

**VÝZKUMNÝ ÚSTAV SILVA TAROUČY PRO KRAJINU A
OKRASNÉ ZAHRADNICTVÍ, v. v. i.**

252 43 Průhonice
Česká republika

Certifikovaná metodika č. 1/2016-053
ISBN 978-80-87674-19-2

Výtisk číslo: 1

Rašelinové substráty s podílem tmavé rašeliny - jejich vlastnosti a použití

Certifikovaná metodika

zpracovaná v rámci řešení projektu TAČR *Standardizované pěstební substráty pro
krytokořenný sadební materiál lesních dřevin (TA03020551)*

Vypracovali:

Ing. Martin DUBSKÝ, Ph.D.
RNDr. František ŠRÁMEK, CSc.
Ing. Václav NÁROVEC, CSc.
Ing. Jarmila NÁROVCOVÁ, Ph.D.

Ředitel:

Doc. RNDr. Ivan SUCHARA, CSc.

Rozdělovník:

VÚKOZ	1x
MZe ČR	1x
Rašelina a.s. Soběslav	1x
odborný oponent	1x
oponent státní správy	1x

Průhonice dne 15. 11. 2016

Stran: text 34

Tým autorů metodiky a adresy řešitelských pracovišť:

Ing. Martin Dubský, Ph.D.

RNDr. František Šrámek, CSc.

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

Květnové náměstí č. 391, 252 43 Průhonice

e-mail: dubsky@vukoz.cz; sramek@vukoz.cz

Ing. Václav Nárovec, CSc.

Ing. Jarmila Nárovcová, Ph.D.

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i. – Výzkumná stanice Opočno

Na Olivě č. 550, 517 73 Opočno

e-mail: narovec@vulhm.opocno.cz; narovcova@vulhmop.cz

OBSAH

1	Cíl metodiky	4
2	Vlastní popis metodiky	4
2.1	Problematika pěstování sadebního materiálu lesních dřevin	4
2.2	Požadavky na kvalitu lesnických pěstebních substrátů	5
2.3	Metody hodnocení kvality rašelin a lesnických rašelinových substrátů	6
2.4	Výroba a skladba substrátů s podílem tmavé rašeliny	9
2.5	Výroba a skladba substrátů s alternativními komponenty	17
2.6	Užité vlastnosti substrátů s podílem tmavé rašeliny	19
2.7	Uvádění substrátů do oběhu	24
3	Srovnání novosti postupů	28
4	Popis uplatnění metodiky	28
5	Ekonomické aspekty	29
6	Seznam použité související literatury	29
7	Seznam publikací, které předcházely metodice	31
8	Dedikace (včetně poděkování)	32
9	Ostatní náležitosti certifikované metodiky	32

1. Cíl metodiky

Metodika je výsledkem řešení projektu TA03020551 „Standardizované pěstební substráty pro krytokořenný sadební materiál lesních dřevin“, který v letech 2013 až 2016 v rámci Programu na podporu aplikovaného výzkumu a experimentálního vývoje ALFA finančně podpořila Technologická agentura České republiky (zkr. TA ČR). Cíl projektu lze v kontextu s aktuálně publikovanou a závaznou *Strategií resortu Ministerstva zemědělství České republiky s výhledem do roku 2030* (MZe ČR 2016) obecně popsat jako podporu konkurenceschopnosti v rámci segmentu lesního školkařství, obnovy a zakládání lesů, a to se zřetelem na požadavek maximální ohleduplnosti k životnímu prostředí a na racionální a trvale udržitelné využívání domácích přírodních zdrojů a surovin (zde rašelin).

Věcnou náplní metodiky je navržení skladby a stanovení optimálních vlastností standardizovaných rašelinových substrátů s podílem tmavé rašeliny pro pěstování krytokořenného sadebního materiálu lesních dřevin (zkr. KSM). Ideovým cílem práce je vytvoření předpokladů pro širší využívání domácích surovin (rašelin) k přípravě lesnických rašelinových pěstebních substrátů (zkr. LRPS) a pro zvýšení produkce kvalitního KSM lesních dřevin v těch tuzemských lesních školkách, které disponují odpovídající technologickou vybaveností pro pěstování KSM tzv. *na vzduchovém polštáři*.

Cílem je těmto producentům sadebního materiálu lesních dřevin (zkr. SMLD) poskytnout soubor praktických doporučení pro snadnější zavádění intenzivních technologií pěstování SMLD tzv. *na vzduchovém polštáři* (též technologií *stříhu vzduchem; air-slit containers technology* aj.), a to zejména se zřetelem na specifika přípravy (skladby) a na užité vlastnosti rašelinových pěstebních substrátů pro pěstování krytokořenných semenáčků a sazenic nejběžnějších lesnicky využívaných druhů dřevin. Uplatnění doporučených technologických postupů vytváří v soudobé hospodářské praxi (aplikační sféře) předpoklady pro rozšíření produkce KSM lesních dřevin do dalších školkařských závodů a do modernizovaných provozů lesních školek v rámci celé ČR.

2. Vlastní popis metodiky

2.1 Problematika pěstování sadebního materiálu lesních dřevin

Zakládání a obnova lesa u nás čelí mnoha aktuálním výzvám, mezi které se mimo jiné řadí také nedostatek kvalifikovaných pracovníků pro výkony pěstební činnosti, zejména pak pro sezónní zalesňovací práce (Lidický et al. 2015). V lesních školkách postupně dochází k zavádění průmyslových technologií pěstování SMLD a návazně také k uplatňování efektivnějších postupů při obnově lesa. Upřesnění, jakým podílem se bude do budoucna v zalesňovací praxi využívat produkce krytokořenného (zkr. KSM) nebo prostokořenného (zkr. PSM) sadebního materiálu lesních dřevin a jaké technologické postupy jejich pěstování a užití (výsadeb) získají u odběratelů i pěstitelů SMLD přednost, bude v nejbližším období patřit ke klíčovým bodům tvorby strategických výhledů a koncepcí lesnického sektoru. Také je zcela nepochybné, že tato rozhodnutí nebude možné přijímat bez přímé zainteresovanosti a bez aktivní spoluúčasti samotných odběratelů SMLD. To ostatně již před řadou let prognózovali např. Neruda a Švenda (2000).

Oba hlavní typy školkařských technologií (pěstování PSM a KSM) mají své nesporné ekonomické, biologické, environmentální a další přednosti. Pro své úspěšné provozování každá z těchto technologií vyžaduje naplnění mnoha dílčích předpokladů. U tradičních technologií pěstování PSM na minerálních půdách k takovým předpokladům patří například zajištění požadované (a dlouhodobě udržitelné) úrovně péče o půdní úrodnost. U moderních technologií pěstování KSM důležitá role přísluší skladbě a vlastnostem LRPS. V tuzemské školkařské praxi se při pěstování KSM většiny lesnický využívaných druhů dřevin jako hlavní složka LRPS preferuje rašelina. Umožňuje to mimo jiné její relativně snadná dostupnost na trhu i její nynější příznivá cena. Kromě LRPS připravovaných přímo u tuzemských producentů se do České republiky (ČR) nyní dovážejí také lesnické pěstební substráty, připravované na zakázku v zahraničí (nejčastěji v Německu, v Pobaltí nebo ve Finsku). Bývají určené pro konkrétní produkční (stanovištní), odbytové (typ a velikost KSM) a technologické poměry (typ výrobní technologie) jednotlivých tuzemských školkařských závodů. Nemalý objem rašelin u nás poptávají také producenti SMLD, kteří si LRPS v jednotlivých školkařských provozech připravují individuálně.

2.2 Požadavky na kvalitu lesnických pěstebních substrátů

Kvalitní růstové médium (tj. výsevni nebo pěstební substrát) je neopomenutelným předpokladem pěstování KSM lesních dřevin. Mimořádně důležitým obecným kvalitativním znakem všech pěstebních substrátů je absence choroboplodných a patogenních organismů způsobujících pěstovaným rostlinám, např. houbová onemocnění či jiné patologické reakce. U produkce KSM lesních dřevin je žádána také absence semen plevelů či jiných nežádoucích rostlinných druhů.

Z pěstitelského hlediska jsou u LRPS vždy prioritní především 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 KSM lesních dřevin v maloobjemových obalech. Hydrofyzikální vlastnosti pěstebních substrátů jsou výrazně ovlivněny granulometrickou skladbou, zrnitostními frakcemi rašelin nebo dalších organických komponentů.

Vedle hydrofyzikálních vlastností musí mít substráty také vhodné chemické vlastnosti. Mezi základní chemické vlastnosti substrátů, které je nutné při posuzování vhodnosti substrátů pro lesní školkařství průběžně sledovat, patří hodnota pH, specifická (též konduktometrická) elektrická vodivost vodního výluhu (angl. *electric conductivity*, zkr. EC; označovaná také jako konduktivita vodného roztoku) a obsah přijatelných (též rostlinám přístupných) minerálních živin (dusík v nitrátové a amonné formě; makroprvky P, K, Mg a Ca).

Kritéria pro posouzení vhodnosti LRPS k pěstování semenáčků lesních dřevin v umělých krytech (fóliovnících) nebo k pěstování KSM (obalených semenáčků a sazenic) jsou v předloženém textu uvedeny v rámci hodnocení modelových substrátů (kap. 2.4 *Výroba a skladba substrátů s podílem tmavé rašeliny*).

2.3 Metody hodnocení kvality rašelin a lesnických rašelinových substrátů

2.3.1 Metody hodnocení fyzikálních vlastností rašelin a rašelinových substrátů

Stupeň rozložení

Rašeliny se klasifikují podle různých fyzikálních, fyzikálně-chemických a chemických vlastností (např. textury, pH, zbarvení, obsahu vody atd.) do celé řady kategorií (Huat et al. 2011). Stupeň rozkladu rašelin se standardně vyjadřuje dle stupnice von Posta, a to do deseti tříd od H1 (málo rozložená, velmi vláknitá) po H10 (velmi rozložená, málo vláknitá).

Rašeliny se stupněm rozložení H1–H4 jsou vláknité světlé vrchovištní rašeliny, s nízkým stupněm rozložení, obsah spalitelných látek mají ≥ 95 %. Objemová hmotnost suchého vzorku (OHS) těchto rašelin bývá v rozsahu 60–120 g/l. Světlá rašelina se těží z horních vrstev rašeliniště, je mladší a méně rozložená.

Rašeliny se stupněm rozložení H5–H7 jsou přechodové rašeliny, středně rozložené, s nižším obsahem vláken, obsah spalitelných látek bývá v intervalu 75–95 % a objemová hmotnost suchého vzorku mezi 120–160 g/l. Stupeň rozložení H5–H7 mají i vrchovištní rašeliny ze středních vrstev, které se označují jako rašelina hnědá.

Rašeliny se stupněm rozložení H8–H10 jsou rašeliny přechodové až slatinné, silně rozložené, s nízkým obsahem vláken, obsah spalitelných látek je ≤ 75 % a objemová hmotnost suchého vzorku vzrůstá na 160–200 g/l. Rašeliny se stupněm rozložení H8–H10 se označují jako černé rašeliny, jsou starší, více rozložené, ze spodních vrstev rašeliniště.

Základní fyzikální vlastnosti rašelin a rašelinových substrátů jsou objemová hmotnost, obsah sušiny, vlhkost (obsah vody), obsah spalitelných látek a podíl jednotlivých zrnitostních frakcí. V obchodní praxi se při zjištění objemu realizované dodávky substrátů jejich objemová hmotnost (OH) stanovuje podle normy ČSN EN 12580.

Objemová hmotnost (OH) substrátu při laboratorním hodnocení se stanovuje podle normy ČSN EN 13040. V rámci této normy se vzorek připravuje pro chemické a fyzikální laboratorní zkoušky. Vedle objemové hmotnosti laboratorně zhutnělého vzorku v litrovém válci se stanovuje obsah sušiny a vlhkosti hodnoceného vzorku.

Pro porovnání objemových hmotností různých substrátů je nutné objemovou hmotnost vlhkého substrátu (OHV), stanovenou podle norem ČSN EN 12580 nebo ČSN EN 13040, přepočítat na objemovou hmotnost suchého vzorku (OHS). Objemové hmotnosti hodnoceného substrátu, které byly stanoveny rozdílnými postupy, se zpravidla výrazně liší. V rámci metodiky jsou pro zjednodušení uváděny pouze objemové hmotnosti suchého vzorku stanovené v rámci hodnocení hydrofyzikálních vlastností podle normy ČSN EN 13041.

Obsah spalitelných (organických) látek [% hmot.] se stanovuje podle ČSN EN 13039 z hmotnostního úbytku vysušeného vzorku po jeho spálení v muflové peci při teplotě 450 °C do konstantní hmotnosti.

Zrnitostní frakce se stanovují sítovou analýzou podle normy DIN 11540 s využitím sady sít o velikosti ok 16, 10, 5, 2, 1, 0,5 a 0,2 mm.

Hydrofyzikální vlastnosti charakterizují poměr vody a vzduchu v substrátu a dostupnost vody pro rostliny. Pro hodnocení hydrofyzikálních vlastností se používá norma ČSN EN 13041.

V normě je definován váleček (výška 5,3 cm, průměr 10 cm, objem 416 cm³), způsob plnění válečku substrátem a základní sycení vzorku. Dále jsou v normě popsány základní charakteristiky substrátu - obsah vody a vzduchu v % obj. při vodním potenciálu -1 kPa (podtlak 1 kPa, podtlak 10 cm vodního sloupce) označované jako vodní (kontejnerová) kapacita, resp. vzdušná kapacita. Dále je u rašelin a substrátů charakterizována hodnota smrštění. Udává, o kolik procent se zmenší objem substrátu nasyceného vzorku na začátku rozboru po jeho vysušení při 105 °C na konci rozboru.

Pro komplexní hodnocení hydrofyzikálních vlastností substrátů se vedle vodní a vzdušné kapacity stanovují retenční křivky, které charakterizují závislost vlhkosti substrátu na vodním potenciálu v rozsahu -0,25 kPa (nasycený vzorek) až -10 kPa, což odpovídá podtlaku 0,25 až 10 kPa, který se nastavuje jako rozdíl vodních sloupců 2,5 až 100 cm (Dubský a Kaplan 2012).

