

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra agroenvironmentální chemie a výživy rostlin



**Česká zemědělská
univerzita v Praze**

Složení pěstebních substrátů se zaměřením na výživu rostlin

Bakalářská práce

Lucie Sandtnerová

Zahradní a krajinářské úpravy

Vedoucí práce doc., Ing. Martin Kulhánek, Ph.D.

© 2021 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Složení pěstebních substrátů se zaměřením na výživu rostlin" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 30.4.2020

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala panu doc. Ing. Martinu Kulhánkovi, Ph.D. vedoucímu mé bakalářské práce, za odborné vedení, cenné rady a připomínky, které mi pomohly zpracovat tuto bakalářskou práci. Dále bych ráda poděkovala své rodině za podporu při celém mém studiu.

Složení pěstebních substrátů se zaměřením na výživu rostlin

Souhrn

Hlavním cílem této bakalářské práce bylo shrnout formou literární rešerše aktuální poznatky v oblasti využití pěstebních substrátů.

Nejdříve je pojednáno o obecných informacích a historických zdrojích o substrátech. Dále jsou uvedeny informace o jednotlivých komponentech substrátů. Poté následuje přehled organických a minerálních složek substrátů, ke kterým můžeme přidat i meliorační komponenty. Ty lze popsat jako látky s vysokou pórovitostí, schopností sorpce živin, jímavostí pro vodu apod.

Hlavní a základní složku pěstebních substrátů, používaných jak v České republice, tak i v jiných evropských státech, zůstává ještě stále rašelina. Tu lze využít jako samostatný produkt, nebo ji lze kombinovat jak s minerálními, tak organickými komponenty. Zdroje rašeliny jsou však omezené a její těžení představuje vysokou environmentální zátěž. Proto jsou studovány různé možnosti jejího nahrazení. Mezi částečné alternativy pro nahrazení rašeliny patří např. listovka, drnovka, vřesovka aj., avšak tyto materiály jsou v současné době používány jen zřídka, zejména z důvodu nákladnosti a nedostupnosti. Proto jsou v rámci této práce popsány i perspektivnější alternativy rašeliny. Jedná se zejména o rýžové pluchy, kokosová vlákna, kompostovanou kůru, kompost aj.

V neposlední řadě je v rámci této bakalářské práce uveden i stručný přehled významu jednotlivých živin v substrátech, včetně uvedení hlavních příznaků jejich nedostatku, popř. nadbytku.

V současné době jsou pěstební substráty velmi často využívány a jedná se tak o aktuální téma. Právě to by mělo být impulzem pro hledání dalších alternativních a obnovitelných zdrojů pro výrobu substrátů, ale i podrobnějšího prostudování těch stávajících. Jako perspektivní cesty se jeví zejména využití obnovitelných zdrojů, ale třeba i hydroponické pěstování rostlin.

Klíčová slova: Komponenty substrátů; Výživa rostlin; Makroprvky; Mikroprvky; Hodnota pH

Composition of growing media with focus on plant nutrition

Summary

The main goal of this bachelor thesis was to summarize the current knowledge in the field of using growing substrates. The format of the literature review was chosen for this thesis. At first, the thesis discusses the general information and historical literature about substrates. It continues with information about the particular components of substrate. Then it offers the overview of organic and mineral components of substrate to which we can also add soil improvement components. These can be described as substances with a high porosity, ability of nutrients sorption, absorbing capacity etc. The main and fundamental component of growing substrate used in the Czech Republic and other European countries still remains peat. It can be used as only one component or it can be combined with mineral as well as organic components. But the resources of peat are limited and its mining represents a great environmental risk. That is the reason why various options of its replacement are being studied in this thesis. Among all alternatives for peat replacement can be mentioned, e.g., substrates produced from composted leaves, grasses residues or heathers. Nowadays, those materials are rarely used because of their high cost and inaccessibility. That is also a reason why more perspective peat alternatives are being described in this thesis. Namely rice peel, coconut fibers, composted bark, composts etc. Last but not least, the brief overview of meaning of individual nutrients in substrate are introduced in this thesis including main indicators of their lacks or surpluses.

