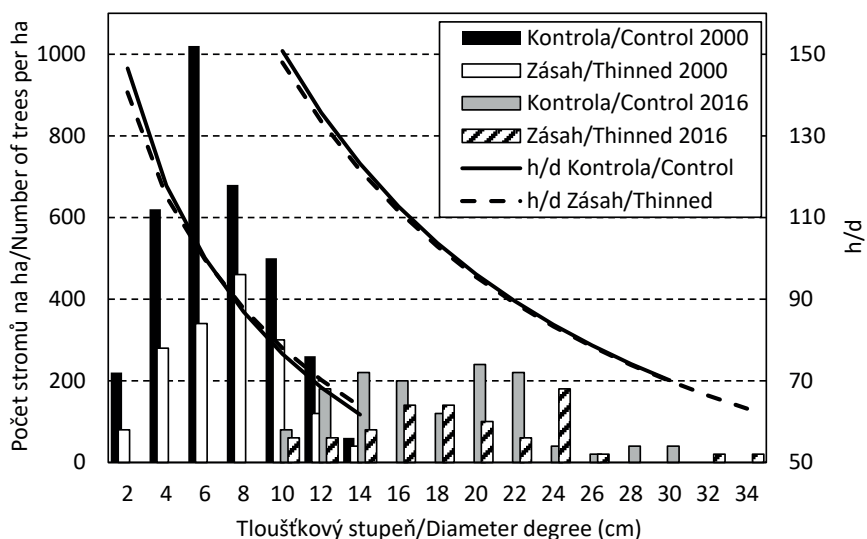
Table 1: Mensurational characteristics of larch substitute stands on experiment Kalek in the Ore Mts.

Rok (věk)/Year (age)		Kontrola/Control				Zásah/Thinned			
		N	G	D	H	N	G	D	H
2000 (13 let/years)	Před T/Before T	3400	14,3	6,8	6,4	3420	14,3	6,6	6,3
	T					1800	6,5	4,6	5,1
	Po T/After T					1620	7,8	7,4	6,7
2000-2016 (13-29 let/years)	NT souše/snags	1500	4,7			280	1,2		
	NT vývraty/blowdown	400	1,5			340	2,2		
	NT zlomy/breaks	100	0,5			120	1,1		
	NT celkem/total	2000	6,7			740	4,5		
2016 (29 let)	Před T/Before T	1400	37,0	17,8	18,6	880	27,1	19,3	18,9
Přírůst/Increment (13-29 let/years) bez NT/without NT			22,7	11,0	12,2		25,8	12,7	12,6
Přírůst/Increment (13-29 let/years) vč. NT/with NT			29,4				30,3		
Počet stromů/number of trees h/d 100+ (29 let)		800				480			
Počet stromů/number of trees h/d 90- (29 let)		360				300			

T – těžba/thinning, NT – nahodilá těžba/salvage cut, N – počet stromů na ha/number of trees per ha, G – výčetní základna/basal area (m².ha⁻¹), D – střední výčetní tloušťka/mean d.b.h. (cm), H – střední výška/mean height (m)

né období bylo v porostu s výchovou odstraněno nahodilou těžbou 740 stromů na hektar (37 % hodnoty z kontroly) reprezentujících výčetní základnu $4,5 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ (67 % hodnoty z kontroly). Na rozdíl od kontrolního porostu, kde nejvyšší podíl nahodilé těžby představovaly souše, v porostu s výchovou šlo zejména o vývraty (49 %), souše a zlomy byly zastoupeny méně (27 a 24 %).

Efekt výchovného zásahu se projevil ve vyšším přírůstu (za 16letou periodu 13 až 29 let) výčetní základny o 14 % (K $22,7 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ a Z $25,8 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$), výčetní tloušťky o 15 % (K 11,0 cm a Z 12,7 cm) a výšky o 3 % (K 12,2 m a Z 12,6 m). Při započítání nahodilé těžby byl periodický přírůst výčetní základny v porostu s výchovou vyšší o 3 % ve srovnání s kontrolou (K $29,4 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ a Z $30,3 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$).