Po vysušení vzorku se vypočítá pórovitost (P) v % obj. z objemové hmotnosti suchého vzorku o (g/cm³) a hustoty pevných částic s (g/cm³) podle vzorce $P = 100 \times (s - o) : s$. Hustota pevných částic se stanoví pomocí pyknometru. Z pórovitosti a průběhu retenčních křivek se vypočítají kategorie vody podle dostupnosti rostlinám (Prasad a O'Shea 1999): *lehce dostupná voda* (LDV) jako rozdíl mezi obsahem vody při vodním potenciálu -1 a -5 kPa (10 a 50 cm vodního sloupce), *hůře dostupná voda* (HDV) jako rozdíl mezi obsahem vody při vodním potenciálu -5 a -10 kPa (50 a 100 cm vodního sloupce) a *obtížně dostupná voda* (ODV) jako obsah vody při vodním potenciálu -10 kPa (100 cm vodního sloupce).

Pro hodnocení fyzikálních vlastností substrátů jsou důležité především dvě hodnoty, a to vzdušná kapacita (VzK) a obsah pro rostliny lehce dostupné vody (LDV). Výsevnické substráty by měly spadat do kategorie substrátů se středním obsahem vzduchu. Podle VzK a LDV (Verdonck et al. 1983) je možné rašelinové substráty rozdělit do tří základních skupin:

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

2.3.1 Metody hodnocení chemických vlastností rašelin a rašelinových substrátů

Reakce

Hodnota pH_{H2O} (aktivní reakce) se stanovuje podle ČSN EN 13037 ve vodním výluhu 1v:5v, a to tak, že k navážce odpovídající 60 ml vzorku se přidá 300 ml vyluhovacího činidla. Hodnota pH se měří v suspenzi. Pro výpočet navážky se stanovuje objemová hmotnost vlhkého substrátu v litrovém válci podle ČSN EN 13040.

Elektrická vodivost (elektrická konduktivita, EC) [mS/cm]

Stanovuje se podle ČSN EN 13038 ve vodním výluhu 1v:5v, a to tak, že se k navážce odpovídající 60 ml vzorku přidá 300 ml vyluhovacího činidla. Hodnota EC se měří ve filtrátu. Pro výpočet navážky se stanovuje objemová hmotnost vlhkého substrátu v litrovém válci podle ČSN EN 13040.

Obsah přijatelných živin [mg/l substrátu]

Stanovuje se podle normy ČSN EN 13651 ve vyluhovacím činidle CAT (0,01 mol/l chlorid vápenatý, 0,002 mol/l DTPA) s vyluhovacím poměrem 1v:5v. Ve vyluhovacím činidle CAT je možné stanovit obsah hlavních živin N-NH₄, N-NO₃, P, K, Mg a stopových živin Fe, Mn,

Zn, Cu, B a Mo, tedy všechny přijatelné živiny kromě vápníku, který je součástí vyluhovacího činidla. Obsah přijatelného vápníku se stanovuje podle normy ČSN EN 13652 ve vodném výluhu 1v:5v. Při výpočtu navážky se vychází z objemové hmotnosti stanovené podle ČSN EN 13040, stejně jako při měření EC a hodnoty pH.

Norma ČSN EN 13651 (i norma ČSN EN 13652) připouští pro koncové laboratorní stanovení použít pro daný prvek více laboratorních metod. Nejvíce používané metody jsou optická emisní spektrometrie a plamenná emisní spektrometrie (doporučené pro K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu). Pouze optická emisní spektrometrie je doporučena pro B a Mo. Draslík a vápník je možné stanovit i plamennou fotometrií. U fosforu je možné použít 4 metody, nejrozšířenější jsou stanovení optickou emisní spektrometrií nebo spektrofotometrické stanovení na manuálním spektrofotometru. U nitrátového i amonného dusíku je doporučeno 5 metod, nejrozšířenější jsou spektrofotometrické stanovení na manuálním spektrofotometru nebo na průtokovém spektrofotometru.

Stanovení živin různými metodami se může mírně lišit (např. u fosforu stanoveného optickou emisní spektrometrií nebo spektrofotometricky), proto je nutné uvádět u výsledků i metodu stanovení. Obsahy živin uvedené jako příklady byly stanovené ve výluhu CAT následovně: dusík v nitrátové a amonné formě a P spektrofotometricky na manuálním spektrofotometru, K a Ca plamennou fotometrií, Mg a stopové živiny optickou emisní spektrometrií s indukčně vázaným plazmatem.

Hodnotu elektrické vodivosti a obsah přijatelných živin lze spolehlivě stanovit u rašelin i připravených rašelinových substrátů, pokud byla při přípravě použita pouze rozpustná hnojiva. Pokud byla použita hnojiva s řízeným uvolňováním živin (CRF), před analýzou je potřeba granule těchto hnojiv ze vzorků substrátu odstranit, což se ale nemusí stoprocentně podařit, a proto by se k těmto výsledkům analýz mělo přistupovat obezřetně.

2.3.3 Metody hodnocení zaplevelení rašelin a rašelinových substrátů

Pro stanovení obsahu semen plevelů v pěstebních substrátech není v ČR vydána závazná norma. Lze použít upravenou metodu pro stanovení počtu klíčivých semen (momentní klíčivost) zemědělských půd. Používají se klíčidla o průměru 25–30 cm, ve kterých je vrstva křemičitého písku (1,5–2 cm) plně nasyceného vodou zakrytá filtračním papírem. Na filtrační papír se rozprostře jeden litr substrátu o vlhkosti 25–30 % obj. Podle velikosti misky je pak vrstva substrátu 1,4–2 cm vysoká. Miska se zakryje skleněným víkem, aby nedocházelo k odpařování vody, a ponechá se tři týdny při teplotě 18–20 °C. Po této době se spočítají vyklíčené rostliny.

Při hodnocení lze vycházet z německých norem RAL-GZ252 a RAL-GZ250/5-2, kde se zaplevelení zkouší ve 2 cm vrstvě substrátu při teplotě minimálně 18 °C, po dobu delší než 3 týdny. Norma RAL-GZ250/5-2 pro rašeliny uvádí maximálně 1 plevel (klíčící semeno nebo oddenek) na litr substrátu. Tuto hodnotu by výrobci substrátů měli dodržovat a u výsevních substrátů deklarovat.

2.4 Výroba a skladba substrátů s podílem tmavé rašeliny

Pro přípravu LRPS pro pěstování krytokořenné sadby lesních dřevin se v ČR používají vedle světlých vrchovištních rašelin (dovážených převážně z Pobaltí) i více rozložené tmavé přechodové nebo slatinné rašeliny. Tyto rašeliny se těží v ČR nebo se dovážejí (převážně z Polska). Podíl tmavé rašeliny v substrátových směsích se světlou rašelinou se zpravidla pohybuje v rozmezí 15–50 % obj.

Pro stanovení optimálního podílu tmavé rašeliny v substrátu mají zásadní vliv jejich fyzikální vlastnosti a reakce (hodnota pH). Fyzikální vlastnosti rašelin jsou ovlivněny typem rašeliny, způsobem těžby a tříděním. Světlé vrchovištní rašeliny mají zpravidla objemovou hmotnost suchého vzorku (OHS) pod 100 g/l, pórovitost nad 90 % obj. a obsah spalitelných látek nad 90 % (viz tab. 1). Vysokou vzdušnou kapacitu (VzK) mají vytríděné borkované rašeliny i vytríděné hrubé rašeliny frézované. Vyšší vzdušné kapacity těchto rašelin pak odpovídá nižší celková vodní (kontejnerová) kapacita a obsah lehce dostupné vody (LDV) – viz graf 1. Netříděné frézované vrchovištní rašeliny mají zpravidla VzK v rozsahu 10–15 % obj. a obsah LDV nad 35 % obj.

Hydrofyzikální vlastnosti

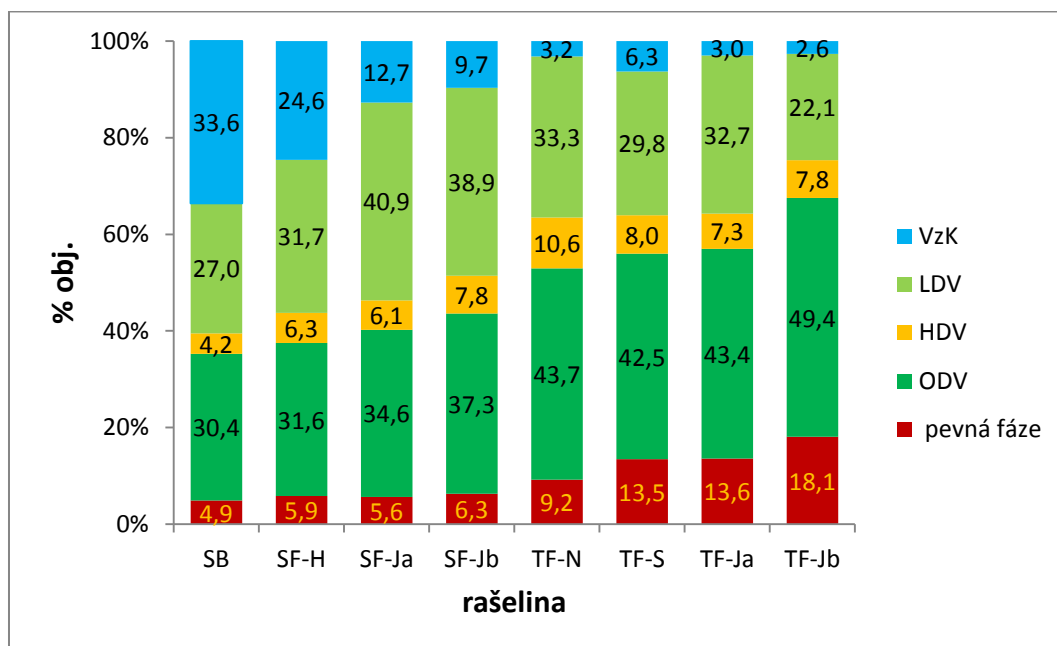
Tmavé, více rozložené rašeliny mají vyšší OHS, snížený obsah spalitelných látek a sníženou pórovitost pod 90 % obj. Tmavé rašeliny z Německa (T-N) a severu Čech (T-S) patří mezi více rozložené vrchovištní až přechodové rašeliny, obsah spalitelných látek mají nad 80 %. Jihočeské tmavé rašeliny (T-J) představují přechodový až slatinný typ, mají nižší obsah spalitelných látek a oproti světlým rašelinám výrazně vyšší OHS a obsah obtížně dostupné vody (ODV). Oproti světlým rašelinám mají tedy větší vododržnost, což je patrné i z průběhu retenčních křivek (graf 2).

Tab. 1: Základní fyzikální vlastnosti různých typů rašelin

rašelina	frakce, země původu	SL	OHS	SH	P	KK	smrštění
	stupeň rozložení dle von Posta	%	g/l	g/cm ³	% obj.	% obj.	%
SB	10–40 mm, Finsko, H2	93,0	75	1,53	95,1	61,5	29,1
SF-H	hrubá, 10–40 mm, Litva, H3	92,0	95	1,62	94,1	69,6	41,5
SF-Ja	0–40 mm, Litva, H3	93,0	89	1,58	94,4	81,6	39,4
SF-Jb	0–40 mm, Lotyšsko, H4	94,6	99	1,57	93,7	84,0	36,2
TF-N	0-20 mm, Německo, H5	85,3	146	1,58	90,8	87,6	50,4
TF-S	0–40 mm, ČR, sev. Čechy, H6	86,9	207	1,54	86,5	80,3	43,9
TF-Ja	0–20 mm, ČR, již. Čechy,	69,0	218	1,60	86,4	83,4	37,5
TF-Jb	přechodová až slatinná, H7–8	57,8	302	1,67	81,9	79,3	36,4

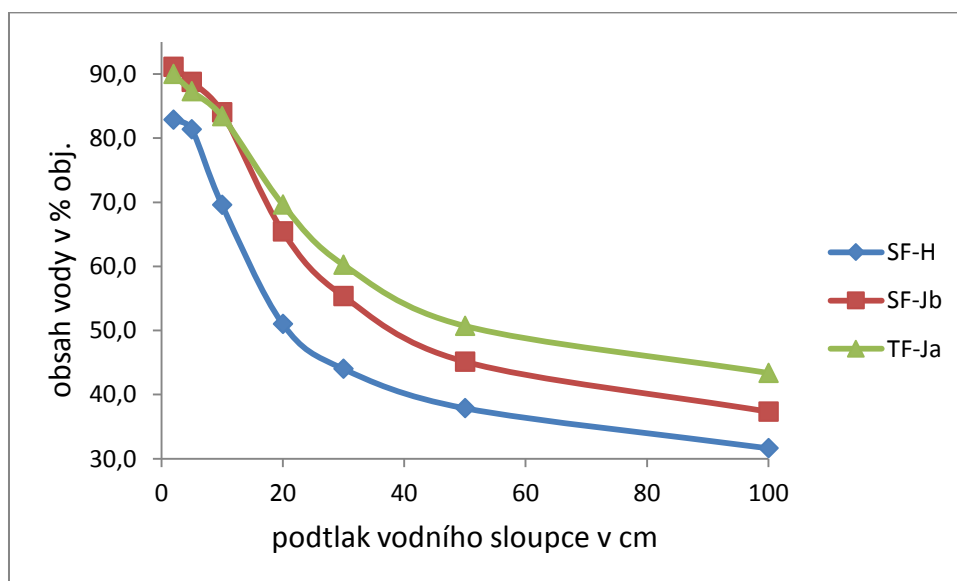
Legenda: SL – obsah spalitelných látek, OHS – objemová hmotnost suchého vzorku, SH – specifická hmotnost, P – pórovitost, KK – kontejnerová (vodní) kapacita (obsah vody při podtlaku 10 cm vodního sloupce), rašeliny: SB – světlá borkovaná, SF – světlá frézovaná, TF – tmavá (přechodová) frézovaná.

