

FYZIKÁLNE VLASTNOSTI PÔD POD PORASTMI INTRODUKOVANÝCH DREVÍN V ARBORÉTE MLYŇANY, SLOVENSKO

PHYSICAL PROPERTIES OF SOILS UNDER STANDS OF INTRODUCED TREE SPECIES IN THE ARBORETUM MLYŇANY, SLOVAKIA

NORA POLLÁKOVÁ¹⁾ ✉ - VLADIMÍR ŠIMANSKÝ¹⁾ - MIROSLAV KRAVKA²⁾ - JERZY JONCZAK³⁾

¹⁾ Slovenská poľnohospodárska univerzita, Fakulta agrobiológie a potravinových zdrojov, Katedra pedológie a geológie, Tr. A Hlinku 2, SK - 949 76 Nitra, Slovak Republic

²⁾ Mendelova univerzita v Brně, Lesnická a drevařská fakulta, Ústav inženýrských staveb, tvorby a ochrany krajiny, Zemědělská 1, CZ - 613 00 Brno, Czech Republic

³⁾ Warsaw University of Life Sciences, Department of Soil Environment Sciences, Nowoursynowska Str. 159, 02-776 Warsaw, Poland

✉ e-mail: nora.pollakova@uniag.sk

ABSTRACT

The knowledge of local soil and environmental conditions is considered the key factor for successful introduction of exotic tree species. Therefore, the objective of this study was to determine which physical soil properties are appropriate or limiting for the life of the examined introduced tree species in the Arboretum Mlyňany. Soil properties were studied in six pits dug under: *Prunus laurocerasus*, *Thuja occidentalis malony*, *Pinus wallichiana*, *Cryptomeria japonica*, *Acer saccharinum*, *Abies concolor*. It has been found that texture of soils under the planted tree species was medium heavy and prevalingly silty-loam, loamy and clay-loam, which suits all of them. Apart from northern white-cedar, other examined trees were planted on soil with appropriate properties, and they showed no abiotic damage. On the other hand, the shortage of water in soil during long summer periods of drought caused physiological symptoms on the individuals of northern white-cedars, mainly increased litterfall of twigs from trees, but also their weak growth. Suitable measure for improving hydrophysical properties of soil under northern white-cedar canopy is an extension of irrigation to their habitat.

Kľúčové slová: introdukované dreviny, textúra pôdy, vlhkosť pôdy, zavlažovanie, aklimatizácia drevín

Key words: introduced tree species, soil texture, soil moisture, irrigation, tree species acclimatization

ÚVOD

Introdukcia rastlín predstavuje vysadenie rastliny, transportovanej človekom cez veľké geografické bariéry do nového územia, za hranice areálu druhu. Aklimatizáciu rastlín, ich prežívanie a autoreprodukciu v nových podmienkach, vedúcu k naturalizácii človek podporuje rôznou činnosťou (ELIÁŠ 2011). V Arboréte Mlyňany sa introdukcia drevín vykonáva už od roku 1892, kedy bolo arborétum založené ako súkromná zbierka drevín grófa Ambrózyho. Postupne boli do pôvodného 40 ha dubovo-hrabového lesa dosádzané ďalšie dovážané dreviny, ktoré sa časom novým prírodným podmienkam prispôbilibi (TOMAŠKO 1998).

Pôda je najvýznamnejším médiom pre ukotvenie rastlín na stanovišti. V mnohých prácach sa popisujú najmä chemické a biologické vlastnosti pôdy, kým fyzikálnym sa venuje pomerne málo pozornosti. Keďže fyzikálne vlastnosti významne ovplyvňujú chemické, fyzikálno-chemické a biologické procesy v pôde, ich poznanie zohráva významnú úlohu pri úspešnej introdukcii a aklimatizácii drevín, ako aj pri zabezpečovaní udržateľného lesného hospodárstva (DEXTER 2004).

Produktívna lesná pôda má vlastnosti, ktoré podporujú rast koreňov, zadržiavanie a poskytovanie vody a minerálnych živín koreňom, kolobeh minerálnych živín, optimálnu výmenu plynov, biologickú činnosť, príjem, zadržiavanie a uvoľňovanie uhlíka (BURGER, KELTING 1999).

Limitujúcim faktorom ovplyvňujúcim zdravotný stav lesov je vlhkosť pôdy. Dlhodobé vysoké nasýtenie pôdy vodou spojené s nedostatkom vzduchu, najmä kyslíka potrebného pre dýchanie koreňov, ale aj dlhodobý nedostatok vody v pôde spôsobujú odumieranie stromov (ŠÁLY 1978). Lesné porasty majú zásadný význam pre hydrický režim krajiny. Lesnícke opatrenia výrazne neohrozujú retenčné vlastnosti lesných pôd, naopak, zalesnenie vedie k lepším vodohospodárskym pomeroch v krajine (PODRÁZSKÝ, KUPKA 2011). Na druhej strane, náhrada listnatých lesov porastmi borovice lesnej zapríčinila silné vysychanie pôdy z dôvodu vysokej a celoročnej transpirácie týchto ihličnanov, najmä v zimnom období (ERNST 2004).

V práci boli skúmané vlastnosti pôdy pod cudzokrajnými drevinami, ktoré sa prispôbili životu v pôdno-klimatických podmienkach Arboréta Mlyňany, situovanom na JZ Slovensku. Cieľom bolo zistiť,

aké fyzikálne vlastnosti pôdy vyhovujú, respektíve neobmedzujú život skúmaných drevín v arboréte a prispieť tým k rozšíreniu poznatkov o možnostiach ich pestovania aj v iných parkoch a okrasných plochách.