Obr. 1: Tloušťková struktura a štíhlostní kvocient pro porosty modřinu na experimentu Kalek v letech 2000 (věk 13 let) a 2016 (věk 29 let)

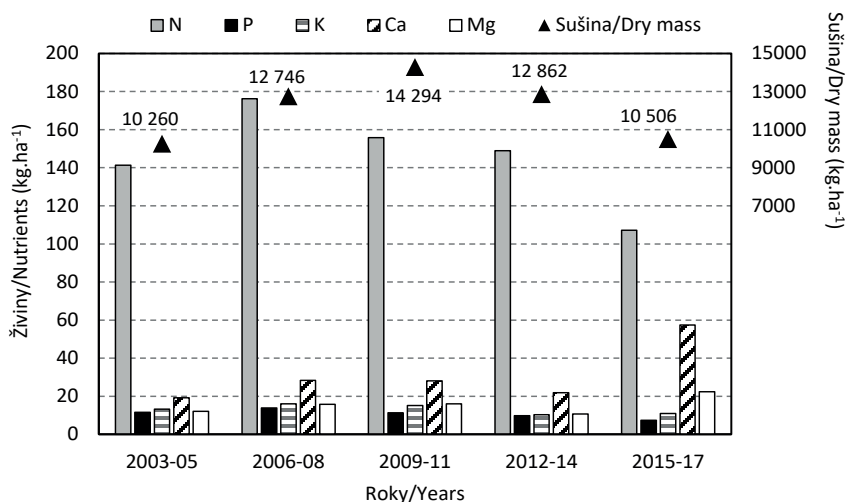
Fig. 1: Diameter structure and h/d ratio of larch stands on experiment Kalek in 2000 (age of 13 years) and 2016 (age of 29 years)

Původní rozpětí tloušťkových stupňů na počátku experimentu (2 až 14 cm) na obou srovnávacích plochách (Obr. 1) se na konci sledování ve věku 29 let rozšířilo na 10 až 30 cm v kontrolním porostu a na 10 až 37 cm v porostu s výchovou. Průběh hodnot štíhlostních kvocientů (h/d) v jednotlivých tloušťkových stupních byl obdobný na obou plochách. V roce 2000 ve věku 13 let dosahovaly stromy nejtenčí (do tl. stupně 6 cm) hodnot h/d 100 a více a stromy nejtlustší (tl. stupně 12 a 14 cm) h/d 70 a méně. Rozdíly mezi variantami v hodnotách h/d pro jednotlivé tloušťkové stupně nebyly signifikantní ($p = 0,356$ pro párový t-test). Po 16 letech ve věku 29 let byly zjištěny signifikantně nižší hodnoty h/d na ploše s výchovou ($p = 0,002$ pro párový t-test). Prakticky významné rozdíly (h/d nižší o hodnotu 2 až 3 na ploše s výchovou) však byly zjištěny pouze v nejnižších tloušťkových stupních (10 a 12 cm). Směrem k vyšším tloušťkovým stupňům se rozdíly mezi variantami snižovaly a od tloušťkového stupně 22 cm nepřesáhly u h/d hodnotu 0,5.

Z praktického pohledu stability celého porostu je tak důležitější porovnání zastoupení stromů nejméně stabilních (s h/d 100 a větším) a naopak stromů stabilních (s h/d 90 a menším). Ve věku 29 let bylo v kontrolním porostu na jeden hektar 800 stromů s h/d 100 a větším a 360 stromů s h/d 90 a menším. V porostu s výchovou bylo těchto nejméně stabilních stromů ve srovnání s kontrolou 60 % (480 ks.ha⁻¹). Nejstabilnějších stromů zde bylo zaznamenáno o 17 % méně ve srovnání s kontrolou (Tab. 1).

Poutání a koloběh živin v opadu

Průběh opadu byl hodnocen z důvodů techniky sběru dat ve tříletých obdobích, a to pouze v porostu kontrolním (viz metodika). V prvních třech tříletých obdobích množství sušiny v opadu stouvalo z 10,3 až na 14,3 t.ha⁻¹ (Obr. 2), v dalších dvou obdobích množství opadu klesalo zpět k hodnotě 10,5 t.ha⁻¹ (2015-17). Průměrný roční opad (Tab. 2) tak činil v první (2003-05) a poslední (2015-17) periodě sledování 3,5 t.ha⁻¹. Nejvíce sušiny opadávalo v periodě 2009-11 s průměrným ročním opadem 4,8 t.ha⁻¹.