Graf 1: Podíl pevné fáze, vody a vzduchu u rašelin (popis rašelin viz tab. 1)



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 vrchovištních rašelin (SF-H – frézovaná hrubá, SF-Jb – frézovaná jemná) a rašeliny tmavé (TF-Ja – jihočeský region) - obsah vody v závislosti na vodním potenciálu (podtlaku vodního sloupce)



Pro návrh skladby a výrobního postupu standardizovaných lesnických substrátů s podílem tmavé rašeliny jsou jako standardní modelové komponenty použity světlá frézovaná rašelina z Lotyšska (tab. 1, vzorek SF-Jb) a tmavá frézovaná přechodová tuzemská rašelina z regionu jižních Čech (TF-Ja). Hlavní složku standardizovaných substrátů představuje světlá rašelina, její podíl v substrátech je 100, 85, 70 a 55 % obj. (označení S100 – kontrolní substrát, S85, S70 a S55). V tabulce 2 jsou uvedeny základní fyzikální vlastnosti modelových standardizovaných substrátů včetně statistického hodnocení porovnávaných variant.

Tab. 2: Fyzikální vlastnosti modelových substrátů s podílem tmavé rašeliny

substrát	SL	OHS	SH	pórovitost	KK	SM	VzK	LDV
	%	g/l	g/cm ³	% obj.	% obj.	%	% obj.	% obj.
S100	91,2 ^a	95 ^d	1,66 ^a	94,3 ^a	83,9 ^a	52,9 ^a	10,4 ^a	35,4 ^a
S85	87,1 ^b	139 ^c	1,65 ^b	91,6 ^b	82,1 ^{ab}	44,4 ^d	9,5 ^{ab}	35,5 ^a
S70	83,2 ^c	146 ^b	1,65 ^b	91,2 ^c	81,1 ^b	47,6 ^b	10,1 ^{ab}	34,3 ^{ab}
S55	82,1 ^c	155 ^a	1,61 ^c	90,4 ^d	82,2 ^{ab}	46,8 ^c	8,1 ^b	32,5 ^b

Legenda: SL – obsah spalitelných látek, OHS – objemová hmotnost suchého vzorku, SM – smrštění, zmenšení objemu substrátu ve válečku po vysušení při 105 °C (ČSN EN 13041), SH – specifická hmotnost, KK – kontejnerová (vodní) kapacita obsah vzduchu při podtlaku 10 cm vodního sloupce, VzK – vzdušná kapacita, obsah vzduchu při podtlaku 10 cm vodního sloupce, LDV – lehce dostupná voda, rozdíl v obsahu vody při podtlaku vodního sloupce 10 a 50 cm; Statistické hodnocení - hodnoty označené stejným písmenem se průkazně neliší na hladině významnosti $P = 0,05$ (analýza rozptylu, Duncanův test).

Přídavek tmavé rašeliny výrazně snižuje obsah spalitelných látek a zvyšuje OHS. Přídavek tmavé rašeliny snižuje i VzK a obsah LDV, výraznější snížení obou parametrů je u substrátu S55 s podílem tmavé rašeliny 45 % obj. Substráty s podílem tmavé rašeliny do 30 % obj. je možné zařadit mezi substráty se středním obsahem vzduchu (VzK 10–20 % obj., LDV >20 % obj.), i když VzK je na spodní hodnotě rozsahu. Vliv podílu tmavé rašeliny na fyzikální vlastnosti substrátových směsí bude detailně popsán v kapitole 2.7 *Užitné vlastnosti substrátů*.

Zrnitostní složení

Základem LRPS pro KSM lesních dřevin by měly být zrnitostní frakce (částice o průměru zrn) v rozmezí od 1,0 do 6,0 mm, a to s dominantním hmotnostním podílem kolem 60 %. Zrnitostních frakcí od 0,5 do 1,0 mm by LRPS pro KSM měl obsahovat přibližně 30 %. Mimořádně důležité je, aby podíl zrnitostních frakcí pod 0,5 mm (a zejména pak prachových částic pod 0,2 mm, které zpravidla vždy výrazně redukuje vzdušnou kapacitu substrátů), byl v LRPS pro KSM co nejmenší (≤ 5 %), tj. aby rozhodně nepřevyšoval podíl 10 %. Rovněž tak podíl zrnitostně největších frakcí v rozmezí velikosti částic od 6,0 do 10,0 (20,0) mm se u lesnických substrátů, určených pro pěstování KSM, připouští nejvýše do 10 %. Komponenty s velikostí částic nad 20 mm jsou při pěstování KSM víceméně vždy nežádoucí, resp. jsou interpretovány jako nepřijatelné (např. Ferda 1974; Simon 1981; Dušek 1989, 1997; Szabla a Pabian 2009).

V tabulce 2 je uveden zrnitostní rozbor modelových substrátů s podílem 15 a 30 % obj. tmavé rašeliny. Podíl tmavé rašeliny oproti doporučení z literárních pramenů zvyšuje hmotnostní podíl prachových částic <0,2 mm i jemných částic 0,2–1 mm a naopak snižuje hmotnostní podíl části 1–5 mm. Substráty s podílem tmavé rašeliny mají i při vyšším podílu jemnějších částic dostatečnou vzdušnou kapacitu a ve vegetačních pokusech, realizovaných v rámci projektu TA03020551, se osvědčily.

Vegetační pokusy, které proběhly ve výzkumných ústavech i v poloprovozních podmínkách lesních školek, ukázaly, že pro listnáče jsou z hlediska fyzikálních vlastností vhodné rašelinové substráty na bázi vrchovištní rašeliny s podílem 15–30 % obj. tmavé rašeliny, pro jehličnany s 30–45 % obj. tmavé rašeliny původem z ložisek jihočeského regionu.

Pro zvýšení vzdušné kapacity je možné ve skladbě substrátů použít alternativní komponenty, především perlit a kokosová vlákna. Jejich použití je popsáno v kapitole 2.5 *Výroba a skladba substrátů s alternativními komponenty*.

Tab. 3: Podíl zrnitostních frakcí modelových substrátů s podílem tmavé rašeliny

substrát	Hmotnostní podíl (% hm) zrnitostních frakcí v mm							
	>16	10–16	5–10	2–5	1–2	0,5–1	0,2–0,5	<0,2
S100	0	2,3	14,6	24,8	18,5	20,9	13,4	5,4
S85	0	1,7	7,9	16,4	17,2	23,7	24,3	8,8
S70	0,2	1,5	7,9	16,4	15,7	19,4	25,5	13,4
	Hmotnostní podíl (% hm) sloučených zrnitostních frakcí v mm							
	>16		5–16	1–5		0,2–1		<0,2
S100	0		16,9	43,3		34,3		5,4
S85	0		9,6	33,6		48		8,8
S70	0,2		9,4	32,1		44,9		13,4
doporučení	0		≤10	≤55		30		≤10

Chemické vlastnosti

Při použití a dávkování jihočeských tmavých rašelin pro přípravu pěstebních substrátů je nutné zohlednit, vedle fyzikálních vlastností i vlastnosti chemické, především hodnotu pH, hodnotu EC (obsah celkových solí) i obsah přijatelných živin.

Tmavé rašeliny se od světlých liší i chemickými vlastnostmi, mají vyšší hodnoty pH i vyšší EC, která je důsledkem vyššího obsahu rozpustných minerálních solí, z přijatelných živin především dusíku, draslíku a vápníku (tab. 4). Ze stopových živin mají, kromě molybdenu, také vyšší obsah všech přijatelných stopových živin (tab. 5), vysoký je obsah přijatelného železa.

Dávkování vápence, hnojiv a smáčedla u modelových substrátů (S100, S85, S70 a S55) popsané v metodice vychází z postupů používaných v podniku Rašelina a. s. Soběslav. Pro zvýšení nasákavosti substrátu je doporučena aplikace smáčedla Fiba-Zorb v dávce 0,35 g/l substrátu.

V tabulkách 3 a 4 jsou, vedle chemických vlastností rašelin, uvedeny i rozborů modelových substrátů S100 a S70, včetně základního dávkování živin. Pro základní hnojení bylo použito hnojivo PG Mix 14-16-18 (hnojivo obsahuje 14 % N, z toho 8,5 % N-NH₄ a 5,5 % N-NO₃; dále 7 % P; 15,1 % K; 0,4 % Mg a také stopové prvky), a to v dávce 0,7g hnojiva na litr substrátu (standardní doporučená dávka u lesnických výsevních substrátů). Touto dávkou hnojiva PG Mix se dodá dostatečné množství hlavních i stopových živin.

Vedle hnojiva PG Mix jsou stopové prvky při přípravě substrátů pro výrobu KSM ve školkách dodávány např. i hnojivem s dlouhodobým uvolňováním živin Radigen (kromě 3 % hořčíku obsahuje 2 % Fe; 1 % Mn; 0,5 % Zn; 1,5 % Cu; 0,6 % B; 0,8 % Mo). Při použití hnojiva s řízeným uvolňováním typu *Osmocote* (kromě základních živin NPK obsahuje 0,45 % Fe; 0,06 % Mn; 0,015 % Zn; 0,015 % Cu; 0,03 % B a 0,02 % Mo) jsou stopové živiny dodány i v rámci tohoto systému hnojení (tab. 5).

Substráty s podílem tmavé rašeliny (viz tab. 5 substrát S70) mají, oproti substrátům na bázi světlé rašeliny, zvýšený obsah všech stopových živin kromě molybdenu. Vysoký je především obsah přijatelného železa, zvýšený je i obsah přijatelného manganu. Při optimálních hodnotách pH (5,0–6,0) pro příjem těchto dvou stopových živin (i stopových živin obecně) by nemělo docházet k chlorózám v důsledku jejich nedostatku nebo jejich antagonistického působení.

Tab. 4: Chemické vlastnosti rašelin a modelových (ověřovaných) lesnických pěstebních substrátů (dávka 0,7 g/l hnojiva PG Mix, dávka vápence viz popis): pH (ČSN EN 13037), EC (ČSN EN 13038) a Ca (ČSN EN 13652) – vodní výluh 1v/5v, obsah přijatelných živin – N, P, K a Mg (ČSN EN 13651) – výluh CAT 1v/5v

Rašelina/substrát	pH	EC	N-NH ₄	N-NO ₃	suma N	P	K	Mg	Ca
		mS/cm	mg/l substrátu						
Raš. světlá (SF-Jb)	4,2	0,04	30	4	34	0	15	102	12
Raš. tmavá (TF-Ja)	4,7	0,22	70	60	130	2	28	76	62
S100 (5,5 g/l)	6,0	0,20	47	21	68	29	110	126	41
S70 (4,5 g/l)	6,2	0,29	94	68	162	14	145	93	59
0,7 g PG Mix/l*			60	38	98	49	105	29	-
opt. výsevní	5,0–6,0	≤0,35	suma N 120–180			30–60	120–180	80–160	40–100
opt. pěstební	5,5–6,5	0,3–0,4	suma N 120–200			40–90	120–200	80–160	40–120

Legenda: * živiny dodané hnojivem PG Mix 14-16-18 (14 % N – 8,5 % N-NH₄ a 5,5 % N-NO₃; 7 % P; 15,1 % K; 0,4 % Mg) v dávce 0,7 g/l substrátu; opt. – optimální chemické vlastnosti pro rašelinové lesnické substráty výsevní a pěstební.

Tab. 5: Obsah přijatelných stopových živin v rašelinách a modelových substrátech (ČSN EN 13651), výluh CAT 1v/5v

Rašelina/ substrát	Fe	Mn	Zn	Cu	B	Mo
	mg/l					
Raš. světlá (SF-Jb)	21,8	1,7	0,86	0,26	0,11	0,004
Raš. tmavá (TF-Ja)	309,4	14,4	2,17	0,50	0,95	0,002
S100	19,4	3,8	1,00	0,67	0,18	0,083
S70	117,3	7,7	1,20	1,00	0,45	0,084
0,7 g PG mix/l*	0,6	1,1	0,3	0,8	0,2	1,4
0,1 g Radigen/l**	2	1	0,5	1,5	0,6	0,8
3 g Osmocote/l**	13,5	1,8	0,45	1,5	0,9	13,5
rozsah RS	10–25	2–4	1–3	1–2	0,2–0,3	0,02–0,1
rozsah RKS	25–40	15–30	4–10	1–4	0,3–1	0,002–0,09

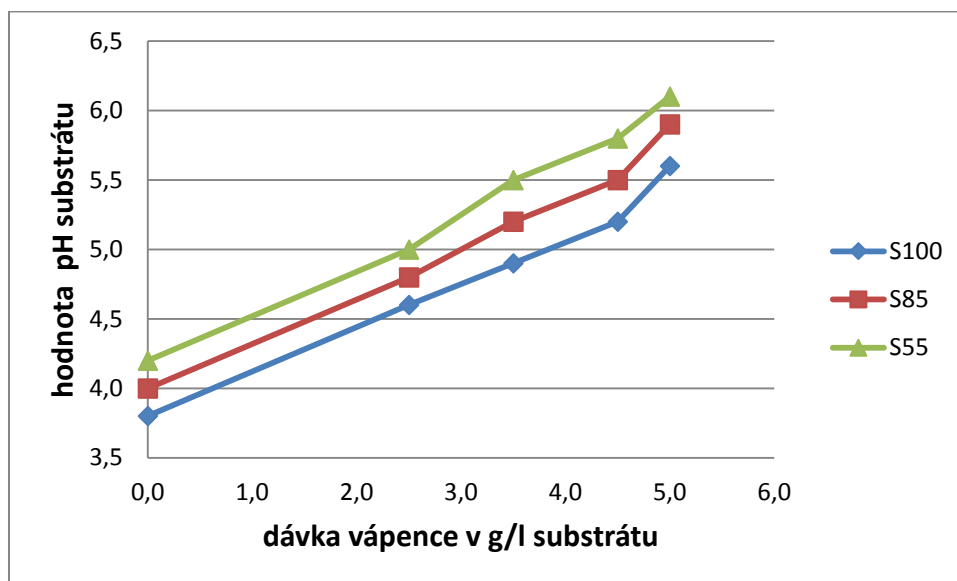
Legenda: * stopové živiny dodané hnojivem PG Mix (0,09 % Fe; 0,16 % Mn; 0,04 % Zn; 0,12 % Cu; 0,03 % B; 0,2 % Mo) u modelových substrátů S100 a S70;

** stopové živiny dodané hnojivem Radigen (2 % Fe; 1 % Mn; 0,5 % Zn; 1,5 % Cu; 0,6 % B; 0,8 % Mo) a Osmocote (0,45 % Fe; 0,06 % Mn; 0,015 % Zn; 0,015 % Cu; 0,03 % B; 0,02 % Mo) při základním hnojení školkařských substrátů; rozsah u substrátů (RS) na bázi světlých rašelin a substrátů (RKS) s podílem kompostované kůry nebo kompostu.

