

**VÝZKUMNÝ ÚSTAV SILVA TAROUČY PRO
KRAJINU A OKRASNÉ ZAHRADNICTVÍ, v.v.i.**
252 43 Průhonice
Česká republika

Certifikovaná metodika č. 1/2010-053

Výtisk číslo: 3

Pěstební substráty s přidavkem sprašové hlíny
Zpracovaná v rámci řešení výzkumného záměru č. 0002707301

Vypracoval:
Ing. Martin DUBSKÝ, Ph.D.
RNDr. František ŠRÁMEK, CSc.
Ing. Šárka CHALOUPKOVÁ

Ředitel:
Doc. Ing. Ivo TÁBOR, CSc.

Rozdělovník:	VÚKOZ	1x
	MZe ČR	1x
	Školky Montano spol. sr.o.	1x
	odborný oponent	1x
	oponent státní správy	1x

Průhonice dne 6.4.2010

Stran: text 19

OBSAH

1	Cíl metodiky	3
2	Vlastní popis metodiky	3
2.1	Současný stav používání a výroby pěstebních substrátů s minerálními komponenty	3
2.2	Metody hodnocení minerálních komponentů	4
2.3	Metoda hodnocení základních chemických vlastností substrátů	5
2.4	Metody hodnocení hydrofyzikálních vlastností substrátů	5
2.5	Pěstební substráty se sprašovou hlínou, příprava a hodnocení	7
2.5.1	Laboratorní hodnocení sprašové hlíny	7
2.5.2	Zásady přípravy substrátů s podílem sprašové hlíny	9
2.5.3	Modelové substráty s podílem sprašové hlíny a jílu	10
2.5.4	Laboratorní hodnocení modelové substrátů s podílem sprašové hlíny a jílu	11
2.5.5	Doporučené systémy hnojení	13
2.5.6	Vliv fyzikálních vlastností substrátů se sprašovou hlínou na růst rostlin	15
2.6	Shrnutí	16
3	Srovnání novosti postupů	16
4	Popis uplatnění certifikované metodiky	17
5	Seznam použité související literatury	17
6	Seznam publikací, které předcházely metodice	18
7	Dedikace	19
8	Jména oponentů a názvy jejich organizací	19

1 Cíl metodiky

Poskytnout kompletní návod pro přípravu rašelinových substrátů s vyšším podílem (20–50 % obj.) minerálního komponentu, konkrétně sprašové hlíny, určených pro předpěstování dřevin a upřesnit metody hodnocení chemických a fyzikálních vlastností výchozích komponentů a výsledných směsí.

Vypracovat kritéria pro určení velikosti podílu sprašové hlíny na základě jejího vlivu na vlastnosti pěstebního substrátu a růst dřevin.

Porovnat fyzikální vlastnosti substrátů s různým podílem sprašové hlíny s vlastnostmi profesionálních substrátů s nižším podílem jílu (do 20 % obj.).

Navrhnout systémy výživy dřevin určených pro krajinářské výsadby při pěstování v substrátech s vyšším podílem sprašové hlíny.

2 Vlastní popis metodiky

2.1 Současný stav používání a výroby pěstebních substrátů s minerálními komponenty

Pro pěstování dřevin ve větších kontejnerech i pro předpěstování obalované sadby okrasných i lesnických dřevin v sadbovačích se v České republice používají především organické rašelinové substráty vyrobené ze světlých vrchovištních rašelin dovážených z Pobaltí nebo Běloruska. Rašelina se používá samostatně nebo s přidavkem organických nebo minerálních komponentů. Z organických komponentů se používá kompostovaná kůra nebo kokosová vlákna, z minerálních komponentů pak různé druhy jílu.

K rašelině alternativní organické komponenty, především kompostovaná kůra a kokosová vlákna, se vzhledem k cenové dostupnosti dovážených vrchovištních rašelin používají pouze k optimalizaci fyzikálních, případně chemických vlastností substrátů, nikoli jako prostá náhrada rašeliny.

Kompostovaná kůra se přidává do školkařských substrátů maximálně v podílu 15–30 % obj., což je dáno její vyšší cenou (vyšší než u rašeliny) a menší dostupností na trhu (část kůry se spaluje, tříděná kůra se používá na mulčování). Jediným alternativním organickým komponentem domácího původu, který se nevyužívá i jako palivo, jsou komposty. Jejich podíl v pěstební směsi je však omezen vysokým obsahem rozpustných solí (včetně solí balastních). Z přijatelných živin se nejčastěji jedná o vysoký obsah draslíku a vápníku. Kvalitní komposty se mohou použít i v relativně vysokých dávkách 40–50 % obj. (Wilson et al. 2002), ale při jejich používání jsou kladeny vysoké nároky na vstupní kontrolu chemických vlastností komponentů a výstupní kontrolu substrátů.

Cena dovážených kokosových vláken také výrazně přesahuje cenu rašeliny. Kokosová vlákna výrobci profesionálních substrátů používají pro zvýšení obsahu vzduchu ve speciálních substrátech v podílu 10–15 % obj.

Výrobci profesionálních substrátů mají v nabídce i substráty s přidavkem minerálních komponentů. Většinou používají kvalitní jíly s vyšší kationtovou výměnnou kapacitou (CEC) a definovanou velikostí strukturních částic, zrnitostním složením. Přídavek těchto jílu se pohybuje v rozmezí 20–200 kg/m³ substrátu. Dávka 200 kg/m³ přibližně odpovídá 20 % obj. Výrobci zpravidla používají dva druhy jílu různých frakcí, hrubý a jemný jíl, které mají odlišný vliv na fyzikální vlastnosti substrátů.

I nižší dávky (do 20 % obj.) jílu a dalších minerálních komponentů mohou výrazně pozměnit chemické a fyzikální vlastnosti pěstebních substrátů. Různé typy jílu mají různou kationtovou výměnnou kapacitu (CEC) v závislosti na jejich mineralogickém složení (Grantzau, 1998a; Dubský, Šrámek, 2003). Přídavek jílu zlepšuje poutání živin v substrátu, především kationů K⁺ a NH₄⁺, snižuje jejich vyplavování a tím zlepšuje výživu pěstovaných

rostlin (Verhagen, 2004). Naproti tomu může snižovat obsah přijatelného fosforu. Předpokládá se, že fosforečnany se váží na atomy železa nebo hliníku nebo vytvářejí nerozpustné fosforečnany vápenaté a hořečnaté. Snížení obsahu přijatelného fosforu v substrátech může být příčinou kompaktnějšího růstu rostlin v těchto substrátech (Grantzau, 1998b; Verhagen, 2004).

Pokud jde o fyzikální vlastnosti, přídavek jílu 10–20 % obj. výrazně snižuje pórovitost, podíl snadno dostupné vody (definice dle De Boodt et al., 1974, na hodnoty <20 % obj.), zvyšuje objemovou hmotnost a zlepšuje nasávání vody suchým substrátem. Podíl snadno dostupné vody více snižuje přídavek jemných frakcí jílu (Verhagen, 2004), hrubý jíl nemá tak velký účinek a jsou ho zapotřebí větší dávky. Zpomalení růstu v substrátech s jílem je způsobeno snížením podílu snadno dostupné vody v těchto substrátech.

Fyzikální vlastnosti substrátů s minerálními komponenty jsou vedle strukturního stavu jílu nebo zeminy a velikosti částic ovlivněny i fyzikálními vlastnostmi, především obsahem vzduchu, použité rašeliny a dalších organických komponentů. U velmi vzdušných substrátů může přídavek jílu 60 kg/m³ zvyšovat obsah lehce dostupné vody i celkový obsah vody při snížení pórovitosti a celkové vzdušné kapacity (Martínez et al., 1997).

Substráty s vyšším podílem (30–50 % obj.) minerálních komponentů (zemin, sprašových hlín) používají některé školky pro předpěstování domácích dřevin určených pro krajinářské výsadby. Vyšší dávku (50 % obj.) zpravidla používají na základě požadavků investora výsadby, v případě kdy požaduje sadbu předpěstovanou v substrátu, který (podle ČSN 464902 Výpěstky okrasných dřevin) obsahuje maximálně 50 % obj. rašeliny doplněnou zeminou nebo jiným minerálním komponentem.

Substráty s 30–50% objemovým podílem minerálních komponentů se od čistých organických substrátů na bázi rašeliny, případně od profesionálních rašelinových substrátů s nízkým přídavkem jílu zásadně liší ve fyzikálních a hydrofyzikálních vlastnostech. Mají výrazně nižší pórovitost a vodní kapacitu než tyto substráty (Dubský, Šrámek, 2009). Dřeviny z nich pomaleji přijímají vodu, tyto substráty pomaleji vysychají a rovněž dobře přijímají vodu po přeschnutí (Dubský, Šrámek, 2006). Dřeviny předpěstované v těchto substrátech mají menší přírůstky, jsou kompaktnější a lépe adaptované na vodní deficit, který může nastat při přepravě a především po výsadbě na stanoviště (Dubský et al., 2008). Oproti organickým substrátům také lépe zadržují vodu po výsadbě v kontaktu s okolní půdou (Costello, Paul, 1975; Day, Skoupy, 1971; Nelms, Spomer, 1983).