MATERIÁL A METODIKA

Charakteristika lokality

Arborétum Mlyňany (48°19' s. š.; 18°21' v. d.) sa nachádza na južnom Slovensku, v údolí Žitavy, 165–217 m n. m., v teplej, suchej klimatickej oblasti s priemernou ročnou teplotou 10,6 °C a úhrnom zrážok 541 mm (HRUBÍK et al. 2011). Územie patrí fytogeograficky do Panónskej oblasti, s rastlinným spoločenstvom *Querceto-Carpineum*. Lokalita arboréta leží na mladotretého hornom geologickom útvere zastúpenom neogénnymi ilmi, pieskami a štrkovými terasami. Valúny štrkov sú väčšinou dobre opracované, prevláda kremeň, menej kremenec, andezit a ojedinele aj valúny iných hornín budujúcich Tribečské pohorie, z ktorého štrk pochádza (STEINHÜBEL 1957). Na tomto podloží je takmer na celej ploche naviaty rôzne mocný sprašový materiál, ktorý postupom času prešiel na odvápnenu sprašovú hlinu vplyvom degradačných pôdotvorných procesov. Neogénne štrky sa len miestami dostávajú bližšie k povrchu a spôsobujú značné zhoršenie pôdných pomerov, lebo sú značne priepustné a minerálne chudobné (CIFRA 1958). Najviac zastúpeným pôdnym subtypom v arboréte je hnedozem pseudoglejová (POLLÁKOVÁ, KONÔPKOVÁ 2012).

V súčasnosti sa v arboréte nachádza 193 taxónov drevín (HOŤKA et al. 2013). Zbierka drevín Arboréta Mlyňany je rozdelená na: pôvodný Ambrózyho park založený v roku 1892, plochu východoázijskej dendroflóry založenú v roku 1964, plochu severoamerickej dendroflóry založenú v roku 1975, plochu kórejskej dendroflóry založenú v roku 1984 a expozíciu drevín zo Slovenska založenú v roku 1992. Kvôli ucelenému dojmu boli porasty jednotlivých druhov drevín vysádzané vo forme monokultúr (TÁBOR, PAVLAČKA 1992).

Oberové miesta a použité metódy

Fyzikálne vlastnosti pôd boli skúmané v šiestich sondách vykopaných pod zhustenými porastmi monokultúr introdukovaných drevín, ktorých plocha bola minimálne 100 m². V centre každého porastu bola vykopaná pôdoznalecká sonda.

V pôvodnom Ambrózyho parku založenom v roku 1892 v dubovo-hrabovom lese boli sondy situované:

- pod 60-ročným porastom druhu vavrínovec lekárskeý (*Prunus laurocerasus*, L.),
- pod 70-ročným porastom druhu tuja západná mlyňianska (*Thuja occidentalis malony*).

Na východoázijskej ploche založenej v roku 1964 na pôde, ktorá bola do roku 1960 využívaná ako orná, boli sondy umiestnené:

- pod 40-ročným porastom druhu borovca himalájska (*Pinus wallichiana*, Jacks.),
- pod 50-ročným porastom druhu kryptoméria japonská (*Cryptomeria japonica*, D. Don).

Na severoamerickej ploche, ktorá bola do roku 1975 využívaná ako vinice a sady, boli sondy situované:

- pod 40-ročným porastom druhu javor cukrový (*Acer saccharinum*, L.),
- pod 40-ročným porastom druhu jedľa srienistá (*Abies concolor*, Lindl. et Gord.).

Ihneď po vykopaní sond bol urobený opis morfológických vlastností pôdných profilov a po stanovení chemických a fyzikálnych vlastností

aj zatriedenie pôd podľa MKSP (2014). Pôdu pod vavrínovcami sme klasifikovali ako hnedozem luvizemná, pod tujami západnými ako černoziem hnedozemná. Keďže homogenizácia ornícového horizontu, najmä svetlejšia farba po kultivácii a ostrý prechod pod formujúcim sa lesným A horizontom boli stále zreteľné, pôdu pod borovicami sme klasifikovali ako černoziem kultizemná hnedozemná a pod kryptomériami, javormi a jedľami ako hnedozem kultizemná pseudoglejová.

Z pôdoznaleckých sond boli odobrané neporušené vzorky do Kopecského valčekov v troch opakovaníach po 0,1 m vrstvách a v laboratóriu boli štandardnými metódami stanovené: merná hmotnosť, objemová hmotnosť, hydrofyzikálne vlastnosti (HRIVŇÁKOVÁ et al. 2011) a zrnitostné zloženie zisťované v jednotlivých diagnostických horizontoch pipetovacou metódou (HRIVŇÁKOVÁ et al. 2011).

Všetky fyzikálne vlastnosti boli stanovené v trojnásobnom opakovaní a v práci sú uvedené priemerné hodnoty.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Zrnitostné zloženie pôd