Pro úpravu hodnoty pH substrátu je v předkládané metodice popsáno dávkování jemně mletého dolomitického vápence (obsah 85 % CaCO₃ a 5 % MgCO₃, velikost částic pod 0,5 mm), který se v ČR při přípravě substrátů používá standardně. **Pro organické rašelinové substráty se obecně doporučuje poměrně široké rozpětí hodnot pH 5,5–6,5. U lesnických substrátů je doporučováno užší rozpětí a nižší optimální hodnoty; obvykle jde o pH 5,0–5,5 pro jehličnany a o pH 5,5–6,0 pro listnáče.**

Substráty s podílem tmavé rašeliny mají nižší pufrovací schopnost než substráty na bázi rašeliny světlé. U těchto substrátů je nutné používat snížené dávky vápence. V grafu 3 je znázorněna závislost hodnoty pH na dávce vápence u modelových substrátů S100, S85 a S55 s jednotnou dávkou hnojiva PG Mix 0,7 g/l. Na základě laboratorních testů i vegetačních pokusů je v metodice optimalizováno dávkování vápence u substrátů s podílem tmavé rašeliny pro jehličnany a listnáče (tab. 6). Při použití dávek vápence osvědčených pro zahradnické substráty (rozsah hodnot pH 5,5–6,5) se hodnoty pH substrátů s podílem tmavé rašeliny pohybují výrazně nad hodnotou 6,0. Doporučené dávky vápence pro substráty pro listnáče a jehličnany jsou sníženy tak, aby byla dosažena optimální hodnota pH pro danou skupinu rostlin.

Graf 3: Vliv dávky dolomitického vápence (obsah 85 % CaCO₃ a 5 % MgCO₃, velikost částic pod 0,5 mm) na hodnotu pH (ČSN EN 13037) modelových rašelinových substrátů



Tab. 6: Složení modelových substrátů s různým podílem světlé frézované (SF) a tmavé frézované (TF) rašeliny, SL – obsah spalitelných látek, **doporučené dávky vápence pro přípravu pěstebních substrátů s požadovanou hodnotou pH**, rozsah stanovených hodnot pH

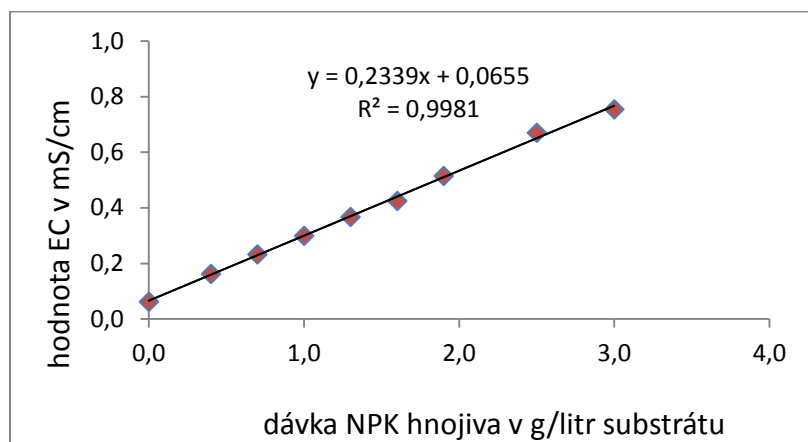
Substrát	Podíl rašeliny		SL	Rašelinové sub. zahradnické		Rašelinové sub. pro jehličnany		Rašelinové sub. pro listnáče	
	SF	TF		vápenec	pH	vápenec	pH	vápenec	pH
	% obj.		%	g/l	5,5–6,5	g/l	5,0–5,5	g/l	5,5–6,0
S100	100	0	89–94	5,5	5,7–6,2	4,0–4,5	5,2–5,5	4,5–5,0	5,2–5,8
S85	85	15	85–89	5	6,2–6,8	3,5–4,0	5,2–5,5	4,0–4,5	5,5–5,8
S70	70	30	81–85	4,5	6,2–6,4	3,0–3,5	5,1–5,6	3,5–4,0	5,4–6,0
S55	55	45	80–85	4	6,1–6,4	2,5–3,0	5,0–5,5	3,5–4,0	5,3–6,0

U standardizovaných substrátů s podílem tmavé rašeliny je v tabulce 7 uveden vliv dávky hnojiva PG Mix na hodnotu EC a obsah přijatelných živin. U modelových substrátů je aplikována odstupňovaná dávka hnojiva 0,4; 0,7; 1,0; 1,3 a 1,6 g hnojiva na litr substrátu Tyto dávky odpovídají standardně používanému dávkování 0,4–0,7 g na litr výsevních substrátů a 0,8–1,6 g na litr pěstebních substrátů. V tabulce 6 je uveden příklad hodnocení substrátů S100 a S85, u dávky 0,7 g/l je uvedeno hodnocení všech čtyř substrátů. U substrátu S85 jsou použity i extrémně vysoké dávky 1,9, 2,5 a 3,0 g hnojiva na litr substrátu. U jednotlivých substrátů byly použity dávky vápence pro rašelinové substráty (viz tab. 6). Tabulka 7 a z ní odvozený graf 4 jsou použitelné pro odhad dávky hnojiva na základě hodnoty EC nebo obsahu přijatelných živin (např. draslíku) u rašelinového substrátu.

Tab. 7: Živiny dodané stupňovanými dávkami hnojiva PG Mix a základní chemické vlastnosti modelových substrátů: pH (ČSN EN 13037), EC (ČSN EN 13038) a Ca (ČSN EN 13652): *vodní výluh 1v/5v, obsah přijatelných živin – N, P, K Mg: CAT 1v/5v (ČSN EN 13651), optimum – lesnické substráty pro pěstování KSM

Testovaný vzorek	pH*	EC*	N-NH ₄	N-NO ₃	Suma N	P	K	Mg	Ca*
		mS/cm	mg/ l substrátu						
0,4 g PG Mix/l			34	22	56	28	60	17	
S100 (5,5 g/l)	6,2	0,12	26	5	31	14	58	144	48
S85 (5,0 g/l)	6,4	0,16	57	18	75	7	75	150	58
0,7 g PG Mix/l			60	38	98	49	105	29	
S100 (5,5 g/l)	5,8	0,19	26	5	31	25	112	149	47
S85 (5,0 g/l)	6,4	0,22	109	55	164	12	134	153	58
S70 (4,5 g/l)	6,3	0,26	127	53	180	12	104	108	46
S55 (4,0 g/l)	6,2	0,26	111	69	180	10	125	111	47
1 g PG Mix/l			85	55	140	70	149	42	
S100 (5,5 g CaCO ₃ /l)	5,7	0,29	41	65	106	58	154	146	53
S85 (5,0 g CaCO ₃ /l)	6,3	0,29	116	73	189	22	199	156	66
1,3 g PG Mix/l			110	82	192	92	194	55	
S100 (5,5 g/l)	5,8	0,38	71	79	150	67	183	156	55
S85 (5,0 g/l)	6,2	0,35	143	73	216	37	239	153	71
1,6 g PG Mix/l			136	88	224	113	239	67	
S100 (5,5 g/l)	5,7	0,42	108	98	206	95	232	162	65
S85 (5,0 g/l)	6,3	0,43	203	109	312	71	259	169	61
1,9 g PG Mix/l			162	104	266	134	284	80	
S85 (5,0 g/l)	6,3	0,5	188	120	308	55	291	154	60
2,5 g PG Mix/l			212	138	350	176	374	105	
S85 (5,0 g/l)	6,1	0,67	216	135	351	99	332	150	56
3 g PG Mix/l			255	165	420	211	448	126	
S85 (5,0 g/l)	6,2	0,73	345	182	527	127	411	161	62
Optimum – výsevní	5,0-6,0	≤0,35	suma N 120–180			30–60	120–180	80–160	40–100
Optimum – pěstební	5,0-6,0	0,2–0,4	suma N 120–200			40–90	120–200	80–160	40–120

Graf 4: Závislost hodnoty EC substrátu podle ČSN EN 13038 na dávkách NPK hnojiva PG Mix v g na litr rašelinového substrátu, regresní rovnice a koeficient spolehlivosti R^2



Substráty se dávkou 0,7 g hnojiva PG Mix na litr substrátu dosahují optimální hodnotu EC a optimální obsah přijatelných hlavních živin pro výsev substráty, pro výsev semen lesních dřevin. Pro přípravu pěstebních substrátů, pro přesazování semenáčků a sazenic jsou vhodné dávky hnojiva PG Mix 1 g na litr substrátu.

Substráty s podílem tmavých rašelin mají oproti substrátům z vrchovištních rašelin při stejné dávce NPK hnojiva zvýšený obsah přijatelného dusíku a draslíku a snížený obsah přijatelného fosforu v důsledku jeho sorpce. Při použití tmavých rašelin dochází k částečné sorpci rozpustného fosforu dodaného hnojivy. Těto vlastnosti tmavých rašelin lze využívat např. při aplikaci přípravků s arbuskulárními nebo ektomykorhizními symbiotickými houbami do lesnických výsevních substrátů. Tyto symbiotické houby totiž vyžadují pro optimální inokulaci kořenů snížený obsah přijatelného fosforu v substrátu.

2.5 Výroba a skladba substrátů s alternativními komponenty

V ČR se jako hlavní komponent organických substrátů používá vrchovištní rašelina převážně původem z Pobaltí nebo Běloruska (Dubský a Šrámek, 2007). Roční spotřeba rašeliny pro přípravu substrátů se podle odhadu výrobců substrátů v ČR pohybuje kolem 400 tis. m³. Vzhledem k cenové dostupnosti dovážených rašelin se další organické i minerální komponenty (kokosová vlákna, expandovaný perlit, lignocel - „kokosová rašelina“) používají především k optimalizaci fyzikálních vlastností substrátů (úprava poměru voda/vzduch), nikoli jako prostá náhrada rašeliny. Pro zvýšení vzdušné kapacity substrátů se používají hrubší frakce frézovaných rašelin nebo drcené rašeliny borkované. Pro zvýšení sorpční kapacity substrátů a pro zvýšení obtížně dostupné vody v substrátech se do rašelinových substrátů přidávají minerálními komponenty – jíly, zeolity (Dubský a Šrámek, 2010), v zahradnické praxi obvykle v dávkách do 3–10 % obj., tj. 30–100 kg/m³, u lesnických substrátů se používají dávky do 60 kg/m³. Pro úpravu fyzikálních vlastností substrátů s podílem tmavé rašeliny, u kterých se vzdušná kapacita pohybuje kolem 10 % obj., jsou vhodné komponenty zvyšující obsah vzduch ve směsi – kokosová vlákna (v podílu 7–12 % obj.), expandovaný perlit (v podílu 10–15 % obj.) a borkovaná rašelina (v podílu 45–65 % obj.).

Dle požadavků odběratele je možné substráty doplnit o lignocel, komponent, který zvyšuje nasákavost směsi (v podílu do 20 % obj.). Pro zvýšení sorpční kapacity je možné do směsi světlá/tmavá rašelina přidat jíl (bentonit) v dávce 30 g/l (30 kg/m³). Vzhledem k fyzikálním vlastnostem substrátů s podílem tmavé rašeliny se tyto komponenty budou používat pouze ve výjimečných případech. V tabulce 9 jsou uvedeny modelové směsi s podílem tmavé rašeliny 15, resp. 30 % obj. Při použití alternativních komponentů se v substrátech snižuje podíl světlé frézované rašeliny při zachování podílu rašeliny tmavé. Kokosové vlákno a lignocel (tab. 8) nemají, kromě zvýšeného obsahu přijatelného draslíku, přirozený vysoký obsah přijatelných živin. Nízký obsah přijatelných živin má i perlit a bentonit. Při základním hnojení substrátů lze použít stejné dávkování rozpustných hnojiv (PG Mix) jako u substrátů bez těchto komponentů. Kokosová vlákna a lignocel mají mírně kyselou reakci (tab. 8). Expandovaný perlit a bentonit mají reakci zásaditou. Perlit použitý pro přípravu modelových substrátů měl hodnotu pH 8,1; bentonit pak pH 10,0. Bentonit (jemný jíl s obchodním názvem Ekobent, dodavatel Keramost a. s., Obrnice) má vysokou kationtovou výměnnou kapacitu (CEC = 48,3 mmol⁺/100 g) i vysoký obsah uhličitánů. Pro dosažení optimálních hodnot pH je nutné při použití perlitu a především bentonitu adekvátně snížit dávky aplikovaného vápence (viz tab. 9).

Tab. 8: Chemické vlastnosti alternativních organických komponentů: pH (ČSN EN 13037), EC (ČSN EN 13038) a Ca (ČSN EN 13652) - vodní výluh 1v/5v, obsah přijatelných živin – N, P, K Mg (ČSN EN 13651) – výluh CAT 1v/5v

komponent	pH	EC	N-NH ₄	N-NO ₃	suma N	P	K	Mg	Ca
kokosové vlákno	6,6	0,22	21	31	52	5	228	71	19
lignocel	6,3	0,23	15	5	20	8	602	103	18
borkovaná rašelina	4,2	0,0,2	42	11	53	1	9	65	10

Tab. 9: Složení modelových substrátů s daným podílem tmavé frézované (TF) rašeliny s různým podílem světlé frézované (SF) a alternativních komponentů (KV – kokosové vlákno, SB – světlá borkovaná rašelina), doporučené dávky vápence pro přípravu pěstebních substrátů s požadovanou hodnotou pH, rozsah stanovených hodnot pH

Substrát	Podíl komponentu v % obj.				Substrát pro jehličnany (pH 5,0–5,5)	Substrát pro listnáče (pH 5,5–6,0)
	alternativní		SF	TF		
T15-P	perlit	10–15	65–70	15	3,0–3,5	3,5–4,0
T30-P		10–15	55–60	30	2,5–3,0	3,0–3,5
T15-KV	kokosové vlákno	7–12	68–73	15	3,0–3,5	3,5–4,0
T30-KV		7–12	58–63	30	2,5–3,0	3,0–3,5
T15-SB	borkovaná rašelina	45–65	20–40	15	3,5–4,0	4,0–4,5
T30-SB		45	25	30	3,0–3,5	3,5–4,0
T15-L	lignocel	20	65	15	2,5–3,0	3,0–3,5
T30-L		20	50	30	2,0–2,5	2,5–3,0
T15-b	bentonit	30 g/l	75	15	1,5–2,0	2,0–2,5

V tabulce 10 jsou uvedeny základní fyzikální vlastnosti modelových substrátů s alternativními komponenty s podílem 15 % obj. (označení T15) a 30 % obj. (označení T30) rašeliny tmavé.

