

SROVNÁNÍ BYLINNÉ ETÁŽE V POROSTECH DOUGLASKY TISOLISTÉ (*PSEUDOTSUGA MENZIESII* (MIRB.) FRANCO) A V POROSTECH JINÝCH DŘEVIN

COMPARISON OF THE HERB LAYER IN THE STANDS OF DOUGLAS-FIR (*PSEUDOTSUGA MENZIESII* /MIRB./ FRANCO) AND STANDS OF OTHER TREE SPECIES

KAREL MATĚJKA¹⁾ ✉ - VILÉM PODRÁZSKÝ²⁾ - JIŘÍ VIEWEGH²⁾ - ANTONÍN MARTINÍK³⁾

¹⁾Karel Matějka, IDS, Na Komořsku 2175/2a, CZ - 143 00 Praha 4

²⁾Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská, Kamýcká 129, CZ - 165 21 Praha 6 - Suchbátka

³⁾Mendelova univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta, Zemědělská 3, CZ - 613 00 Brno

✉ e-mail: matejka@infodatasys.cz

ABSTRACT

Douglas-fir represents the most productive tree species in the Central European forestry. Despite its well known high production potential, the effects of this neophyte tree species on the other components of forest ecosystems were studied less frequently. The presented paper compares herb layer in stands of Douglas-fir with stands of another tree species such as beech - *Fagus sylvatica*, sessile oak - *Quercus petraea*, and Norway spruce - *Picea abies* located in the same site conditions. The plant communities were analyzed in 66 plots with fully developed herb layer; the dominant woody species were always older than 60 years. Douglas-fir shows statistically significant effect on species composition of the plant community. However, this change did not affect result of numerical classification conspicuously. Such influence was connected with processes of ruderalization. Spontaneous regeneration of Douglas-fir was observed frequently. Its non-controlled dispersal can be viewed as potentially dangerous at landscape level. Broader research of the environmental effects of the Douglas-fir and its potential hazards is needed.

Klíčová slova: douglaska, pěstování, fytoocenózy, klasifikace, ordinace

Key words: Douglas-fir, silviculture, plant communities, classification, ordination

ÚVOD

Douglaska tisolistá (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) se dostává v posledním období do popředí zájmu české lesnické veřejnosti (KUBEČEK et al. 2014; PULKRAB et al. 2014; SLODIČÁK et al. 2014), ale i jinde v zahraničí (například PETKOVA et al. 2014; POPOV 2014). Souvisí to s její vysokou produkcí a úvahami o možné částečné náhradě smrku ztepilého v nižších polohách, kde má smrk v posledních desetiletích značné problémy.

Porostní výsadby douglasky tisolisté mají dlouhodobou tradici i na území Školního lesního podniku (ŠLP) Křtiny, spravovaného Mendelovou univerzitou v Brně. Jak uvádí KANTOR et al. (2002), počátky introdukce v této oblasti sahají přibližně do roku 1844. I když tento nejstarší douglaskový porost byl již zřejmě dříve vytežen, lze jej dohledat v dnes již historických lesnických knihách (Kantor – osobní sdělení). Tato introdukovaná dřevina se bezpochyby lesnický experimentálně osvědčila a výsadby na daném území pokračovaly, takže v současnosti je její zastoupení na ŠLP 1,1 % (pro srovnání, v ČR celkem je to cca 0,22 %) (VAŠÍČEK 2014).

Stanoviště výskytu této dřeviny na území ŠLP Křtiny byla předmětem různých typů výzkumu. Produkcí se zabýval například KANTOR (2008). S ní spojenou analýzou nadzemní biomasy se zde zabývali MARTINÍK, KANTOR (2007) a kořenovými systémy MAUER, PALÁTOVÁ (2010, 2012). Změny humusových poměrů na lokalitách z této oblasti uvádějí MENŠÍK et al. (2009) a porovnávání vodního provozu

douglasky tisolisté se smrkem ztepilým popisuje NADEZHDINA et al. (2014).

Výsadby douglasky tisolisté v živinově různorodém území ŠLP (BAJER et al. 2008) mohou rozdílně ovlivňovat lesní ekosystém a jeho jednotlivé složky. Je všeobecně známo, že bylinné patro (E_1) indikuje podmínky stanoviště, na němž je založena většina typologických klasifikací a klasifikací biotopů. Proto bylo rozhodnuto zjistit stav podrostu v porostech douglasky tisolisté a srovnat jej se stavem podrostu ve zdejších bučinách, doubravách a kulturních smrčínách.

Cílem tohoto článku je porovnat strukturu rostlinných společenstev v ekosystémech s pěstovanou douglaskou tisolistou se společenstvy s dominancí dřevin přirozené druhové skladby na porovnatelných stanovištích na příkladu jednoho úzce vymezeného území, kde se neprojeví geografická variabilita společenstev, jak by tomu bylo v případě studia společenstev v širším území, což vyplývá z výsledků celorepublikového zpracování (MATĚJKA et al. 2014; PODRÁZSKÝ et al. 2011).

MATERIÁL A METODIKA

Na území ŠLP Křtiny byly vybrány lokality s 66 fytoocenologickými zápisy, na nichž dominovaly především dřeviny *Pseudotsuga menziesii*, *Fagus sylvatica*, *Quercus petraea* a *Picea abies* (počet ploch s jednotlivými dominantami viz tab. 1). Základní podmínkou výběru byla na lokalitách přítomnost plochy s douglaskou tisolistou a v její blízkosti výskyt vhodné plochy se srovnávací dominantní dřevinou

(někdy bylo ke srovnání vybráno i více ploch). Při výběru ploch byla dále zohledněna následující kritéria: dominantní dřevina plochy musela mít stáří více než 60 let (žádoucí bylo více než 80 let), zastoupení vyšší než 60 % (žádoucí vyšší než 80 %), zápoj na ploše vyšší než 70 %. Plocha s dominantní douglaskou tisolistou a k ní srovnávací plocha musely mít stejný sklon, expozici a polohu ve stejném souboru lesních typů (SLT; užitý typologický systém viz PRŮŠA 2001). Na každé ploše byl získán fytoocenologický snímek (úplný typologický zápis bez půdní sondy). Každý snímek je označen kódem plochy (první tři znaky) a v lesnictví běžně užívanou zkratkou dominantní dřeviny (2 znaky), které byly doplněny znakem + v případě, že se ve stromovém patře objevují další druhy jako subdominanty. Případná číslice značí pořadové číslo snímku, pokud předchozí znaky nedokáží jednoznačně identifikovat snímek (například při dvou snímcích s jednou dřevinou na téže lokalitě).