Obr. 2: Množství živin (osa vlevo) a celkové sušiny (osa vpravo) v opadu pod modřínovými porosty v jednotlivých periodách sledování (průměrné roční hodnoty viz Tab. 2)

Fig. 2: Amount of nutrients (axis left) and total dry-mass (axis right) in litter-fall under larch stands for individual periods of observation (see Table 2 for mean annual values)

Podíl sledovaných živin v opadu neodpovídal zcela trendu popsanému u množství sušiny (Obr. 2, Tab. 2). Maxima bylo u některých živin (ročně na hektar ca 58,7 kg N; 4,6 kg P a 5,3 kg K) dosaženo v období 2006-08. Pro Ca a Mg byly hodnoty v tomto období 9,5 a 5,3 kg.ha⁻¹.rok⁻¹ a maxima bylo dosaženo až v posledním hodnoceném období (2015-17), a to 19,1 kg Ca a 7,5 kg Mg. Podíl těchto dvou živin byl ovlivněn aplikovaným vápněním, které proběhlo přímo na sledované lokalitě v roce 2006 a další poblíž plochy v letech 2015 a 2017 (viz metodika) v dávce ca 650 kg Ca a 350 kg Mg na hektar.

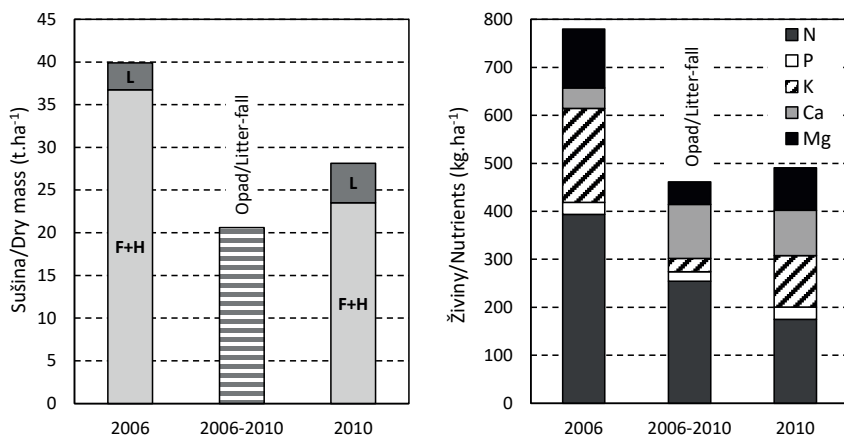
Tab. 2: Průměrný obsah sušiny a živin v ročním opadu v jednotlivých periodách sledování
 Table 2: Mean amount of dry-mass and nutrients in annual litter-fall for individual periods of observation

Období/Period		2003-05	2006-08	2009-11	2012-14	2015-17
Průměrný roční opad Mean annual litter-fall	Sušina/Dry-mass	3420,0	4248,7	4764,5	4287,3	3501,9
	N	47,1	58,7	51,9	49,7	35,7
	P	3,9	4,6	3,8	3,3	2,5
	K	4,4	5,3	5,0	3,5	3,6
	Ca	6,4	9,5	9,4	7,3	19,1
	Mg	4,0	5,3	5,3	3,5	7,5

Tvorba a charakteristiky nadložního humusu

V roce 2006, tj. ve věku porostu 19 let bylo v horizontech FH akumulováno 36,7 tun sušiny na hektar (Obr. 3 vlevo). Horizont L vykazoval 3,2 t.ha⁻¹. O čtyři roky později (2010, věk 23 let) bylo zjištěno nižší množství sušiny v horizontech FH (23,5 t.ha⁻¹) a vyšší v horizontu L (4,6 t.ha⁻¹). Za období mezi oběma odběry humusových horizontů činil sledovaný opad 20,6 t.ha⁻¹. Ve čtyřletém sledovaném období (2006-2010) byl tedy zaznamenán zrychlený rozklad opadu, kdy v roce 2010 zásoba sušiny v humusových horizontech činila pouze 47 % hodnoty zjištěné v roce 2006 s přičtením objemu opadu za tuto periodu.

Obdobný trend byl zaznamenán v obsahu sledovaných živin (Obr. 3 vpravo). Ve věku 19 let (2006) bylo v horizontech LFH uloženo na jeden hektar 394 kg N,



Obr. 3: Množství sušiny (vlevo) a živin (vpravo) v humusových horizontech LFH (odběry 2006 a 2010) a v opadu za stejné období (2006 až 2010) pod modřinovými prosty experimentu Kalek

Fig. 3: Amount of dry-mass (left) and nutrients (right) in forest-floor LFH (sampling 2006 and 2010) and in litter-fall for the same period (from 2006 to 2010) under larch stands on experiment Kalek

