

# POŽADAVKY NA FYZIKÁLNÍ A CHEMICKÉ VLASTNOSTI ORGANICKÝCH PĚSTEBNÍCH SUBSTRÁTŮ POUŽÍVANÝCH PŘI VÝROBĚ KRYTOKOŘENNÉHO SADEBNÍHO MATERIÁLU LESNÍCH DŘEVIN

Martin Dubský – František Šrámek – Václav Nárovec – Jarmila Nárovcová

## Úvodem

Praktické zkušenosti a práce školkařů a zahradníků z nejrůznějších oborů dokládají oprávněnost tvrzení, že používaný organický pěstební substrát, jeho složení a vlastnosti jsou velmi důležitým předpokladem pro produkci kvalitních školkařských výpěstků. Beze zbytku to platí i pro produkci krytokořenného sadebního materiálu (KSM) lesních dřevin v provozech a zařízeních lesního školkařství, u kterého je na místě zdůraznit především tu skutečnost, že kvalitní sadební materiál lesních dřevin (SMLD) je základem úspěšné obnovy lesa a zalesňování, je východiskem pro zajištění zakládání lesních porostů a je i nezbytnou podmínkou pro naplnění všech rolí a funkcí, požadovaných od lesů po následné období celého obmýtí, tj. v časovém úseku mnoha desetiletí.

U tuzemských provozovatelů lesních školek lze v posledních několika letech zaznamenat zvýšený zájem o produkci KSM včetně uplatnění technologií tzv. stříhu vzduchem (*technology of air pruning*), které kvalitní růstové médium (pěstební substrát) nezbytně vyžadují. K podnikům se zřetelnými inovačními trendy v lesním školkařství náleží i Vojenské lesy a statky České republiky, s. p. (VLS ČR). Předkládaný příspěvek je určen zaměstnancům tohoto státního podniku, kteří se spolupodílejí na uskutečňování programu *Certifikace PEFC – trvale udržitelné hospodaření v lesích v ČR* a kteří se nyní ve svých inovovaných školkařských provozech připravují na rozšíření produkce KSM, pěstovaného intenzivními postupy na organických substrátech (podrobněji KULHÁNKOVÁ 2012).

## Trh a hlavní komponenty organických pěstebních substrátů v ČR

V České republice (ČR) se jako hlavní složka organických substrátů pro pěstování KSM lesních dřevin používá vrchovištní rašelina. Méně rozložená tzv. *světlá rašelina* se dováží z Pobaltí (Litva, Lotyšsko, Estonsko) nebo Běloruska. Při přípravě lesnických substrátů se v ČR zpravidla kombinuje s více rozloženou tzv. *tmavou rašelinou*, původem buď tuzemskou, nebo dováženou z Polska. Aktuální roční spotřeba rašeliny pro přípravu substrátů se v ČR podle odhadu výrobců pohybuje kolem 400 tis. m<sup>3</sup>. Kromě pěstebních substrátů připravovaných u tuzemských producentů se do ČR dovážejí také substráty připravené v Německu nebo v Pobaltí.

Vzhledem k současné cenové dostupnosti dovážených rašelin v ČR se další organické komponenty (především kokosová vlákna) používají pouze k optimalizaci fyzikálních nebo chemických vlastností substrátů, nikoli jako prostá náhrada rašeliny. Pro zvýšení vzdušné kapacity substrátů se u nás obvykle preferují hrubší frakce rašeliny, kokosová vlákna nebo expandovaný perlit. Kokosová vlákna nebo expandovaný perlit se používají v podílu 10–15 % objemu. Pro zvýšení sorpční kapacity se do lesnických pěstebních substrátů přidávají i minerálními komponenty, především jíly, případně zeolity v dávkách do 5 % obj. (tj. kolem 50 kg · m<sup>-3</sup>). Pro zlepšení drenážních schopností rašelin se do některých substrátů přidává také křemitý písek, obvykle v dávce kolem 10 kg · m<sup>-3</sup>. Pro zlepšení nasákavosti rašelin se používají také smáčedla. Výrobci a dodavatelé substrátů tak diferencují svoji nabídku do pestré množiny různých typů substrátů, které se liší zejména objemovou hmotností suchého vzorku (OHS) a poměrem zadržované vody a vzduchu.

**Rozdělení rašelin:** Rašelina se dělí podle **způsobu vzniku** na vrchovištní a slatinnou. Pro přípravu substrátů se hodí výhradně rašelina vrchovištní, která má optimální chemické vlastnosti, kyselou reakci a nízký obsah rozpustných solí. Fyzikální vlastnosti vrchovištních rašelin jsou ovlivněny jejím stářím – stupněm rozložení, způsobem těžby a tříděním (zrnitostními frakcemi).

Podle **stupně rozložení** se vrchovištní rašelina dělí na světlou (bílou) a tmavou (černou). Světlá

rašelina je z horních vrstev rašeliniště, je mladší a méně rozložená. Černá rašelina je starší, více rozložená, ze spodních vrstev rašeliniště. Rašelina ze středních vrstev se označuje jako hnědá (případně přechodová). Stupeň rozkladu se nejčastěji hodnotí metodou dle von Posta a vyjadřuje se v 10stupňové škále stupnice jako úroveň H1 až H10, kde H1 představuje rašelinu nejméně rozloženou a naopak H10 silně rozloženou rašelinu. Světlá rašelina mívá obvykle stupeň rozložení H1–H4, hnědá H5–H6 a černá H7–H10. Podíl světlé rašeliny v substrátové směsi zvyšuje obsah vzduchu, podíl černé nebo hnědé rašeliny zvyšuje obsah vody.

Fyzikální vlastnosti produktu ovlivňuje i **způsob těžby**. Při těžbě rašelin převládá frézování svrchní vrstvy rašeliniště. Frézovaná rašelina se nechá oschnout a jako vyschlá se následně přímo skladuje. Při borkování se rašelina těží ve formě kvádrů (cihel), které se skládají do stěny a suší se po dobu až jednoho roku. Jejich pomletím se získá směs hrubších a jemnějších částic, které lze následně na hvězdicových sítích roztrždit na frakce. U rašelin těžných borkováním je možné získat vyšší podíl hrubších frakcí s nízkým podílem jemných částic a tedy s vyšším obsahem vzduchu než při třídění rašelin frézovaných. Vzhledem k náročnosti těžby je cena borkované rašeliny vyšší než u frézované.