Snímky byly zapsány v programu DBreleve (MATĚJKA 2013). Data byla před numerickou analýzou transformována následujícím způsobem: stupně abundance-dominance (užita byla Zlatníková stupnice), použité při pořízení fytoocenologického snímku, byly převedeny na průměrnou pokryvnost, dále byly ve snímku pokryvnosti všech druhů etáže transformovány tak, aby se jejich suma pro tuto etáž rovnala celkové pokryvnosti etáže, čímž byly získány hodnoty reprezentativnosti jednotlivých druhů.

Snímky byly klasifikovány Wardovou metodou (WARD 1963) s použitím kvadrátu euklidovské distance v systému PC-ORD (McCUNE, MEFFORD 1999). Dále byla užita divizivní metoda klasifikace TWINSpan (HILL 1979), pomocí níž byla popsána variabilita hodnocených společenstev.

Nepřímá gradientová analýza DCA (detrended correspondence analysis) sloužila k odhalení proměnlivosti složení bylinného patra v zapsaných fytoocenologických snímcích. Význam jednotlivých ordinačních os byl interpretován na základě znalosti charakteristik jednotlivých druhů. K tomuto účelu byl zvláště využit bioindikační systém podle Ellenberga (ELLENBERG et al. 1991). Počítán byl korelační koeficient mezi DCA skóre jednotlivých druhů a jejich indikačními hodnotami pro světlo (L), teplotu (T), kontinentalitu (C), půdní vlhkost (W), půdní reakci (R) a aktivitu dusíku (N). Označení posledního faktoru jako „aktivita dusíku“ vychází z předpokladu, že se jedná o dostupnost dusíku, která je spíše závislá na rychlosti procesů v půdě, nežli na pouhé koncentraci dusíku v půdě.

Přímá gradientová analýza CCA (canonical correspondence analysis) se snažila o odhalení vlivu dřevin na druhové složení bylinného patra. Zastoupení 12 stromových druhů ve stromovém a keřovém patře (suma reprezentativnosti druhu v E_3 a v E_2) bylo uvažováno jako sada environmentálních proměnných. Pomocí permutačního Monte Carlo testu byla zjišťována signifikance jak samostatně první kanonické osy, tak všech kanonických os dohromady.

Ordinační analýzy byly počítány programem CANOCO (TER BRAAK, ŠMILAUER 2002). Taxonomická nomenklatura je uváděna podle práce KUBÁT et al. (2002). Typologická nomenklatura podle PRŮŠA (2001).

VÝSLEDKY A DISKUSE

Klasifikace snímků

Dendrogram shlukové analýzy (obr. 1) ukazuje při užití hladiny 50 % datové variance 5 shluků, které je možno přibližně interpretovat na trofickém gradientu jako oligotrofní, oligo-mezitrofní, mezotrofní, mezotrofně-nitrofilní a nitrofilní typy společenstev. Současně toto rozdělení ploch vykazuje i znaky naznačující vliv klimatu s variabilitou mezi lokalitami chladnějších a teplejších stanovišť.

Klasifikace rostlinných společenstev procedurou TWINSpan (obr. 2) ukazuje na variabilitu společenstev rostoucích jednak na stanovištích původních bučin s indikátory *Sambucus nigra*, *Asarum europaeum*,

Mercurialis perennis, *Oxalis acetosella*, *Rubus idaeus* a *Impatiens parviflora* (klasifikační skupina *0; 41 ploch), jednak na stanovištích nižších poloh původních doubrav s indikačním druhem *Quercus petraea* agg. (zmlazující v bylinném patře), kde se hojněji vyskytují *Carex digitata*, *Mycelium nuralis*, *Bromus benekenii*, *Melica uniflora*, *Dactylis polygama*, *Campanula trachelium*, *Hordelymus europaeus* a *Geranium*

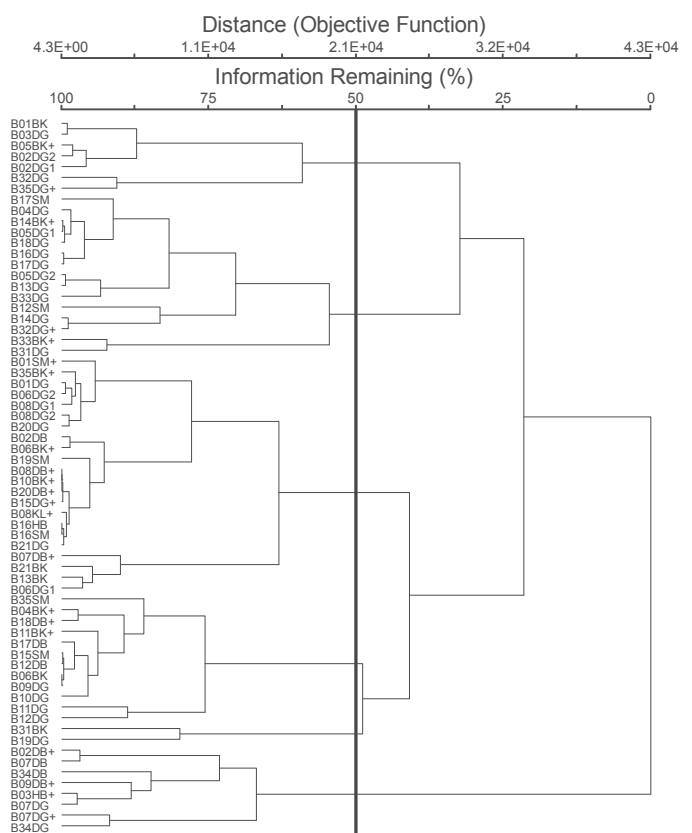
Tab. 1.

Počet fytoocenologických snímků v klasifikačních skupinách procedury TWINSpan druhé úrovně podle dominantních dřevin stromového patra

Number of relevés within the TWINSpan classification groups of second level according to the dominant tree species

Dominantní dřevina/ Dominant tree species	Klasifikační skupina TWINSpan				Celkem
	*00	*01	*10	*11	
DG	7	15	4	6	32
BK	3	2	7	1	13
DB	2	1	7	1	11
HB			1	1	2
KL	1				1
SM		5	1	1	7
Celkem/In total	13	23	20	10	66

Captions: DG – Douglas-fir; BK – European beech; DB – pedunculate oak; HB – hornbeam; KL – Sycamore; SM – Norway spruce



Obr. 1.

Klasifikace fytoocenologických snímků Wardovou metodou; silně je vyznačena použitá hladina 50 %

Fig. 1.