Tab. 10: Fyzikální vlastnosti modelových substrátů s podílem 30 % obj. tmavé rašeliny s alternativními komponenty: KV – kokosové vlákno (7 % obj.), P – perlit (10 % obj.), BR – borkovaná rašelina (45 % obj.), L – lignocel (20 % obj.), J – jíl bentonit (30 g/l)

Substrát	SL	OHS	SH	pórovitost	KK	smrštění	VzK	LDV
T15	88,2	126	1,68	92,5	78,6	36,6	13,9	34,7
T15-P10	76,8	121	1,74	93,0	77,6	30,4	15,4	33,1
T15-BR45	87,1	109	1,68	93,5	75,4	35,8	18,1	30,6
T30	85,5	139,1	1,59	91,3	83,3	43,1	8,0	33,4
T30-KV7	82,8	139,8	1,55	91,0	77,6	37,6	11,0	33,9
T30-P10	77,0	122,1	1,65	92,6	81,6	39,6	13,4	34,4
T30-L20	83,0	143,3	1,64	91,3	83,6	35,5	7,0	35,7
T30-J30	70,2	131,4	1,79	92,7	85,7	43,8	7,7	34,8

Legenda: SL - obsah spalitelných látek, OHS – objemová hmotnost suchého vzorku, SM – smrštění, zmenšení objemu substrátu ve válečku po vysušení při 105 °C (ČSN EN 13041), SH – specifická hmotnost, KK – kontejnerová (vodní) kapacita obsah vzduchu při podtlaku 10 cm vodního sloupce, VzK – vzdušná kapacita, obsah vzduchu při podtlaku 10 cm vodního sloupce, LDV – lehce dostupná voda, rozdíl v obsahu vody při podtlaku vodního sloupce 10 a 50 cm.

Přídavek expandovaného perlitu (10 % obj.) a kokosových vláken (7 % obj.) mírně zvyšuje VzK, Přídavkem expandovaného perlitu je možné snížit smrštění substrátu při vyschnutí. Výraznější zvýšení VzK je možné dosáhnout použitím borkované rašeliny (např. 45 % obj.) místo rašeliny frézované. Při zvýšení VzK dojde ke snížení vodní kapacity (KK) a obsahu LDV. Vliv podílu alternativních komponentů na fyzikální vlastnosti substrátových směsí je popsán v kapitole 2.6.2 *Hydrofyzikální vlastnosti substrátů* (viz dále na s. 21).

2.6 Užité vlastnosti substrátů s podílem tmavých rašelin

2.6.1 Chemické vlastnosti substrátů

Chemické vlastnosti substrátů, především hodnotu pH, je nutné přizpůsobit i kvalitě závlahové vody. V lesních školkách bývá nejčastěji zdrojem vody pro závlahy podzemní voda čerpaná z vrtů, voda z akumulčních nádrží na vodních tocích nebo také čerpaná přímo z tekoucích povrchových vod. Podrobné odborné posouzení vhodnosti (jakosti), disponibility a kapacitní vydatnosti vybraného vodního zdroje je v soudobých školkařských provozech, orientovaných na produkci KSM, neopomenutelnou nutností.

Obecné požadavky na kvalitu závlahových vod při pěstování KSM dřevin pod umělými kryty a na úložištích v lesních školkách uvádí přehled v tabulce 11. Údaje vycházejí z podkladů, které kompletoval Dušek (1997) v publikaci *Lesní školkařství* (s. 83–85). Ty již excerpují také některé zahraniční zkušenosti (shrnuje je např. Dušek 1989; Behrens 1997 a jiní). Uvádějí tzv.

bezpečné a mezní hodnoty dílčích ukazatelů kvality závlahové vody. Při jejich nynějším upřesňování pro členy Sdružení lesních školkařů ČR (Nárovec 2016) bylo rovněž přihlíženo k soudobým praktickým zkušenostem z Polska, které v publikaci *Szkołkarstwo kontenerowe* uceleně publikují Szabla a Pabian (2009).

Tab. 11: Kritéria kvality zdroje závlahové vody pro pěstování krytokořenných semenáčků a sazenic lesních dřevin ve školkách, vybavených umělými kryty a technologií vzduchového polštáře (*ex Dušek 1997; Behrens 1997; Szabla a Pabian, 2009 aj.), obecné parametry pro závlahovou vodu (** Šrámek a Volf 1989)

Jakostní ukazatel	jednotka	Bezpečná hodnota *	Mezní hodnota *	Vysoká hodnota**
pH		5,5–7,0	<5,5 nebo >8,0	>7,5
EC	mS/cm	<0,40	>0,75	>1,5
Ca	mg/l	<100	>100	>140
Mg	mg/l	<25	>50	>35
Na	mg/l	<15	>30	>40
KNK _{4,5}	mmol/l	2,8–3,5	>3,5	>5,4
uhličitanová tvrdost	°N	8–10	>10	>15
chloridy (Cl ⁻)	mg/l	<15 (20)	>30 (50)	>80
sulfáty (SO ₄ ²⁻)	mg/l	<200	dosud nestanoveno	>180
Fe	mg/l	<0,3	>2 (5)	>0,5
Mn	mg/l	<0,2	>0,5	>0,5
Zn	mg/l	<0,3	>0,5 (1,0)	>1
B	mg/l	<0,1	>0,1 (1,0)	>0,5

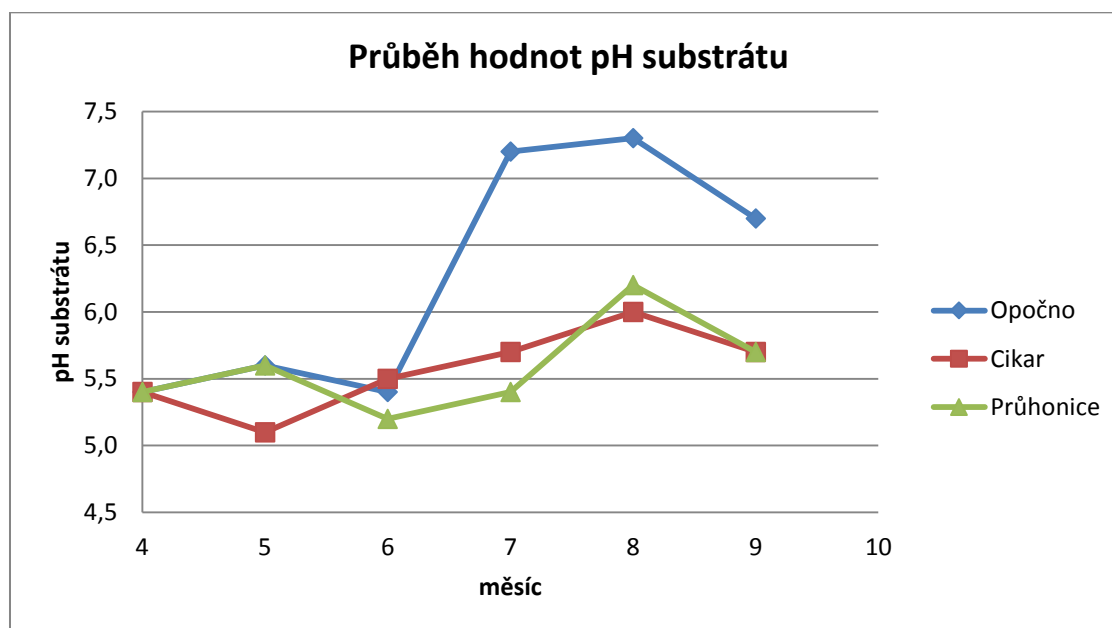
KNK_{4,5} v mmol/l \times 2,8 = uhličitanová tvrdost v °N

Z jakostních parametrů závlahové vody ovlivňuje nejvíce chemické vlastnosti substrátů obsah hydrogenuhličitanů. Podle ČSN EN ISO 9963-1 se obsah hydrogenuhličitanů ve vodě udává v mmol HCO₃⁻/l jako celková alkalita, nebo též kyselinová neutralizační kapacita (KNK_{4,5}). Vzhledem k tradici se stále používají i stupně německé (°N). Agrochemické laboratoře, které provádějí rozbor vody v rámci poradenské činnosti, hodnotu KNK_{4,5} přepočítávají i na °N (KNK_{4,5} v mmol/l \times 2,8 = uhličitanová tvrdost v °N).

Při uhličitanové tvrdosti >10 °N je nutné používat substráty s hodnotou pH na spodní úrovni doporučených hodnot (viz tab. 6). Při uhličitanové tvrdosti >15 °N je vhodné tuto vodu ředit s vodou dešťovou nebo upravovat kyselinou dusičnou.

V grafu 5 je uveden průběh hodnot pH substrátu při pěstování semenáčků buku ve třech školkách s odlišnou uhličitanovou tvrdostí, školka Cikar 4 °N, Průhonice 11 °N, Opočno 19 °N. Vysoká uhličitanová tvrdost nepříznivě ovlivňuje hodnotu pH substrátu v průběhu pěstování. V Průhonicích byly hodnoty pH substrátu ovlivněny srážkovou vodou po přesunutí rostlin na venkovní plochu na konci měsíce června. V Opočně je snížení hodnot pH patrné až ke konci vegetace, vysoká hodnota uhličitanové tvrdosti závlahové vody zvyšuje hodnoty pH nad optimum. V Cikaru byly rostliny pěstovány po celou dobu v prostoru krytém před dešťovými srážkami a hodnota pH je ovlivněna pouze závlahovou vodou.

Graf 5: Průběh hodnot pH_{H_2O} substrátu (ČSN EN 13037) při pěstování semenáčků buku lesního s použitím závlivkové vody s odlišnou uhličitánovou tvrdostí (Opočno 19 °N, Průhonice 11 °N, Cíkar 4 °N)



2.6.2 Hydrofyzikální vlastnosti substrátů

Výrobce substrátů by měl mít pro školkařské podniky v nabídce pěstební substráty, které se liší hydrofyzikálními fyzikálními vlastnostmi. Specifické hydrofyzikální vlastnosti lze získat různým poměrem světlé a tmavé rašeliny, případně přidávkem komponentů zvyšující vzdušnou kapacitu pěstební směsi.

Při použití směsi světlé rašeliny s přidávkem tmavé rašeliny s podílem 15–30 (případně 45) % obj. (viz graf 6) mají výsledné směsi dostatečný obsah vzduchu (VzK kolem 10% obj.) a vysokou vodní kapacitu obsah LDV >30 % obj. Přídavek tmavé rašeliny oproti substrátu na bázi světlé rašeliny mírně snižuje VzK a obsah LDV, největší snížení těchto parametrů je u substrátu S55 s podílem tmavé rašeliny 45 % obj. Substráty s vyšším podílem tmavé rašeliny (30–45 % obj.) se podle fyzikálních vlastností řadí mezi substráty s nízkým obsahem vzduchu (VzK <10 % obj., LDV >30 % obj.), ale VzK je na horní hodnotě rozsahu. Tyto substráty mohou být na základě výsledků vegetačních pokusů doporučovány pro výsevy a následné pěstování krytokořenného sadebního materiálu jehličnatých druhů dřevin. Substráty s podílem tmavé rašeliny 15–30 % obj. je možné zařadit mezi substráty se středním obsahem vzduchu (VzK 10–20 % obj., LDV >20 % obj.), i když VzK je na spodní hodnotě rozsahu a obsah LDV je výrazně >30 % obj. Tyto substráty jsou na základě výsledků vegetačních pokusů doporučovány pro výsevy a následné pěstování KSM listnáčů.

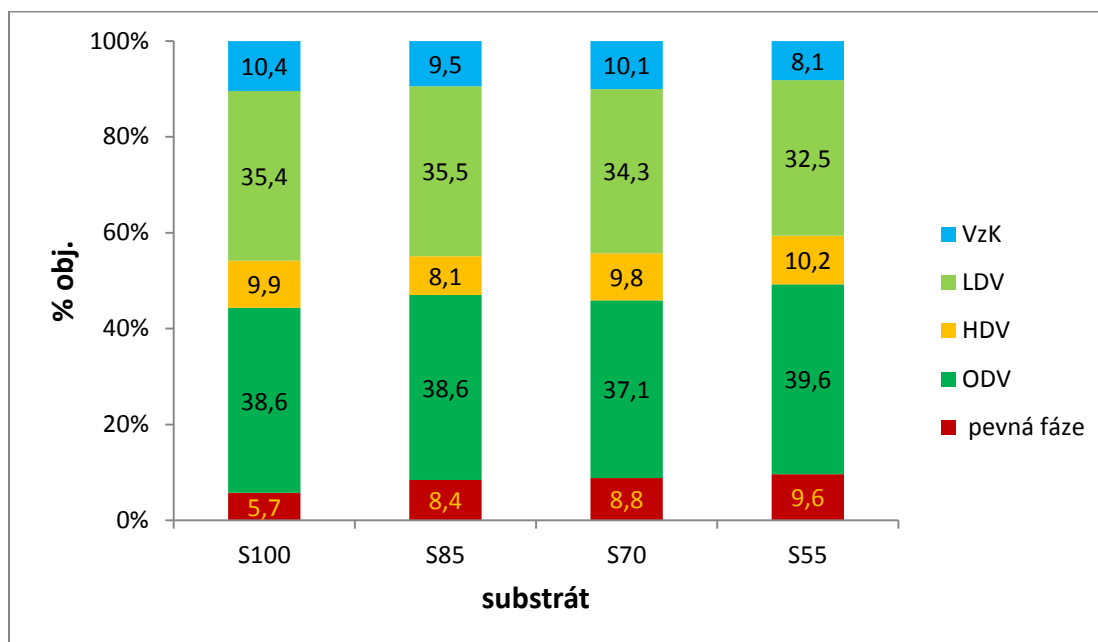
Na základě retenčních křivek substrátů a stanovení kategorií vody dle dostupnosti rostlinám lze upravovat četnost závlahy a zavlažovat na cílovou vlhkost substrátu odpovídající vodní (kontejnerové) kapacitě. Závlaha by měla být zopakována, pokud je spotřebována snadno dostupná voda (kolem 40 % celkové vodní kapacity), tj. když obsah vody v substrátu poklesne přibližně pod 50 % obj.