V skúmaných pôdných profiloch prevládal prachovito-hlinitý, hlinitý a ílovito-hlinitý pôdny druh, teda ide o zrnitostne stredne ťažkú pôdu, čo vyhovuje všetkým sledovaným drevinám. Dokonca všetkým skúmaným drevinám sa darí aj na zrnitostne ľahkých pôdach. Na druhej strane, javorom cukrovým, jedliam srienistým a borovicami himalájskym nevyhovujú pôdy ťažké (HUXLEY et al. 1992; HORÁČEK 2007; HIEKE 2008; JOHNSTON 2016). V pôde pod borovicami bol v celom profile zaznamenaný hlinitý a v pôde pod tujami prachovito-hlinitý pôdny druh. Výrazne obohatené ílom boli luvické (Bt) a najmä luvické mramorované (Btg) horizonty ostatných pôdných profilov (tab. 1). Najväčší posun ílu prostredníctvom presakujúcej zrážkovej vody bol zaznamenaný v pôdnom profile pod porastom vavrínovcov, kde koeficient textúrnej diferenciácie medzi A/El a Btg horizontmi dosiahol hodnotu 2,01 a medzi Btg a Btg/C horizontmi 1,47. Takáto výrazná illimerizácia v profile pod vavrínovcami bola zapríčinená vysokým zastúpením frakcie piesku, ale aj obsahom skeletu, keď v Au horizonte sa nachádzal drobný zaoblený štrk v objeme do 10 %, v A/El a Btg horizontoch až 20 %. Najvyššie zastúpenie ílu bolo v celom profile pod porastom kryptomérií. Podľa autorov TÁBOR, TOMAŠKO (1992) plocha východoázijskej dendroflóry bola do roku 1960 ornou pôdou. Počas privalových dažďov dochádzalo práve v tejto lokalite k výraznej akumulácii pôdneho materiálu erodovaného z okolitej ornej pôdy. V tomto prípade bolo obohatenie pôdy ílom spôsobené najmä v dôsledku laterálneho vymývania ílu vnútro pôdnymi roztokmi (suspenziami) z vyššie položeného územia, taktiež akumuláciou jemnozrnného materiálu z okolitých svahov, ako aj v dôsledku procesov illimerizácie a pseudoglejovatenia.

V černoze mi kultizemnej hnedozemnej situovanej pod porastmi borovce a tuje bola distribúcia ílu v profile odlišná. Obsah ílu v A, A/Bt, Bt a Bt/C horizontoch jednotlivých profilov bol takmer rovnaký (tab. 1), kým frakcia ílu v Cc horizontoch bola menej zastúpená (16,7 % a 21,2 %). Teda pod borovicami a tujami bol ílom obohatený celý profil okrem karbonátového pôdotvorného substrátu.

Objemová hmotnosť a pórovitosť pôd

Z výsledkov uvedených v tab. 2 vyplýva, že vo všetkých profiloch ílom obohatené luvické a najmä luvické mramorované horizonty mali podstatne zvýšené hodnoty redukovanej objemovej hmotnosti (ρ_d) a zníženú pórovitosť (P), čo potvrdili aj korelačné vzťahy medzi uvedenými parametrami (tab. 3). Všeobecne, procesy glejovatenia a pseudoglejovatenia inklinujú k prirodzenému zhutneniu, a to najmä v dôsledku prevlhčenia pôdy, ktoré spôsobuje vytvorenie redukčných podmie-

nok a znižuje tvorbu a stabilitu štruktúrnych agregátov (Houšková 2002). Tiež pôdy s vysokou akumuláciou ílu sú náchylné na zhutnenie (LAL, SHUKLA 2004). Hodnoty objemovej hmotnosti pôdy $\rho_d > 1,40 \text{ t.m}^{-3}$ a pórovitosti $P < 47\%$ v ílovito-hlinitej, $\rho_d > 1,45 \text{ t.m}^{-3}$ a $P < 45\%$ v hlinitej a $\rho_d > 1,55 \text{ t.m}^{-3}$ a $P < 42\%$ v piesočnato-hlinitej pôde sú kritické, pretože korene rastlín už len veľmi ťažko prerastajú pôdou (FULAJTÁR 2006). Uvedené kritické hodnoty boli prekročené v celom profile pôdy pod kryptoméiami, v Bt a Btg horizontoch pod jedľami, vavrínovcami a javormi a v A/Bt horizontoch pod borovicami a tujami (tab. 2). Vysoká objemová hmotnosť pôdy môže znižovať drenáž vody do pôdy, a tým aj pohyb rozpustených živín (SADEGH-ZADEH et al. 2008). Prostredníctvom zníženia celkovej pórovitosti, najmä zastúpenia makropórov, môže nepriaznivo ovplyvňovať biologické vlastnosti pôdy, lebo dochádza k zníženiu difúzie kyslíka a prevzdušnenia pôdy, čím sa zhoršujú podmienky pre rast koreňov a mení sa biologická premena látok v pôde (LIPIEC et al. 2003).

Hydrofyzikálne vlastnosti pôd

Celkovo možno povedať, že vyšší obsah piesku pôsobil negatívne na zastúpenie kapilárnych pórov (P_K) a pozitívne na zastúpenie nekapilárnych pórov (P_N) v pôdnych profiloch. Medzi obsahom ílu

v pôdnych profiloch, celkovou pórovitosťou a P_N , a následne aj minimálnou vzdušnou kapacitou a momentálnym objemom vzduchu boli zistené záporné korelačné závislosti (tab. 3). Zvýšený obsah ílu v Bt a Btg horizontoch bol sprevádzaný menším objemom P_N , t.j. hrubých makropórov (3–7 %), vyšším objemom P_K (32–37 %) a zvýšenou retenčnou vodnou kapacitou (tab. 1, 2). BRADY, WEIL (1999) uvádzajú, že ak je objem makropórov nižší ako 10 % z celkového objemu pôdy, mikrobiálna aktivita a rast rastlín môžu byť vo väčšine pôd významne potlačené. Na základe získaných výsledkov konštatujeme, že v hĺbke pod 0,2 m (pod tujami, borovicami, kryptoméiami), resp. pod 0,4 m (pod javormi a jedľami) bol extrémny nedostatok makropórov, teda korene rastlín siahajúce hlbšie mohli trpieť nedostatkom vzduchu, najmä kyslíka. Hodnoty minimálnej vzdušnej kapacity (V_A) pôd, ktorá zodpovedá objemu nekapilárnych a semikapilárnych pórov tiež potvrdili, že v uvedených hĺbkach skúmanej pôdy bol nedostatok vzduchu. Avšak na základe pozorovaní abiotického poškodenia drevín, ktoré sa v arboréte každoročne vykonávajú možno konštatovať, že na drevinách dosiaľ neboli zistené výrazné prejavy nedostatočného prevzdušnenia pôdy. Naopak, najmä v letných mesiacoch, ktoré sú v tejto teplej a suchej klimatickej oblasti chudobné na zrážky, bolo poškodenie drevín spôsobené práve nedostatkom pôdnej vlhkosti (HRUBÍK et al. 2006, 2011). Vlhkosť pôdy patrí k limitujúcim fakto-

Tab. 1.