The Ward's classification of relevés; used 50% level is given in bold

robertianum (skupina *1; 25 ploch). Dále je možno popsat klasifikační skupiny druhé úrovně:

- Skupina *00 (13 ploch) – společenstva porostů douglasky tisolisté a dalších dřevin (tab. 1) na živných stanovištích SLT 3B (*Querceto-Fagetum mesotrophicum*) a 4B (*Fagetum mesotrophicum*), s indikačními druhy *Mercurialis perennis*, *Galeobdolon luteum* a *Asarum europaeum*, dále s *Fagus sylvatica*, *Carex pilosa*, *Maianthemum bifolium*, *Rubus fruticosus* agg., *Rubus idaeus* a *Sambucus nigra*.
- Skupina *01 (23 ploch) – společenstva převážně porostů douglasky tisolisté a smrku ztepilého na živných stanovištích SLT 3B (*Querceto-Fagetum mesotrophicum*) s *Rubus idaeus* jako s indikačním druhem, dále s *Carpinus betulus*, *Acer pseudoplatanus*, *Galeopsis pubescens*, *Urtica dioica*, *Festuca drymeja*, *Melica uniflora* a *Galium odoratum*.
- Skupina *10 (20 ploch) – společenstva různých dřevin na živných stanovištích SLT 2B (*Fageto-Quercetum mesotrophicum*) a 3B (*Querceto-Fagetum mesotrophicum*) s druhy *Quercus petraea* agg., *Fagus sylvatica*, *Carex digitata*, *Mycelis muralis*, *Anemone nemorosa*, *Carex pilosa* a *Dentaria bulbifera*.
- Skupina *11 (10 ploch) – společenstva bučin, doubrav a porosty douglasky tisolisté na živných a slabě acidofilních stanovištích SLT 2S (*Fageto-Quercetum oligo-mesotrophicum*) a 2B (*Fageto-Quercetum mesotrophicum*) s indikačními druhy *Quercus petraea* agg., *Pulmonaria obscura*, *Melica uniflora*, *Bromus benekenii*, *Convallaria majalis*, *Dactylis polygama* a *Torilis japonica*.

Lze sice prokázat, že frekvence klasifikačních skupin TWINSPAN se liší pod různými druhy pěstovaných dřevin (například test závislosti v kontingenční tabulce podle dat v tab. 1, vezmeme-li v úvahu pouze snímky pod hlavními dřevinami DB, BK, SM a DG, vychází signifikantní: $\chi^2 = 20,17$, tedy $P = 98,3\%$ při $n = 9$ stupních volnosti), což je však triviální výsledek, který lze předpokládat. Přesto obě klasifikační metody nedokáží dostatečně odlišit společenstva podle bylinného patra v lesních ekosystémech s pěstovanou douglaskou tisolistou od ostatních společenstev s autochtonními dřevinami (a se smrkem ztepilým na nepůvodních stanovištích), a to ani v úzce geograficky vymezené oblasti ŠLP Křtiny (srov. tab. 2). V tomto smyslu

* *0 Impatiens parviflora 3 Sambucus nigra 1 Oxalis acetosella 3 Asarum europaeum 1 Mercurialis perennis 1 Rubus idaeus 1 *00 Mercurialis perennis 1 Galeobdolon luteum 1 Asarum europaeum 1 *000 Carex pilosa 1 *001 *01 Rubus idaeus 1 *010 *011 Urtica dioica 1 Melica uniflora 1 Geranium robertianum 1 *1 Quercus petraea agg. 1 *10 *100 Carex digitata 1 Oxalis acetosella 1 Mycelis muralis 1 Rubus fruticosus agg. 1 Anemone nemorosa 1 *101 Quercus petraea agg. 2 Impatiens parviflora 2 *11 Pulmonaria obscura 1 Melica uniflora 2 Bromus benekenii 1 Convallaria majalis 1 Dactylis polygama 1 Torilis japonica 1 *110 Melica uniflora 3 *111

Obr. 2.

Klasifikační skupiny snímků vytvořené procedurou TWINSPAN. Pro každou skupinu je uveden seznam druhů – indikátorů a jejich stupeň pokryvnosti (užitě cut-levels 1 až 5 odpovídají pokryvnostem vyšším než 0,0 – 1,0 – 10,0 – 31,62 – 56,23%)

Fig. 2.

The TWINSPAN classification of relevés. Each classification group is accompanied by the list of indicator species with coverage degree (cut-levels 0.0 – 1.0 – 10.0 – 31.62 – 56.23% were used as degree 1 to 5)

nejde o zjištění, jestli existují klasifikační skupiny s více zastoupenými porosty s douglaskou, ale o to, že nebyly zjištěny shluky, které by byly specifické pro takové porosty. To odpovídá závěru získanému v rámci celé České republiky, že douglaska sice ovlivňuje složení rostlinného společenstva statisticky signifikantně, ale současně existuje řada dalších faktorů, které mohou efekt douglasky překrývat (MATĚJKA et al. 2014).

Ordinační analýza

DCA ukazuje, že na variabilitu druhového složení bylinného patra má vliv více faktorů, protože první osa vystihuje pouze 12,0% celkové datové variance, první dvě osy pak společně 20,9% a první čtyři osy celkem jen 33,9% celkové datové variance. Význam os DCA ordinace druhů (obr. 3) lze celkem dobře vysvětlit pomocí Ellenbergových indikačních hodnot druhů (tab. 3). Skóre druhů podél první osy nejsilněji a současně signifikantně koreluje s hodnotami indikačních hodnot pro půdní reakci, dále je signifikantně korelováno s indikačními hodnotami pro dostupnost vody a s kontinentalitou. Uvážíme-li též výšky snímků z různých lesních vegetačních stupňů v různých částech ordinačního prostoru, zdá se, že 1. osa souvisí též s lesním vegetačním stupněm (se vzrůstem skóre klesá LVS). Druhá osa pak naznačuje nejužší vztah s aktivitou dusíku a s půdní reakcí.

Rozmístění snímků v ordinačním prostoru (obr. 4) pak toto tvrzení jen potvrzuje s tím, že klimatické podmínky neodrážejí rozdíly v nadmořské výšce, jako spíše expozice ke světovým stranám, kdy chladnější plochy jsou na severních nebo severovýchodních expozicích, zatímco ty teplejší jsou obráceny k jihu a k jihozápadu.

Snímky jsou v celém zobrazeném prostoru rozmístěny víceméně rovnoměrně, nevytvářejí shluky, a to ani ve vztahu k dominantní dřevině. Je však patrné, že variabilita společenstev pod pěstovanou douglaskou tisolistou je nižší v porovnání s variabilitou společenstev s autochtonními dřevinami, což se projevuje tím, že snímky v porostech s douglaskou jsou v ordinačním prostoru blíže u sebe, při srovnání s jinými dřevinami. Zvláště náhradou původních dubů douglaskou tisolistou dochází ke ztrátě původní variability v druhovém složení společenstev.

Jakým způsobem determinuje zastoupení dřevin druhové složení bylinného patra, ukázala přímá gradientová analýza (obr. 5 a 6). První dvě (kanonické) ordinační osy popisují celkem 10,8% datové variance. První kanonická ordinační osa je signifikantně významná (pro Monte Carlo test vychází pravděpodobnost chyby $p = 2,0\%$), stejně jako suma všech kanonických os ($p = 1,0\%$), což lze shrnout tak, že pěstované dřeviny významně ovlivňují druhové složení bylinného patra. Vzhledem k tomu, že první osa odráží variabilitu společenstev mezi porosty autochtonních listnáčů a douglasky, bylo touto analýzou prokázáno významné ovlivnění složení bylinného patra pěstováním douglasky. Přesto je potřeba si uvědomit, že zastoupení dvanácti druhů dřevin užitých v analýze dokáže vysvětlit pouze 24% celkové datové variance.