Jako minerální komponent se pro tyto substráty s vysokým podílem minerálního komponentu (30–50 % obj.) doporučuje používat skrývky z podorničních vrstev, např. sprašové hlíny, které na rozdíl od ornice nejsou biologicky činné a neobsahují semena plevelů. Nevýhodou těchto substrátů je jejich vysoká objemová hmotnost. Velcí výrobci profesionálních substrátů tyto typy v nabídce nemají, protože jejich příprava na velkovýrobních linkách i distribuce není ekonomicky výhodná. Školkařské podniky nebo realizační firmy, které pěstují dřeviny v kontejnerech pro krajinářské výsadby, si tyto substrátové směsi připravují samy přímo v místě spotřeby s využitím místních zdrojů skrývkových zemín nebo je nakupují od menších lokálních výrobců (Dubský et al., 2008). Také přeprava dřevin předpěstovaných v těžších substrátech je nákladnější.

2.2 Metody hodnocení minerálních komponentů

U minerálních komponentů je nutné před použitím stanovit hodnoty pH a EC. Je možné použít normy pro hodnocení pěstebních substrátů (EN 13037, EN 13038, viz kapitola 2.3). Vhodnější jsou metody používané v pedologii, stanovení výměnné hodnoty pH v 0,01 M roztoku CaCl₂, vyluhovací poměr 1w-suš.:5v (ISO 10390) a stanovení EC ve vodním vyluhu

1w-suš.:10v. Výsledky je pak možné porovnávat s údaji v literatuře. Pro stanovení dávky vápence na úpravu hodnoty pH je účelné stanovit i obsah uhličitánů (ISO 10693). Tyto tři hodnoty by se měly stanovit vždy při výběru minerálního komponentu pro přípravu substrátu.

Optimální reakce minerálního komponentu je mírně kyselá nebo neutrální, spojená s nízkým obsahem uhličitánů, <0,3 %. Tyto minerální komponenty (zeminy) se označují jako bezkarbonátové. Slabě vápnité zeminy mají obsah uhličitánů 0,3–3 %, vápnité >3 %. Optimální hodnoty EC ve vodním výluhu 1w-suš.:10 v jsou do 0,2 mS/cm. Při těchto hodnotách EC se minerální komponenty mohou bez omezení používat ve vyšších dávkách kolem 50 % obj.

Pro detailní hodnocení minerálního komponentu je vhodné stanovit potencionální kationtovou výměnnou kapacitu (CEC) (ISO 13536), obsah výměnných kationtů a stupeň nasycení sorpčního komplexu bazickými kationy. Střední CEC se pohybuje v rozmezí 13–24, vysoká v rozmezí 24–30 a velmi vysokou CEC charakterizují hodnoty >30 meq/100 g. CEC je ovlivněna obsahem jednotlivých jílových minerálů, nejvyšší CEC 70–130 meq/100 g má montmorilonit, CEC illitu se pohybuje v rozmezí 20–50 meq/100 g a nejnižší CEC 3–5 meq/100 g má kaolinit (Grantzau, 1998a). Pro vyhodnocení CEC se tedy stanovuje i mineralogické složení minerálních komponentů. Používá se fázová analýza, systém XRD 3000 P, goniometr s Bragg-Brentanovým fokusačním uspořádáním (metoda VŠCHT Praha).

Pro posouzení podílu velikostních frakcí strukturních částic, zrnitostního složení, se v metodice doporučuje síťová analýza podle normy DIN 11540.

2.3 Metody hodnocení základních chemických vlastností substrátů

Pro hodnocení chemických vlastností komponentů a substrátů s minerálními komponenty jsou vhodné metody pro hodnocení substrátů platné v Evropské unii (EUROPÄISCHE NORM, zkratka EN). Tyto metody jsou založeny na stanovení objemové hmotnosti (OH) substrátu s přirozeným obsahem vody (EN 13040) na počátku rozboru. OH slouží pro výpočet navážky vzorku odpovídající 60 ml vzorku. Pro porovnání různých substrátů je nutné podle obsahu sušiny (stanovené podle stejné normy, EN 13040) vypočítat OH suchého substrátu.

Hodnoty pH (EN 13037) a elektrické vodivosti (EC) (EN 13038) se stanovují ve vodním výluhu 1v:5v (navážka odpovídající 60 ml vzorku + 300 ml vyluhovacího činidla). Obsah hlavních přijatelných živin (dusík v nitrátové a amonné formě, P, K a Mg, případně i stopových živin Fe, Mn, Zn, Cu, B, Mo) se stanovuje podle EN 13651 ve vyluhovacím činidle CAT (0,01 mol/l chlorid vápenatý, 0,002 mol/l DTPA) ve stejném vyluhovacím poměru 1v:5v. Obsah přijatelného vápníku je možné stanovit ve vodním výluhu (EN 13652) spolu s hodnotami pH a EC. Obsah přijatelných živin se doporučuje udávat (Vaněk, 2001) v prvcích (P, K, Mg, Ca), ne v oxidech (P_2O_5 , K_2O , MgO , CaO).

2.4 Metody hodnocení hydrofyzikálních vlastností substrátů

Hydrofyzikální vlastnosti charakterizují poměr vody a vzduchu v substrátu a dostupnost vody pro rostliny. Doporučená metoda vychází z evropské normy EN 13041 pro hodnocení hydrofyzikálních vlastností organických substrátů. Metoda přebírá, způsob plnění válečku substrátem a základní sycení vzorku. Pro hodnocení hydrofyzikálních vlastností substrátů s vysokým podílem minerálních komponentů (30–50 % obj.) a vysokou objemovou hmotností se doporučuje použít standardní pedologické válečky o objemu 100 cm³ (výška 4,6

cm, průměr 5,3 cm). Pro organické substráty se používají větší válečky větším (výška 5,3 cm, průměr 10 cm, objem 416 cm³).

Norma EN 13041 definuje základní hydrofyzikální vlastnost substrátu - obsah vody (vyjádřený v % obj.) při vodním potenciálu -1 kPa (podtlak 1 kPa) označovanou jako kontejnerovou kapacitu. Podle normy EN 13041 se váleček plní substrátem o definované vlhkosti (odstavec 7.1). Váleček (naspoďu zajištěný gázou) s nástavcem stejné výšky se naplní vlhkým substrátem a sytí se vodou v nádrži, postupně odspoďu pomalým zvyšováním hladiny na úroveň jeden cm pod horní okraj nástavce (odstavec 7.2). Po 24 hodinách v sytící nádrži se nasycený váleček se umístí na pískový tank (odstavec 7.3) s nastaveným podtlakem 1 kPa (nastavuje se jako 10cm rozdíl vodních sloupců). Po ustavení rovnováhy (minimum 48, maximum 72 hodin) se odstraní nástavec, seřízne přebytečný substrát a stanoví se obsah vody.

Pro komplexní hydrofyzikální rozbor se na pískovém tanku stanovují retenční křivky, které charakterizují závislost vlhkosti substrátu na vodním potenciálu v rozsahu -0,25 kPa (nasycený vzorek) až -10 kPa, což odpovídá podtlaku 0,23 až 10 kPa. Podtlak se nastavuje jako rozdíl vodních sloupců 2,3 až 100 cm. Pro toto stanovení je nutné postup definovaný v normě EN 13041 upravit. Po ustanovení rovnováhy (po 48 hodinách) na pískovém tanku s podtlakem 1 kPa (odstavec 7.3) se neodstraňuje nástavec a zařazuje se ještě jedno sycení podle odstavce 7.2. Po vypuštění sytící nádrže se vzorek nechá jednu hodinu ustálit, poté se odstraní nástavec, seřízne se substrát a váleček se umístí na pískový tank s nulovým rozdílem hladin, na vzorek působí podtlak 0,23 kPa, což odpovídá rozdílu hladin 2,3 cm (výška středu válečku nad hladinou).

Pro stanovení retenčních křivek je nutné postupně stanovit objem vody v substrátu při podtlaku 0,23, 0,5, 1, 2, 3, 5 a 10 kPa. Po úplném ustálení rovnováhy při daném potenciálu se váleček se substrátem zvaží. Při podtlaku 0,23 a 0,5 kPa ustálení rovnováhy u organických substrátů trvá asi 5 dní, při podtlaku 1-3 kPa cca. 14 dní a při podtlaku 5 a 10 kPa asi 21 dní. Obsah vody při daném potenciálu se vypočítá tak, že se od této hodnoty odečte hmotnost válečku a hmotnost vysušeného substrátu (EN 13041, odstavec 8.6), která se stanoví po ukončení měření, kdy se vzorek vysuší. Zároveň se stanoví se objemová hmotnost suchého (OHS) vzorku (EN 13041, odstavec 8.2).