25 kg P, 196 kg K, 43 kg Ca a 123 kg Mg. Po čtyřech letech (2010) byla zjištěna menší zásoba N (175 kg.ha⁻¹), K (108 kg.ha⁻¹) a Mg (89 kg.ha⁻¹), stejné množství P (25 kg.ha⁻¹) a vyšší množství Ca (94 kg.ha⁻¹). V opadu bylo za sledované období zaznamenáno na hektar 254 kg N, 20 kg P, 28 kg K, 112 kg Ca a 47 kg Mg. Stejně jako u sušiny byla tedy zaznamenána zrychlená spotřeba sledovaných živin v horizontech nadložního humusu. V případě Ca a Mg je třeba, jak již bylo zmíněno, vzít v úvahu ovlivnění aplikovaným vápněním v roce 2006 (v dávce ca 650 kg Ca a 350 kg Mg na hektar). Vápnění zřejmě také přispělo ke zlepšení podmínek rozkladu opadu (Tab. 3). Za sledované období došlo ke zlepšení (zvýšení) hodnot pH o 17 % na 5,5 (v H₂O) a o 13 % na 5,1 (v KCL). Poměr C/N se snížil o 6 % z hodnoty 18 na hodnotu 17 a saturace bázemi vzrostla o 13 % na hodnotu 83 %.

Tab. 3: Hodnoty (průměr a směrodatná odchylka) pH, poměru C/N a saturace bázemi (V) v humusových horizontech F+H (odběry 2006 a 2010) pod modřínovými porosty experimentu Kalek

Table 3: Values (mean and standard deviation) of pH, C/N ratio and base saturation (V) in forest-floor F+H (sampling 2006 and 2010) under larch stands on experiment Kalek

Rok/year	pH (H ₂ O)	pH (KCl)	C/N	V (%)
2006	4,7 (0,35)	4,5 (0,29)	18 (2,1)	70 (7,0)
2010	5,5 (0,2)	5,1 (0,2)	17 (2,4)	83 (6,7)
Rozdíl/difference (2006 vs. 2010) %	+17	+13	-6	+19

DISKUSE

Monokulturní porosty modřínu nejsou v našich podmínkách přirozené. Také v hospodářské praxi se proto doporučuje pěstovat modřín ve směsích. V reakci na rychle postupující imisní škody a nemožnost obnovy cílovými dřevinami, vznikly nesmíšené modřínové porosty na konci minulého století v Krušných horách. Oproti dalším dřevinám použitým v PND (např. bříza, jeřáb) bylo od modřínu očekáváno i alespoň částečné plnění funkce dřevoprodukční. V tomto směru naše výsledky potvrdily dřívější poznatky o rychlém růstu a akumulaci biomasy modřínu v mladém věku (MATERNA 1972, EKÖ et al. 2004). Výčetní základna zjištěná na našem experimentu ve věku 29 let (37 m².ha⁻¹) se blížila hodnotám zjištěným v porostech více než padesátiletých (např. PODRÁZSKÝ et al. 2011, JAGODZINSKI et al. 2018, CUKOR et al. 2020). Podle taxačních tabulek (ÚHÚL, VÚLHM 1990) odpovídají námi šetřené porosty bonitě AVB 36 a podle výnosových švýcarských tabulek (MARSCHALL 1992) jsou srovnatelné s 30letými modřínovými porosty na nejlepších bonitách.

Ploušťková struktura sledovaných modřínových porostů je i v takřka 30 letech stále relativně široká (10 až 34 cm), což odpovídá zjištěním i z nižších poloh (KANTOR, PAŘÍK 1998), kdy bylo konstatováno relativně dlouhé přežívání modřínu v podúrovni navzdory jeho světlomilnosti.

Nutnost včasného zahájení výchovy ve fázi intenzivního růstu v mládí jsme konstatovali již v předchozích analýzách (NOVÁK, SLODIČÁK 2006), které potvrdi-

ly i starší výsledky z porostů modřínu evropského (např. VICENA 1998). Kladný efekt volného zápoje na statickou stabilitu v mladých porostech modřínu japonského zajištěný nižším sponem při výsadbě (1 500 ks.ha⁻¹) a odpovídající výchovou zdůrazňují TORITA a MASAKA (2020).

Do věku 30 let se námi provedená výchova pozitivně projevila především ve zvýšení stability, potvrzené nižším podílem nahodilé těžby. Zastoupení staticky labilních stromů (h/d 100 a více) je však v současnosti poměrně vysoké nejen na kontrole bez zásahu (57 % jedinců), ale i v porostu se zásahem (55 % jedinců). To potvrzuje nutnost dalšího pokračování ve výchově, doporučeného i dalšími autory (např. KLÍMA 1990).