Poměr vody a vzduchu se může u rašelin lišit nejen podle podílu různých zrnitostních frakcí, ale i podle **původu**. Např. u irských rašelin těžných frézováním se v zahraniční literatuře uvádí vyšší vzdušná kapacita než u rašelin baltských. Do ČR se dovážejí i substráty s podílem borkovaných světlých rašelin ze severního Německa. Ty mají zpravidla také vyšší obsah vzduchu než rašeliny z Pobaltí. Tyto rašeliny se liší stářím a stupněm rozložení. Baltská je mladší se stupněm rozložení nejčastěji H1–H3, německá je starší se stupněm rozložení nejčastěji ve stupních H3–H4.

## Fyzikální vlastnosti pěstebních substrátů

Z pěstitelského hlediska jsou u pěstebních substrátů vždy prioritní především jeho hydrofyzikální vlastnosti, tj. schopnost substrátu zadržovat vodu při dostatečné zásobě vzduchu, nutného k dýchání kořenů rostlin. Poměr vody a vzduchu je zvláště důležitý při pěstování krytokořenného sadebního materiálu lesních dřevin v maloobjemových obalech.

**Hydrofyzikální vlastnosti substrátů** lze přesně charakterizovat **retenčními křivkami**, které se stanovují na pískovém tanku a charakterizují závislost vlhkosti substrátu na vodním potenciálu. Obsah vody v organických substrátech se takovém případě určuje při vodním potenciálu v rozsahu –0,25 kPa (nasyčený vzorek) až –10 kPa. Podtlak se nastavuje jako rozdíl vodních sloupců 2,5 až 100 cm. Pro stanovení se používají válečky naplněné substrátem. Pro hrubší organické substráty jsou doporučeny válečky podle normy EN 13041 o výšce 5,3 cm a průměru 10 cm (objem je 416 cm<sup>3</sup>). Pro substráty s jemnějšími frakcemi rašelin je možné použít i standardní pedologické válečky o objemu 100 cm<sup>3</sup> (výška 4,6 cm, průměr 5,3 cm). Podle normy EN 13041 se provádí i plnění váleček a sycení vzorků.

Pro stanovení retenčních křivek je nutné postupně stanovit objem vody v substrátu při podtlaku 2,5; 5; 10; 20; 30; 50 a 100 cm vodního sloupce. **Pórovitost (P)** v % obj. se vypočítá z objemové hmotnosti (dále ve vzorci označované jako „o“ v g · cm<sup>-3</sup>) a ze specifické hmotnosti pevných částic (označ. jako „s“ v g · cm<sup>-3</sup>) podle vzorce  $P = 100 \cdot (s - o) \cdot s^{-1}$ . Z průběhu retenčních křivek se vypočítají kategorie vody podle dostupnosti rostlinám (DE BOODT et al. 1974; PRASAD a O'SHEA 1999). Podle normy EN 13041 se stanovuje i hodnota smrštění, která charakterizuje objemové změny substrátu po vyschnutí. Udává, o kolik procent se zmenší objem substrátu mezi nasyčeným vzorkem ve válečku na začátku rozboru a vzorkem vysušeným při 105 °C. V rámci hodnocení fyzikálních vlastností substrátů se stanovuje i **obsah spalitelných látek** (EN 13039), kdy se vzorek spaluje v peci při teplotě 550 °C.

**Retenční křivky** určují, jak pevně je voda v substrátu poutaná. Pokud se zvětšuje rozdíl hladin na pískovém tanku, obsah vody v substrátu klesá, voda je v substrátu poutána většími silami a z hlediska rostlin se stává obtížněji dostupnou. Voda, která se uvolní při podtlaku vodního sloupce 10 cm, představuje vodu gravitační, která po zálivce volně odteče. Obsah vody při podtlaku 10 cm se označuje jako vodní nebo také **kontejnerová kapacita**, kterou se charakterizuje schopnost substrátu zadržet vodu. Objem pórů vyplněných vzduchem při podtlaku 10 cm se označuje jako **vzdušná kapacita**. Vzdušná kapacita rašelinových substrátů se pohybuje v rozmezí 5–15 % obj. (optimální je >10 % obj.), vodní kapacita v rozmezí 75–85 % obj.

Kromě vodní a vzdušné kapacity je z pěstebního hlediska důležitý **obsah vody lehce dostupné** pro

rostliny (tab. 1). To je množství, které se ze substrátu uvolní při změně podtlaku z 10 na 50 cm vodního sloupce. V rašelinových substrátech je její obsah velký, pohybuje se nad 30 % obj. **Hůře dostupná voda** se ze substrátu uvolní při změně podtlaku z 50 na 100 cm vodního sloupce, u rašelinových substrátů se pohybuje v rozmezí 5–8 %, někdy bývá označována i jako vodní pufrovací kapacita. **Obtížně dostupná voda** se uvolní při změně vodního potenciálu z hodnot  $-10$  kPa (100 cm) na  $-1500$  kPa; zbývající obsah vody je pro rostliny nedostupný. Pro stanovení obsahu vody při potenciálu nad  $-10$  kPa se používá přetlaková komora. Toto stanovení se standardně pro stanovení retenčních křivek substrátů nepoužívá. Pro vyhodnocení hydrofyzikálních vlastností organických substrátů postačuje rozsah podtlaku do 100 cm vodního sloupce ( $-10$  kPa). Obsah vody při podtlaku 100 cm se pak pro zjednodušení označuje obtížně dostupná voda (PRASAD a O'SHEA 1999).

Pro hodnocení fyzikálních vlastností substrátů jsou důležité především dvě hodnoty, a to vzdušná kapacita (VzK) a obsah pro rostliny lehce dostupné vody (LDV). Podle VzK a LDV je možné organické substráty rozdělit do tří základních skupin (podle VERDONCK at al. 1983):

- I. substráty s nízkým obsahem vzduchu: VzK  $<10$  % obj., LDV  $>30$  % obj.
- II. substráty se středním obsahem vzduchu: VzK 10–20 % obj., LDV  $>20$  % obj.
- III. substráty se zvýšeným obsahem vzduchu: VzK 20–30 % obj., LDV  $>20$  % obj.

**Tab. 1:** Kategorie vody podle dostupnosti rostlinám charakterizované vodním potenciálem v kPa a podtlakem vodního sloupce v cm

vlastnost	charakteristika
pórovitost (P)	část objemu substrátu vyplněná vodou a vzduchem
vzdušná kapacita (VzK)	objem pórů vyplněných vzduchem při potenciálu $-1$ kPa (podtlak 10 cm vodního sloupce)
vodní (kontejnerová) kapacita (KK)	objem pórů vyplněných vodou při potenciálu $-1$ kPa (10 cm)
lehce dostupná voda (LDV)	obsah vody mezi $-1$ a $-5$ kPa (10 a 50 cm)
hůře dostupná voda (HDV)	obsah vody mezi $-5$ a $-10$ kPa (50 a 100 cm)
obtížně dostupná voda (ODV)	obsah vody mezi $-10$ kPa (100 cm) a $-1500$ kPa ( $-1,5$ MPa)
nedostupná voda (NV)	obsah vody při potenciálu $-1500$ kPa ( $-1,5$ MPa)

Na základě retenčních křivek lze upravovat četnost závlahy a při automatické závlaze zavlažovat na cílovou vlhkost substrátu odpovídající vodní kapacitě. Závlaha by měla být zopakována, když obsah vody v substrátu poklesne přibližně pod 50 % obj., tj. v momentě, kdy je spotřebována snadno dostupná voda.