Zrnitostné zloženie pôdy
Soil texture

druh dreviny/ tree species	pôdny horizont/ soil horizon	hĺbka/ depth (cm)	pôdny druh/ texture	zrnitostné frakcie/textural fractions (%)				pôdny druh/ texture (Novák in FULAJTÁR 2006)
				2–0,05	0,05–0,002	<0,002	<0,01	
vavrínovec lekársky (<i>Prunus laurocerasus</i>)	Au	0-23	sp	57,6	29,1	13,3	21,3	PH
	A/EI	23-60	sp	54,5	32,8	12,7	41,1	H
	Btg	60-90	sh	37,8	36,7	25,6	34,7	H
	Btg/C	>90	tp	45,3	17,1	37,6	38,0	H
tuja západná (<i>Thuja occidentalis malony</i>)	Au	0-20	ssh	17,4	56,8	25,8	41,2	H
	A/Bt	20-60	ssh	4,4	67,7	27,9	43,5	H
	Bt/C	60-70	ssi	18,0	52,4	29,6	40,4	H
	Cc	>70	ssh	25,5	53,3	21,2	35,6	H
javor cukrový (<i>Acer saccharinum</i>)	Akp	0-20	ssh	28,8	52,4	18,9	33,7	H
	Bt	20-40	sh	28,9	46,4	24,7	37,0	H
	Btg	40-110	si	23,7	41,6	34,7	43,8	H
	Btg/C	>110	si	36,4	33,9	29,7	39,2	H
jedľa srienistá (<i>Abies concolor</i>)	Akp	0-10	sh	49,4	34,0	16,6	22,8	PH
	A/Bt	10-40	ssh	27,2	50,8	22,0	31,0	H
	Bt	40-75	ssi	19,3	51,7	29,0	38,3	H
	Btg	75-110	ssh	23,4	51,6	25,0	35,0	H
	Btg/C	>110	ssh	25,2	50,5	24,3	33,8	H
borovica himalájska (<i>Pinus wallichiana</i>)	Akp	0-20	sh	36,0	37,0	27,0	36,0	H
	A/Bt	20-35	sh	31,4	41,1	27,5	34,8	H
	Bt	35-60	sh	36,4	39,3	24,3	34,8	H
	Bt/C	60-100	sh	39,8	39,3	20,9	31,0	H
	Cc	>100	sh	38,2	45,0	16,7	34,8	H
kryptoméria japonská (<i>Cryptomeria japonica</i>)	Akp	0-20	si	28,7	34,1	37,2	47,5	IH
	Btg	20-80	ti	28,6	21,8	49,6	55,7	IH
	Btg/C	>100	ti	30,8	27,6	41,6	49,9	IH

Vysvetlivky: sp – piesčito-hlinitá; ssi – prachovito-ílovito-hlinitá; sh – hlinitá; ssh – prachovito-hlinitá; si – ílovito-hlinitá; ti – ílovitá; tp – piesčito-ílovitá; PH – piesočnato-hlinitá; H – hlinitá; IH – ílovito-hlinitá

Captions: sp – sandy-loam; ssi – silty-clay-loam; sh – loamy; ssh – silty-loam; si – clay-loam; ti – clay; tp – sandy-clay; PH – sandy-loam; H – loamy; IH – clay-loam

Tab. 2.