Při použití optimální závlahy je v průběhu pěstování zajištěn dostatečný obsah vzduchu i u substrátů s VzK kolem 10 % obj. Při obsahu LDV kolem 30 % obj. se obsah vzduchu v pěstebním substrátu může pohybovat v rozmezí 10–40 % obj. **Nejčastější pěstitelské chyby nejsou způsobeny nedostatečnou zálivkou, ale naopak dlouhodobým přemokřováním substrátu v důsledku příliš časté a vydatné zálivky.** Pokud lesní školkař v rámci pěstebního postupu používá kratší intervaly mezi zálivkou, měl by použít substráty s podílem komponentů, které zvyšují vzdušnou kapacitu pěstebních substrátů. Substráty s vyšší vzdušnou kapacitou jsou výhodnější pro pěstování KSM všech druhů lesních dřevin.

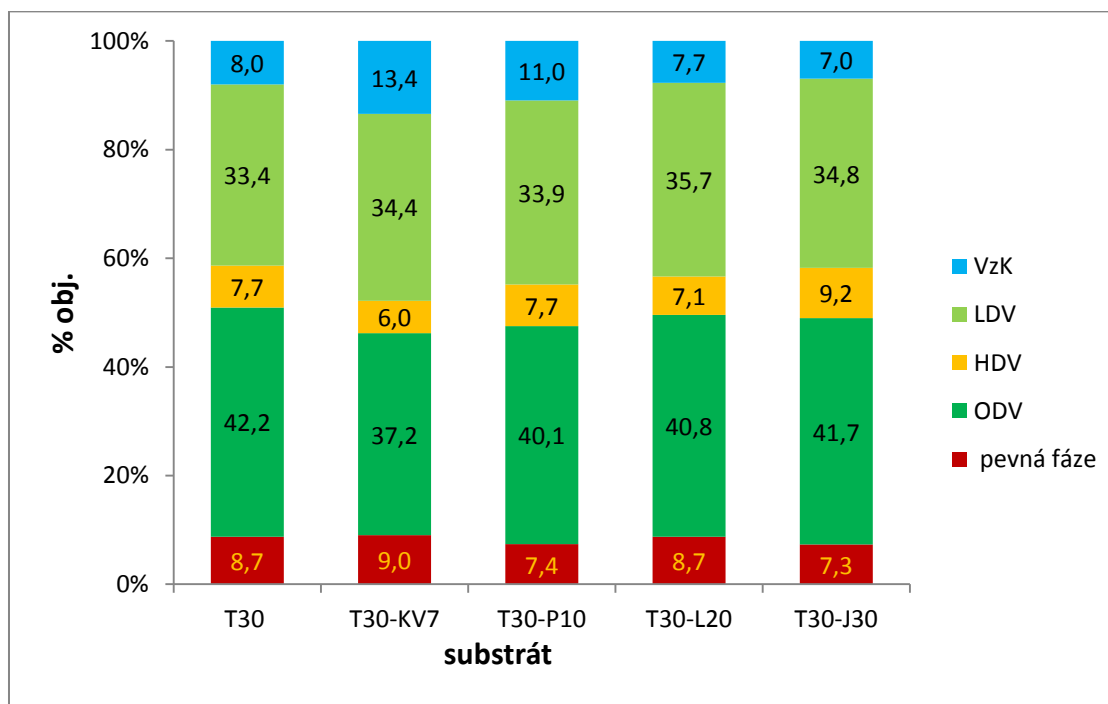
V grafu 7 jsou uvedeny hydrofyzikální vlastnosti substrátů s podílem 30 % obj. tmavé rašeliny. Již poměrně nízký přídavek kokosových vláken (7 % obj.) nebo expandovaného jílu (10 % obj.) mírně zvýší VzK a sníží celkovou vodní kapacitu. Tyto substráty jsou na základě výsledků vegetačních pokusů doporučovány pro výsevy a následné pěstování krytokořenné sadby jehličnanů a jsou vhodné pro pěstování obalované sadby jehličnanů. V grafu 7 jsou uvedeny i vlastnosti substrátů s přídavkem lignocelu (20 % obj.) a jílu bentonitu (30 g/l). Přídavek těchto komponentů VzK výrazně neovlivní, spíše ji snižuje. Tyto komponenty se používají ke zvýšení nasákavosti substrátů při jejich vyschnutí. Bentonit se používá i ke zvýšení kationtové výměnné kapacity. Tyto substráty umožňují prodloužení intervalů mezi zálivkami. Jsou vhodné především do substrátů připravených pouze ze světlé rašeliny.

V grafu 8 jsou uvedeny hydrofyzikální vlastnosti substrátů s podílem 15 % obj. tmavé rašeliny. U modelových substrátů se zvýšenou VzK je uveden vliv odstupňované dávky expandovaného perlitu (10 a 15 % obj.) a borkované rašeliny (45 a 65 % obj.). Vyššími podíly těchto komponentů je možné dosáhnout VzK kolem 20 % obj., při relativně vysokém obsahu LDV kolem 30 % obj. Tyto substráty jsou vhodné pro pěstební postupy s automatizovanou zálivkou s krátkými intervaly mezi zálivkami. Tyto substráty jsou na základě výsledků vegetačních pokusů doporučovány pro výsevy a následné pěstování krytokořenné sadby listnáčů a jsou vhodné i pro pěstování obalovaných sazenic listnáčů (technologie přesazování semenáčků do obalů má ovšem v současnosti v tuzemském školkařství jen okrajové využití).

Graf 6: Podíl pevné fáze, vody a vzduchu u standardizovaných substrátů na bázi světlé (číslo = podíl světlé rašeliny v % obj.) a tmavé rašeliny, popis substrátů viz tab. 6

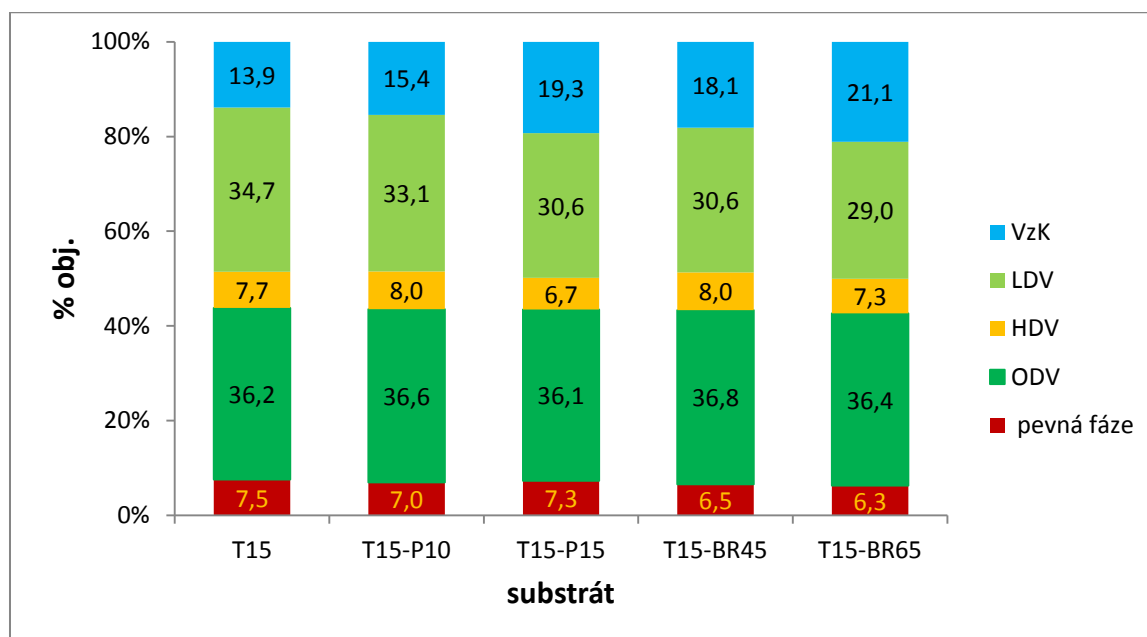


Graf 7: Podíl pevné fáze, vody a vzduchu u modelových substrátů na bázi světlé a tmavé rašeliny (číslo = podíl tmavé rašeliny v % obj.) a alternativních komponentů: P – perlit, KV – kokosové vlákno, BR – borkovaná rašelina (číslo = podíl komponentu v % obj.) a J – jíl, bentonit (číslo = dávka v g/l), popis substrátů viz tab. 10



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 8: Podíl pevné fáze, vody a vzduchu u modelových substrátů na bázi světlé a tmavé rašeliny (číslo = podíl tmavé rašeliny v % obj.) a alternativních komponentů: P – perlit, BR – borkovaná rašelina (číslo = podíl komponentu v % obj.), popis substrátů viz tab. 10



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.

2.7 Uvádění substrátů do oběhu

Zařazování do typových substrátů

Od roku 2014 je v platnosti vyhláška č. 131/2014 Sb., která definuje typové substráty a umožňuje tak jejich ohlášení bez přezkušování. Ohlášená hnojiva nebo pomocné látky, mezi které patří substráty, může ohlašovat uvést do oběhu na základě písemného souhlasu Ústředního kontrolního a zkušebního ústavu zemědělského (ÚKZÚZ). Typové substráty charakterizují tři základní vlastnosti, které definují daný typ - hodnota elektrické vodivosti (EC), hodnota pH (aktivní reakce, pH_{H_2O}) vodného výluhu a obsah spalitelných látek. Lesnické substráty je možné zařadit do čtyř typů, specifikovaných dále v tab. 12.

Tab. 12: Charakteristika typů substrátů a zemin podle hodnoty elektrické vodivosti (EC) (ČSN EN 13038), hodnoty pH (ČSN EN 13037) a obsahu spalitelných látek (ČSN EN 13039)

typ	značení typu (vyhl. č. 474/2000 Sb.)	požadované hodnoty (jednotka)		
		EC (mS/cm)	pH _{H2O}	spalitelné látky (%)
	<i>Typové substráty</i>			
19.1	Substráty množárenské, výsevni a pro rostliny s nízkými nároky na živiny	max. 0,35	5,0–7,5	min. 45,0
19.2	Substráty pro rostliny se středními nebo vyššími nároky na živiny	0,2–0,65	5,0–7,5	min. 45,0
19.3	Substráty pro kyselomilné rostliny	max. 0,5	3,0–5,5	min. 45,0
	<i>Speciální substráty a zeminy</i>			
19.4e	Substráty s přidavkem hnojiv s dlouhodobým účinkem	neuvádí se	dle typu	dle typu

Do skupiny 19.1 *Substráty množárenské, výsevni a pro rostliny s nízkými nároky na živiny* patří substráty pro výsevy dřevin i většina substrátů pro obalovanou sadbu. U této skupiny je max. hodnota EC 0,35 mS/cm. Tato hodnota odpovídá dávce práškového rozpustného NPK hnojiva kolem 1,3 g/l substrátu (viz tab. 7, graf 4). To je dávka poměrně vysoká, používá se spíše u pěstebních substrátů. Výrobce by neměl standardně deklarovat maximální přípustnou hodnotu EC pro daný typ substrátu. Měl by uvádět hodnoty EC pro konkrétní složení substrátu a dávku hnojiva, např. max. 0,15 mS/cm pro výsevni substrát bez přidavku hnojiva, nebo max. 0,25 mS/cm pro rašelinový výsevni substrát s optimální dávkou NPK hnojiva 0,5–0,7 g/l substrátu.

U skupiny 19.2 *Substráty pro rostliny se středními nebo vyššími nároky na živiny* je uvedena i minimální hodnota EC 0,2 mS/cm, která odpovídá dávce NPK hnojiva kolem 0,6 g/l rašelinového substrátu. Maximální hodnota EC 0,65 mS/cm odpovídá dávkám práškového rozpustného NPK hnojiva přes 2 g/l substrátu. To jsou dávky hnojiv použitelné pro rostliny s velmi vysokými nároky na živiny, v lesnickém sektoru se takto vysoké dávky nepoužívají. Při nižším dávkování hnojiv, např. u substrátů pro obalovanou sadbu, by měl výrobce snížit deklarovanou maximální hodnotu EC tak, aby odpovídala aplikované dávce hnojiva. Např. při dávce NPK hnojiva do 1,3 g/l by měl deklarovat hodnotu EC max. 0,45 mS/cm, resp. rozsah 0,2–0,45 mS/cm.

Pokud výrobce dodává pro jehličnany substrát se standardní hodnotou pH kolem 5,0, měl by substrát zařadit do skupiny 19.3 *Substráty pro kyselomilné rostliny* a deklarovat hodnotu pH v rozsahu 4,5–5,5.

U skupiny 19.4e *Substráty s přidavkem hnojiv s dlouhodobým účinkem* (tj. hnojiv pomalu rozpustných nebo obalovaných s řízeným uvolňováním živin) se hodnota EC nesleduje a je nutno deklarovat typ použitého hnojiva, dávku v kg/m³ a termín aplikace. Do této skupiny budou nejčastěji zařazovány výsevni lesnické substráty s dávkou 2–3 kg/m³ hnojiv s řízeným uvolňováním a pěstební školkařské substráty s dávkou 3–5 kg/m³ hnojiv s řízeným uvolňováním. Hodnota EC je u těchto substrátů, kromě výše dávky hnojiva, ovlivněna především dobou skladování a podmínkami (teplotou) při skladování substrátu a její hodnocení by bylo při registraci problematické.