Stanovení retenčních křivek vyžaduje laboratorní zařízení a je poměrně časově náročné. Pro rychlé vyhodnocení fyzikálních vlastností substrátů se obvykle stanovuje pouze vzdušná a vodní kapacita při podtlaku 10 cm vodního sloupce (podle normy EN 13041). **V provozních podmínkách výrobních a školkařských podniků** lze použít i **jednodušší stanovení** vodní (kontejnerové) kapacity v pěstebních nádobách o výšce 7,5 cm (např. FONTENO 1996). Stanovuje se maximální množství vody, které může substrát zadržet po zálivce. Substrát v nádobě se plně nasytí vodou a po hodině, kdy odeče gravitační voda, se stanoví zbylé množství vody. Při výšce nádoby 7,5 cm odpovídá stanovený obsah vody podtlaku 3,75 cm vodního sloupce (rozdíl mezi dnem a středem nádoby). Takto stanovená kontejnerová kapacita se tedy liší od hodnoty stanovené na pískovém tanku při podtlaku 10 cm vodního sloupce a obvykle vychází jako mírně vyšší. U hodnot kontejnerové kapacity substrátu by měla být proto vždy uvedena metoda, užitá při jejím stanovení.



Obdobné návrhy a návody na provozně snadné zjišťování hydrofyzikálních vlastností pěstebních substrátů, užívaných v lesním školkařství, uvádí na stránkách *Lesnické práce* a poté i ve své finální monografii například DUŠEK (1993, 1997).

### Nasákavost rašelin a rašelinových substrátů

U dodávaných rašelin a rašelinových substrátů se pěstitel může také setkat s jejich značně variabilní a proměnlivou okamžitou vlhkostí. Rašeliny, případně rašelinové substráty připravované v místě těžby, bývají k usnadnění přepravy lisovány do balení o objemu 6 m<sup>3</sup> a při balení obvykle nejsou zvlhčovány. Jejich vlhkost se pohybuje v rozmezí 20–40 %. Vlhkost 20–25 % mívá rašelina vysušená při těžbě. Pokud jsou substráty připravovány pro přímé použití, jejich vlhkost je upravována na 50–60 % (kolem 20 % obj.) a zpravidla jsou při zvlhčování ošetřeny smáčedlem. Tyto substráty se dodávají v baleních 0,25–4 m<sup>3</sup> a pěstitel je nemusí před použitím zvlhčovat. Po nasázení se zálivkou nasytí na plnou vodní kapacitu.

Smáčedla se většinou aplikují v tekutém stavu, podle typu smáčedla se aplikuje 100–150 ml smáčedla s přídavkem 1–2 litry vody na m<sup>3</sup> substrátu. K dispozici jsou i smáčedla v granulované formě, kdy je aktivní látka na minerálním nosiči, např. vermikulitu. Smáčedla snižují povrchové napětí vody a umožňují zvlhčení vysušených rašelinových vláken.

Nasákavost je možné vyhodnotit v laboratorních podmínkách, používají se pedologické válečky o objemu 100 ml nebo pěstební nádoby o výšce 75 mm a objemu 400 ml naplněné substrátem (DUBSKÝ 2012). Vzorky jsou syceny vztlínáním po dobu 24 hodin. Laboratorní pokusy potvrdily velmi nízkou nasákavost substrátu na bázi světlé vrchovištní rašeliny s počáteční vlhkostí kolem 20 % a výrazný vliv smáčedla pro nasákavost tohoto substrátu s nízkou vlhkostí. Nasákavost vzorků se zvýšenou vlhkostí 55–65 % byla výrazně vyšší a pohybovala se přes 70 % stanovené celkové vodní kapacity.

Pokud se rašelinový substrát před sázením nebo hrnkováním dostatečně zvlhčí na cílovou vlhkost (kolem 20 % obj.), dobře přijímá vodu zálivkou i bez použití smáčedla. Optimální vlhkost substrátu před sázením lze určit jednoduchou zkouškou, pokud se na něj kápne kapka vody, musí se okamžitě vsáknout. Výrobci ale přidávají smáčedlo do většiny rašelinových substrátů i jako určitou pojistku pro případ, že zvlhčený substrát u pěstitele před použitím přeschne, nebo se také při výrobě substráty záměrně vlhčí na nižší vlhkost (do 40 %), a to např. z přepravních důvodů.

### Zrnitostní frakce rašelin

Pro posouzení zrnitostních frakcí rašelin se v analytické praxi používá síťová analýza podle normy DIN 11 540 s využitím sady sít o velikosti ok 16; 10; 5; 2; 1; 0,5 a 0,2 mm. Jako příklad takových analýz uvádíme (viz tabulka 2) podíly dílčích zrnitostních frakcí u bezprostředně po vytěžení různě vytríděných rašelin, které prošly pouze třídicí linkou. Tyto vzorky neobsahovaly vápenec, hnojiva, smáčedla, ale ani přídavek vody, které se k rašelinám přidávají a do substrátů dávkuje teprve až na výrobní lince (viz též DUBSKÝ et al. 2012).

**Tab. 2:** Podíl zrnitostních frakcí různě tříděných rašelin, N - německá borkovaná, L - litevská borkovaná, F - litevská frézovaná, vliv zrnitostního složení na vzdušnou kapacitu (VzK) a obsah lehce dostupné vody (LDV)

rašelina třídění v mm	Hmotnostní podíl (% hm) zrnitostních frakcí v mm								VzK % obj.	LDV % obj.
	> 16	10–16	5–10	2–5	1–2	0,5–1	0,2–0,5	<0,2		
N 1–7	0,0	0,7	2,4	11,3	28,7	13,8	24,2	18,9	31,2	29,1
N 5–15	1,6	11,1	24,0	25,8	14,4	5,5	9,4	8,3	51,3	15,0
L 1–8	0,0	0,6	4,8	14,9	22,3	11,6	26,0	19,8	16,1	33,3
L 5–15	0,0	18,2	40,5	19,8	9,1	3,4	5,2	4,0	51,5	12,6
F 1–8	0,0	0,0	6,6	24,8	27,5	11,0	17,8	12,4	30,3	25,7
F 8–20	0,9	40,6	45,1	5,7	2,9	1,0	1,9	1,9	47,3	12,5

**Interpretace:** Z údajů tabulky 2 je patrný vliv třídění rašelin na zrnitostní složení. Rašeliny, tříděné na frakci 1–8 mm, mají výrazně vyšší podíl jemných částic pod 1 mm. Tyto rašeliny mívají proto i nižší obsah vzduchu a vyšší množství lehce dostupné vody než obdobně těžené rašeliny hrubší zrnitostní skladby. Tříděné rašeliny se projevovaly nízkou okamžitou vlhkostí a při laboratorním stanovení vodní a vzdušné kapacity se je nedařilo vodou nasýtit tak, jako tomu bylo u rašelinových substrátů se smáčedlem nebo u rašelin s vyšší počáteční vlhkostí. Hodnocené vzorky tak měly výrazně vyšší vzdušnou kapacitu a nižší obsah vody než modelové rašelinové substráty (viz dále – tab. 7).