Vzhledem k umístění dřevinných druhů v prostoru prvních dvou kanonických ordinačních os se nejvýznamnějšími dřevinami jeví přítomnost dominant *Picea abies*, *Quercus petraea* agg. a *Betula pendula*. Druh *Picea abies* je pěstován na území ŠLP na nepůvodních stanovištích původních doubrav, bučin a jejich směsí (2.–4. LVS). Je však všeobecně známo (AUGUSTO et al. 2003), že smrkový opad výrazně mění povrchový humus – snižováním pH. Na druhou stranu, habrové doubravy v oblasti ŠLP Křtiny se vyskytují na autochtonních stanovištích. Dominující pionýrská dřevina *Betula pendula* a světlomilný druh *Pinus sylvestris* ukazují na druhotně prosvětlená stanoviště, která mohou být i v porostech původních dřevin ve stadiu rozpadu. Druh *Pseudotsuga menziesii* sice stanoviště ovlivnil, ale – jak ukázala vegetace bylinného patra – relativně méně než druhotné smrčiny. Druhová diverzita pod douglaskou bývá vyšší, ve společenstvu bývá přítomna řada druhů, které vytvářejí společenstva pod původními dřevinami. Zato pod smrkem řada druhů úplně chybí a druhová diverzita je výrazně snížena (PODRÁZSKÝ et al. 2014).

Tab. 2.

Průměrné pokryvnosti druhů (%) ve fytoocenologických snímcích klasifikovaných procedurou TWINSpan; tři snímky s ojedinělým výskytem jiné dominanty nejsou uváděny

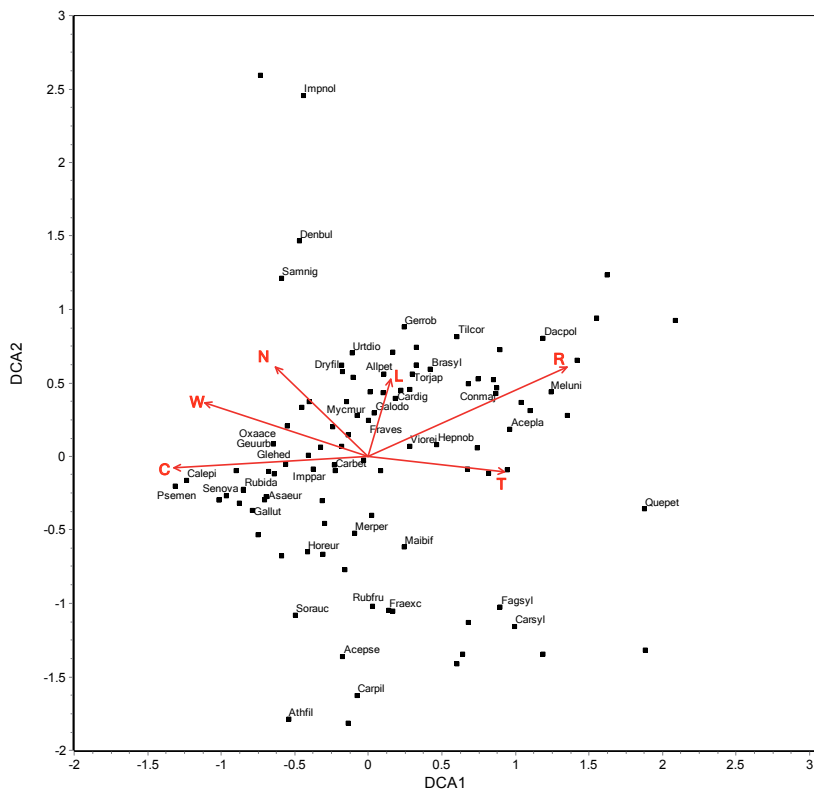
Average cover of species (%) in phytosociological relevés classified with TWINSpan; three relevés with unique occurrence of another dominance are not given (BK – beech; DB – oak; DG – Douglas-fir)

Klasifikační skupina/ Classification group		*00			*01				*10				*11			
Dominantní dřevina/ Dominant tree species		BK	DB	DG	BK	DB	DG	SM	BK	DB	DG	SM	BK	DB	DG	SM
Počet snímků/Number of relevés		3	2	7	2	1	15	5	7	7	4	1	1	1	6	1
E ₃ :																
<i>Quercus petraea</i> agg.	DB	12	64	0.83	5	92	0.93		3.3	69		2.5		40	2.5	
<i>Fagus sylvatica</i>	BK	72	26	5	56		3.6	0.56	79	5.4	7		85	40	0.65	
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	DG			67	5		77		6.9		60				70	
<i>Picea abies</i>	SM			0.071	5		0.5	79				78				40
<i>Abies alba</i>									0.41							
<i>Acer platanoides</i>										0.069						
<i>Betula pendula</i>					0.25					0.071						
<i>Carpinus betulus</i>		1.8	2.9	1.9	5	2.9	1.7	1.9	1.2	22	7.8	17		9.2	4.5	
<i>Fraxinus excelsior</i>							0.33									
<i>Larix decidua</i>		13	0.25	2.2			0.59		0.89		9.1	2.5			0.45	40
<i>Pinus sylvestris</i>					7.5										0.74	
<i>Quercus robur</i>							0.33				1.3					
<i>Tilia cordata</i>			1.4	0.44			0.05		4.9		0.13				0.075	
E ₂ :																
<i>Quercus petraea</i> agg.															0.11	
<i>Fagus sylvatica</i>		1.2	5	4	0.25	12	3.5	1.9	2.3	0.83	3.8		5	0.83	0.2	5
<i>Acer pseudoplatanus</i>						12										
<i>Carpinus betulus</i>		5.7	2.5	5	2.5	1.9	0.33	1	0.21	4.3				0.17	5	
<i>Frangula alnus</i>							0.033									
<i>Sambucus nigra</i>							6.5				7.5					5
<i>Sambucus racemosa</i>											0.13					
<i>Sorbus aucuparia</i>								0.096								
<i>Tilia cordata</i>				0.27			0.033									
E ₁ :																
<i>Abies alba</i>	Abialb						0.004	0.012	0.05							
<i>Acer campestre</i>	Acecam									0.014						
<i>Acer platanoides</i>	Acepla	0.13		0.11			0.004		0.011	0.012						
<i>Acer pseudoplatanus</i>	Acepse	0.026	1.3	0.31		8.7	0.053	0.076	3.5	0.021	0.16	0.52			0.078	
<i>Actaea spicata</i>	Actspi						0.003	0.012								
<i>Aegopodium podagraria</i>	Aegpod			0.011												
<i>Ajuga reptans</i>	Ajurep										0.041					
<i>Alliaria petiolata</i>	Allpet	0.026					0.038		0.009	0.044					0.11	0.41
<i>Anemone nemorosa</i>	Anenem								0.17		0.19					
<i>Asarum europaeum</i>	Asaeur	1.1	0.42	1.6			0.042	1.5		0.02						
<i>Astragalus glycyphyllos</i>	Astgly						0.006									
<i>Athyrium filix-femina</i>	Athfil			0.008		0.087	0.46	0.018				0.058				
<i>Avenella flexuosa</i>	Avefle							0.018		0.036						
<i>Betula pendula</i>	Betpen															0.012
<i>Brachypodium sylvaticum</i>	Brasyl						0.043				0.012					0.51
<i>Bromus benekenii</i>	Broben						0.006							0.061	0.038	
<i>Calamagrostis arundinacea</i>	Calaru						0.012									
<i>Calamagrostis epigejos</i>	Calepi				0.13		1.1	2			0.035					
<i>Campanula persicifolia</i>	Camper						0.003									0.014
<i>Campanula trachelium</i>	Camtra											0.082				0.016
<i>Cardamine impatiens</i>	Carimp						0.006	0.034								0.032
<i>Carex digitata</i>	Cardig		0.05				0.095	0.035	0.054		0.035	0.1	2.5		0.66	2.4