Nyní prezentované výsledky, navazující na předchozí šetření (NOVÁK et al. 2014, KACÁLEK et al. 2019), ukazují, že roční opad se v mladých (15-30letých) modřínových porostech dosahuje 3,4 až 4,8 tuny na hektar. To odpovídá hodnotám (3,7 t.ha⁻¹) zjištěným v 28letých porostech modřínu v jihozápadním Wisconsinu (GOWER, SON 1992). Koresponduje to i s naším výzkumem nadzemní biomasy modřínu na této lokalitě (NOVÁK et al. 2011), kdy byl v porostu bez výchovy ve vegetační době zaznamenán objem jehličí až 6 t.ha⁻¹. V polských podmínkách (JAGODZINSKY et al. 2018) byla v porostech modřínu vzniklých výsadbou zjištěna biomasa jehličí 0,7 až 4,2 t.ha⁻¹ pro porosty 7 až 100leté. Údaje z mladších porostů jsou k dispozici i pro 8leté výsadby hybridního modřínu, kdy při aktuální hustotě 1 300 až 3 300 stromků na hektar opadávalo sušiny ročně 2,5 až 3,7 t.ha⁻¹ (NA et al. 2021). Průměrný roční opad 3–4 t.ha⁻¹ byl zjištěn také ve starších (ca 40letých) porostech modřínu japonského (CHANG et al. 2009, 2011, JEONG et al. 2009, KIM et al. 2010).

Akumulace opadu pod námi sledovanými porosty vedla k zásobě sušiny ca 40 t.ha⁻¹ v horizontech LFH ve věku ca 20 let. Jelikož byly humusové vrstvy tvořené předchozími porosty před výsadbou modřínu narušeny shrnutím do valů, lze označit toto množství nadložního humusu jako plně vytvořené stávajícím mladým porostem. V již zmíněných 8letých porostech hybridního modřínu (NA et al. 2021) byla zjištěna zásoba sušiny v horizontech LFH pouze 5,4 až 6,5 t.ha⁻¹. Modřínový porost vysázený na bývalé zemědělské půdě v horských podmínkách akumuloval v LFH 10 t.ha⁻¹ sušiny za 12 let věku (PODRÁZSKÝ et al. 2006). Pod 16letým porostem na stanovišti s buldozerovou přípravou (tedy po shrnutí veškeré organické hmoty do valů) šetřeným ve stejné studii bylo zjištěno 27 t.ha⁻¹. Ve středních polohách v podmínkách odpovídajících SLT 5K vytvořil modřínový porost založený na bývalé zemědělské půdě za 30-40 let věku na jeden hektar 47 t.ha⁻¹ sušiny v horizontech LFH (PODRÁZSKÝ, ŠTĚPÁNIK 2002). Starší (50letý) modřínový porost na bývalé zemědělské půdě v podmínkách bližších našemu experimentu (SLT 6S) vykazoval v LFH až 75 t sušiny na hektar (KACÁLEK et al. 2010), v podmínkách SLT 6O pak 52letý porost akumuloval v LFH 77 t.ha⁻¹ (PODRÁZSKÝ et al. 2011). Na druhou stranu v nižších polohách (SLT 3S) bylo pod ca 60letým porostem modřínu zaznamenáno v humusových horizontech pouze 27 t.ha⁻¹ sušiny (PODRÁZSKÝ et al. 2002).

I když modřínové porosty vykazují pomalejší dekompozici opadu, zejména ve srovnání s listnáči (ČIULDIENĚ et al. 2017), na našem experimentu byly zjiště-

ny příznivé hodnoty z pohledu rozkladu opadu a zpřístupnění poutaných živin. Velkou roli v tomto zlepšení sehrálo aplikované vápnění (viz metodika a UHUL 2021).

Toto potvrzuje i porovnání námi zjištěných hodnot pH a saturace bází s publikovanými poznatky. V horizontech FH bylo uváděno pH většinou nižší (PODRÁZSKÝ et al. 2011, JÓZEFOWSKA et al. 2016) nebo srovnatelné (PODRÁZSKÝ, ŠTĚPÁNIK 2002) s našimi výsledky. V případě saturace bázemi přesahovaly porosty na našem experimentu (zřejmě z důvodů aplikovaného vápnění) hodnoty 80 %, tj. byly i více než dvojnásobně vyšší ve srovnání s dříve známými údaji z modřínových porostů – 19 až 45 % (PODRÁZSKÝ, ŠTĚPÁNIK 2002, PODRÁZSKÝ et al. 2002, 2011).