Tříděním rašelin před přípravou substrátů můžeme ovlivňovat podíl jednotlivých zrnitostních frakcí a následně tím i vzdušnou a vodní kapacitu finálního produktu. Při přípravě a balení substrátů také může docházet i ke zhoršení struktury vytríděných rašelin a ke zvýšení podílu jemnějších frakcí po průchodu výrobní linkou. Stává se to nicméně také ve školkařských podnicích při nesprávné manipulaci se substrátem. Rozmělnění původní struktury nejčastěji závisí na vlhkosti a typu rašeliny. Substráty s vyšším podílem jemnějších frakcí (obvykle již při podílu nad 5 % prachových částic do 0,2 mm), projevující se nárůstem objemové hmotnosti redukované (OHR) nad  $150 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$ , poté při pěstování KSM v lesních školkách zpravidla již nezbytně vyžadují doplňkové úpravy zrnitostní skladby (DUŠEK 1993). Týká se to zejména produkce KSM v maloobjemových obalech (JURÁSEK 1988).

### Chemické vlastnosti pěstebních substrátů

Mezi základní chemické vlastnosti organických pěstebních substrátů patří hodnota pH, která charakterizuje reakci substrátu, hodnota elektrické vodivosti (EC) vodního výluhu, která charakterizuje obsah rozpustných solí, a obsah přijatelných hlavních živin (dusík v nitrátové a amonné formě; makroprvky P, K, Mg a Ca). Pro vyhodnocování a agrochemické interpretace chemických rozborů substrátů je u nich důležité znát výsledky stanovení objemové hmotnosti (OH), neboť je nezbytná pro vyjádření obsahu přijatelných živin v mg při přepočtu na 1 litr substrátu.

V současné době pracuje v ČR **pět agrochemických laboratoří**, které provádějí chemické rozborů organických substrátů. Tyto laboratoře používají starší metodiky Výzkumného ústavu Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, v. v. i. (VÚKOZ) Průhonice z roku 1987 (SOUKUP et al. 1987) nebo metodiky dle evropských norem řady EN (*Europäische Norm*), doporučené od roku 2001 v zemích Evropské unie (EU).

*Hlavní rozdíly mezi metodami VÚKOZ a EN (tab. 4) jsou v přípravě vzorku, ve vyluhovacím činidle pro stanovení přijatelných živin a vyluhovacím poměru. V metodice VÚKOZ se používá navážka vzorku vysušeného na vzduchu a vyluhovací poměr 1w-suš.:10v. Pro stanovení pH a EC se používá vodní výluh po filtraci. Obsah přijatelných živin se stanovuje v kyselém vyluhovacím činidle Göhler (pH 3,6) a vyjadřuje se v  $\text{mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  substrátu a dále se přepočítává na  $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$  substrátu podle objemové hmotnosti suchého vzorku (OHS).*

*Metody EN jsou založeny na stanovení OH substrátu s přirozeným obsahem vody na počátku rozboru (EN 13040). OH se stanovuje v litrovém válci po mírném stlačení závažím za definovaných podmínek. Takto stanovená OH slouží pro výpočet navážky vzorku odpovídající 60 ml vzorku. Pro vzájemné porovnání různých substrátů je nutné podle obsahu sušiny vypočítat OH suchého substrátu.*

**Hodnoty pH** (EN 13037) a **EC** (EN 13038) substrátů se stanovují ve vodním výluhu 1v:5v (navážka odpovídající 60 ml vzorku + 300 ml vyluhovacího činidla). Hodnota pH se měří v suspenzi, **EC** ve filtrátu. Pro **zjištění obsahu přijatelných hlavních i stopových živin** (EN 13651) se používá stejný vyluhovací poměr a kyselé činidlo CAT (pH 2,6). Ve výluhu CAT nelze, vzhledem k jeho složení, stanovit přijatelný vápník. Ten je možné stanovit ve vodném výluhu.

*Na etiketách substrátů nebo v odborné literatuře se může pěstitel setkat i s hodnocením podle dalších metod. Např. hodnoty pH a EC se při registraci substrátů ÚKZÚZ hodnotí ve vodném výluhu w-suš/v=1/25. U minerálních půd (zemědělských i lesnických) se stanovuje výměnná hodnota pH*

v roztoku  $\text{CaCl}_2$ , vyluhovací poměr 1w-suš.:5v (ISO 10390), výměnná hodnota pH bývá někdy uváděna i u organických substrátů.

Při stanovení hodnot pH ve vodném výluhu se rozdílný poměr navážky a vody příliš neprojevuje. Výměnná hodnota pH může u substrátů vycházet až o 0,5 nižší. Poměr navážky a vody ale výrazně ovlivňuje hodnoty EC (viz tab. 3). Výsledky stanovené různými metodami nelze porovnávat a navzájem přepočítat, u hodnoty EC by měla být vždy uvedena metoda stanovení nebo vyluhovací poměr.

**Tab. 3:** Optimální hodnoty elektrické vodivosti (EC) vodního výluhu organických substrátů

typ substrátu	EC ( $\text{mS} \cdot \text{cm}^{-1}$ ), vyluhovací poměr, metoda		
	v/v=1/5 EN	w-suš./v=1/10 VÚKOZ	w-suš/v=1/25 ÚKZÚZ
množárenský, pro citlivé rostliny	do 0,25	do 0,5	0,4
výsevní	do 0,35	do 0,7	0,5
pěstební	0,3 – 0,5	0,8 – 1,2	0,6 – 0,8

Pro stanovení obsahu přijatelných živin se kromě činidel Göhler nebo CAT používá destilovaná voda (EN 13652). V některých německy mluvících zemích se v analytické laboratorní praxi upřednostňuje také činidlo CAL (podrobnosti viz tab. 4). Vyluhovací činidla mají různou intenzitu vyluhování pro jednotlivé živiny (pro  $\text{N-NH}_4$  je pořadí  $\text{CAT} > \text{Göhler} > \text{voda}$ ; pro živiny P, K a Mg ale platí pořadí  $\text{Göhler} > \text{CAT} > \text{voda}$ ). S laboratorními protokoly výsledků rozborů z analytické laboratoře by měl uživatel (pěstitel, lesní školkař atd.) vždy od jejího provozovatele dostat i agronomicky orientované vyhodnocení (interpretaci) rozborů včetně směrných hodnot pro jednotlivé živiny a pro použitou analytickou metodu, a to včetně provozně aplikovatelných doporučení z oboru výživy a hnojení rostlinné produkce.