Tab. 2.

 Pokračování
 Continuation

<i>Carex pairae</i>	Carpai	0.037					0.024					0.082		0.012		
<i>Carex pilosa</i>	Carpil		0.17	0.017			3		6	1.2	1.6	10	0.082	0.8		
<i>Carex pilulifera</i>	Carpil*							0.024								
<i>Carex sylvatica</i>	Carsyl						0.013		0.27		0.012					
<i>Carpinus betulus</i>	Carbet	0.27	0.05	0.051			0.55	0.076	0.012	0.036	0.012	3.1	0.31	1.3	0.081	
<i>Circaea lutetiana</i>	Cirlut															
<i>Clinopodium vulgare</i>	Clivul													0.016		
<i>Convallaria majalis</i>	Conmaj						0.007					4.3	0.061	0.42	0.081	
<i>Convolvulus arvensis</i>	Conarv		0.033	0.086			0.045							0.11		
<i>Corylus avellana</i>	Corave							0.012								
<i>Dactylis glomerata</i>	Dacglo													0.012		
<i>Dactylis polygama</i>	Dacpol						0.034						0.061	0.5	0.41	
<i>Dentaria bulbifera</i>	Denbul	1.1		0.26	0.44		0.11		0.034	0.19	3.1			0.06		
<i>Dryopteris dilatata</i>	Drydil			0.11	0.025		0.027	0.013	0.0084							
<i>Dryopteris filix-mas</i>	Dryfil		0.05	0.094	0.44	0.087	0.2	0.11	0.0087					0.027		
<i>Epilobium collinum</i>	Epicol							0.024								
<i>Euphorbia amygdaloides</i>	Eupamy	0.026												0.15		
<i>Fagus sylvatica</i>	Fagsyl	0.31	4.8	0.94	0.22		2.1	0.58	8.9	3.5	0.058	0.1	0.41	6.1	0.077	
<i>Festuca gigantea</i>	Fesgig				0.025		0.087	0.013								
<i>Fragaria vesca</i>	Fraves			0.008			0.083	0.018	0.0084					0.026	0.24	
<i>Frangula alnus</i>	Fraaln						0.007									
<i>Fraxinus excelsior</i>	Fraexc	0.018		0.008	0.025	0.087	0.11	0.029	0.28	0.044		3.1	0.41	0.012	0.41	
<i>Galeobdolon luteum</i>	Gallut	5.6	1.5	8.1			0.13	4	0.013	0.004				0.33		
<i>Galeopsis pubescens</i>	Galpub	0.037	0.05	0.02			0.004	0.09		0.022						
<i>Galeopsis speciosa</i>	Galspe									0.004			0.41			
<i>Galeopsis tetrahit</i>	Galtet									0.005						
<i>Galium aparine</i>	Galapa						0.006	0.012		0.036						
<i>Galium odoratum</i>	Galodo	4.4	1	5	5.6	0.43	4.6	0.018	8.8	2.5	7.7	0.52	16	1.8	15	
<i>Galium sylvaticum</i>	Galsyl						0.005							0.061	0.41	
<i>Geranium robertianum</i>	Gerrob	0.12	0.033	0.68	2.8		1.1	0.03	0.096	0.67	0.041			2.6	8.1	
<i>Geum urbanum</i>	Geuurb						0.042	1.2	0.034	0.011	0.035			0.026	2.4	
<i>Glechoma hederacea</i>	Glehed			0.071			0.28	0.38								
<i>Hepatica nobilis</i>	Hepnob	0.2	0.17	0.11						0.044				0.09		
<i>Hieracium murorum</i>	Hiemur								0.034							
<i>Hieracium sabaudum</i>	Hiesab												0.082	0.014		
<i>Hordelymus europaeus</i>	Horeur			0.017		0.087	0.071			0.078	0.48	0.1				
<i>Chelidonium majus</i>	Chemaj						0.011	0.013								
<i>Impatiens noli-tangere</i>	Impnol				18		0.004			1.1	6.5					
<i>Impatiens parviflora</i>	Imppar	19	10	19	14	17	18	13	9.2	11	7.8	10	0.41	0.061	2	16
<i>Lamium maculatum</i>	Lamac			0.054												
<i>Lathyrus niger</i>	Latnig														0.014	
<i>Lathyrus vernus</i>	Latver						0.022		0.048	0.004			0.41	0.061	0.041	
<i>Ligustrum vulgare</i>	Ligvul	0.037		0.0081												
<i>Luzula luzuloides</i>	Luzluz						0.031	0.11	0.012	0.005			0.41		0.036	
<i>Luzula pilosa</i>	Luzpil								0.008							
<i>Lysimachia nummularia</i>	Lysnum						0.004									
<i>Maianthemum bifolium</i>	Maibif	0.087	1	0.14			0.78		1			0.52	0.082	0.012		
<i>Melica nutans</i>	Melnut	0.018		0.011			0.007		0.034					0.077		
<i>Melica uniflora</i>	Meluni	1.	6.8	3.4	2.7	0.43	2.9	0.35	3.6	8.9	0.76		2.5	42	26	2.4
<i>Mercurialis perennis</i>	Merper	3.7	7.4	1.2			0.07	0.012	0.026							
<i>Milium effusum</i>	Mileff													0.07		
<i>Moehringia trinervia</i>	Moetri						0.004	0.012								
<i>Mycelis muralis</i>	Mycmur			0.043			0.032	0.076	0.10		0.14			0.086	0.081	
<i>Oxalis acetosella</i>	Oxaace	2.8		9.6	20	2.6	19	14	1.8	0.064	14	0.52	2.5	1.6	16	