Nowadays, growing substrates are used very often and that is why this is a very current topic. That should be an impulse for search of other alternative and renewable sources for substrate production but also detailed examination of those already known. Usage of renewable sources but also hydroponic plant cultivation can be mentioned as one perspective ways.

Keywords: Components of growing media, plant nutrition, macrolelements, microelements, pH value

Obsah

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | Úvod | 7 |
| 2 | Cíl práce | 8 |
| 3 | Literární přehled | 9 |
| 3.1 | <i>Pěstební substráty</i> | 9 |
| 3.1.1 | Fyzikální vlastnosti substrátů..... | 10 |
| 3.1.2 | Chemické vlastnosti substrátů..... | 10 |
| 3.2 | <i>Komponenty substrátů v zahradnictví a jejich charakteristika</i> | 11 |
| 3.2.1 | Organické komponenty substrátů..... | 11 |
| 3.2.1.2 | Perspektivní náhrady rašeliny..... | 13 |
| 3.2.1.3 | Kompostovaná kůra..... | 13 |
| 3.2.1.4 | Kompostovaná zemina | 14 |
| 3.2.1.5 | Kokosová vlákna | 14 |
| 3.2.1.6 | Kompost | 14 |
| 3.2.1.7 | Rýžové pluchy | 15 |
| 3.2.2 | Dříve používané komponenty substrátů..... | 15 |
| 3.2.2.1 | Listovka | 15 |
| 3.2.2.2 | Jehličnatka | 16 |
| 3.2.2.3 | Vřesovka..... | 16 |
| 3.2.2.4 | Drnovka | 16 |
| 3.2.2.5 | Pařeništní zemina..... | 16 |
| 3.2.3 | Minerální komponenty substrátů | 16 |
| 3.2.3.1 | Zeminy..... | 17 |
| 3.2.3.2 | Písek | 17 |
| 3.2.3.3 | Meliorační komponenty substrátů | 17 |
| 3.2.3.4 | Zvlhčující činidla..... | 19 |
| 3.2.4 | Hnojiva..... | 19 |
| 3.3 | <i>Stručný popis významu jednotlivých živin</i> | 20 |
| 3.3.1 | Makroprvky..... | 20 |
| 3.3.1.1 | Dusík (N)..... | 20 |
| 3.3.1.2 | Fosfor (P)..... | 20 |
| 3.3.1.3 | Vápník (Ca) | 21 |
| 3.3.1.4 | Síra (S)..... | 21 |
| 3.3.1.5 | Draslík (K)..... | 21 |
| 3.3.1.6 | Hořčík (Mg)..... | 22 |
| 3.3.2 | Mikroprvky | 22 |
| 3.3.2.1 | Železo (Fe)..... | 22 |
| 3.3.2.2 | Mangan (Mn)..... | 23 |
| 3.3.2.3 | Bór (B)..... | 23 |
| 3.3.2.4 | Zinek (Zn)..... | 23 |
| 3.3.2.5 | Měď (Cu)..... | 23 |
| 3.3.2.6 | Molybden (Mo) | 24 |
| 3.3.2.7 | Chlor (Cl)..... | 24 |
| 3.4 | <i>Hodnota pH substrátů a její regulace</i> | 25 |
| 4 | Závěr | 27 |
| 5 | Seznam literatury | 28 |

1 Úvod

Již z historických zdrojů lze vyčíst, že substrát byl vždy hlavní složkou pro pěstování rostlin. I když se může zdát, že je to jen obyčejná spotřební věc, na jejich složení a kvalitě závisí výsledná produkce. Proto je velice důležité se substrátům nevěnovat jen jako celku, ale prozkoumat i jednotlivé komponenty do hloubky.

V současné době je hlavním cílem najít adekvátní alternativu za neobnovitelné komponenty substrátu. Před pár desetiletími vypadaly substráty do značné míry odlišně než v aktuální době. Jednotlivé složky byly často různorodější a více se od sebe odlišovaly. Jako hlavní složka však přetrvává rašelina. Ta je součástí substrátů již od nepaměti. Představuje však zdroj, kterého je na planetě jen omezené množství.