Obsah přijatelných živin v pěstebních substrátech i např. doporučené dávky živin v systémech hnojení by se dnes měly přednostně udávat v prvcích (P, K, Mg, Ca), nikoliv v oxidech ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$ ), jak to bývalo obvyklé v minulosti. Pro přepočet oxidů na prvky se při tom používají standardní přepočtové koeficienty:  $\text{P}_2\text{O}_5 \times 0,44 = \text{P}$ ;  $\text{K}_2\text{O} \times 0,83 = \text{K}$ ;  $\text{MgO} \times 0,6 = \text{Mg}$ . Obsah živin by se měl u KSM vyjadřovat v mg/litr substrátu a v rámci interpretace výsledku by měla být vždy uváděna i objemová hmotnost posuzovaného pěstebního substrátu. U volně ložených substrátů je nutné brát do úvahy také vliv časového odstupu od základního hnojení realizovaného ve výrobním podniku nebo u dodavatele. Především to platí u hodnot přijatelného dusíku, neboť i v čistě rašelinových substrátech může docházet k jeho imobilizaci. U vzorků substrátů, odebraných v průběhu kultury (školkařské produkce), je nutné doplnit termín odběru a uvádět uplatněný systém hnojení.

**Tab. 4:** Přehled metod stanovení obsahu přijatelných živin v organických substrátech

metodika stát	vyluhovací činidlo		poměr vzorek/činidlo	vzorek - navážka
	název	složení		
VÚKOZ ČR	Göhler	0,52 mol/l kyselina octová 0,05 mol/l octan sodný	w-suš./v= 1/10	vysušený na vzduchu
EN 13651 EU	CAT	0,01 mol/l chlorid vápenatý 0,002 mol/l DTPA	v/v=1/5	přirozeně vlhký- navážka odpovídající objemu
EN 13652 EU		destilovaná voda	v/v=1/5	
VDLUFA SRN	CAL	0,3 mol/l kyselina octová 0,05 mol/l octan + mléčnan vápenatý	v/v= 1/10	

**Příklady dávkování hnojiv při přípravě rašelinových substrátů:**

V tabulce 5 uvádíme příklad základního hnojení rozpustnými hnojivy PGmix<sup>TM</sup> a Krista<sup>TM</sup>-K (dusičnan draselný), které bylo použito pro přípravu modelového substrátu C (viz dále v tab. 8) se sníženou dávkou fosforu. Dávky vápence pro požadovanou úpravu hodnoty pH se pohybují v rozmezí od 2 do 6 g · l<sup>-1</sup> substrátu, a to podle použité rašeliny a jejího objemového podílu. V tabulce 6 navazujeme příkladem základního hnojení substrátů s použitím rozpustného hnojiva PGmix<sup>TM</sup> a zásobního hnojiva s řízeným uvolňováním živin řady<sup>1</sup> Osmocote Exact<sup>®</sup> (typ hi-start K 5–6). V případě kombinací těchto hnojiv byla použita snížená dávka zásobního hnojiva (na 2,7 g · l<sup>-1</sup> substrátu); při kalkulování úplných dávek tohoto hnojiva s předpokladem účinnosti na 5 – 6 měsíců se jinak počítá s úrovní hnojení kolem 4 g · l<sup>-1</sup> substrátu. Ve výrobní, školkařské a zahradnické praxi se u substrátů, obohacovaných hnojivy s řízeným uvolňováním živin, analytické stanovení obsahu přijatelných živin na chemické laboratoři zpravidla nepožaduje. Pokud k tomu přistoupíme a chceme zjistit aktuální obsah živin v substrátu i v průběhu pěstování, je nutné ze vzorku substrátu veškeré granule těchto hnojiv vyseparovat.

<sup>1</sup> V roce 1984 zavedla firma Siera Osmocote Plus první obalované hnojivo s řízeným uvolňováním živin, kde byly v každé granuli zkombinované makroživiny i s mikroelementy. Na český trh se dodávala hnojiva řady Osmocote, Osmocote Plus, Osmocote Mini a Osmocote Plus Tablet. V současnosti končící výroba Osmocote Plus je nahrazována řadou Osmocote Exact. Ta se vyrábí ve třech provedeních: lo-start, standard a hi-start. Osmocote Exact standard bezprostředně nahrazuje hnojivo Osmocote Plus.

**Tab. 5:** Příklad dávkování hnojiv – rašelinový substrát, základní hnojení rozpustnými hnojivy se sníženou dávkou fosforu

živina	hnojivo PGmix™ 14-16-18				hnojivo Krista™ -K 13-46				suma
	obsah živin %		dávka	živiny	obsah živin %		dávka	živiny	živiny
	prvky	oxidy	g/l sub.	mg/l sub.	prvky	oxidy	g/l sub.	mg/l sub.	mg/l sub.
N	14		0,4	56	13		0,3	39	95
P	7	16	0,4	28	-	-	-	0	28
K	15	18	0,4	60	38	46	0,3	115	174
Mg	1,8	3	0,4	7	-	-	-	0	7

**Tab. 6:** Příklad dávkování hnojiv – rašelinový substrát do kontejnerů, použití CRF hnojiv

živina	hnojivo PGmix™ 14-16-18				hnojivo Osmocote hi-start K 5–6				suma
	obsah živin %		dávka	živiny	obsah živin %		dávka	živiny	živiny
	prvky	oxidy	g/l sub.	mg/l sub.	prvky	oxidy	g/l sub.	mg/l sub.	mg/l sub.
N	14		0,8	112	10	10	2,7	270	382
P	7	16	0,8	56	11	4,8	2,7	131	187
K	15	18	0,8	120	18	14,9	2,7	403	523
Mg	1,8	3	0,8	14	2	1,2	2,7	32	47

### Modelové substráty

Pro modelové hodnocení fyzikálních (tab. 7, graf 1) a chemických (tab. 8) vlastností lesnických substrátů uvádíme příklady 7 různých druhů substrátů, které se liší použitými komponenty a částečně i základním hnojením. V přehledu jsou označeny velkými písmeny abecedy a jsou seřazeny podle vzdušné kapacity (substrát A – substrát s nejvyšší VzK).