Pórovitost (P) v % obj. se vypočítá z objemové hmotnosti o (g/cm³) a specifické hmotnosti pevných částic s (g/cm³) podle vzorce $P = 100(s-o)/s$ (EN 13041, odstavec 8.5). Norma EN 13041 stanovuje specifickou hmotnost (hustotu pevných částic) výpočtem z obsahu spalitelných látek a obsahu popela (odstavec 8.4). Přesně se specifická hmotnost stanoví pomocí pyknometru (Valla et al. 1980). Pro organické substráty je vhodná navážka 5 g, pro substráty se zeminou 10 g vzorku. Vzorek se nasype do malé porcelánové misky a přelije destilovanou vodou. Za stálého míchání se povaří 5 min. Vychladlá suspenze se kvantitativně vpraví do pyknometru o objemu 100 cm³, který se doplní destilovanou vodou a otevřený se nechá 20-30 min temperovat ve vodní lázni na teplotu 20 °C. Potom se uzavře zátkou, osuší a zvaží. Specifická hmotnost s (g/cm³) se vypočítá podle vzorce $s = Ns/(Pv+Ns-Ps)$, kde Pv (g) je hmotnost pyknometru s destilovanou vodou, Ps (g) je hmotnost pyknometru se suspenzí, Ns (g) je navážka vzorku přepočítaná na sušinu. Dále se vypočítá vzdušná kapacita, která je definována (EN 13041, odstavec 8.7) jako objem pórů vyplněných vzduchem při potenciálu -1 kPa (rozdíl mezi pórovitostí a obsahem vody při potenciálu -1 kPa).

Retenční křivky charakterizují, jak pevně je voda v substrátu poutaná. Při zvyšujícím se podtlaku na pískovém tanku obsah vody v substrátu klesá, voda je v substrátu poutána většími silami a z hlediska rostlin se stává obtížněji dostupnou. Z průběhu retenčních křivek lze stanovit kategorie vody podle dostupnosti rostlinám (tab. 1) (De Boodt et al., 1974, Verdonck et al. 1983, Prasad, O'Shea 1999). Voda, která se uvolní do potenciálu -1 kPa, představuje vodu gravitační, která po zálivce volně odečte. Obsah vody při potenciálu -1 kPa

se označuje jako kontejnerová (vodní) kapacita, která charakterizuje schopnost substrátu zadržet vodu.

Kromě vodní a vzdušné kapacity je z pěstebníhohlediska důležitý obsah vody lehce dostupné pro rostliny (LDV) (tab. 2). To je množství, které se ze substrátu uvolní při změně vodního potenciálu z -1 do -5 kPa, představuje hlavní podíl vody dostupné pro rostliny. Pro rostliny je významná i hůře dostupná voda (HDV), která se ze substrátu uvolní při změně vodního potenciálu z -5 do -10 kPa, pohybuje se kolem 5 % obj, někdy bývá označovány i jako vodní pufrovací kapacita.

Obtížně dostupná voda se uvolní při změně vodního potenciálu z -10 do -1500 kPa, zbývající obsah vody je pro rostliny nedostupná. Pro stanovení obsahu vody při potenciálu v rozsahu -10 až -1500 kPa se používá přetlaková komora. Toto stanovení se standardně neprovádí. Pro vyhodnocení hydrofyzikálních vlastností substrátů s minerálními komponenty postačuje rozsah vodního potenciálu $-0,23$ až -10 kPa. Obsah vody při potenciálu -10 kPa se pak pro zjednodušení označuje obtížně dostupná voda.

Tab. 1 Kategorie vody podle dostupnosti rostlinám charakterizované vodním potenciálem.

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

2.5 Pěstební substráty se sprašovou hlínou, příprava a hodnocení

2.5.1 Laboratorní hodnocení sprašové hlíny

Pro přípravu substrátů s vyšším podílem minerálního komponentu ve firmě Školky Montano spol. s r. o. byla vybrána sprašová hlína, skrývka při těžbě písku z okolí Přerova nad Labem. Vlastnosti této sprašové hlíny jsou v metodice porovnány s dalšími minerálními komponenty (tab. 2) používanými v modelových pokusech VÚKOZ nebo výrobci profesionální substrátů. Jednalo se o sprašovou (cihlářskou) hlínu používanou ve VÚKOZ a hrubší i jemné jíly používané výrobci substrátů Gramoflor Vertriebs GmbH & Co. KG (Vechta, SRN) a AGRO CS a. s. Česká Skalice, kteří v ČR nabízejí pěstitelům největší počet substrátů s přídavkem jílu.

Firma Gramoflor používá granulovaný jíl a jemný bentonit (obchodní označení GramoXchange), firma AGRO CS používá hrubší jíl (obchodní název Florisol, dovoz z Německa, dodavatel Stephan Schmidt Gruppe, Dornburg) a jemný bentonit (obchodní název Ekobent, lokalita Ornice, dodavatel Keramost a. s.). Pro srovnání je uveden vlastnosti zeolitu (dovoz ze Slovenska), minerálního komponentu s vysokou CEC.

Sprašová hlína (tab. 2) má mírně zásaditou reakci a poměrně vysoký obsah uhličitánů. střední CEC a relativně nízko hodnotu EC. CEC má srovnatelnou se sprašovou hlínou (VÚKOZ) a hodnocenými granulovanými jíly (Gramoflor, Florisol). CEC je samozřejmě nižší než u bentonitů s podílem montmorillonitu a illitu a u zeolitu. Mineralogické složení

hodnocené sprašové hlíny (tab. 3, obr. 1) je obdobné jakou u sprašové hlíny (VÚKOZ), zrnitostní složení (tab. 4) přibližně odpovídá hodnoceným hrubým jílům.

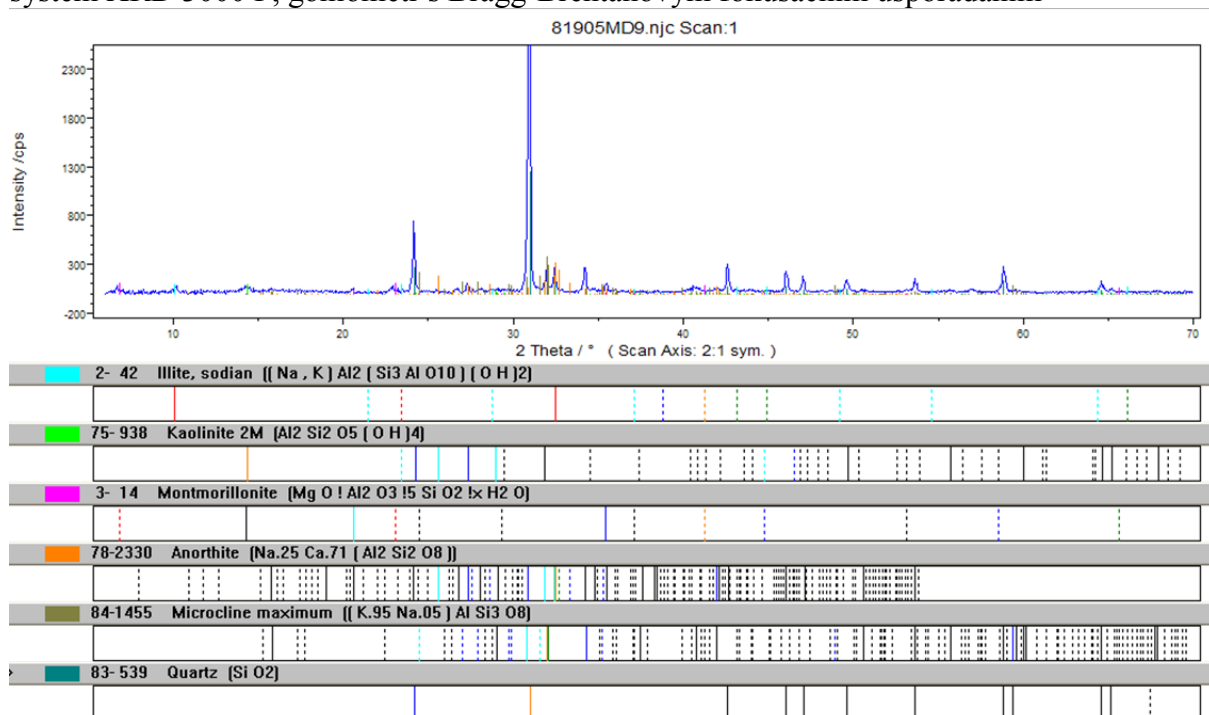
Tab. 2 Minerální komponenty, OH – objemová hmotnost suchého vzorku (EN 13040), hodnota pH (CaCl₂) a EC vodní výluh 1w:10v, CEC – kationtová výměnná kapacita (ISO 13536) a výměnné kationty v sorpčním komplexu, V – stupeň nasycení bazickými kationy.