Obsah spalitelných látek v pěstební směsi závisí na podílu minerálních komponentů (jílů, sprašových hlín). U nižších dávek minerálních komponentů 30–100 kg/m³, které se u

lesnických substrátů používají, se obsahy spalitelných látek u substrátů s minerálními složkami pohybují nad limitní hodnotou 45 % požadovanou pro typové organické substráty 19.1 a 19.2. U hodnoty pH by měl výrobce deklarovat a dodržovat hodnotu pH v rozsahu 1–1,5 stupně pH. Lesnické substráty by měly mít rozsah hodnot pH uvedený v tab. 6, substráty pro jehličnany 5,0–5,5 (typ 19.1 deklarováný rozsah 5,0–6,0, typ 19.3 deklarováný rozsah 4,5–5,5), substráty pro listnáče 5,5–6,0 (typ 19.1 deklarováný rozsah 5,0–6,0).

Podle vyhlášky č. 131/2014 Sb. se u organických substrátů musí deklarovat hodnoty pH stanovené výhradně ve vodném výluhu podle normy ČSN EN 13037. Při hodnocení reakce substrátu se školkař může setkat i se stanovením výměnné hodnoty pH_{CaCl_2} . V ČR se hodnota pH_{CaCl_2} stanovuje podle ČSN ISO 10390 ve výluhu 0,01 M $CaCl_2$ 1w:5v (navážka 10 g vzorku a 50 ml vyluhovač). Tato metoda se používá pro hodnocení půd a zahradních zemín. U substrátů dovážených ze zahraničí, především z Německa, je často deklarována hodnota pH_{CaCl_2} stanovená podle metod VDLUFA ve výluhu 0,01 M $CaCl_2$ s vyluhovacím poměrem 1v/2,5v (ze suchého vzorku se odměří 50 ml vzorku a zalije 125 ml vyluhovač). Hodnoty pH_{CaCl_2} vycházejí 0,5–1,2 stupně nižší než hodnota pH_{H_2O} . Školkař by měl od dodavatele substrátu požadovat deklarovanou hodnotu pH_{H_2O} podle normy ČSN EN 13037.

Vlastnosti substrátů pro zadávání výběrových řízení

Vedle parametrů pro zařazení do typových substrátů je nutné, aby měl školkař k dispozici další parametry pěstebních substrátů. Od výrobce by měl požadovat přesné složení substrátu, dávkování hnojiv a některé základní fyzikální vlastnosti. Pro základní charakteristiku substrátů, ze které je možno odvodit jeho hydrofyzikální vlastnosti, je dobré znát objemovou hmotnost suchého vzorku (OHS) a vzdušnou kapacitu (VzK) podle ČSN EN 13041, dále obsah částic >20 mm a obsah prachových částic <0,2 mm (DIN 11540). Tyto parametry je možné zařadit do vlastností substrátů pro zadávání výběrových řízení, viz příklady.

V rámci požadavků na pěstební substráty by měl školkař přesně definovat i dávkování hnojiv podle systémů výživy, které v podniku používá. Při hnojení výhradně hnojivými roztoky by tak měl požadovat pouze základní vyhnojení rozpustnými hnojivy. Při používání hnojiv s dlouhodobým účinkem je třeba definovat dávku a dobu účinnosti hnojiva. V rámci požadavku na složení pěstebních substrátů by měl uvést doporučená nebo požadovaná hnojiva.

Příklady požadavků na pěstební substráty s podílem tmavých rašelin:

Pěstební substrát pro přesné výsevy jehličnanů:

- Složení substrátu: 70 % obj. světlé vrchovištní rašeliny, frakce 0–20 mm, stupeň rozložení dle von Post H2–H3, 30 % obj. tmavá přechodová rašelina frakce 0–20 mm, stupeň rozložení dle von Post H6–H7,
- hodnota pH - hodnota ve výluhu H_2O (ČSN EN 13037) 4,8 až 5,3, možnost úpravy dolomitickým vápencem,
- startovací rozpustné NPK hnojivo v dávce 0,6 kg/m³, hodnota EC (ČSN EN 13038) max. 0,25 mS/cm,
- hnojivo se stopovými živinami v dávce maximálně do 100 g/m³,
- zvlhčovací činidlo je žádoucí,

- požadované fyzikální vlastnosti: obsah spalitelných látek (ČSN EN 13039) ≥ 80 %, OHS 140–150g/l, VzK ≥ 8 % obj. (ČSN EN 13041), zrnitostní frakce (DIN 11540) větší než 20 mm jsou nepřipustné, obsah prachových částic $< 0,2$ mm max. 15 %,
- bez plevelů a jejich semen.

Pěstební substrát pro přesné výsevy listnáčů:

- Složení substrátu: 85 % obj. světlé vrchovištní rašeliny, frakce 0–20 mm, stupeň rozložení dle von Post H2–H3, 15 % obj. tmavá přechodová rašelina frakce 0–20 mm, stupeň rozložení dle von Post H6–H7,
- hodnota pH - hodnota ve výluhu H₂O (ČSN EN 13037) 5,2 až 5,8, možnost úpravy dolomitickým vápencem,
- startovací rozpustné NPK hnojivo v dávce 0,7 kg/m³,
- dlouhodobě působící hnojivo v dávce 3 kg/m³ (kombinace hnojiv s účinností 6 a 8 měsíců v poměru 1:1),
- hnojivo se stopovými živinami v dávce maximálně do 100 g/m³,
- zvlhčovací činidlo je žádoucí,
- požadované fyzikální vlastnosti: obsah spalitelných látek (ČSN EN 13039) ≥ 85 %, OHS 130–140g/l a VzK ≥ 10 % obj. (ČSN EN 13041), zrnitostní frakce (stanovené podle DIN 11540) větší než 20 mm jsou nepřipustné, obsah prachových částic $< 0,2$ mm max. 10 %,
- bez plevelů a jejich semen.

Pěstební substrát pro obalování sazenic listnatých dřevin:

- Složení substrátu: 40 % obj. světlé vrchovištní rašeliny, frakce 0–20 mm, stupeň rozložení dle von Post H2–H3, 45 % obj. světlé vrchovištní borkované rašeliny, frakce 0–20 mm, stupeň rozložení dle von Post H2, 15 % obj. tmavá přechodová rašelina frakce 0–20 mm, stupeň rozložení dle von Post H6–H7,
- hodnota pH - hodnota ve výluhu H₂O (ČSN EN 13037) 5,2 až 5,8, možnost úpravy dolomitickým vápencem,
- startovací rozpustné NPK hnojivo v dávce 0,7 kg/m³, hodnota EC (ČSN EN 13038) max. 0,35 mS/cm,
- hnojivo se stopovými živinami v dávce maximálně do 100 g/m³,
- zvlhčovací činidlo je žádoucí,
- požadované fyzikální vlastnosti: obsah spalitelných látek (ČSN EN 13039) ≥ 85 %, OHS 100–120 g/l a VzK ≥ 15 % obj. (ČSN EN 13041), zrnitostní frakce (DIN 11540) větší než 20 mm max. 5 %, obsah prachových částic $< 0,2$ mm max. 10 %,
- bez plevelů a jejich semen.

Doporučená hnojiva:

Dolomitický vápenec (85 % CaCO₃, 5 % MgCO₃)

Startovací NPK hnojiva se stopovými živinami PG Mix NPK 14-16-18 (14 % N - 8,5 % N-NH₄ a 5,5 % N-NO₃; 7 % P; 15,1 % K; 0,4 % Mg) se stopovými živinami (0,09 % Fe, 0,16 % Mn, 0,04 %; Zn, 0,12 % Cu, 0,03 % B, 0,2 % Mo)

Hnojiva se stopovými živinami: Radigen - (2 % Fe, 1 % Mn, 0,5 %; Zn, 1,5 % Cu, 0,6 % B, 0,8 % Mo, 3 % Mg)

Hnojiva s řízeným uvolňováním živin s účinností 6 měsíců: Osmocote Exact Standard 5-6 NPK 15-9-12-2,5+ME (15 % N; 4 % P; 10 % K; 1,5 % Mg) se stopovými živinami (0,45 % Fe, 0,06 % Mn, 0,02 %; Zn, 0,056 % Cu, 0,02 % B, 0,025 % Mo)

Hnojiva s řízeným uvolňováním živin s účinností 8 měsíců: Osmocote Exact Standard 8-9 NPK 15-9-11-2,5+ME (15 % N; 4 % P; 9,1 % K; 1,5 % Mg) se stopovými živinami (0,45 % Fe, 0,06 % Mn, 0,02 %; Zn, 0,056 % Cu, 0,02 % B, 0,025 % Mo)

3. Srovnání novosti postupů

„Novost postupů“ předkládané metodiky lze věcně porovnávat zejména vůči doporučením, která v minulosti lesnické školkařské praxi předkládala souhrnná monografie *Lesní školkařství – základní údaje* (Dušek 1997). Ta však byla koncipována pro (ve srovnání s dneškem) naprosto odlišné technologické a společenské poměry přelomu 80. a 90. let minulého století u nás, kdy v sortimentu užívaných pěstebních obalů dominovaly papírové šestiboké buňky *Paperpot*, *Ecopot* nebo *Culticel*, sadbovače *Kopparfors*, rašelinocelulózové kelímky *Jiffypot*, sáčky z netkané textilie *Fortex* apod. a kdy byla k dispozici naprosto odlišná skladba výchozích surovin (rašelin) pro výrobu LRPS a také jiná hnojiva (zkoušky s hnojivy typu CRF se u nás tehdy teprve rozbíhaly). Pro soudobé výrobní poměry jsou předchozí Duškova doporučení proto již obtížně aplikovatelná. „Novost postupů“ předkládané práce tedy do jisté míry pramení z faktu, že reaguje na nynější technologickou vybavenost lesních školek, sortiment dostupných průmyslových hnojiv a na potřebu uskutečnění řady modernizací a technologických inovací ve školkařských provozech.

V předkládané metodice je na podkladě laboratorních testů i vegetačních pokusů navržena optimalizace dávkování mletých vápenců u lesnických substrátů s podílem tmavé rašeliny, a to diferencovaně pro KSM jehličnatých a listnatých druhů dřevin. Doporučené dávky vápenců do substrátů pro listnáče a jehličnany jsou sníženy oproti standardním pěstitelským (zahradnickým) rašelinovým substrátům tak, aby byla dosažena optimální hodnota pH pro danou skupinu rostlin, tj. pH 5,0–5,5 pro jehličnany a pH 5,5–6,0 pro listnáče.

Důležitým přínosem práce je, že potvrdila oprávněnost používání při pěstování KSM také takových LRPS, které kromě světlé rašeliny obsahovaly i významný podíl tmavé rašeliny původem z ložisek jihočeského regionu. Poloprovozní pokusy, které proběhly ve výzkumných ústavech i v poloprovozních poměrech lesních školkách společnosti Wotan Forest, a. s. České Budějovice (ve školkařských střediscích *Cikar* u Kardašovy Řečice a *Vlčí luka* u Třeboně), ukázaly, že pro listnáče je vhodný substrát s 15–30 % obj. tmavé rašeliny, pro jehličnany s 30–45 % obj. tmavé rašeliny. Tento poznatek vytváří předpoklady pro využití domácích surovin (rašelin) k přípravě lesnických rašelinových pěstebních substrátů a pro zvýšení produkce kvalitního KSM lesních dřevin v tuzemských lesních školkách.

4. Popis uplatnění metodiky

Účelem práce bylo poskytnout tuzemským producentům SMLD soubor praktických metodických doporučení pro snadnější zavádění intenzivních technologií pěstování SMLD tzv. *na vzduchovém polštáři*, a to zejména se zřetelem na specifika přípravy (skladby) a na užité vlastnosti rašelinových substrátů pro pěstování krytokořenných semenáčků a sazenic lesních dřevin. Uplatnění v aplikační sféře se předpokládá u jednotlivých výrobních subjektů napříč celým segmentem lesního školkařství, tj. u všech typů vlastnictví (státní podniky,

soukromé obchodní společnosti, OSVČ atd.) i typů a velikostí školkařských závodů a podniků. Doporučované technologické postupy přípravy a užití LRPS s podílem tmavé rašeliny vytvářejí v soudobé hospodářské praxi předpoklady pro rozšíření produkce KSM lesních dřevin do dalších školkařských závodů a do nově modernizovaných provozů lesních školek v rámci celé ČR.

Metodika je v plném rozsahu aplikovatelná u tuzemských výrobců LRPS. Zejména se jedná o firmu Rašelina a. s. Soběslav (Na Pískách č. 488, 392 01 Soběslav), která těží tmavou rašelinu v regionu jižních Čech, a která ji využívá pro přípravu lesnických substrátů. Firma Rašelina a. s. Soběslav je spoluřešitelem TA03020551 a bude s ní uzavřena Smlouva o uplatnění certifikované metodiky.

Publikační uplatnění předloženého textu certifikované metodiky lze nalézt na webových stránkách řešitelských pracovišť, kde bude metodika zájemcům (uživatelům internetu) dostupná v elektronickém formátu.

5. Ekonomické aspekty

Přímý ekonomický přínos (resp. potenciální úspory finančních prostředků ve výrobní sféře) v metodice popisovaných aktivit (optimalizovaná skladba a příprava rašelinových substrátů, optimalizace dávek minerálního hnojení) lze u tuzemských pěstitelů sadebního materiálu lesních a okrasných dřevin odhadovat v jednotkách milionů korun ročně.

Inovované profesionální substráty pro obalovanou sadbu lesních dřevin, vyráběné společností Rašelina a.s. pro sektor lesního školkařství, bude možné lépe marketingově podpořit na základě objektivních výsledků, obsažených v této metodice. Dá se předpokládat také navýšení obrátů prodaných substrátů v řádu tisíců metrů kubických, což představuje navýšení finančního obrátu v řádu milionů Kč - za předpokladu, že bude trh se sadebním materiálem standardně fungovat a sektor lesního školkařství se nedostane do problémů díky neočekávaným vlivům a nepříznivému vývoji na trhu se sadebním materiálem v budoucích letech.