### Přehled a základní hodnocení modelových lesnických substrátů:

**A** - rašelinový substrát na bázi více rozložené tmavé rašeliny s podílem hrubé borkované vrchovištní rašeliny - hrubá borkovaná rašelina zvýšila vzdušnou kapacitu (VzK) směsi.

**B** - rašelinový substrát na bázi tmavé rašeliny s podílem borkované vrchovištní rašeliny a kokosových vláken – borkovaná rašelina a kokosová zvýšila VzK, kokosová vlákna snížila i obsah lehce dostupné vody (LDV), přídavek kokosových vláken měl vliv i na vyšší obsah přijatelného draslíku (tab. 8).

**C** - substrát připravený pouze z vrchovištní rašeliny, substrát má vyšší VzK a zároveň i vysoký obsah LDV (graf 1), při přípravě aplikováno: 6 g vápence na litr substrátu a střední dávka N a K hnojiv, nízká dávka P – tomu odpovídá obsah živin (tab. 8).

**D** - rašelinový substrát na bázi tmavé rašeliny s přídavkem kokosových vláken a perlitu, přídavek kokosových vláken a perlitu není moc vysoký, VzK je mírně pod 10 % obj. (graf 1).



**E** - směs hnědé a světlé vrchovištní a rašeliny, vyšší podíl hnědé rašeliny – VzK je pod 10 % obj., zvýšený obsah obtížně dostupné vody (ODV), vyšší hodnota EC, pravděpodobně aplikována vyšší dávka živin (nad 1g NPK hnojiva na litr substrátu) – obsah přijatelných živin na horních limitech optima, zvýšený obsah přijatelného fosforu (tab. 8).

**F** - rašelinový substrát na bázi více rozložené tmavé rašeliny a vrchovištní rašeliny, OHS odpovídá vyššímu podílu světlé rašeliny, nízká VzK a vysoký obsah LDV i ODV.

**G** - rašelinový substrát na bázi více rozložené tmavé rašeliny, nízká VzK a vysoký obsah LDV i ODV, opt. hodnota pH a EC, mírně nižší (× dostačující) obsah P a K (tab. 8).

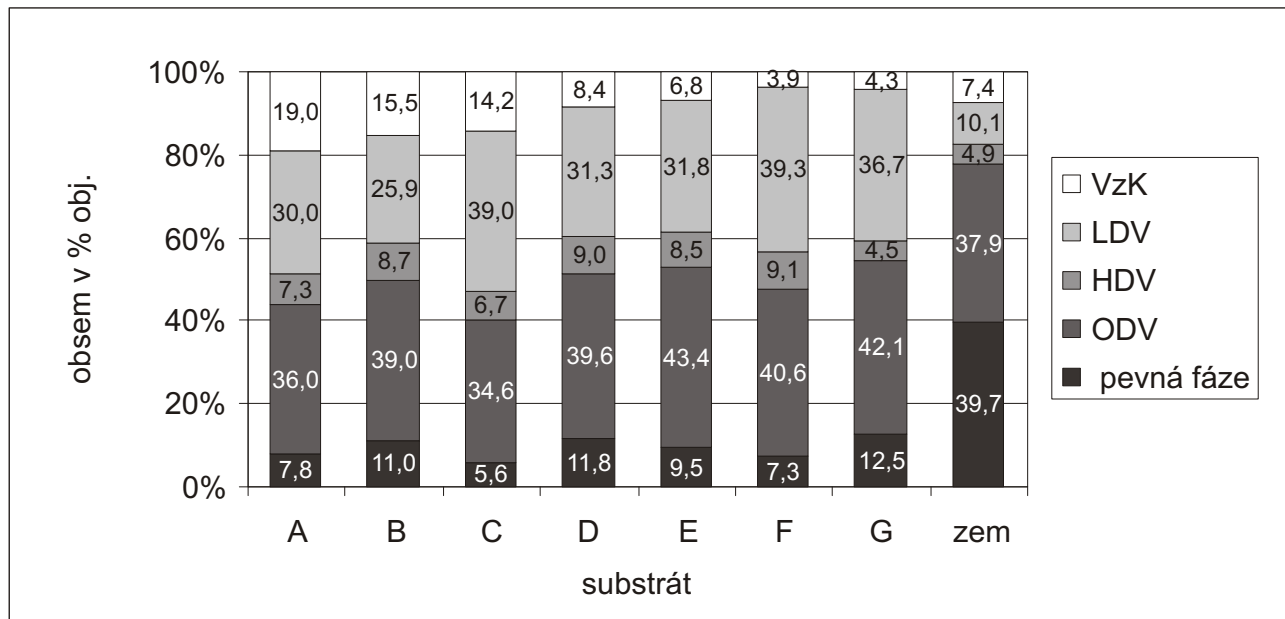
Pro srovnání jsou uvedeny i fyzikální vlastnosti lehké písčitohlinité půdy (zeminy) z lesní školky (tab. 7, graf 1). Ve srovnání s organickými substráty má zemina nižší pórovitost a obsah lehce dostupné vody. Hodnocená zemina má relativně vysoký obsah vzduchu, který je dán podílem písčitých částic i pravidelnou aplikací organických hnojiv (rozloženého koňského hnoje).

V grafu 2 jsou uvedeny retenční křivky tří substrátů (A, D, F), které se výrazněji lišily obsahem vody i vzduchu v průběhu měření. Průběh retenčních křivek organických substrátů je porovnáván se zeminou.

**Tab. 7:** Fyzikální vlastnosti substrátů., vodní a vzdušná kapacita - obsah vody resp. vzduchu při podtlaku 10 cm vodního sloupce, OHS – objemová hmotnost suchého vzorku