 Vybrané fyzikálne vlastnosti pôd
 Physical properties in soils

druh dreviny/ tree species	pôdny horizont/ soil horizon	hĺbka/depth (cm)	ρ_d (t.m ⁻³)	P	P_N	P_K	V_{AM}	V_A	θ_{KMK}	W_v	θ_v	θ_p
(obj./vol. %)												
vavrínovec lekársky (<i>Prunus laurocerasus</i>)	Au	0-23	1,46	42,8	12,6	26,7	20,4	13,8	29,1	9,0	13,4	13,4
	A/EI	23-60	1,37	48,4	18,7	25,6	26,9	20,2	28,2	11,2	10,3	15,3
	Btg	60-90	1,54	39,6	6,3	32,3	9,7	6,9	32,7	10,8	19,1	13,2
	Btg/C	>90	1,54	39,8	3,1	36,0	5,4	3,6	36,2	13,9	20,6	15,4
tuja západná (<i>Thuja occidentalis malony</i>)	Au	0-20	1,10	56,0	11,3	41,2	18,7	12,8	43,1	22,9	14,4	26,8
	A/Bt	20-60	1,47	43,0	6,7	34,6	12,2	7,4	35,6	18,6	12,2	22,5
	Bt/C	60-70	1,40	45,7	7,2	35,9	14,4	8,3	37,4	19,2	12,1	23,8
	Cc	>70	1,48	43,2	6,9	34,9	11,5	7,5	35,7	21,5	10,2	24,7
javor cukrový (<i>Acer saccharinum</i>)	Akp	0-20	1,13	54,9	13,0	36,5	20,4	15,0	39,9	21,2	13,3	23,3
	Bt	20-40	1,40	46,8	10,4	34,4	12,2	11,2	35,4	16,8	17,5	16,9
	Btg	40-110	1,55	38,2	3,2	33,7	3,7	3,7	34,5	10,6	24,7	9,0
jedľa srienistá (<i>Abies concolor</i>)	Akp	0-10	0,78	68,8	41,5	22,6	49,2	42,8	26,0	5,8	13,9	8,7
	A/Bt	10-40	1,28	49,6	15,5	30,1	21,4	17,0	32,7	14,3	14,0	16,2
	Bt	40-75	1,62	37,4	2,5	33,7	6,4	3,0	34,4	10,0	21,0	12,8
borovica himalájska (<i>Pinus wallichiana</i>)	Btg	75-110	1,63	37,3	3,0	33,3	6,1	3,6	33,7	4,4	26,9	6,5
	Akp	0-20	1,30	49,1	9,9	37,5	23,2	10,9	38,1	6,7	19,3	18,2
	A/Bt	20-35	1,49	42,3	8,7	32,2	22,6	9,3	33,0	1,3	18,6	13,6
kryptoméria japonská (<i>Cryptomeria japonica</i>)	Bt	35-60	1,45	43,5	6,8	34,0	24,5	8,2	35,3	1,8	18,9	15,1
	Bt/C	60-100	1,46	44,8	8,7	31,7	25,3	10,4	34,4	1,5	18,1	13,7
	Akp	0-20	1,40	46,3	14,7	28,8	22,2	15,8	30,5	6,7	17,3	11,5
kryptoméria japonská (<i>Cryptomeria japonica</i>)	Btg	20-80	1,53	41,3	6,1	33,7	8,2	6,5	34,8	13,2	22,5	11,2
	Btg/C	>100	1,55	40,2	5,2	34,2	5,1	5,5	34,6	15,3	19,8	14,4

Vysvetlivky: ρ_d – objemová hmotnosť redukovaná; P – pórovitosť; P_N – objem nekapilárnych pórov; P_K – objem kapilárnych pórov; V_{AM} – momentálny objem vzduchu v pôde; V_A – minimálna vzdušná kapacita; θ_{KMK} – maximálna kapilárna vodná kapacita; W_v – zásoba využiteľnej vody; θ_v – bod vädnutia; θ_p – využitelná vodná kapacita

Captions: ρ_d – bulk density dry; P – porosity; P_N – non-capillary pores; P_K – capillary pores; V_{AM} – actual air volume; V_A – minimum air capacity; θ_{KMK} – maximum capillary water capacity; W_v – available water supply; θ_v – wilting point; θ_p – available water capacity

Tab. 3.

 Korelačné vzťahy medzi zrnitosťnými frakciami a fyzikálnymi vlastnosťami skúmaných pôd
 Correlations between textural fractions and physical properties in studied soils

zrnitosťná frakcia/ textural fraction	ρ_d	P	P_N	P_K	V_{AM}	V_A	θ_{KMK}	θ_v	θ_p
piesok/sand	-0,197	0,217	0,449*	-0,625**	0,475*	0,451*	-0,596**	-0,104	-0,389
prach/loam	-0,113	0,103	-0,110	0,356	-0,064	-0,095	0,413	-0,309	0,530*
íl/clay	0,431*	-0,445*	-0,482*	0,391	-0,580**	-0,504*	0,273	0,570**	-0,179
<0,01 mm	0,395	-0,382	-0,457*	0,397	-0,551**	-0,470*	0,316	0,284	0,062

Vysvetlivky: ρ_d – objemová hmotnosť redukovaná; P – pórovitosť; P_N – objem nekapilárnych pórov; P_K – objem kapilárnych pórov; V_{AM} – momentálny objem vzduchu v pôde; V_A – minimálna vzdušná kapacita; θ_{KMK} – maximálna kapilárna vodná kapacita; θ_v – bod vädnutia; θ_p – využitelná vodná kapacita

Captions: ρ_d – bulk density dry; P – porosity; P_N – non-capillary pores; P_K – capillary pores; V_{AM} – actual air volume; V_A – minimum air capacity; θ_{KMK} – maximum capillary water capacity; θ_v – wilting point; θ_p – available water capacity

rom ovplyvňujúcim zdravotný stav lesov. V našej zemepisnej šírke, v ktorej pôdy nížin a pahorkatín v letnom a jesennom období pravidelne presychajú, sa najmä v posledných dvoch desaťročiach vyskytlo veľa extrémne suchých rokov (IŠTOŇA, PAVLENDÁ 2011). V Arboréte Mlyňany sa síce dynamika pôdnej vlhkosti neskúmala, ale 20 cm od arboréta sa v hnezozemí dubového porastu pri Čifároch vykonáva podrobný lesnícky hydropedologický prieskum už od roku 1980 (TUŽIŇSKÝ 2004). Z jeho výsledkov vyplýva, že najväčším suchom trpia dreviny v danej oblasti v letných mesiacoch, kedy sa v najväčšej miere vyskytujú suché periody, počas ktorých býva vlhkosť pôdy v semiaridnom intervale.