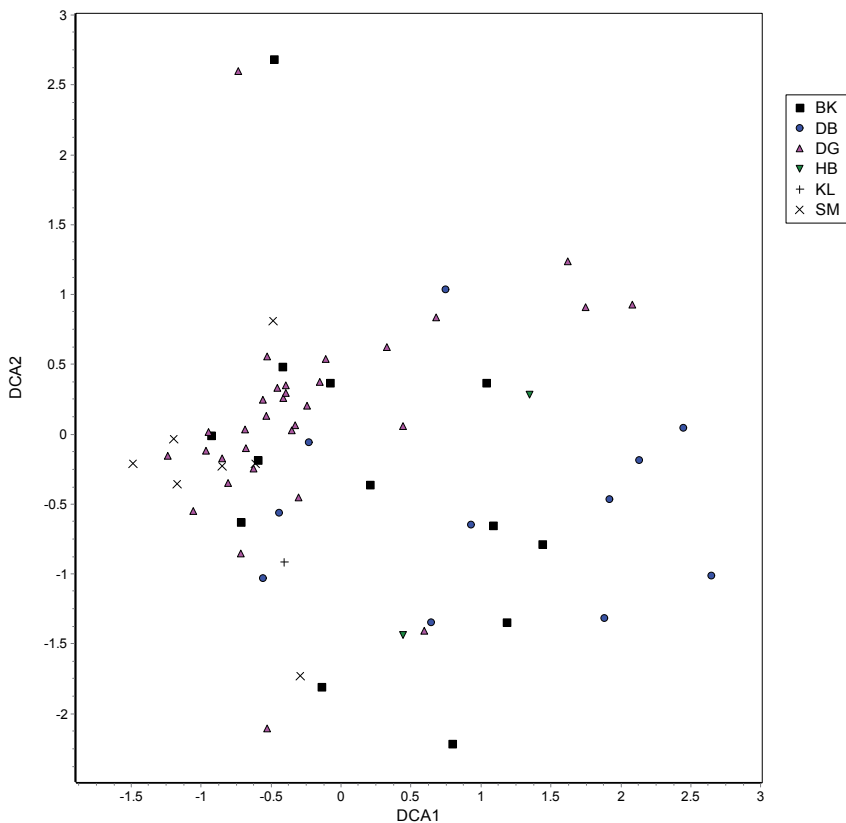


Obr. 3.

Poloha druhů v prostoru prvních dvou ordinačních os DCA (vysvětlivky zkratk druhových jmen jsou v tab. 2). Poloha indikačních hodnot druhů podle Ellenberga (ELLENBERG et al. 1991) určena na základě korelačních koeficientů (tab. 3)

Fig. 3.

Position of species in the space of two first axes DCA (the species abbreviations are presented in Tab. 2). Positions of the Ellenberg's indication values (ELLENBERG et al. 1991) was derived using correlations (Tab. 3)

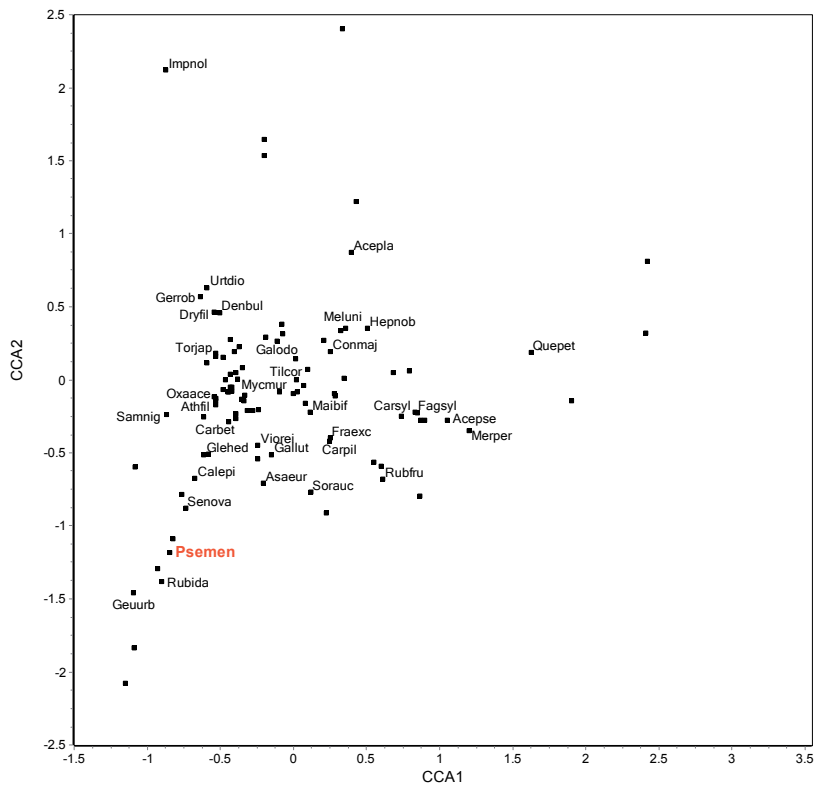


Obr. 4.

Poloha snímků v prostoru prvních dvou ordinačních os DCA; rozlišeny jsou skupiny snímků podle dominantních dřevin

Fig. 4.

Position of relevés in the space of two first axes DCA; the groups according to dominant tree species are distinguished

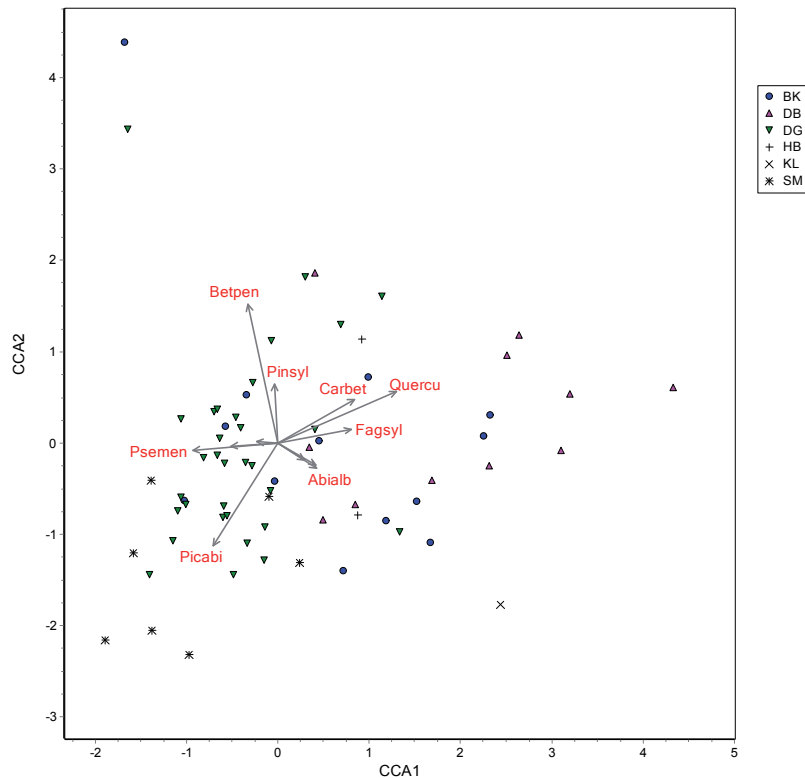


Obr. 5.