minerální komponent	OH	pH	EC	CEC	K	Mg	Ca	V	uhlíčitany
	g/l		mS/cm		meq/100 g			%	%
sprašová hlína	1190	7,6	0,13	13,7	0,89	1,0	19,7	100	5,6
sprašová hlína (VÚKOZ)	1120	5,6	0,05	18,4	0,34	3,44	14,3	100	0,22
granulovaný jíl (Gramoflor)	1090	4,1	1,12	11,6	1,27	2,1	3,0	14	<0,1
Florisol I (AGRO CS)	1280	7,5	0,1	13,4	0,85	1,6	11,7	93	0,2
Florisol II	1250	7,2	0,07	18,7	0,90	3,2	33,0	73	<0,1
Ekobent I (AGRO CS)	870	7,7	0,63	48,4	3,04	8,6	30,2	100	0,3
Ekobernt II (AGRO CS)	804	10,0	1,5	69,5	1,95	41,8	25,5	100	2,6
GramoXchange (Gramoflor)	720	6,8	0,12	81,5	1,40	31,7	50,8	96	<0,1
zeolit (Slovensko)	880	4,4	0,06	124	47,4	3,9	82,4	100	0,18

Tab. 3 Minerální komponenty - mineralogické složení - fázová analýza (systém XRD 3000 P, goniometr s Bragg-Brentanovým fokusačním uspořádáním, stanoven v VŠCHT Praha)

vzorek	popis (minerály seřazeny podle klesajícího podílu)
sprašová hlína	křemen, illit, kaolinit, draselné a plagioklasové živce, montmorillonit
spraš. hlína (VÚKOZ)	dominuje křemen, stopy slídy a živce, slabě patrný montmorillonit
granulovaný jíl	křemen, nakrit (druh kaolinu), illit
Florisol I a II	křemen, illit, kaolinit, montmorillonit, albit (sodný živec)
Ekobent I a II	illit, křemen, kaolinit, mikroklin (draselný živec), montmorillonit
GramoXchange	montmorillonit, křemen, anorthit (vápenatý alumosilikát)
zeolit	clinoptilolit

Obr. 1 Grafický výstup stanovení mineralogického složení sprašové hlíny, fázová analýza systém XRD 3000 P, goniometr s Bragg-Brentanovým fokusačním uspořádáním



Tab. 4 Minerální komponenty – průměrný obsah zrnitostních frakcí stanovený síťovou analýzou.

vzorek	zrnitostní frakce, podíl v %				
	0–0,5 mm	0,5–1 mm	1–2 mm	2–5 mm	>5 mm
sprašová hlína	5	7	19	44	25
Florisol I a II	5	3	7	55	30
granulovaný jíl	10	4	14	32	40
Ekobent I a II	43	27	30	-	-
GramoXchange	98	2	-	-	-

Pro přípravu pěstebních substrátů ve firmě Školky Montano spol. s r. o. se uvažovalo i o použití jemného bentonitu Ekobent, který se těží v ČR a je relativně cenově dostupný (kolem 1000 Kč/t). Ekobent má vysokou CEC, danou relativně vysokým obsahem montmorillonitu a uplitu (tab. 4). Ekobent I použitý pro přípravu modelových substrátů měl poměrně nízký obsah uhličitánů. Jejich obsah u jednotlivých dodávek jílu z lokality Obrnice značně kolísá, u souběžně hodnocených vzorků byl stanoven obsah uhličitánů až 2,6 %, při dřívějším hodnocení Ekobentu (Dubský, Šrámek, 2003) byly naměřeny hodnoty až 3,5 %, při hodnotách pH >9. U Ekobentu je nutné u každé šarže hodnotit pH a obsah uhličitánů a podle stanovených hodnot upravovat při přípravě substrátů dávky vápence, případně i snižovat jeho dávky v substrátech.

U vybraného minerálního komponentu, sprašové hlíny těžené z dané lokality, je předpoklad jeho standardních vlastností průběhu delšího časového období. Na začátku každé sezónní přípravy substrátů se ale pro kontrolu doporučuje stanovit hodnoty pH, EC a obsah uhličitánů.

2.5.2 Zásady přípravy substrátů s podílem sprašové hlíny

- Vzhledem vysokému obsahu uhličitánů a vysoké hodnotě pH sprašové hlíny je doporučeno tento komponent při přípravě substrátů kombinovat pouze s rašelinami, které mají kyselou reakci. Sprašovou hlínu nekombinovat s alternativními organickými komponenty, kompostovanou kůrou a komposty, které mohou mít neutrální až zásaditou reakci (viz tab. 5).
- Z rašelin používat cenově nejdostupnější frézované vrchovištní rašeliny s Pobaltí, které mívají zpravidla vyšší vzdušnou kapacitu, než rašeliny těžené borkováním (Dubský et al., 2009). Při kombinaci frézovaných a borkovaných a borkovaných rašelin použít menší podíl rašelin borkovaných, poměr frézované a borkované rašeliny 3–4:1.
- Při přípravě substrátů nepoužívat smáčedla, které snižují vzdušnou kapacitu rašelin i substrátových směsí (Dubský, Šrámek 2010). Přídavek minerálního komponentu by měl zajistit dostatečné příjem vody substrátem po přeschnutí (Verhagen, 2004, Dubský, Šrámek, 2006).
- Dávka sprašové hlíny v kombinaci s rašelinou se může pohybovat v rozmezí 10–50 % objemových. Dávka se volí především na základě typu výsadby, pro kterou jsou předpěstované rostliny určeny. Z praktického hlediska se ve školkách bude pro domácí dřeviny používat pouze jeden typ substrátu, s 50 % obj. sprašové hlíny, který je vhodný i na výsadbu na extrémní stanoviště.

- Vápenec na úpravu pH substrátových směsí používat pouze při nízké dávce 10 % obj. sprašové hlíny. Doporučená dávka jemně mletého dolomitického vápence (obsah 85 % CaCO_3 a 5 % MgCO_3 , velikost částic pod 0,5 mm), který se v ČR standardně používá, je pro tuto kombinaci 3 kg/m^3 substrátu.
- Dávkování živin při základním hnojení substrátu složeného pouze ze sprašové hlíny a rašeliny, komponentů s nízkým obsahem živin (tab. 5), je jednoduché. Použije se základní dávka NPK hnojiva ve standardní dávce doporučené výrobcem, např. 1–1,5 kg/m^3 hnojiva PG MIX (14 % N, 16 % P_2O_5 , 18 % K_2O). Dávky a typy hnojiv je možné upravovat podle pěstovaných rostlin a použitých systémů výživy (viz kapitola 2.5.5).

Tab. 5 Chemické vlastnosti komponentů pro přípravu substrátů: OHS - objemová hmotnost vysušeného vzorku, pH, EC a Ca: *vodní výluh 1v:5v, N, P, K Mg: CAT 1v:5v, rozsahy stanovené v pokusech VÚKOZ.

komponent	OHS g/l	pH*	EC* mS/cm	mg/l					
				N- NH ₄	N- NO ₃	P	K	Mg	Ca*
rašelina	60–110	3,5– 4,2	0,03– 0,06	20–60	5–15	2–5	10–20	50–80	5–20
skrývkové zeminy sprašové hlíny	900– 1200	5,5– 9,0	0,03–0,2	10–30	5–20	2–5	20–40	5–60	5–50
kompostovaná kůra	250–300	5,3– 8,0	0,1–0,5	30– 150	10– 300	5–20	100–500	60– 260	10– 190
kompost	350–500	7,0– 9,0	0,5–1,3	50– 150	50–	50– 80	2000– 3500	80– 200	60– 150

2.5.3 Modelové substráty s podílem sprašové hlíny a jílu

Pro stanovení optimální dávky sprašové hlíny byla hodnocena řada pěti modelových substrátů (tab. 6), které obsahovaly 10–50 % obj. sprašové hlíny. Základ tvořila světlá frézovaná litevská rašelina vytríděna na frakci 0–20 mm. Do substrátu S10 se přidalo 3 kg/m^3 vápence, do ostatních se vápenec nepřidával. Jako základní hnojení byl aplikován 1 kg/m^3 hnojiva PG MIX (14 % N, 16 % P_2O_5 , 18 % K_2O). Tyto substráty se v laboratorních podmínkách porovnávaly s čistým rašelinovým substrátem (S0) s dávkou vápence 6 kg/m^3 .

Substráty byly připraveny mechanickým zapravením sprašové hlíny do rašeliny nakladačem, tedy způsobem, který se používá ve školkách Montano. U nejvyšší dávky sprašové hlíny, 50 % obj. byl hodnocen i substrát připravený v provozních podmínkách ve školkách Montano. Pro základní hnojení bylo použito hnojivo s řízeným uvolňováním (CRF) Osmocote exact standard 8–9 (15 % N, 9 % P_2O_5 , 9 % K_2O) 8–9 v dávce 2 kg/m^3 a rohovina organické dusíkaté hnojivo s pozvolným uvolňováním (10 % N) v dávce 3 kg/m^3 .

Dále byly hodnoceny čtyři substráty ze sortimentu firmy Gramoflor. Kontrolní rašelinový substrát G0 (Hrnkovací směs bez jílu) byl připraven ze severoněmecké borkované rašeliny. U dalších substrátů G90, G135 a G180 byl k rašelině přidáván granulovaný jíl ve stupňovaných dávkách 90, 135 a 180 kg/m^3 (substráty se distribuují pod obchodními názvy Hrnkovací směs s jilem, Primula/Viola a Kontejnerovací s 20 % jílu). Hodnota pH substrátů byla upravena na 6,5 a bylo aplikováno základní hnojivo PG Mix v dávce 1,5 kg/m^3 .