6. Seznam použité související literatury

Normy a legislativní předpisy

ČSN 48 2115 (2012): Sadební materiál lesních dřevin. Praha, Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví: 24 s. [Účinnost revidovaného znění normy od 1. 12. 2012].

ČSN 75 7143 (1991): Jakost vod – Jakost vod pro závlahu. Praha, Federální úřad pro normalizaci a měření: 20 s. [Účinnost normy od 1. 5. 1992].

ČSN 75 7143 – Změna Z1. (2009): Jakost vod – Jakost vod pro závlahu. Praha, Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví: 3 s.

ČSN EN 12580 (2015): Pomocné půdní látky a substráty - Stanovení množství. 16 s. [ÚNMZ, Praha]. [Účinnost normy od 1. 3. 2015].

ČSN EN 13037 (2012): Pomocné půdní látky a substráty - Stanovení pH. 12 s. [ÚNMZ, Praha].

- ČSN EN 13038 (2012): Pomocné půdní látky a substráty - Stanovení elektrické konduktivity. 12 s. [ÚNMZ, Praha].
- ČSN EN 13039 (2012): Pomocné půdní látky a substráty - Stanovení organických látek a popela. 12 s. [ÚNMZ, Praha].
- ČSN EN 13040 (2013): Pomocné půdní látky a substráty - Příprava vzorků pro chemické a fyzikální zkoušky, stanovení obsahu sušiny, vlhkosti a objemové hmotnosti laboratorně zhutnělého vzorku. 16 s. [ÚNMZ, Praha].
- ČSN EN 13041 (2012): Pomocné půdní látky a substráty – Stanovení fyzikálních vlastností – Objemová hmotnost vysušeného vzorku, objem vzduchu, objem vody, součinitel smršťování a celková pórovitost. 28 s. [ÚNMZ, Praha].
- ČSN EN 13651 (2002) Půdní melioranty a stimulanty růstu - Extrakce živin rozpustných v chloridu vápenatém / DTPA (CAD). 20 s. [ÚNMZ, Praha].
- ČSN EN 13652 (2002) Půdní melioranty a stimulanty růstu - Extrakce živin rozpustných ve vodě. 20 s. [ÚNMZ, Praha].
- ČSN ISO 10390 (2011) Kvalita půdy - Stanovení pH. 12 s. [ÚNMZ, Praha].
- DIN 11540 (2005): Peats and peat products for horticulture and landscape gardening - Test methods, properties, specifications. [Rašeliny a rašelinové produkty pro zahradnictví a zahradní architektury - Zkušební metody, vlastnosti, specifikace.]. 25 s.
- DIN 18123 (2011): Baugrund, Untersuchung von Bodenproben - Bestimmung der Korngrößenverteilung.
- Vyhláška č. 131/2014 Sb., kterou se mění vyhláška Ministerstva zemědělství č. 474/2000 Sb., o stanovení požadavků na hnojiva, ve znění pozdějších předpisů, a vyhláška č. 377/2013 Sb., o skladování a způsobu používání hnojiv.
- Vyhláška č. 474/2000 Sb., o stanovení požadavků na hnojiva.

Citované prameny

- Behrens, V. (1997): Bewässerung und Kulturflächenaufbau. In: Krüssmann, G.: *Die Baumschule*. Ein praktisches Handbuch für Anzucht, Vermehrung, Kultur und Absatz der Baumschulpflanzen. 6. Auflage. Berlin, Parey Buchverlag: 623–645.
- Dubský, M., Kaplan, L. (2012): Substráty a zeminy s komposty a separovaným digestátem. *Zahradnictví*, 11 (8): 62–65.
- Dubský, M., Šrámek, F. (2007): Pěstební substráty z vrchovištních rašelin. *Zahradnictví*, 99 (2): 47–49.
- Dubský, M., Šrámek, F. (2010): Minerální komponenty pro přípravu školkařských substrátů. *Zahradnictví*, 9 (6): 36–38.
- Dušek, V. (1989): Optimalizace výživy sazenic pěstovaných na substrátech. Závěrečná zpráva. Opočno, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti – VS: 96 s.
- Dušek, V. (1997): Lesní školkařství. Základní údaje. Vydání první. Písek, Matice lesnická: 139 s.
- Ferda, J. (1974): Rašelinové substráty pro pěstování semenáčků ve sklenících. 1. vydání. Jíloviště-Strnady, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti. – Bulletin TEI, řada Pěstování, č. 2/1974.

- Huat, B. K., Kazemian, S., Prasad, A., Barghchi, M. (2011): State of an review of peat: General perspective. *International Journal of the Physical Sciences*, Vol. 6 (8): pp. 1988–1996.
- Lidický, V., Neznajová, Z., Dohnanský, T. (2015): Problematika semenářství a školkařství z pohledu Lesů ČR, s. p. In: *Quo vadis lesnictví? I. Kam kráčí lesní semenářství a školkařství?* Sborník příspěvků. Brno, 15. 10. 2015. Sest. J. Lenoch. Brno, Česká lesnická společnost při LDF MENDELU v Brně: 48–51.
- MZe ČR (2016): Strategie resortu Ministerstva zemědělství České republiky s výhledem do roku 2030. (Č. j.: 66699/2015-MZE-10051). 1. vydání. Praha, MZe ČR: 136 s.
- Nárovec, V. (2016): Prověřování kvality zdroje závlahové vody v lesních školkách. In: *Moderní školkařské technologie a jejich využití v lesnictví. I. Vybrané problémy lesního semenářství a školkařství.* Sborník příspěvků. Třeboň-Vlčí luka, 22. 6. 2016. Sest. P. Martinec. Tečovice, Sdružení lesních školkařů ČR: 54–59.
- Neruda, J., Švenda, A. (2000): Technický a technologický rozvoj v lesních školkách. *Lesnická práce*, 79 (3): 111–113.
- Prasad, M., O'Shea, J. (1999): Relative breakdown of peat and non-peat growing media. *Acta Horticulturae*, 481: 121–128.
- Simon, J. (1981): Vliv mechanické skladby rašelinového substrátu na kvalitu produkce. *Lesnická práce*, 60 (9): 410–413.
- Szabla, K., Pabian, R. (2009): Szkółkarstwo kontenerowe. Nowe technologie i techniki w szkółkarstwie leśnym. Wydanie II, poprawione. Warszawa, Centrum Informacyjne Lasów Państwowych: 250 s.
- Šrámek, F., Volf, M. (1989): Závlaha květin ve sklenících. *Aktuality VÚOZ Průhonice*: 55 s.
- Verdonck, O., Penninck R., De Boodt M. (1983): The physical properties of different horticultural growing substrates. *Acta Horticulturae*, 150: 155–160.

7. Seznam publikací, které předcházely metodice

- Dubský, M. (2014): Charakteristika typových substrátů pro ohlášení. *Zahradnictví*, 13 (2): 58–61. (Výstup za TA0302551)
- Dubský, M., Šrámek, F., Nárovec, V., Nárovcová, J. (2013): Požadavky na fyzikální a chemické vlastnosti organických pěstebních substrátů používaných při výrobě krytokořenného materiálu lesních dřevin. In: *Certifikace PEFC – trvale udržitelné hospodaření v lesích ČR. Krytokořenný sadební materiál.* Sborník referátů. Praha, Česká lesnická společnost: 18–30. (Výstup za TA0302551)
- Šrámek, F., Dubský, M., Janoušek, J., Hornák, P., Nárovec, V., Nárovcová, J. (2015): Substrát s podílem tmavé rašeliny pro pěstování krytokořenné sadby lesních dřevin. Užité vzor č. 28708. Praha, Úřad průmyslového vlastnictví: 2 s. [Zapsáno do rejstříku 13. 10. 2015. Majitel: Průhonice, VÚKOZ; Rašelina a. s., Soběslav II; Jiloviště, VÚLHM]. (Výstup za TA03020551)

8. Dedikace (včetně poděkování)

Metodika je výsledkem řešení projektu TA03020551 „Standardizované pěstební substráty pro krytokořenný sadební materiál lesních dřevin“, který finančně podpořila Technologická agentura České republiky a který se pod její administrací uskutečnil v letech 2013 až 2016.

Finanční podporou (peněžitými dary) k rozběhu tohoto projektu v roce 2013 Výzkumnému ústavu lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i. Strnady nedocenitelně přispěli také pan Jan Kolowrat Krakowský z Rychnova nad Kněžnou (10.000,- Kč) a lesnická společnost HEDERA ZIMA, spol. s r. o. Velvěty (10.000,- Kč). Projekt by se ovšem nemohl uskutečnit ani bez mnohostranné podpory ze strany managementu lesnicko-dřevařské holdingové společnosti Wotan Forest, a. s. České Budějovice.

Autoři metodiky adresují upřímný osobní dík všem svým spolupracovníkům za všestrannou podporu během řešení výše uvedeného projektu. Zvláštní poděkování náleží také všem zaměstnancům společnosti Wotan Forest, a. s. České Budějovice, jmenovitě pak Ing. Josefu Cafourkovi, Ph.D. (do roku 2015), Ing. Václavovi Šebkovi, Ing. Jaroslavu Ticháčkovi a Martinu Tláskalovi, kteří v letech 2013–2016 napomáhali vedení poloprovozních vegetačních pokusů a uskutečnění terénních výzkumných šetření při pěstování krytokořenného sadebního materiálu lesních dřevin ve školkařských střediscích *Cikar* (Kardašova Řečice) a *Vlčí luka* (Třeboň).

9. Ostatní náležitosti certifikované metodiky

V souladu se závazným *Postupem pro uznání výsledku typu „Nmet – Certifikovaná metodika“*, který vydalo Ministerstvo zemědělství – Odbor výzkumu, vzdělávání a poradenství dne 9. května 2016, jsou v následujících podkapitolách uvedeny další požadované údaje nebo doplňující informace.

9.1 Jména oponentů a názvy jejich organizací

Posudek pracovníka příslušného odborného orgánu státní správy vypracovala:

Ing. Michaela Budňáková; Ministerstvo zemědělství ČR (odbor rostlinných komodit); Těšnov 65/17, 110 00 Praha 1

Posudek odborníka v daném oboru vypracoval:

Ing. Jaroslav Houček; Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský (oddělení hnojiv); Za Opravnou 4/4, 150 00 Praha 5

9.2 Podíly na vzniku předkládané metodiky

Na zpracování a finalizaci předkládaného výstupu projektu (certifikované metodiky) se členové řešitelského týmu s rolí spoluautorů metodiky zúčastnili zcela rovnocenným (shodným) podílem. **Pořadí autorů** je uspořádáno **v blocích podle pořadí příslušné řešitelské organizace** a pořadí členů řešitelského týmu, uvedené v přihlášce projektu (tj. 1. VÚKOZ, 2. VÚLHM, tedy sestupně takto: M. Dubský (25 %) – F. Šrámek (25 %) – V. Nárovec (25 %) – J. Nárovcová (25 %)).

Účast, role a podíl řešitelských pracovišť na řešení výzkumného úkolu předurčovala přihláška projektu. Každý ze členů řešitelského týmu z prostředků TA ČR u svých zaměstnavatelů v letech 2013 až 2016 čerpal příslušný objem z naplánované kapacity ročního pracovního úvazku (vyjadřovaného indexem, zaokrouhleným na 2 desetinná místa; 100 % = 1,00).

Souhrnně za 4leté řešení projektu byl tento objem roční pracovní kapacity u jednotlivých členů výzkumné skupiny následující (uspořádáno podle abecedního pořadí příjmení tzv. klíčových osob):
Ing. Vladimír Černošous, Ph.D.: celkem 0,40 (každoročně v období 2013 až 2016: 0,10),
Ing. Martin Dubský, Ph.D.: celkem 0,72 (2013 a 2014: 0,17; 2015 a 2016: 0,19),
Ing. Josef Janoušek: celkem 2,00 (jednotlivě 2013 až 2016: 0,50),
Ing. Jarmila Nárovcová, Ph.D.: celkem 0,80 (každoročně v období 2013 až 2016: 0,20),
Ing. Václav Nárovec, CSc.: celkem 0,80 (každoročně v období 2013 až 2016: 0,20),
RNDr. František Šrámek, CSc.: celkem 0,74 (2013 a 2014: 0,17; 2015: 0,19 a 2016: 0,21).

9.3 Osvědčení odborného orgánu státní správy

Osvědčení o uznání uplatněné certifikované metodiky s názvem "Rašelinové substráty s podílem tmavé rašeliny - jejich vlastnosti a použití" vydalo Ministerstvo zemědělství České republiky dne 1. 12. 2016 (Osvědčení č. 69471/2016-MZE-17221) v souladu s podmínkami "Metodiky hodnocení výsledků výzkumu a vývoje".

* * *

Seznam použitých zkratek

a. s.	akciová společnost
CRF	z angl. <i>controlled release fertiliser</i> (hnojiva s řízeným uvolňováním živin)
ČSN	československá státní norma (i nyní označení národních technických norem)
ČR	Česká republika
EC	<i>electric conductivity</i>
EN	<i>Europäische Norm</i>
EU	Evropská unie
HDV	hůře dostupná voda
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
KK	kontejnerová kapacita (obsah vody při podtlaku 10 cm vodního sloupce)
KNK	kyselinová neutralizační kapacita (kvalitativní ukazatel vody)
KSM	krytokořenný sadební materiál
LDV	lehce dostupná voda
LRPS	lesnické rašelinové pěstební substráty
°N	uhličitanová tvrdost vody vyjadřovaná ve stupních tzv. německé stupnice
ODV	obtížně dostupná voda
OHS	objemová hmotnost suchého vzorku
OHV	objemová hmotnosti vlhkého vzorku
OSVČ	osoba samostatně výdělečně činná
PSM	prostokořenný sadební materiál
SH	specifická (měrná) hmotnost
SL	spalitelné látky
SMLD	sadební materiál lesních dřevin
spol. s r. o.	společnost s ručením omezeným
ŠS	školkařské středisko
TA ČR	Technologická agentura České republiky
TEI	technicko-ekonomická informace
ÚKZÚZ	Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský
VS	výzkumná stanice
VÚKOZ	Výzkumného ústavu Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví
VÚLHM	Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti
VzK	vzdušná kapacita

* * *