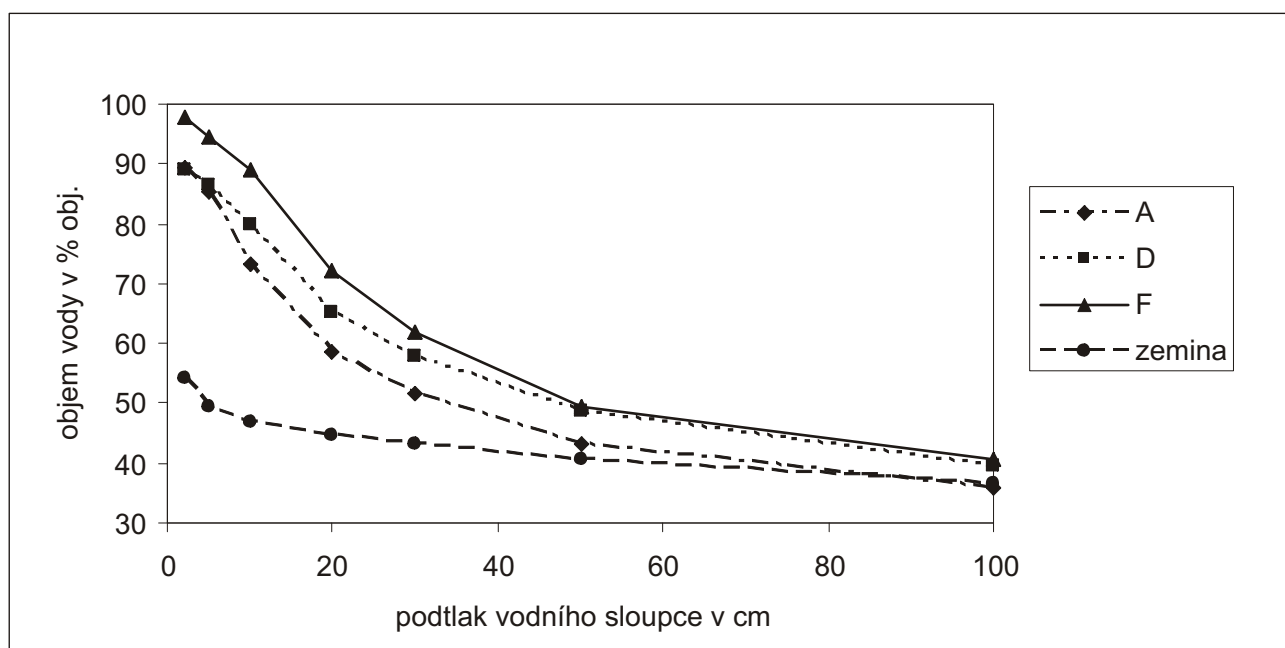
modelový substrát	pórovitost % obj.	vodní kapacita % obj.	vzdušná kapacita % obj.	OHS g/l	specifická hmotnost g/ml	smrštění %	spalitelné látky %
<b>A</b>	92,2	73,2	19,0	134	1,72	39,8	75,0
<b>B</b>	89,0	73,5	15,5	213	1,94	32,1	56,6
<b>C</b>	94,4	80,2	14,2	92	1,64	46,8	93,5
<b>D</b>	88,2	79,8	8,4	214	1,82	27,7	58,0
<b>E</b>	90,5	83,7	6,8	170	1,78	54,3	67,0
<b>F</b>	92,7	88,9	3,9	118	1,63	38,2	86,5
<b>G</b>	87,5	83,2	4,3	212	1,69	31,2	66,6
zemina	60,3	52,9	7,4	1290	2,61	19,4	5,1

**Graf 1:** Podíl pevné fáze, vody a vzduchu v modelových substrátech, porovnání se zeminou z lesní školky



VzK – vzdušná kapacita, obsah vzduchu při podtlaku 10 cm vodního sloupce,  
 LDV – lehce dostupná voda, rozdíl v obsahu vody při podtlaku 10 a 50 cm,  
 HDV – hůře dostupná voda, rozdíl v obsahu vody při podtlaku 50 a 100 cm,  
 ODV – obtížně dostupná voda, obsah vody při podtlaku 100 cm.

**Graf 2:** Retenční křivky modelových rašelinových substrátů – obsah vody v substrátech v závislosti na vodním potenciálu (podtlaku vodního sloupce)



V tabulce 8 jsou uvedeny výsledky chemických vlastností (stanovených podle norem EN) u vybraných modelových substrátů, u kterých byla pro základní hnojení použita rozpustná minerální hnojiva, a u vrchovištní rašeliny, která byla použita pro přípravu modelového substrátu C.

Vrchovištní rašelina má nízké hodnoty pH i EC a nízký obsah přijatelných živin. V rašelinách se zpravidla může stanovit pouze zvýšený obsah amonného dusíku (viz příklad v tab. 8).

Lesnické substráty pro výsevy a pěstování krytokořenné sadby se zpravidla vyhnojují tak, aby obsah přijatelného fosforu byl na nebo mírně pod spodní hladinou optima pro rašelinové substráty (viz substráty C, G). Nižší obsah fosforu, případně i dalších živin je důležitý pro rozvoj mykorrhizních hub a obsah přijatelného fosforu kolem  $20 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$  je pro lesní dřeviny dostatečný.

Pokud se do substrátu přidají kokosová vlákna, která přirozeně obsahují vyšší podíl draslíku, zvyšuje se obsah této živiny i ve finální pěstební směsi (substrát B). Substráty B a E představují substráty vyhnojené, především dusíkem a fosforem na maximální hodnoty.

Optimální hodnoty pH pro lesnické substráty jsou v rozmezí 5,5–6,5, nižší hodnoty pH mají zpravidla substráty pro jehličnany. Vhodnou hodnotu pH substrátu pro danou školku ovlivňuje i kvalita závlahové vody, především její uhličitánová tvrdost. Při vyšší uhličitánové tvrdosti (nad 10 stupňů německých, tj. kyselinová neutralizační kapacita - KNK - nad 3,6 mmol/l) by se měly při pěstování KSM v lesních školkách vždy používat kyselější substráty s hodnotou kolem 5,0 pH.

**Tab. 8:** Objemová hmotnost a chemické vlastnosti výsevních substrátů: OHV - objemová hmotnost vlhkého vzorku, suš. - sušina, OHS - objemová hmotnost vysušeného vzorku, pH, EC a Ca - \*vodní výluh 1v/5v, N, P, K a Mg - CAT 1v/5v, srovnání s optimem pro vyhnojené substráty

vzorek	OHV	suš.	OHS	pH*	EC*	N-NH <sub>4</sub>	N-NO <sub>3</sub>	P	K	Mg	Ca*
	g/l	%	g/l		mS/cm	mg/l					
rašelina	196	53	94	4,0	0,02	59	3	0	12	47	13
B	339	55	187	6,2	0,63	144	197	39	320	308	75
C	331	29	94	5,9	0,27	116	105	22	203	190	71
G	374	44	165	5,6	0,26	78	57	26	104	108	36
E	377	39	146	5,3	0,50	185	85	70	195	109	67
Optimum				5,5-6,5	0,2-0,4	120–200		40- 90	120- 180	80- 160	50- 150

## Závěrem

Z předchozích podkapitol příspěvku, věnovaného obecným požadavkům na fyzikální a chemické parametry organických substrátů pro KSM lesnický využívaných druhů dřevin, je zřejmé, že spektrum kritérií pro výběr a úpravy lesnických pěstebních substrátů je velmi pestré a že optimalizace obsahu a skladby fyzikálních a chemických komponent organických substrátů v lesním školkařství se může ubírat mnoha různými směry a způsoby.