Do laboratorních testů byly zařazeny i tři substráty ze sortimentu firmy AGRO CS. Rašelinový kontejnerovací substrát (K0) je směs světlé a tmavé rašeliny (70 % obj. rašelina

světlá borkovaná, frakce 0–20 mm, 30 % obj. rašelina frézovaná tmavá, frakce černá 0–20 mm), obsahuje 5 kg/m³ vápence a 1,5 kg/m³ hnojiva PG Mix. Substrát J50 (obchodní název RS II) byl z výše uvedené směsi rašelin připraven přidáním 50 kg/m³ jemného jílu Ekobent, substrát H200 (obchodní název RS II s hrubým jílem) přidáním 200 kg/m³ hrubého jílu. Kromě standardních substrátů z nabídky firmy AGRO byl ještě hodnocen substrát se zvýšenou dávkou Ekobentu 100 kg/m³ (J100) a sníženou dávkou Florisolu 100 kg/m³ (H100). U těchto substrátů bylo stejné základní hnojení jako u rašelinového substrátu, vápencem byl použit ve snížené dávce 4 kg/m³.

2.5.4 Laboratorní hodnocení modelových substrátů s podílem sprašové hlíny a jílu

Se stoupajícím podílem sprašové hlíny se v modelové řadě substrátů S0–S50 (tab. 6) zvyšuje hodnota pH. Optimální hodnoty pH jsou u substrátů s vyšším podílem minerálních komponentů vyšší než u organických substrátů, mohou se pohybovat kolem neutrální hodnoty. Hodnota EC odpovídá standardně vyhnojenému substrátu.

Tab. 6 Hodnocené modelové substráty - dávky minerálních komponentů, chemické a fyzikální vlastnosti,* substrát připravený v provozních podmínkách ve školkách Montano.

sub.	minerální komponent		pH	EC	OH	SH	P	KK	smrštění
	druh	dávka		mS/cm	g/l	g/ml	% obj.	% obj.	%
<i>Substráty se sprašovou hlínou</i>									
S0	–	–	5,6	0,33	128	1,66	92	81	46,9
S10	sprašová hlína	10% obj.	5,6	0,29	235	2,05	89	76	45,2
S20	sprašová hlína	20% obj.	5,1	0,31	368	2,20	83	72	43,5
S30	sprašová hlína	30% obj.	6,4	0,32	467	2,32	80	68	45,8
S40	sprašová hlína	40% obj.	6,5	0,28	585	2,42	76	64	43,1
S50	sprašová hlína	50% obj.	7,0	0,31	709	2,48	71	61	43,5
S50-M*	sprašová hlína	50% obj.	7,8	0,15	717	2,53	72	65	45,3
<i>Substráty s granulovaným jílem Gramoflor</i>									
G0	–	–	6,6	0,46	96	1,62	94	72	57,9
G90	GF-granulovaný	90 kg/m ³	6,6	0,45	182	1,98	91	77	49,4
G135	GF-granulovaný	135 kg/m ³	6,2	0,34	190	1,96	90	74	52,5
G180	GF-granulovaný	180 kg/m ³	6,5	0,33	288	2,14	87	74	51,8
<i>Substráty s jíly AGRO</i>									
K0	–	–	6,5	0,32	118	1,63	93	76	48,0
J50	Ekobent	50 kg/m ³	6,7	0,32	175	1,92	91	78	52,9
J100	Ekobent	100 kg/m ³	6,7	0,31	219	2,02	89	80	54,4
H100	Florisol	100 kg/m ³	6,2	0,27	256	2,20	88	76	42,7
H200	Florisol	200 kg/m ³	6,2	0,26	289	2,19	87	73	33,6

hodnota pH (norma EN 13037) a EC (norma EN 13038) ve vodním výluhu 1v:5v

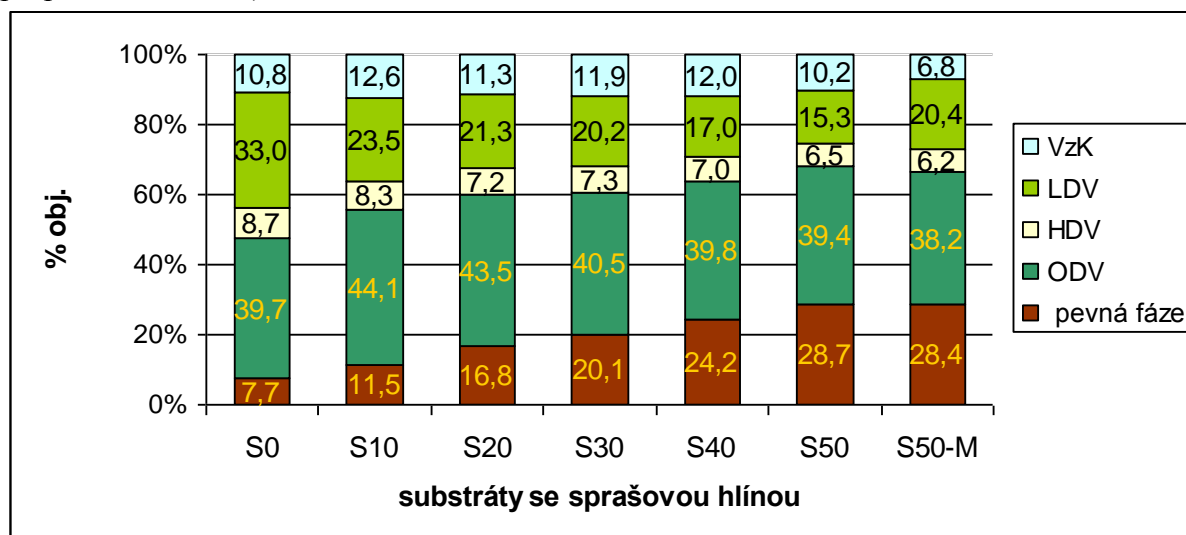
P – pórovitost vypočítaná z objemové hmotnosti suchého vzorku (OH podle EN 13041) a specifické hmotnosti, hustoty pevných částic (SH), KK – kontejnerová (vodní) kapacita při podtlaku 1 kPa

Laboratorní hodnocení bylo zaměřeno především na fyzikální vlastnosti substrátů. Přidávek sprašové hlíny snižuje pórovitost, zvyšuje objemovou hmotnost (OH), specifickou hmotnost i podíl pevné fáze (tab. 6, graf 1). V dávkách 10 a 20 % obj. výrazně zvyšuje ODV a snižuje LDV. U vyšších dávek 30–50 % obj. je ODV na úrovni rašelinového substrátu S0, se snižující se pórovitostí se výrazně snižuje podíl LDV. Tyto výsledky jsou v souladu

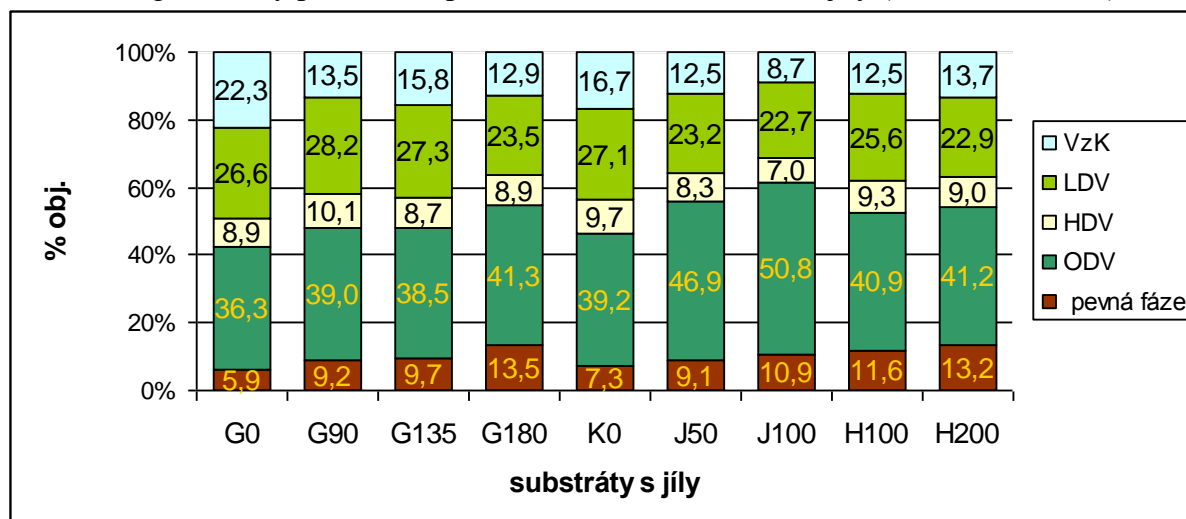
literárními údaji (Verhagen, 2004). Substrát S50 s nejvyšším podílem sprašové hlíny má poloviční LDV oproti rašelinovému substrátu. Obsah HDV a VzK je u všech modelových substrátů na obdobné úrovni. Nejvyšší VzK má substrát S10, nejnižší S50. Substrát S50-M připravený ve školkách Montano má obdobné vlastnosti jako modelový substrát připravený ve VÚKOZ. Vzhledem k použití směsi frézované a borkované pobaltské rašeliny v poměru 2:1 má sníženou VzK a zvýšený obsah LDV, což je dáno podílem borkované rašeliny.