Proto jsou v současné době hledány různé alternativy, umožňující úplné, nebo alespoň částečné nahrazení rašeliny. Jedná se například o kompostovanou kůru, kokosová vlákna, rýžové pluchy apod. Organické komponenty lze však někdy i zcela vynechat, a to při hydroponickém pěstování.

2 Cíl práce

Cílem této práce bylo zpracování literární rešerše shrnující poznatky v oblasti pěstebních substrátů. Primárním zaměřením byla charakteristika jednotlivých komponentů substrátů z hlediska jejich vztahu k výživě rostlin. Dále pak stručný popis prvků a jejich význam a případný projevený nadbytek či nedostatek v rostlině.

3 Literární přehled

3.1 Pěstební substráty

Dle ČSN 83 9001 se substrát definuje jako uměle připravená směs z organických a anorganických materiálů (komponentů) s vhodnými biologickými a fyzikálně chemickými vlastnostmi, které jsou vhodné pro správný vývoj a růst rostlin. Podobně Bedrna (1989) definoval substrát těmito slovy „Substrát je prostředí pro zakořeňování rostlin. Rostliny prorůstají substrát svými kořeny a kořenovými vlásky, prostřednictvím kterých čerpají z nich především vodu a živiny“.

Pěstební substráty – skupina převážně organických materiálů, nejsou hlavním zdrojem živin a nelze je charakterizovat jako hnojivo. Můžeme je definovat jako pěstební média, která se využívají k přípravě pěstebních záhonů a jako materiál do pěstebních nádob. V podstatě se jedná o směs tvořenou převážně z organických materiálů a zeminy. Obsah může být doplněn o meliorační látky, kterými může být perlit, pemza, bentonit apod. Jejich hlavním úkolem je zajistit vhodné podmínky pro růst rostlin v omezeném a exponovaném prostředí (Vaněk et al. 2012).

Pro pěstování běžných skleníkových rostlin byly dříve nejčastěji připravovány dvě základní zeminné směsi:

- Směsi těžké – s převažujícími minerálními zeminami. Na jejich přípravu se obvykle používají tři díly kompostované zeminy, jeden díl drnovky nebo těžké zeminy, dva díly rašeliny, dva díly kompostovaného hnoje a jeden díl písku. Směs je neutrální, o objemové hmotnosti 0,75–0,80 kg/l. V takovéto směsi se pěstují nejen chryzantémy, ale i *Asparagus sprengeri*, *Cineraria*, *Calla* aj.
- Směsi lehké – s převažujícími organickými komponenty (rašelina). Připraví se například ze 4 dílů listovky, jednoho dílu rašeliny, jednoho dílu pařeništní zeminy, jednoho dílu kompostu a jednoho dílu písku. Směs je propustná pro vodu a velmi kyprá s objemovou hmotností okolo 0,50 kg/l a pH mezi 5,5–6,5. Kromě bramboříků se v ní pěstují begonie, fikusy nebo také kapradiny.

Při mísení těchto směsí se získávala řada dalších, většinou středně těžkých směsí (Soukup et al. 1979). Valtera (2004) uvádí, že dobrý pěstební substrát nelze v žádném případě připravit z nevhodných nebo jinak závadných surovin, na tom se shodnou téměř všichni, ať zkušení praktici, tak vědeckovýzkumné týmy předních domácích či zahraničních odborníků. Dokonalý substrát lze sestavit pouze z dokonale prověřených surovin – tak by se dala myšlenka vystihnout i trochu jiným způsobem.

Požadavky na zahradnický substrát můžeme rozdělit do tří skupin:

- Biologické – kvalitní substrát by měl zajišťovat dobré podmínky pro pěstované druhy rostlin. Velmi důležitá je nezávadnost po stránce hygienické. Nesmí se objevovat zárodky škůdců, chorob, semena plevelů a klíčivých semen.