Úsilí o definování “univerzální” kvality organických pěstebních substrátů pro KSM obecně se v jednotlivých školkařských provozech střetává s mimořádně variabilními podnikatelskými, ekonomickými, technologickými, ale i vnějšími ekologickými a přírodními poměry (např. obvyklý průběh meteorologických prvků; dostupnost a kvalita zdrojů závlahové vody atd.), které stanovení univerzální kvality nutně modifikují (např. podle uplatňovaných podnikových soustav hnojení a podle požadavků odběratelů SMLD na sortiment KSM atd.) na **lokální optimalizace**, respektující konkrétní poměry školkařských provozů.

Při takovém ohnisku pohledu může být v jednom případě ideálním růstovým médiem pro krytokořenné

semenáčky lesních dřevin např. i živinami neobohacovaná, zrnitostně vyseparovaná vrchovištní rašelina s pouze upravenou hodnotou pH (neboť živiny pro zajištění výživy budou doplňovány zálivkou přesně dle exponenciální růstové fáze semenáčků), zatímco ve druhém případě to naproti tomu bude předem hnojivý obohacený organický substrát velmi variabilní skladby.

Závěrem chceme zdůraznit, že mezi nejdůležitější předpoklady pěstování kvalitních krytokořených semenáčků lesních dřevin v lesních školkách vedle optimalizovaného složení pěstebního substrátu a efektivního projektování dodávaných minerálních živin hnojením patří také (dle LEDINSKÝ a VYSTRČILOVÁ 1990): (a) udržování optimální vlhkosti pěstebního substrátu po celou vegetační sezónu; (b) používání kvalitativně vyhovující závlahové vody; (c) udržování optimálních teplotních i světelných poměrů během všech etap pěstování KSM; (d) zajištění hnojivých zálivek roztokem vhodné koncentrace a pokud možno i s optimálním poměrem jednotlivých živin, a to opět během všech etap pěstování KSM; (e) omezování ztrát živin vyplavováním z dodávaných průmyslových hnojiv, a to především správnou regulací závlah.

\* \* \*

### Použitá literatura

- DE BOODT M., VERDONCK O., CAPPAERT I. (1974): Method for measuring water release curve of organic substrates. *Acta Horticulturae*, vol. 37: 2054–2062.
- DIN 11540. Peats and peat products for horticulture and landscape gardening - Test methods, properties, specifications. 2009.
- DUBSKÝ M., ŠRÁMEK F., SLEZÁČEK Z. (2010): Fyzikální vlastnosti rašelin. *Zahradnictví*, 9 (2): 58–59.
- DUBSKÝ M. (2012): Nasákavost rašelinových substrátů. *Zahradnictví*, 11 (2): 62–64.
- DUŠEK V. (1993): Využití drčené kůry a štěpky ke zlepšení kvality rašelinových substrátů. *Lesnická práce*, 72 (10): 299–301.
- DUŠEK V. (1997): *Lesní školkařství. Základní údaje*. 1. vydání Písek, Matice lesnická. 139 s.
- EN 13037. Soils improvers and growing media – Determination of pH, CEN Brussels. 1999.
- EN 13038. Soils improvers and growing media – Determination of electrical conductivity, CEN Brussels. 1999.
- EN 13039. Soils improvers and growing media – Determination of organic matter content and ash, CEN Brussels. 1999.
- EN 13040. Soils improvers and growing media – Sample preparation for chemical and physical tests, determination of dry matter content, moisture content and laboratory compacted bulk density, CEN Brussels. 1999.
- EN 13041. Soils improvers and growing media – Determination of physical properties – Dry bulk density, air volume, water volume, shrinkage value and total pore space, CEN Brussels. 1999.
- EN 13651. Soils improvers and growing media – Extraction of calcium chloride/DTPA (CAT) soluble nutrients, CEN Brussels. 2001.
- FONTENO W. C. (1996): Growing media: Types and physical/chemical properties. In Reed, D. W. (ed.): *Water, Media and Nutrition for Greenhouse Crops*. Ball Publishing, Batavia, Illinois USA: 93–122.
- ISO/DIS 10390. Soil quality – Determination of pH. International Organization for Standardization. 1992.
- JURÁSEK A. (1988): Vliv mechanické skladby substrátu na růst krytokořených semenáčků smrku. In: *Výroba a použití umělých substrátů v lesním školkařství*. Sborník referátů celostátního semináře. Brno, 14.6.1988. Ed(s): O. Mauer a V. Peřina. Brno, Československá akademie zemědělská: 25 – 28.



- KULHÁNKOVÁ P. (2012): Na volný trh uvádíme do dvaceti procent naší produkce. Rozhovor s Pavlem Draštíkem, vedoucím Správy lesních školek Lhota VLS ČR, s. p. Lesnická práce, 91 (10): 680–683.
- LEDINSKÝ J., VYSTRČILOVÁ D. (1990): Využití rašelin pro pěstování semenáčků lesních dřevin. Lesnická práce, 69 (7): 293–299.
- PRASAD M., O'SHEA J. (1999): Relative breakdown of peat and non-peat growing media. Acta Horticulturae, 481: 121–128.
- SOUKUP J., FUCHSOVÁ K., POSPÍŠILOVÁ N., SALÁT L., ZEMAN P. (1987): Vyšetřování zahradnických půd a substrátů. Aktuality VÚOZ Průhonice, 62 s.
- VERDONCK O., PENNINGCK R., DE BOODT M. (1983): The physical properties of different horticultural growing substrates. Acta Horticulturae, 150: 155–160.

**Poznámka (dedikace):**

Příspěvek je výsledkem řešení výzkumného projektu „Standardizované pěstební substráty pro krytokořenný sadební materiál lesních dřevin“, podporovaného Technologickou agenturou České republiky a evidovaného pod označením TA03020551.

**Kontakt na autory:**

Ing. Martin Dubský, Ph.D.

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

Odbor šlechtění a pěstebních technologií

Květnové nám. 391

252 43 Průhonice

Tel.: 296 528 383

RNDr. František Šrámek, CSc.

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

Odbor šlechtění a pěstebních technologií

Květnové nám. 391

252 43 Průhonice

Tel.: 296 528 336

Ing. Václav Nárovec, Csc,

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

Výzkumná stanice Opočno

Na Olivě 550

517 73 Opočno

Tel.: 494 668 391

E-mail: narovec@vulhmop.cz

Ing. Jarmila Nárovcová, Ph.D.

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

Výzkumná stanice Opočno

Na Olivě 550

517 73 Opočno

Tel.: 494 668 392

E-mail: narovcova@vulhmop.cz