Fyzikální vlastnosti substrátů s granulovaným jílem (graf 2, tab. 6) jsou kromě přídavku jílu ovlivněny i vysokou VzK základního rašelinového substrátu G0, která je charakteristická pro severoněmecké borkované rašeliny. Nižší dávky jílu nemají vliv na LDV, mezi substráty G90 a G135 nejsou výrazné rozdíly. K průkaznému snížení LDV dochází až u substrátu G180 s nejvyšší dávkou jílu 180 kg/m³. Tento substrát je z hodnocených substrátů firmy Gramoflor z hlediska fyzikálních vlastností pro pěstování dřevin nejhodnější. Jeho fyzikální vlastnosti jsou podobné substrátům S10 a S20 s 10 resp. 20 % obj. sprašové hlíny.

Graf 1 Kategorie vody podle dostupnosti rostlinám u substrátů se sprašovou hlínou (složení viz tab. 6). VzK – vzdušná kapacita obsah vzduchu při podtlaku 1 kPa, LDV – lehce dostupná voda (rozdíl v obsahu vody při podtlaku 1 a 5 kPa), HDV – hůře dostupná voda (rozdíl v obsahu vody při podtlaku 5 a 10 kPa), ODV – obtížně dostupná voda (obsah vody při podtlaku 10 kPa).



Graf 2 Kategorie vody podle dostupnosti rostlinám u substrátů s jílem (složení viz tab. 6).



Přídavek jemného jílu, bentonitu Ekobent, do rašelinového substrátu snižuje obsah LDV již při nižší dávce 50 kg/m³. Vyšší dávka již obsah LDV výrazně nesnižuje, pouze zvyšuje ODV a snižuje VzK. Tyto dva typy substrátů jsou z hlediska fyzikálních vlastností pro předpěstování dřevin vhodnější než substráty s vyššími dávkami hrubého jílu Florisol. Přídavek hrubého jílu jen mírně snižuje VzK a LDV, obsah ODV je na stejné úrovni jako u rašelinového substrátu.

U každé nově připravené várky substrátu na bázi rašeliny a sprašové hlíny připravených ve školkařském podniku by se měly stanovit hodnoty EC (EN 13038) a pH (EN 13037) a OH (EN 13040) podle norem EU. Tímto stanovením se rychle ověří správné dávkování hnojiv, případně vápence na úpravu pH, u nižších dávek sprašové hlíny. Podle hodnoty OH (přepočtené na vysušený vzorek (viz tab. 10), lze odhadnout i správnost podílu sprašové hlíny ve směsi s rašelinou. Tato stanovení je možné provést i ve školkařském podniku, pokud má k dispozici jednoduchý pH metr a konduktometr např. pro hodnocení přípravy živných roztoků. Ve specializované laboratoři lze provést stanovení obsahu přijatelných živin (optimální obsah viz tab. 9), pro upřesnění dávkování hnojiv při základním hnojení substrátů nebo při přihnojování.

Pro charakteristiku hydrofyzikálních vlastností substrátů s podílem sprašové hlíny, lze použít výsledky stanovené u modelových pěstebních směsí. Hydrofyzikální vlastnosti je účelné stanovovat při změně používaného minerálního komponentu a při změně jeho dávkování, nebo při použití k rašelině alternativních organických komponentů.

2.5.5 Doporučené systémy hnojení

Optimální chemické vlastnosti (hodnoty pH, EC a obsah přijatelných živin, viz tab. 9) se zajistí dávkováním jednotlivých komponentů, hnojiv a vápence na úpravu pH. Základní hnojení pěstebních substrátů vychází z jejich složení a z náročnosti rostlin na živiny.

Při použití směsi rašeliny a sprašové hlíny je dávkování hnojiv při přípravě substrátů jednoduché. Při dávkách sprašové hlíny nad 20 % obj. se vápenec pro úpravu pH neaplikuje. Pro základní hnojení je možné použít běžná rozpustná NPK hnojiva se stopovými prvky např. PG MIX, YaraMilaComplex, případně hnojiva s pozvolným uvolňováním živin (tab. 7).

Tab. 7: Příklady dávkování hnojiv při základním hnojení substrátů.

hnojivo		obsah živin-%	dávka	dávka živin mg/l substrátu		
typ	příklad	N/P ₂ O ₅ /K ₂ O	g/l	N	P	K
práškové	PG MIX	14/16/18	1–1,5	140–210	70–105	149–224
granulované	YaraMilaComplex	12/11/18	1,5–2	180–240	72–96	223–298
zásobní	Osmocote 8–9	15/9/9	2–3	300–450	80–120	150–224
	rohovina	10/-/-	3	300		
suma				600–750	80–120	150–224
doplňkové	superfosfát	-/18/-	0,5–1		40–80	-
hnojení	síran draselný	-/-/50	0,3–0,4			125–165

Vzhledem k vyšší kationtové sorpční kapacitě substrátů se sprašovou hlínou je možné používat dávky hnojiv na horní hranici doporučené výrobcem. V případě granulovaných hnojiv se volí vyšší dávky živin než u práškových hnojiv. Snížení přijatelnosti dodaného fosforu v substrátech se sprašovou hlínou je možné kompenzovat doplňkovou dávkou fosforečných hnojiv (viz tab. 7), především při použití zásobních hnojiv s řízeným uvolňováním s delší dobou účinnosti 8–9 měsíců. Při použití hnojiva Osmocote 8–9 v nižší dávce (tab. 7) v kombinaci s rohovinou (systém hnojení uvažovaný se školkách Montano) je účelné zvýšit i

počáteční zásobu draslíku doplňkovou aplikací síranu draselného. Dávky živin při základním hnojení mohou ovlivnit intenzitu přihnojování (tab. 8).

Tab. 8: Příklady přihnojování během vegetace, hnojivé roztoky koncentrace v %, přihnojení - aplikace 75–150 ml, roztoku na litr substrátu. pevná hnojiva - dávka v g/l substrátu,

systém hnojení hnojivo	obsah živin – % N/P ₂ O ₅ /K ₂ O	. koncentrace roztoku – % dávka – g/l sub	počet přihnojení	dávka živin mg/l substrátu		
				N	P	K
Kristalon Modrý	19/6/20	0,2 %	3	85–170	12–24	84–168
Kristalon Bílý	15/5/30	0,2 %	2	39–78	6–12	64–128
celková dávka				124–248	18–36	148–296
YaraMilaComplex	12/11/18	1 g/l	2	240	97	299
LV	15/10/12	0,5 g/l		150	-	-

Pro přihnojení během vegetace je nevhodnější zálivka hnojivými roztoky o vyšší koncentraci živin (300–400 mg/l dusíku a odpovídající poměr fosforu a draslíku). Vhodný poměr živin pro první polovinu vegetační doby je N:P:K = 1:0,2–0,3:0,8–1 (N:P₂O₅:K₂O = 1:0,3–0,5:1–1,2), pro druhou polovinu vegetační doby se doporučuje zvýšený obsah draslíku N:K = 1:1,5–1,8 (N:K₂O = 1:1,8–2), při stejném poměru N:P (odpovídá např. hnojivo Kristalon Bílý). Tento systém přihnojování se osvědčil v modelových vegetačních pokusech. Při základním hnojení 1 g/l hnojiva PG MIX postačují tři přihnojení hnojivem Kristalon Modrý a dvě, v druhé polovině vegetace, hnojivem Kristalon Bílý, vždy roztokem o koncentraci 0,2 %. Při jednom přihnojení se na litr substrátu aplikuje 75–150 ml roztoku, což představuje přibližně 40–80 % obsahu lehce dostupné vody rašelinových substrátů se sprašovou hlinou.

Dřeviny pěstované v kontejnerech se mohou přihnojit i granulovanými hnojivy na povrch substrátu. V zahradnické praxi se pro tento způsob přihnojování nejvíce používá hnojivo YaraMilaComplex (dříve označováno Hydrokomplex), které je dobře rozpustné a vzhledem ke zvýšenému obsahu draslíku je použitelné i v druhé polovině vegetace. Pro dřeviny se doporučuje dávka 1,5 g/l substrátu, 2× za vegetaci, první dávka do 10. 6., druhá do 10. 7.

Na povrch substrátu možné aplikovat i doplňkové přihnojení dusíkatým hnojivem. Doporučuje se ledek vápenatý (LV, 15 % N) v dávce 0,5 g/l substrátu, na tento objem substrátu se dodá 75 mg N. Za vegetaci se mohou aplikovat i dvě přihnojení, první měsíc po výsadbě. Přihnojení dusíkatým hnojivem se může použít například při dostatečné zásobě fosforu a draslíku v substrátu při kombinaci zásobních NPK hnojiv a PK hnojiv při základním hnojení (viz tab. 7).