U poměru C/N, který charakterizuje rychlost rozkladu opadu, jsme v horizontech FH došli k výsledkům (pod hodnotou 20), potvrzujícím zrychlenou dekompozici. Podobná zjištění jsou známa ze starších ca 50letých modřínových porostů (KACÁLEK et al. 2010, PODRÁZSKÝ et al. 2011) založených na bývalé zemědělské půdě. Z pohledu tvorby lesního prostředí, charakterizovaného určitou mocností nadložního humusu, může být další snižování hodnoty C/N, tj. zabránění akumulace části opadávající hmoty, považováno za negativní (KACÁLEK et al. 2010). Hodnoty C/N 21 až 26 byly v horizontech FH zjištěny v 30-50letých modřínových porostech (PODRÁZSKÝ, ŠTĚPÁNIK 2002, PODRÁZSKÝ et al. 2002). V podmínkách rekultivace post-těžebních ploch vykazovaly 25leté modřínovými porosty v humusových horizontech poměr C/N 31 až 32 (JÓZEFOWSKA et al. 2016).

V naší práci jsme z pohledu aplikované výchovy hodnotili pouze ovlivnění dendrometrických charakteristik. Vliv na humusové a půdní poměry bude předmětem dalších analýz. V tomto směru jsou k dispozici poznatky z mladých porostů modřínu japonského (SON, LEE 1997, SON et al. 1999, MASYAGINA et al. 2010), které potvrzují výrazné ovlivnění dekompozice a mineralizace opadu provedenou výchovou (v závislosti na její intenzitě). V souladu s našimi poznatky o pozitivním efektu výchovy na růst a stabilitu náhradních porostů modřínu, lze toto péstební opatření doporučit a spojit ho i s přípravou na přeměny PND (podsadby dřevinami cílové druhové skladby). Zdravotní stav modřínových porostů je totiž v zájmové oblasti pod tlakem škodlivých činitelů. Ve srovnání s břízou, která byla nejčastější dřevinou použitou pro tvorbu PND, bylo poškození modřínu biotickými škůdci v minulém období menší (KULA 2007), i když se na něm vyskytovalo relativně široké spektrum škodlivých druhů. K výraznému zhoršení zdravotního stavu modřínu v Krušných horách způsobeného kombinací více stresových faktorů došlo v letech 2013 a 2014 (PEŠKOVÁ, MODLINGER 2014). Již dříve (BALCAR et al. 2008b) bylo v Krušných horách zaznamenáno prolámání náhradních porostů modřínu sněhem a námrazou.

ZÁVĚR

Využití modřínu k tvorbě náhradních porostů v Krušných horách přineslo nové poznatky. I když je modřín v hospodářských porostech doporučován jako součást směsí, i v nesmíšených porostních skupinách založených před 30 lety na imisních holinách (s přípravou půdy shrnutím klestu a části humusových horizontů) plní

funkce očekávané od PND. V náhradních porostech modřínu došlo k akumulaci biomasy a v ní obsažených živin a byl obnoven jejich koloběh spojený i tvorbou a funkčností nadložního humusu. Byl zaznamenán velmi dobrý růst náhradních porostů, které dosáhly v objemu produkce (podle výčetní základy) odpovídající modřínovým porostům na nejlepších bonitách. Růst a stabilitu podpořila intenzivní výchova provedená ve 13 letech věku (horní výška ca 8 m). Náhradní porosty modřínu jsou však stále pod silným tlakem škodlivých činitelů, a proto nelze doporučit odklad jejich přeměn. Naopak je třeba co nejvíce využít jejich současné funkčnosti (podsadby cílovými dřevinami apod.).

PODĚKOVÁNÍ

Příspěvek byl zpracován v rámci institucionální podpory (MZE-RO0118) a projektu QK21010335 „Možnosti využití modřínu opadavého v českých lesích pod dopadem globální klimatické změny“.