Ordinační prostor prvních dvou os CCA s vyznačením polohy druhů E_1 . Zastoupení dřevin v E_2+E_3 bylo užito jako environmentální proměnná. Zvýrazněná poloha zmlazující se douglasky tisolisté jako druhu bylinného patra (zkratky druhů viz tab. 2)

Fig. 5.

The CCA ordination space of two first axes with the E_1 -species positions. Shares of woody species in E_2+E_3 were used as environmental variables. Position of Douglas-fir in the herb layer was marked (for species abbreviations see Tab. 2)



Obr. 6.

Ordinační prostor prvních dvou os CCA s vyznačením polohy snímků klasifikovaných podle dominantních dřevin v E_3 a se zastoupením dřevin užitým jako environmentální proměnné

Fig. 6.

The CCA ordination space of two first axes with relevé positions; relevés were classified according to dominant tree species. Shares of woody species in E_2+E_3 were used as environmental variables

ZÁVĚR

Bylinné patro se ukázalo dobrým indikátorem změn druhového složení rostlinných společenstev v závislosti na druhu pěstované dominantní dřeviny v hospodářských lesích. Dřevinné patro ovlivňuje svým opadem především humusové půdní horizonty, na které je z velké části vázána dynamika živin. Indikační schopnost bylinného patra se dá použít jako první krok před následnými podrobnými (a nákladnými) laboratorními rozbory půdy, kdy z nich lze určit, jakým směrem příslušné analýzy nasměrovat.

Stav bylinného patra ukazuje na signifikantní vliv douglasky tisolisté na složení rostlinného společenstva. Indikována je vyšší nitrifikace v půdách sledovaných stanovišť, což v době zátěže ekosystémů vysokými dávkami dusíku v důsledku imisních vlivů může být považováno za rizikový faktor (např. GUNDERSEN, RASMUSSEN 1990; GUNDERSEN 1991). Z dlouhodobého hlediska je nutno věnovat pozornost též spontánnímu zmlazení douglasky, které bylo pozorováno na různých stanovištích.

Poděkování:

Článek vznikl v rámci řešení projektu NAZV QJ1520299 „Uplatnění douglasky tisolisté v lesním hospodářství ČR“.

LITERATURA

- AUGUSTO L., DUPOUEY J.-L., RANGER J. 2003. Effects of tree species on understory vegetation and environmental conditions in temperate forests. *Annals of Forest Science*, 60: 823–831.
- BAJER A., HYBLER V., JELÍNEK S. 2008. Geologická charakteristika území ŠLP Křtiny. Prezentace vybraných lokalit. LDF a AF MZLU v Brně. [online] [cit 2015-03-30] Dostupné na: <http://ldf.mendelu.cz/ugp/wp-content/ugp-files/presentace/00-uvod/uvod.html>
- ELLENBERG H., WEBER H.E., DÜLL R., WIRTH V., WERNER W., PAULISSEN D. 1991. Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. Göttingen, Goltze: 248 s. *Scripta geobotanica*, 18.
- GUNDERSEN P., RASMUSSEN L. 1990. Nitrification in forest soils: effects from nitrogen deposition on soil acidification and aluminum release. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*, 113: 1–45.
- GUNDERSEN P. 1991. Nitrogen deposition and the forest nitrogen cycle: role of denitrification. *Forest Ecology and Management*, 44: 15–28.
- HILL M.O. 1979. TWINSPLAN: a FORTRAN program for arranging multivariate data in an ordered two-way table by classification of individuals and attributes. Ithaca, Section of Ecology and Systematics, Cornell Univ.: 90 s.
- KACÁLEK D., DUŠEK D., NOVÁK J., BARTOŠ J. 2013. The impact of juvenile tree species canopy on properties of new forest floor. *Journal of Forest Science*, 59: 230–237.
- KANTOR P., MARTINÍK A., SEDLÁČEK T. 2002. Douglaska tisolistá na školním lesním podniku. *Lesnická práce*, 81: 210–212.
- KANTOR P. 2008. Production potential of Douglas-fir at mesotrophic sites of Křtiny Training Forest Enterprise. *Journal of Forest Science*, 54: 321–332.
- KOPÁČEK J., VESELÝ J. 2005. Sulfur and nitrogen emissions in the Czech Republic and Slovakia from 1850 till 2000. *Atmospheric Environment*, 39: 2179–2188.
- KUBEČEK J., ŠTEFANČÍK I., PODRÁZSKÝ V., LONGAUER R. 2014. Výsledky výzkumu douglasky tisolisté (*Pseudotsuga menziesii* [Mirb./Franco]) v České republice a na Slovensku – přehled. *Lesnický časopis – Forestry Journal*, 60: 120–129.
- KUBÁT K. et al. 2002. Klíč ke květeně České republiky. Praha, Academia: 927 s.
- MARTINÍK A. 2003. Possibilities of growing Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* [Mirb./Franco]) in conception of sustainable forest management. *Ekológia (Bratislava)*, 22 (Supplement 3): 136–146.
- MARTINÍK A., KANTOR P. 2007. Branches and the assimilatory apparatus of full-grown trees (*Pseudotsuga menziesii* [Mirb./Franco]) of a different coenotic position. *Ekológia (Bratislava)*, 26: 223–239.
- MATĚJKA K. 2013. Nápopěda k programu DBreleve. [on-line] Dostupné na: http://www.infodatasy.cz/software/hlp_dbreleve/dbreleve.htm [cit. 2015-03-30]
- MATĚJKA K., PODRÁZSKÝ V., VIEWEGH J. 2014. Vliv douglasky na stav lesních fytocenóz. In: Slodičák M. et al. (eds.): Pěstební postupy při zavádění douglasky do porostních směsí v podmínkách ČR. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce: 212–231.
- MAUER O., PALÁTOVÁ E. 2010. Vliv trofnosti stanoviště na vývin kořenového systému douglasky tisolisté (*Pseudotsuga menziesii* [Mirb./Franco]). In: Prknová H. (ed.): Aktuality v pěstování introdukovaných dřevin. Sborník z konference. Kostelec nad Černými lesy, 21. října 2010. Praha, ČZU v Praze: 47–52.
- MAUER O., PALÁTOVÁ E. 2012. Root system development in Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* [Mirb./Franco]) on fertile sites. *Journal of Forest Science*, 58: 400–409.
- MCCUNE B., MEFFORD M.J. 1999. PC-ORD. Multivariate analysis of ecological data. Version 4.0. MjM Software. Gleneden Beach (Oregon), MjM Software Design: 237 s.
- MENŠÍK L., KULHAVÝ J., KANTOR P., REMEŠ M. 2009. Humus conditions of stands with different proportion of Douglas-fir in the Hürky Training Forest District and Křtiny Training Forest Enterprise. *Journal of Forest Science*, 55: 345–356.
- NADEZHINA N., URBAN J., ČERMÁK J., NADEZHIN V., KANTOR P. 2014. Comparative study of long-term water uptake of Norway spruce and Douglas-fir in Moravian upland. *Journal of Hydrology and Hydromechanics*, 62: 1–6.
- PETKOVA K., GOERGIEVA M., UZUNOV M. 2014. Investigation of Douglas-fir provenance test in North-Western Bulgaria at the age of 24 years. *Journal of Forest Science*, 60: 288–296.
- PODRÁZSKÝ V., REMEŠ J., HART V., MOSER W.K. 2009. Production and humus form development in forest stands established on agricultural lands – Kostelec nad Černými lesy region. *Journal of Forest Science*, 55: 299–305.
- PODRÁZSKÝ V., VIEWEGH J., MATĚJKA K. 2011. Vliv douglasky na rostlinná společenstva lesů ve srovnání s jinými dřevinami. *Zprávy lesnického výzkumu*, 56 (Special): 44–51.
- PODRÁZSKÝ V., KUPKA I. 2011. Vliv douglasky tisolisté (*Pseudotsuga menziesii* [Mirb./Franco]) na základní pedofyzikální charakteristiky lesních půd. *Zprávy lesnického výzkumu*, 56 (Special): 1–5.
- PODRÁZSKÝ V., MARTINÍK A., MATĚJKA K., VIEWEGH J. 2014. Effects of Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* [Mirb./Franco]) on understory layer species diversity in managed forests. *Journal of Forest Science*, 60: 263–271.
- POPOV E.B. 2014. Results of 20 years old Douglas-fir provenance experiment established on the northern slopes of Rila Mountain in Bulgaria. *Journal of Forest Science*, 60: 394–399.
- PRŮŠA E. 2001. Pěstování lesů na typologických základech. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce: 593 s.
- PULKRAB K., SLOUP M., ZEMAN M. 2014. Economic impact of Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* [Mirb./Franco]) production in the Czech Republic. *Journal of Forest Science*, 60: 297–306.
- REJMÁNEK M., RICHARDSON D.M., PYŠEK P. 2005. Plant invasions and invasibility of plant communities. In: Maarel E. van der (ed.): *Vegetation ecology*. Malden, Blackwell: 332–355.