V tabulce 9 jsou uvedeny výsledky stanovení obsahu přijatelných živin v modelových substrátech použitých ve vegetačních pokusech se základním hnojením 1 g/l hnojiva PG MIX.

Tab. 9: Chemických vlastností substrátů použitých ve vegetačním pokusu, složení viz tab. 6, OH - objemová hmotnost přepočítaná na suchý vzorek (EN 13040), obsah přijatelných živin v mg/l substrátu, extrakční činidlo CAT, vyluhovací poměr 1v:5v (EN 13651), pH, EC a obsah Ca - *vodní výluh 1v:5v, optimum pro rašelinové substráty s minerálními komponenty.

substrát	OH g/l	pH*	EC* mS/cm	N-NH ₄	N-NO ₃	P K Mg Ca*			
						mg/l			
S10	231	5,6	0,29	113	75	44	133	261	35
S30	433	6,4	0,32	68	73	27	100	191	46
S50	621	7,0	0,31	44	97	18	95	175	68
optimum		6,5–7,5	0,3–0,5	120–200		30–60	120–180	80–160	40–120

Poznámka: při hodnocení OH suchého vzorku podle EN 13040 (vzorek mírně stlačený) vycházejí nižší hodnoty oproti normě EN 13041 (viz tab. 6, slehnutý vzorek ve válečku), orientační přepočít je možný podle vzorce $OH(EN\ 13040) \times 1,2 = OH(EN\ 13041)$.

V substrátech se stejnou dávkou rozpustného NPK hnojiva PG MIX (1g/l substrátu) stoupající podíl sprašové hlíny snižuje obsah přijatelných živin ve formě kationů (NH_4^+ , K^+ , Mg^{2+}), které se poutají na sorpční komplex. Vlivem vyšší hodnoty pH i vyššího obsahu uhličitanů ve sprašové hlíně se výrazně snižuje obsah přijatelného fosforu, což odpovídá závěrům citovaných literárních prací (Grantzau, 1998b; Verhagen, 2004).

Při použití vyluhovacího činidla CAT se v substrátu se obsah přijatelného fosforu nestanoví jako suma dodaného fosforu v přijatelné formě. V substrátu dochází ke vzniku méně rozpustných sloučenin fosforu působením Ca^{2+} a Fe^{3+} iontů i vyšší hodnoty pH (nad 5,0). Při dodání 70 mg fosforu na litr substrátu s vyšším podílem spraše (> 30 % obj.) se obsah přijatelného fosforu může pohybovat pod spodní úrovní optima. Obsah přijatelného fosforu 20–30 mg/l je u těchto typů substrátu zpravidla dostatečný. Při základním hnojení se u těchto typů substrátů může použít doplňkové hnojení fosforečnými hnojivy (viz. tab. 7).

2.5.6 Vliv fyzikálních vlastností substrátů se sprašovou hlínou na růst rostlin

Substráty se spraší S10, S30 a S50 byly hodnoceny ve vegetačním pokuse s pěstováním domácích dřevin (*Acer campestre*, *Betula pendula*, *Carpinus betulus*, *Prunus avium*, *Quercus petraea*, *Tilia cordata*). Jednoleté prostokořenné semenáčky, pouze u břízy byly použity obalované sazenice, byly koncem dubna vysazeny do pěstebních nádob quickpot QP 12T/18 (výška 18 cm, objem 650 ml) a pěstovány na venkovní ploše.

Většina dřevin dosáhla největších přírůstků v substrátu S10 s menším podílem spraše. Pouze u lípy byly vyšší přírůstky v substrátech S30 a S50. Mezi růstem dřevin v substrátech S30 a S50 nebyl výrazný rozdíl. Tyto výsledky odpovídají dřívějším pokusům se substráty se zemínou (Dubský et al., 2008), kdy přírůstky dřevin v substrátech s 50% objemovým podílem zeminy byly nižší, než v substrátech s podílem 10 % obj. V obou pokusech byla zřejmá závislost mezi růstem rostlin a obsahem lehce dostupné vody v substrátu, který může být považován za hlavní kritérium pro posouzení vlivu hydrofyzikálních vlastností substrátů s vyšším podílem hodnocené sprašové hlíny na růst rostlin.

2.6 Shrnutí

Faktorem limitujícím růst rostlin v substrátech s vyšším podílem minerálních komponentů je nižší obsah lehce dostupné vody, kterou rostliny dříve spotřebují a jejich růst není tak intenzivní jako v organických substrátech, které mají nejen vysoký obsah lehce dostupné vody, ale i vysokou vzdušnou kapacitu. Příčinou kompaktnějšího růstu může být i imobilizace fosforu minerálními komponenty.

Podíl sprašové hlíny z okolí Přerova nad Labem v rašelinových substrátech se může, dle výsledků vegetačních a laboratorních pokusů pohybovat v rozmezí 10–50 % obj. U jednotlivých směsí je nutné brát v potaz především jejich fyzikální vlastnosti. Pro změnu fyzikálních vlastností rašelinových substrátů postačuje již dávka 10 % obj. Pro výraznější úpravu fyzikálních vlastností substrátů (snížení obsahu lehce dostupné vody) i pro zajištění kompaktního růstu dřevin pro krajinářské výsadby postačuje 30% podíl sprašové hlíny. Mezi substráty s podílem 30 a 50 % obj. sprašové hlíny nejsou ve fyzikálních vlastnostech tak výrazné rozdíly.

Požadavky na složení substrátů pro předpěstování dřevin v nádobách by měl školkař projednat s realizátorem a především investorem výsadby. Pokud bude investor požadovat v substrátu podíl 50 % obj. zeminy, jedná se především o výsadby na extrémní stanoviště, svahy podél silnic a dálnic, je substrát s tímto podílem sprašové hlíny vhodný.

Pro předpěstování dřevin se mohou připravit tři typy substrátů s podílem sprašové hlíny. Substrát S10 (viz tab. 6) s 10 % obj. sprašové hlíny pro okrasné dřeviny pro zakládání zahrad, substrát S30 s 30 % obj. sprašové hlíny pro krajinářské výsadby dřevin např. pro biokoridory a substrát a S50 s 50 % obj. sprašové hlíny substrát pro výsadby dřevin na extrémní stanoviště. Z praktického hlediska se ve školkách bude pro domácí dřeviny používat pouze jeden typ substrátu s 50 % sprašové hlíny, který je vhodný na všechny typy stanovišť.

Alternativou k substrátům s přídavkem sprašové hlíny by mohly být i profesionální substráty, u kterých i relativně nízká dávka jílu, 50–200 kg/m³ (5–20 % obj.) výrazně snižuje obsah lehce dostupné vody. Použití jílu s vysokou CEC navíc výrazně zvyšuje sorpci kationů a snižuje vyplavování živin, především draslíku, který podporuje vyžívání. Ze sortimentu firmy Gramoflor se jedná o substrát s podílem 190 kg/m³ granulovaného jílu. Ze sortimentu firmy AGRO CS připadá v úvahu substrát s dávkou 50 kg/m³ jemného bentonitu Ekobent. U výrobce by se mohla objednat i substrát se zvýšenou dávkou Ekobentu. Případně by se substrát s dávkou 100 kg/m³ Ekobentu mohl připravovat přímo ve školkařském podniku. Tyto substráty by ale neodpovídaly požadavku na maximální 50% objemový podíl rašeliny v substrátu doplněný zeminou nebo jiným minerálním komponentem.

3 Srovnání novosti postupů

Předložená metodika podává ucelený souhrn poznatků o použití minerálních komponentů pro přípravu pěstebních substrátů získaných studiem zahraniční literatury a především vyhodnocením a zpracováním výsledků vegetačních pokusů a laboratorního hodnocení substrátů, které probíhaly ve VÚKOZ Průhonice v letech 2005–2009.

V metodice je detailně popsáno použití konkrétního, dosud nepoužívaného minerálního komponentu, sprašové hlíny těžené v okolí Přerova nad Labem pro přípravu pěstebních substrátů pro předpěstování dřevin pro krajinářské výsadby ve školkách Školky - Montano spol. s r. o.

V metodice je popsáno hodnocení pěstebních substrátů s vyšším podílem minerálních komponentů pomocí norem EU, které jsou platné od roku 1999, resp. 2001 (EN 13651, EN 13652). V metodice je upřesněn optimální rozsah chemických (hodnoty pH, EC, obsah přijatelných živin) a především fyzikálních vlastností pro pěstební substráty se sprašovou hlínou.

V metodice je popsána metoda pro stanovení hydrofyzikálních vlastností pěstebních substrátů, která vychází z evropské normy EN 13041 a tuto normu doplňuje tak, aby bylo možné stanovit kategorie dostupnosti vody rostlinám a retenční křivky u substrátů s vysokým podílem minerálních komponentů ve válečkách o objemu 100 ml v rozsahu vodního potenciálu –0,23 až –10 kPa.