LITERATURA

- BALCAR V., PĚNIČKA L., SLODIČÁK M., NAVRÁTIL P., SMEJKAL J. 2008a. Zakládání porostů náhradních dřevin a jejich současný stav. In: Slodičák M. et al. (eds.) Lesnické hospodaření v Krušných horách. Hradec Králové, LČR; Strnady, VÚLHM: 121–141.
- BALCAR V., KULA E., LOMSKÝ B., MAUER O., ŠRÁMEK V. 2008b. Porosty náhradních dřevin (PND) a jejich ohrožení biotickými a abiotickými faktory. In: M. Slodičák et al. (eds.) Lesnické hospodaření v Krušných horách. Hradec Králové, LČR; Strnady, VÚLHM: 143–178.
- CUKOR J., ZEIDLER A., VACEK Z., VACEK S., ŠIMŮNEK V., GALLO J. 2020. Comparison of growth and wood quality of Norway spruce and European larch: effect of previous land use. *European Journal of Forest Research*, 139: 459–472.
- ČIULDIENĚ D., ALEINIKOVIENĚ J., MURAŠKIENĚ M., MAROZAS V., ARMOLAITIS K. 2017. Release and retention patterns of organic compounds and nutrients after the cold period in foliar litterfall of pure European larch, Common beech and red oak plantations in Lithuania. *Eurasian Soil Science*, 50, 1: 49–56.
- EKO P.M., LARSSON-STERN M., ALBREKTSON A. 2004. Growth and yield of hybrid larch (*Larix × eurolepis* A. Henry) in Southern Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 19: 320–328.
- GOWER S.T., SON Y. 1992. Differences in soil and leaf litterfall nitrogen dynamics for five forest plantations. *Soil Science Society of America Journal*, 56: 1959–1966.
- CHANG Y.J., CAO J., JIAN-JIAN L., PAN C.L., CHEN Q., MA L.D. 2009. Chemical properties of litter layers in coniferous forests of western Qinling Mountains. *Chinese Journal of Ecology*, 28, 7: 1308–1315.
- CHANG Y., CHEN Q., CAO J., LU H., WANG W. 2011. Litter amount and its nutrient storage and water holding characteristics under different coniferous forest types in Xiaolong Mountain, Gansu Province. *Acta Ecologica Sinica*, 31, 9: 2392–2400.
- JAGODZINSKI A.M., DYDERSKI M.K., GESIKIEWICZ K., HORODECKI P. 2018. Tree-

- and stand-level biomass estimation in a *Larix decidua* Mill. chronosequence. *Forests*, 9: 587.
- JEONG J., KIM C., AN H.C., CHO H.S., CHOO G.C. 2009. A comparison of litter-fall dynamics in three coniferous plantations of identical age under similar site conditions. *Journal of Ecology and Field Biology*, 32, 2: 97–102.
- JÓZEFOWSKA A., WOŚ B., PIETRZYKOWSKI M. 2016. Tree species and soil substrate effects on soil biota during early soil forming stages at afforested mine sites. *Applied Soil Ecology*, 102: 70–79.
- KACÁLEK D., NOVÁK J., ČERNOHOUS V., SLODIČÁK M., BARTOŠ J., BALCAR V. 2010. Vlastnosti nadložního humusu a svrchní vrstvy půdy pod smrkem, modřínem a olší v podmínkách bývalé zemědělské půdy. *Zprávy lesnického výzkumu*, 55, 3:158–164.
- KACÁLEK D., NOVÁK J., DUŠEK D., SLODIČÁK M. 2018. Litter fall and forest floor under conifer stands: silviculture consequences – a review. In: Gonçalves A.C. (ed.) *Conifers*. IntechOpen: 77–89.
- KANTOR P., PAŘÍK T. 1998. Produkční potenciál a ekologická stabilita smíšených lesních porostů v pahorkatinách – I. jehličnatý porost s příměsí buku na kyselem stanovišti ŠLP Křtiny. *Lesnictví-Forestry*, 44: 488–505.
- KIM C., JEONG J., CHO H.S., SON Y. 2010. Carbon and nitrogen status of litterfall, litter decomposition and soil in even-aged larch, red pine and rigitaeda pine plantations. *Journal of Plant Research*, 123: 403–409.
- KLÍMA S. 1990. Analýza výsledků probírkových zásahů na výzkumných plochách s modřínem. *Lesnictví*, 36: 1001–1022.
- KULA E. 2007. Caterpillars of the crown fauna in stands of substitute tree species. *Folia Oecologica*, 34: 30–41.
- MARSCHALL J. 1992. *Hilfstaffeln für die Forsteinrichtung (Fünfte Auflage)*. Wien, Österreichischer Agrarverlag: 199 s.
- MASYAGINA O.V., PROKUSHKIN S.G., KOIKE T. 2010. The influence of thinning on the ecological conditions and soil respiration in a larch forest on Hokkaido Island. *Eurasian Soil Science*, 43, 6: 693–700.
- MATERNA J. 1972. An information on larch nutrition. *Práce VÚLHM*, 42: 73–86.
- MZe ČR 2016. Program revitalizace Krušných hor [online; cit. 2021-04-30]. Dostupné na: http://eagri.cz/public/web/file/507491/PROGRAM_REVITALIZACE_KH.doc
- NA M., SUN X., ZHANG Y., SUN Z., ROUSK J. 2021. Higher stand densities can promote soil carbon storage after conversion of temperate mixed natural forests to larch plantations. *European Journal of Forest Research*, 140: 373–386.
- NOVÁK J., SLODIČÁK M. 2006. Development of young substitute larch (*Larix decidua* Mill.) stands after first thinning. *Journal of Forest Science*, 52: 147–157.
- NOVÁK J., SLODIČÁK M., DUŠEK D. 2011. Aboveground biomass of substitute tree species stand with respect to thinning - European larch (*Larix decidua* Mill.). *Journal of Forest Science*, 57, 1: 8–15.
- NOVÁK J., SLODIČÁK M., DUŠEK D., KACÁLEK D. 2013. Norway spruce litterfall and forest floor in the IUFRO thinning experiment CZ 13 – Vítkov. *Journal of Forest Science*, 59, 3: 107–116.
- NOVÁK J., SLODIČÁK M., DUŠEK D. 2014. Množství opadu v mladých porostech