Nedostatok vody v pôde, ktorý bol potvrdený aj dlhoročným výskumom Tužinského (TUŽIŇSKÝ 2004), spôsobuje fyziologické prejavy na drevinách, hlavne predčasné žltnutie, vädnutie až usychanie listov a ihličia. Zo skúmaných drevín boli takto poškodené kryptomérie na východoázijskej ploche (HRUBÍK et al. 2006, 2011). *Cryptomeria japonica* je drevina náročná na vlahu. Hoci má bohato rozvetvený koreňový systém, vyžaduje viac pôdnej vlhkosti ako väčšina ihličnanov (HUXLEY et al. 1992; HIEKE 2008). Z výsledkov uvedených v tab. 2 vyplýva, že pod kryptomériami boli hodnoty využiteľnej vodnej kapacity nízke i napriek vysokej retenčnej vodnej kapacite pôdy, a to najmä z dôvodu vysokého zastúpenia ílu (37–50 %), ktorý obmedzuje dostupnosť vody pre rastliny. Dôkazom sú vysoké hodnoty bodu vädnutia, ktoré pozitívne korelujú s frakciou ílu (tab. 3). Vhodným melioračným opatrením je dodatočné rozšírenie závlahy až do porastu kryptomérií, ktoré sa vzhľadom k ich veku (50 rokov) vyznačujú slabým vzrastom, keďže obvod kmeňa vo výške 130 cm dosahuje len 71 cm ± 18 cm. Pred päťdesiatimi rokmi boli v arboréte kryptomérie vysadené aj na fluvizemi, kde dosahujú o tretinu väčší obvod kmeňa (105 cm ± 22 cm) v porovnaní s kryptomériami na hnezozemí kultizemnej pseudoglejovej (ústna informácia od Ing. Ferusa, vedeckého pracovníka Arboréta Mlyňany, 2016). Ostatné dreviny, skúmané v tejto práci, neboli poškodené suchom. Napríklad dospelý jedinec druhu *Prunus laurocerasus* má plytký, široko vetvený koreň a uprednostňuje vlhké, dobre priepustné pôdy (BROWN 1995; HORÁČEK 2007). V arboréte sú vavrínovce vysadené v tieni vyšších stromov, kde pôda nie je vystavená priamemu slnečnému žiareniu, čo je opatrenie na obmedzenie neproduktívneho výparu. Okrem toho pôda spĺňa aj podmienku dobrej priepustnosti (obsah piesku 54–58 %, štrku 10–20 %, objem nekapilárnych pórov 13–19 %) až do hĺbky 60 cm (tab. 1, 2). Druh *Thuja occidentalis* tvorí v extrémnych horských oblastiach dlhý kolový, málo rozkonárený koreň, kým v dolinách (najmä na mokradiach, so silným prúdom podzemnej vody bohatej na živiny) kratší, hustý, rozvetvený koreň (JOHNSTON 2016). V arboréte sa porastu tuje západnej mimoriadne darí, a to i napriek tomu, že nejde o mokradňový ekosystém. Na druhej strane, textúrne zloženie pôdy a vysoká zásoba organickej hmoty v pôde zabezpečili pomerne vysokú využiteľnosť pôdnej vody (tab. 1, 2). Jedince druhu *Pinus wallichiana* tvoria dobre vyvinutý kolový koreň, plytko koreniace primárne a dobre vyvinuté postranné korene (SAXENA 2010). Je to dominantný druh suchších oblastí, no uprednostňuje tam vlhké, dobre priepustné pôdy s vyšším obsahom živín, zatiaľ čo slabo priepustné, zamokrené pôdy neznáša (HIEKE 2008). Na základe týchto poznatkov konštatujeme, že borovici himalájskej pôdne vlastnosti lokality, na ktorej bola v arboréte vysadená, plne vyhovujú (tab. 1, 2). Svedčí o tom aj jej mohutný vzrast a dobrý zdravotný stav. Rast javora cukrového zvýšený obsah ílu a s tým spojený pokles objemu makropórov, ani znížená priepustnosť pôdy pre vodu a nízka využiteľná vodná kapacita pôdy v hĺbke väčšej ako 40 cm (tab. 1, 2) neobmedzujú, nakoľko druh *Acer saccharinum* sa vyznačuje plytkým, rozvetveným koreňovým systémom (menej častý je kolový koreň) a uprednostňuje vlhké, dokonca aj menej priepustné pôdy (HUXLEY et al. 1992). Porast jedle srienistej bol v dobrej kondícii aj napriek tomu, že pôda mala veľmi podobné fyzikálne vlastnosti, ako mali javory cukrové. Zhutnené Bt a Btg horizonty mali zvýšený obsah ílu s objemom nekapilárnych pórov 2,5–3 %,

preto bola priepustnosť pôdy pre vodu slabá. HIEKE (2008) a LAACKE (2016) uvádzajú, že druh *Abies concolor* uprednostňuje priepustné pôdy s vyšším obsahom živín a je citlivý na zamokrenie. Dokonca aj keď to pôdne prostredie umožňuje, tvorí dlhý kolový, málo rozkonárený koreň, kým v plytkých pôdach tvorí kratší, hustý, rozvetvený koreň.

Z výsledkov uvedených v tejto práci porovnaných s nárokmi drevín na pôdu vyplýva, že aj keď nie všetky v arboréte skúmané introdukované dreviny mali zabezpečené ideálne podmienky pre rast, dokázali sa aj v tejto teplej a suchej klimatickej oblasti Slovenska prispôbiť fyzikálnym vlastnostiam uvedeným v tab. 1 a 2.

ZÁVER

Pôdy skúmané v arboréte sú zrnitostne stredne ťažké, prevažne prachovito-hlinité, hlinité a ílovito-hlinité. Takáto textúra pôd vyhovuje takmer všetkým drevinám, ktorých nároky na pôdne vlastnosti sme sledovali, keďže nedostatočné prevzdušnenie pôd sa na skúmaných drevinách dosiaľ výrazne neprejavilo. Ide o druhy ako vavrínovec lekársky, tuja západná mlynianska, borovica himalájska, javor cukrový a jedľa srienistá. Na druhej strane, nedostatok pôdnej vody počas dlhých období sucha v letnej sezóne vyvolal nepriaznivé fyziologické prejavy v prípade kryptomérií, hlavne zvýšený opad konárikov s asimilačnými orgánmi, ale aj celkovo slabý vzrast porastu. Vlhkostný režim pôdy pod porastom kryptomérií možno upraviť prostredníctvom závlah.