V metodice je uvedeno hodnocení chemických a fyzikálních vlastností modelových substrátů s různým podílem sprašové hlíny i vybraných profesionálních substrátů s podílem jílu, které lze využít při vyhodnocování laboratorních rozborů v rámci výstupní kontroly při výrobě nebo v rámci poradenství pro pěstitele.

Metodika předkládá nové údaje o hydrofyzikálních i chemických vlastnostech pěstebních substrátů s vyšším podílem sprašové hlíny. Se znalostí těchto údajů může pěstitel optimalizovat závlahu a systémy výživy.

4 Popis uplatnění metodiky

Metodika je určena pro Školky - Montano, spol. s r. o. Přerov nad Labem 410, 289 16, okr. Nymburk, jednoho z největších podniků působících v oblasti pěstování a prodeje okrasných a lesních dřevin v ČR. Školky - Montano mohou metodiku využít nejen pro přípravu substrátů s vyšším podílem sprašové hlíny pro předpěstování dřevin určených pro ozelenění krajiny, ale i pro jednání s odběrateli dřevin a realizátory či investory výsadeb o volbě vhodného pěstebního substrátu pro konkrétní výsadbu.

Metodiku mohou využít výrobci substrátů a pěstitelé, kteří substráty s vyšším podílem minerálních komponentů používají, případně si je sami připravují.

Metodiku mohou používat agrochemické laboratoře v rámci výstupní kontroly substrátů pro výrobce nebo pro hodnocení substrátů v rámci poradenství pěstitelům.

5 Seznam použité související literatury

Costello, L., Paul, J.L. (1975): Moisture relations in transplanted container plants. HortScience, vol. 10, p. 371–372.

ČSN 464902. Výpěstky okrasných dřevin. Ústav pro normalizaci a měření. 1982.

Day, R. J., Skoupy, J. (1971): Moisture storage capacity and postplanting patterns of moisture movement from seedlings containers. Can. J. For. Res., vol. 1, p. 151–158.

De Boodt, M. and Verdonck, O. (1972): The physical properties of the substrates in horticulture. Acta Horticulturae, vol. 26, p. 37–44.

De Boodt, M. and Verdonck, O., Cappaert I. (1974): Method for measuring waterrelease curve of organic substrates. Acta Horticulturae, vol. 37, p. 2054–2062.

DIN 11540, 2009. Peats and peat products for horticulture and landscape gardening – Test methods, properties, specifications.

EN 12 580, 1999. Soils improvers and growing media – Determination of quantity, CEN Brussels.

EN 13037, 1999. Soils improvers and growing media – Determination of pH, CEN Brussels.

EN 13038, 1999. Soils improvers and growing media – Determination of electrical conductivity, CEN Brussels.

EN 13039, 1999. Soils improvers and growing media – Determination of organic matter content and ash, CEN Brussels.

EN 13040, 1999. 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.

EN 13041, 1999. Soils improvers and growing media – Determination of physical properties – Dry bulk density, air volume, water volume, shrinkage value and total pore space, CEN Brussels.

EN 13651, 2001. Soils improvers and growing media – Extraction of calcium chloride/DTPA (CAT) soluble nutrients, CEN Brussels.

EN 13652, 2001. Soils improvers and growing media – Extraction of water soluble nutrients and elements, CEN Brussels.

- Heiskanen J. (1995):. Physical properties of two-component growth media based on Sphagnum peat and their implication for plant-available water and aeration. *Plant and Soil*, 172: 45–54.
- Grantzau E. (1998a): Substrate und Rohstoffe. Ton und Tonminerale. *Deutscher Gartenbau*, vol. 52, no. 29, p. 37–38.
- Grantzau E. (1998b): Tone für Substrate. *Deutscher Gartenbau*, vol. 52, no. 49, p. 6–10.
- Heiskanen J. (1995). Physical properties of two-component growth media based on Sphagnum peat and their implication for plant-available water and aeration. *Plant and Soil*, 172: 45–54.
- ISO/DIS 10390, 1992. Soil quality – Determination of pH. International Organization for Standardization.
- ISO/DIS 10693, 1993. Soil quality – Determination of carbonate content – volumetric method. International Organization for Standardization.
- ISO/DIS 13636, 1994. Soil quality – Determination of the potential exchange capacity and base saturation – Method according to Bascomb at pH 8.1. International Organization for Standardization.
- Martínez, F. X., Sepó, N., Valero, J. (1997): Physical and physicochemical properties of peat-coir mixes and the effects of clay-material addition. *Acta Horticulturae*, vol. 450, p. 39–46.
- Nelms, L. R., Spomer (1983): Water retention of container soils transplanted into ground beds. *HortScience*, vol. 18, p. 863–866.
- Prasad M., O'Shea J. (1999): Relative breakdown of peat and non-peat growing media. *Acta Horticulturae*, 481: 121–128.
- Valla M., Kozák J., Drbal J. (1980): Cvičení z půdoznalství II. Učební texty VŠZ Praha, SPN Praha, 1980, 280 s. Valla M., Kozák J., Drbal J. (1980): Cvičení z půdoznalství II. Učební texty VŠZ Praha, SPN Praha, 1980, 280 s.
- Vaněk V. (2001): Doporučení pro vyjadřování výsledků agrochemických rozborů rostlin, půd, hnojiv a potřeby hnojení. *Rostlinná výroba*, 47 (12): 506.
- Verdonck O., Penninck R., De Boodt M. (1983): The Physical properties of different Horticultural Growing substrates. *Acta Horticulturae*, 150: 155–160.
- Verhagen, J. B. G .M. (2004): Effectiveness of clay in peat based growing media. *Acta Horticulturae*, vol. 644, p. 115–122.
- Wilson S.B., Stoffella P.J., Graetz D.A. (2002): Development of compost-based media for containerized perennials. *Scientia Horticulturae*, 93: 311–320.

6 Seznam publikací, které předcházely metodice

- Dubský, M., Šrámek, F. (2003): Použití minerálních komponentů pro zlepšení vlastností organických pěstebních substrátů. In Podrázský V. (ed.): Využití chemické meliorace v lesním hospodářství ČR. Sborník ze semináře v Kostelci nad Černými lesy, 18.2.2003. Praha, ČZU, s. 100–101.

- Dubský, M., Šrámek, F. (2006): Pěstování dřevin v minerálních substrátech. *Zahradnictví*, roč. 5, č. 9, s. 52–54.
- Dubský M., Šrámek F. (2007): Blonde peat-based substrates in woody ornamentals production. – In: *Strom a květina – součást života = The Tree and Flower – a Part of Life*. Sborn. vědec. konf., 4.–5. 9. 2007, Průhonice. VÚKOZ, v.v.i., Průhonice, s. 237–240.
- Dubský M., Šrámek F. (2007): Obsah a dostupnost stopových prvků v substrátech. – *Zahradnictví* roč. 6, č. 5, s.: 56–57.
- Dubský, M., Šrámek, F., Weber, M., Dostálek, J. (2008): Substráty s vyšším podílem zemin pro předpěstování dřevin. *Zahradnictví*, roč. 7, č. 3, s. 68–70.
- Dubský, M., Šrámek, F. (2009): Substrates with mineral components for growing woody plants. *Acta Horticulturae*, vol. 819, p. 243–248.
- Dubský, M., Šrámek, F., Valtera, J. (2009): Fyzikální vlastnosti substrátů pro pěstování dřevin v kontejnerech. *Zahradnictví*, roč. 8, č. 2, s. 48–52.
- Dubský, M., Šrámek, F., Slezáček, Z. (2010): Fyzikální vlastnosti rašelin. *Zahradnictví*, roč. 9, č. 2, s. 58–59.
- Dubský, M., Šrámek, F. (2010): Voda a vzduch v rašelinových substrátech. *Zahradnictví*, roč. 9, č. 2, s. 60–61.
- Šrámek F., Dubský M. (2006): Komposty a piliny jako složka pěstebních substrátů.– In: *Technologie pěstování dřevin*. *Acta Pruhonicensia* 82, 5–10.

7 Dedikace

Metodika byla zpracována ve Výzkumném ústavu Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, v.v.i. v rámci řešení výzkumného záměru Výzkum neproduktivních rostlin a jejich uplatnění v krajině a sídlech budoucnosti (Kód poskytovatele: MZP, Identifikační kód VZ: 0002707301), předmětu činnosti 4, Výzkum biologických a ekologických podmínek množení a pěstování rostlin významných pro utváření zdravého životního prostředí, úkolu 4.5. Výzkum pěstebních technologií šetrných k životnímu prostředí. Cílem úkolu bylo navrhnout a ověřit pěstební substráty se sníženým podílem rašeliny při použití u nás dostupných surovin tak, aby bylo možné tyto alternativní pěstební substráty používat jako plnohodnotnou náhradu dnes rozšířených rašelinových substrátů.

8 Jména oponentů a názvy jejich organizací

Odborný oponent z oboru: Doc. Dr. Ing. Petr Salaš, Zahradnická fakulta Lednice, Mendelova univerzita v Brně

Oponent ze státní správy: Ing. Michaela Budňáková, Ministerstvo zemědělství, odbor rostlinných komodit.