- Chemické – vhodné pH, ústojčivá (pufrační) schopnost, obsah solí, obsah rizikových prvků. Přiměřený obsah organických látek, obsah přijatelných živin, poměr C:N aj.
- Fyzikální – vzdušná a vodní kapacita struktura, pórovitost, velikost částic, sorpce živin aj.

Z historického hlediska lze vývoj pěstebních substrátů vyjádřit v různých krocích. Až do padesátých let používali zahradníci zahradní půdu – směsi vlastního kompostovaného organického odpadu a minerální půdy, používané jak pro rostliny s holými kořeny, tak pro rostliny s kořenovými baly. Substráty rašelinové kultury, smíšené s jílem nebo samostatně byly vyvinuty v padesátých letech 20. století. Tyto substráty byly následně zavedeny v 60. letech a rašelina se rázem stala hlavní složkou pěstebních substrátů. V polovině až koncem 70. let se substrát z minerální vlny rozšířil po západní Evropě a stal se důležitým pro pěstování zeleniny. Například rajčata, okurky a papriky se pěstovaly v kamenných deskách zabalených do plastové fólie. Minerální vlna je stále jedním z nejoblíbenějších pěstebních substrátů v rostlinné kultuře bez půdy. V 80. a 90. letech se z rašeliny vyráběly specifické směsi pro konkrétní rostliny (Gruda et al. 2013).

3.1.1 Fyzikální vlastnosti substrátů

V zahradnictví se odedávna používají různé organické a minerální složky k přípravě pěstebních substrátů, dříve označované jako zahradnické zeminy. Pěstební substrát by měly mít lepší provzdušnění než běžná půda. Substrát musí mít také větší schopnost zadržovat vodu než běžná půda, jelikož rostliny pěstované v nádobách mají omezený objem substrátu, který mohou využít (Beardsell et al. 1979).

Dle Vaňka et al. (2012) řadíme mezi fyzikální vlastnosti substrátů sorpci živin, velikost částic, pórovitost, strukturu, vzdušnou a vodní kapacitu. Mimo objemovou hmotnost, která je charakterizována jako podíl pevných částic v substrátu, se sleduje poměr vody a vzduchu v substrátu nasyceném vodou. V nádobách pěstované rostliny jsou omezeny pouze určitým množstvím substrátu, tudíž se na fyzikální vlastnosti kladou vysoké požadavky. Zejména při vysoké vodní kapacitě musí obsahovat ještě velké množství vzduchu.

3.1.2 Chemické vlastnosti substrátů

Do této skupiny vlastností substrátů spadají pH, ústojčivá schopnost, obsah solí, obsah organických látek, obsah přijatelných živin, obsah rizikových prvků, podíl C:N aj. (Vaněk et al. 2012).

3.2 Komponenty substrátů v zahradnictví a jejich charakteristika

Na pěstební substráty klademe řadu požadavků. Pro určité rostlinné druhy je zapotřebí jiné složení substrátu. Proto je vždy důležité vybrat vhodnou kombinaci složek, aby vzniklo vhodné prostředí pro rostlinu. Tyto substrátové složky můžeme rozdělit do níže popsaných skupin.

3.2.1 Organické komponenty substrátů

K vytvoření substrátu je velmi důležitá kvalita, reakce (hodnota pH), obsah minerálních živin a mikroorganismů, stejně jako vsakovací schopnost organických látek. Podíl organických látek obsažených v substrátu ovlivňuje prokypření, ústojčivost (pufrovitost) a vododržnost, obohacuje ho o živiny a biologicky aktivní látky (Bedrna 1989). Konkrétní organické složky jsou popsány v následujících kapitolách.