Podakovanie:

Práca vznikla s podporou projektu VEGA 1/0084/13 a VEGA 1/0544/13.

LITERATÚRA

- BRADY N.C., WEIL R.R. 1999. The nature and properties of soils. Upper Saddle River, New Jersey, Prentice - Hall: 881 s.
- BROWN D. 1995. Encyclopedia of herbs and their uses. New York, Dorling Kindersley Publishing: 424 s.
- BURGER J.A., KELTING D.L. 1999. Using soil quality indicators to assess forest stand management. Forest Ecology and Management, 122: 155–156.
- CIFRA J. 1958. Stručná charakteristika pôdných pomerov Arboréta Mlyňany. In: Benčať, F. (ed.): Prírodné podmienky Arboréta Mlyňany I. Sborník prác. Bratislava, SAV: 79–96.
- DEXTER A.R. 2004. Soil physical quality. Part I. Theory, effects of soil texture, density, and organic matter, and effects on root growth. Geoderma, 120: 201–214. DOI: 10.1016/j.geoderma.2003.09.004
- ELIÁŠ P. 2011. Introdukcia nepôvodných druhov ako prvý krok k invázii drevín. In: Dendrologické dni v Arboréte Mlyňany, SAV 2011. Aktuálne otázky štúdia introdukovaných drevín. Zborník referátov. Arborétum Mlyňany, 22. novembra 2011. Vieska nad Žitavou, Arborétum Mlyňany: 29–41.
- ERNST W.H.O. 2004. Vegetation, organic matter and soil quality. In: Doelman, P., Eijsackers H.J.P. (eds.): Vital soil. Function, value and properties. Amsterdam, Elsevier: 41–98.
- FULAJTÁR E. 2006. Fyzikálne vlastnosti pôdy. Bratislava, Výskumný ústav pôdozvedectva a ochrany pôdy: 142 s.
- HIEKE K. 2008. Encyklopedie jehličnatých stromů a keřů. Brno, Computer press: 246 s.
- HORÁČEK P. 2007. Encyklopedie listnatých stromů a keřů. Brno, Computer press: 747 s.

- HOŤKA P., BARTA M., BIBEŇ T. 2013. Study of the richest gene pool of trees and shrubs in Slovakia, in the Mlyňany Arboretum SAS. *Folia oecologica*, 40: 181–187.
- HOUSKOVÁ B. 2002. Assessment of the state of soil compaction in Slovakia. In: Pagliai, M., Jones, R. (eds.): Sustainable land management – Environmental protection. A soil physical approach. Reiskirchen, Catena-Verl.: 379–386. *Advances in geocology* 35.
- HRIVŇÁKOVÁ K., MAKOVNÍKOVÁ J., BARANČIKOVÁ G., BEZÁK P., BEZÁKOVÁ Z., DODOK R., GREČO V., CHLPÍK J., KOBZA J., LIŠTJAK M., MALIŠ J., PÍŠ V., SCHLOSSEROVÁ J., SLÁVIK O., STYK J., ŠIRÁŇ M. 2011. Jednotné pracovné postupy rozborov pôd. Bratislava, VÚPOP: 136 s.
- HRUBÍK P., TOMAŠKO I., HOŤKA P., KUBA J. 2006. Klimatické podmienky Arboréta vo vzťahu k introdukovaným drevinám. In: Mňahončáková E., Baruszová M. (eds.): Sídlo – park – krajina IV. Kultúrna vegetácia v sídlach a v krajine. Zborník vedeckých prác a referátov z konferencie s medzinárodnou účasťou a 11. kolokvia katedier krajinárskej a záhradnej tvorby. Nitra, 22. 11. 2006. Slovenská poľnohospodárska univerzita: 53–62.
- HRUBÍK P., HOŤKA P., FOGADOVÁ K., KUBA J. 2011. Klimatické podmienky Arboréta Mlyňany SAV vo Vieske nad Žitavou za obdobie 1971–2011. In: Dendrologické dni v Arboréte Mlyňany, SAV 2011. Aktuálne otázky štúdia introdukovaných drevín. Zborník referátov. Arborétum Mlyňany, 22. novembra 2011. Vieska nad Žitavou, Arborétum Mlyňany: 66–73.
- HUXLEY A.J., GRIFFITHS M., LEVY M. 1992. The new Royal Horticultural Society dictionary of gardening. London, Macmillan: 815 s.
- IŠTOŇA J., PAVLENDÁ P. 2011. Monitoring of water storage in forest soils on PMP Čifáre in the years 1999 – 2009. *Lesnícky časopis – Forestry Journal*, 57 (3): 178–186.
- JOHNSTON W.F. 2016. *Thuja occidentalis* L., Northern White-Cedar, Cupressaceae – Cypress family [online]. [cit. 2016-02-01]. Dostupné na/Available on: http://www.na.fs.fed.us/pubs/silvics_manual/Volume_1/thuja/occidentalis.htm
- LAACKE R.J. 2016. *Abies concolor* (Gord. & Glend.) Lindl. ex Hildebr., White Fir, Pinaceae – Pine family [online]. [cit. 2016-02-01]. Dostupné na/Available on: http://www.na.fs.fed.us/pubs/silvics_manual/Volume_1/abies/concolor.htm
- LAL R., SHUKLA M.K. 2004. Principles of soil physics. New York, Marcel Dekker: 716 s.
- LIPIEC J., ARVIDSSON J., MURER E. 2003. Review of modelling crop growth, movement of water and chemicals in relation to topsoil and subsoil compaction. *Soil and Tillage Research*, 73: 15–29. DOI: 10.1016/S0167-1987(03)00096-5
- MKSP. 2014. Morfogenetický klasifikačný systém pôd Slovenska. Bratislava, Výskumný ústav pôdozvedectva a ochrany pôdy: 96 s.
- 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.
- POLLÁKOVÁ N., KONÔPKOVÁ J. 2012. Vlastnosti pôdy pod vybranými domácimi a introdukovanými druhmi drevín v Arboréte Mlyňany. Vedecká monografia. Nitra, Slovenská poľnohospodárska univerzita: 88 s.
- SADEGH-ZADEH F., SAMSURI A.W., SEH-BARDAN B.J. 2008. Movement of nitrogen, phosphorus and potassium fertilizers in undisturbed soil columns as affected by soil compaction. *International Journal of Soil Science*, 3 (3): 157–163. DOI: 10.3923/ijss.2008.157.163
- SAXENA N.P. 2010. Objective botany. Delhi, Krishna Prakashan media: 1432 s.
- STEINHÜBEL G. 1957. Arborétum Mlyňany v minulosti a dnes. Bratislava, Slovenská akadémia vied: 145 s.
- ŠÁLY R. 1978. Pôda základ lesnej produkcie. Bratislava, Príroda: 235 s.
- TÁBOR I., PAVLAČKA R. 1992. Arborétum Mlyňany. Bratislava, VEDA: 62 s.
- TÁBOR I., TOMAŠKO I. 1992. Genofond a dendroexpozície Arboréta Mlyňany. Bratislava, Polygrafia: 118 s.
- TOMAŠKO I. 1998. Invázie dendrotaxónov Arboréta Mlyňany. In: Invázie a invázne organizmy. Zborník abstraktov. Nitra, 16. apríla, 1998. Nitra, Slovenský národný komitét SCOPE: 25.
- TUŽIŇSKÝ L. 2004. Vplyv meteorologických činiteľov na dynamiku vlhkosti pôdy a zásoby využiteľnej vody v dubovom ekosystéme. In: Sobocká, J., Jambor, P. (ed.) Tretie pôdozvedecké dni na Slovensku. Zborník referátov. Mojmírovec, 22–24. jún 2004. Bratislava, Výskumný ústav pôdozvedectva a ochrany pôdy: 367–372.