- SLODIČÁK M., BERAN F., NOVÁK J., KACÁLEK D. 2014. Douglaska tisolistá a její místo v lesním hospodářství v ČR. In: Slodičák M. et al. (ed.): Pěstební postupy při zavádění douglasky do porostních směsí v podmínkách ČR. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce: 8–19.
- TER BRAAK C.J.F., ŠMILAUER P. 2002. CANOCO reference manual and CanoDraw for Windows user's guide. Software for canonical community ordination (version 4.5). Wageningen, Biometris: 500 s.
- VÁŠIČEK J. 2014. Data o douglasce tisolisté v ČR. Lesnická práce, 93 (7): 7.
- WARD J.H. 1963. Hierarchical grouping to optimize an objective function. Journal of the American Statistical Association, 58 (301): 236–244.

COMPARISON OF THE HERB LAYER IN THE STANDS OF DOUGLAS-FIR (*PSEUDOTSUGA MENZIESII* /MIRB./ FRANCO) AND STANDS OF OTHER TREE SPECIES

SUMMARY

Douglas-fir is one of the most important tree species used in the commercial forests of Europe. However, knowledge concerning its environmental effects is rather limited. The aim of the presented study is to document plant structure of communities under the Douglas-fir canopy in comparison with other tree species in comparable environmental conditions within one floristically homogenous region. This is a new approach in comparison with previous studies performed at the national level.

In total, 66 plots were sampled in the area of the Mendel University Training Forest – Masarykův les Křtiny (South Moravia, Czech Republic). Dominant tree species were: Douglas-fir, European beech, sessile oak, and Norway spruce. Plots were selected in large stands dominated by Douglas-fir in couples with comparable plots dominated by other tree species. The stands were aged over 60 years, with at least 60% of single tree-species dominance and canopy cover more than 70%. The site character, aspect, slope and soil conditions were identical. Phytosociological relevés were recorded on each plot.

The relevés were classified using Ward's agglomerative method (Fig. 1) and divisive TWINSpan procedure (Fig. 2). Non-direct gradient analysis DCA served for description of the herb layer variability in the sampled relevés (Fig. 3 and 4). Direct gradient analysis (CCA; Fig. 5 and 6) was applied to proof the tree species effects on the species composition of the herb layer. Representation of the tree species within tree and shrub stages was used as the environmental variables.

The classifications did not document differences among plant communities in the stands of particular tree species; nevertheless, the statistically significant relationship between dominant tree species and classification group of plant communities exists. The basic characteristics for the communities' diversification were site location and soil features – water accessibility and soil acidity on sites of natural oak and beech stands. The communities differ according to representation of species with different relations to continentality, too. The species diversity was influenced by multiple factors in the studied stands: the first DCA axis explains 12.0% of the total data variability only, the two axes 20.9% together and the first three axes only 33.9% in total. According to the indirect gradient analysis, the relevés were distributed randomly in the ordination space (Fig. 4), not forming distinct clusters of particular tree-species dominance. The variability of plant communities is lower in the Douglas-fir stands compared to the stands of native broad-leaved species. The variability of plant communities is decreased especially when Douglas-fir replaced native oaks.

At the same time, the CCA indicates a significant effect of the Douglas-fir on the species structure of plant communities. First two (canonical) ordination axes describe 10.8% of the data variance, in total. The first one is significant (the error probability $p = 2.0\%$; Monte Carlo permutation test was applied), as well as the sum of the canonical axes ($p = 1.0\%$). This can be explained as the significant impact of the species composition on the herb layer. The first axis then reflects the variability among the stands of native broad-leaves and Douglas-fir. The other most significant factor is the presence of Norway spruce, oak and birch in the tree and shrub layers.

We can conclude that Douglas-fir as the non-native tree species significantly affects species composition of the herb layer in the forest stands comparing to the natural communities, and shows considerable potential for spontaneous regeneration. Therefore, Douglas-fir impact should be monitored and studied in more detail in the future.