- modřínu opadavého (*Larix decidua* Mill). In: Štefančík I. (ed.) Proceedings of Central European Silviculture. Zvolen, NLC: 194–199.
- PEŠKOVÁ V., MODLINGER R. 2014. K poškození modřínů v Krušných horách v roce 2014. Lesnická práce, 93, 12: 46–47.
- PODRÁZSKÝ V., ŠTĚPÁNÍK R. 2002. Vývoj půd na zalesněných zemědělských plochách - oblast LS Český Rudolec. Zprávy lesnického výzkumu, 47, 2: 53–56.
- PODRÁZSKÝ V., REMEŠ J., KARNET P. 2002. Hodnotová produkce a půdotvorná funkce třeshně ptačí. Lesnická práce, 81: 255–257.
- PODRÁZSKÝ V., REMEŠ J., ULBRICHOVÁ I. 2006. Rychlost regenerace lesních půd v horských oblastech z hlediska kvantity nadložního humusu. Zprávy lesnického výzkumu, 51, 4: 230–234.
- PODRÁZSKÝ V., PROCHÁZKA J., REMEŠ J. 2011. Produkce a vývoj půdního prostředí porostů na bývalých zemědělských půdách v oblasti Českomoravské vrchoviny. Zprávy lesnického výzkumu, 56: 27–35.
- SMEJKAL J. et al. 1994. Generel rekonstrukcí porostů náhradních dřevin v imisní oblasti východního Krušnohoří. Jablonec nad Nisou, Lesprojekt: 90 s.
- SON Y., LEE I.K. 1997. Soil nitrogen mineralization in adjacent stands of larch, pine and oak in central Korea. Annales des Sciences Forestieres, 54, 1: 1–8.
- SON Y., LEE W.K., LEE S.E., RYU S.R. 1999. Effects of thinning on soil nitrogen mineralization in a Japanese larch plantation. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 30, 17/18: 2539–2550.
- ŠRÁMEK V. et al. 2015. Aktualizace studie Lesnické hospodaření v Krušných horách. Strnady, VÚLHM: 195 s. Dostupné na: http://eagri.cz/public/web/file/445780/Zprava_KH_21032016_uprav.pdf
- TORITA H., MASAKA K. 2020. Influence of planting density and thinning on timber productivity and resistance to wind damage in Japanese larch (*Larix kaempferi*) forests. Journal of Environmental Management, 268: 110298.
- ÚHÚL 2019. Typologická mapa 2019 [online; cit. 2021-04-30]. Dostupné na: <http://geoportal.uhul.cz/OPRLMap/>
- ÚHÚL 2021 [online; cit. 2021-04-30]. Dostupné na: <http://geoportal.uhul.cz/VapnoMap/>
- ÚHÚL, VÚLHM 1990. Taxační tabulky. Brandýs nad Labem, ÚHÚL; Jíloviště-Strnady, VÚLHM: nestr.
- VICENA I. 1998. Modřín zvyšuje odolnost porostů proti vichřicím. Lesnictví-Forestry, 44: 230–234.