Osobní sdělení/Personal communication:

Ferus, Peter. 2016. Arborétum Mlyňany SAV, Vieska nad Žitavou, Slovakia; e-mail: peter.ferus@savba.sk

PHYSICAL PROPERTIES OF SOILS UNDER STANDS OF INTRODUCED TREE SPECIES IN THE ARBORETUM MLYŇANY, SLOVAKIA

SUMMARY

Knowledge of local soil and environmental conditions is considered key factor for successful introduction of exotic tree species. In that respect, many works characterize mainly chemical and biological soil properties, while the physical ones remain relatively neglected. Therefore, the objective of this study was to determine which physical soil properties are appropriate or limiting for the life of the examined introduced tree species in the Arboretum Mlyňany, Slovakia.

Arboretum (48° 19' N, and 18° 21' E) is located in southern Slovakia, in warm, dry climate area with mean annual temperature 10.6°C and total precipitation 541 mm. Arboretum is situated on a late Tertiary geological formation, represented by clays, sands and stony sands, which is almost all covered by loess, mostly without carbonates (loess loam). Soil properties were studied under dense monocultures of introduced tree species (*Prunus laurocerasus*, *Thuja occidentalis malony*, *Pinus wallichiana*, *Cryptomeria japonica*, *Acer saccharinum*, *Abies concolor*) with area at least 100 m². Each stand was represented by one soil pit. Soil samples were taken for each of 0.1 m layer of soil profile to the cylinders with an inner volume of 200 cm³ for determination of physical (particle and bulk density) and hydrophysical properties of soils. Textural composition of each soil horizon was determined using the pipette method.

The soil under cherry-laurel stand was classified as Albic Cutanic Luvisol, under northern white-cedar as Luvic Chernozem, under Himalayan pine as cultivated Luvic Chernozem, under Japanese cedars, sugar maples and white firs as cultivated Stagni-Haplic Luvisol. The soils were medium heavy and prevailing was silty-loam, loamy and clay-loam texture (Tab. 1). Such textural composition was suitable for all studied tree species. Bt and Btg horizons were enriched with clay, compacted, and had significantly increased bulk density and reduced porosity. Increased clay content in Bt and Btg horizons was associated with smaller volume of macro-pores (3–7%), higher volume of capillary pores (32–37%) and increased water retention capacity (Tab. 2). Extreme scarcity of macro-pores was found at depth greater than 0.2 m (under northern white-cedar, Himalayan pines, Japanese cedars) and greater than 0.4 m (under sugar maples and white firs). However, no tree had shown any lack of soil aeration. Apart from cedar, other examined trees were planted on soil with appropriate properties, and had no abiotic damage. On the other hand, the shortage of water in soil during long summer periods of drought caused physiological symptoms on the cedars, mainly increased litterfall of twigs from trees, but also their weak growth. Suitable measure for improving hydrophysical properties of soil under northern white-cedar canopy is an extension of irrigation to their habitat. Although not all examined exotic tree species in the arboretum had ideal conditions for growth, they were able to adapt to the physical characteristics of soils presented in Tab. 1 and 2.

Zasláno/Received: 18. 02. 2016

Přijato do tisku/Accepted: 28. 04. 2016