3.2.1.1.1 Rašelina

Hlavní složkou mnoha pěstebních substrátů dnes stále zůstává rašelina. Nenašli bychom žádný jiný materiál, který kombinuje tolik vhodných vlastností pro substrát. Reakce pH je kyselá a obsah živin je velmi nízký, avšak s přidáním vápnatého materiálu a hnojiv lze dosáhnout velké škály pěstebních substrátů (Jílek 2010). Rašelina je díky své vysoké pórovitosti, vysoké schopnosti zadržovat vodu a relativně vysoké kationtové výměnné kapacitě nejdůležitější složkou pro pěstebních substrátů (Bassan et al. 2020) To umožňuje produkci substrátů s jasným rozhraním hodnoty pH potřebným pro daný druh rostliny. Těžba rašeliny v rámci států Evropské unie se pohybuje kolem 64 mil. m³. Z tohoto množství nejvíce připadá na skandinávské a pobaltské státy (Jílek 2010), dále Polsko, Německo i Bělorusko (Vaněk et al. 2012). Suchan (1997) uvádí, že v současnosti se k nám dováží kvalitní vrchovištní rašelina z pobaltských států v cenových relacích tuzemské rašeliny.

Rašelina je odnepaměti používána jako hlavní složka substrátů díky své provzdušňovací a nakypřovací funkci. Velmi pomalu se rozkládá což je považováno za její velkou výhodu (Vaněk et al. 2007, 2012). V rašelině nejsou navíc obsaženy ani rostlinné nebo lidské patogeny (Growing media Europe 2016). Rašelina vzniká transformací organické hmoty za nepřístupu kyslíku ve vlhkém prostředí. Je charakterizována vysokým obsahem vláknité organické hmoty (nejméně 65 %), minerálních látek se v ní nachází méně než 35 % a má značně tmavé zbarvení (Huat et al. 2011). Jedná se o kyprou hmotu s velkou vsakovací schopností, poutající vodu a minerální živiny. Kvalita vody, ve které rašelina vzniká, ovlivňuje samotný proces a následnou kvalitu rašeliny. V tabulce 1. je uveden střední obsah živin v rašelině.

Můžeme ji rozdělit dle ložiska, za jakých podmínek rašelina vznikla:

- Rašelina vrchovištní – ta se tvoří ve vyšších polohách na prameništích podzemní vody. Zde je obsažen nízký podíl rozpustných solí a minerálních látek, od toho se odvíjí malý podíl živin v rašelině. Má kyselou až silně kyselou reakci. Stáří rašeliny, stupeň jejího rozložení a způsob těžby značně ovlivňují fyzikální vlastnosti vrchovištní rašeliny. Dále, dle stupně rozložení, lze vrchovištní rašelinu rozdělit do dvou skupin. Na světlou a černou. Světlá vrchovištní rašelina je slabě až středně rozložená rašelinná část. Má značně viditelnou strukturu. Bílá rašelina se používá jako hlavní složka pěstebních médií po celé Evropě. Černá vrchovištní rašelina je nejstarší, nejvíce rozložená část rašeliny.

- Slatinná – má nižší nasáklivost vody, zato větší obsah minerálních látek. Vytváří se na místech, kde vyvěrají podzemní vody s vyšším obsahem minerálních látek. Může obsahovat i CaCO₃. Hodnota pH je slabě kyselá až neutrální
- Rašelina přechodná – jedná se o takzvaný spojovací článek dvou již zmíněných rašelin. Převážně v oblastech, kde se na již stávajícím slatinném podkladu vyvinula vrchovištní oblast. Složení této rašeliny je kolísavé. Reakce je slabě kyselá (Soukup et al. 1979).

Tabulka 1: Střední obsah živin v jednotlivých typech rašeliny (v % sušiny) (Neuberg 1998).

| Druh rašeliny | pH | N | P | K | Ca | Popeloviny | Org. látky |
|---------------|-----------|-----|------|------|-----|------------|------------|
| Vrchovištní | 2,5 – 3,5 | 1,0 | 0,04 | 0,08 | 0,3 | 4,9 | 95,1 |
| Slatinná | 4,5 | 2,8 | 0,17 | 0,16 | 1,4 | 12,9 | 87,1 |

Kvalitu rašeliny posuzujeme i podle stupně rozložení. Ukazatelem stupně rozložení jsou např. obsahy spalitelných organických látek:

- Rašeliny čisté – nad 85 % spalitelných látek (vrchovištní a přechodová rašelina)
– nad 70 % spalitelných látek (slatinná)
- Rašeliny zemité – 50–85 % spalitelných látek a 50–70 % spalitelných látek
- Rašelinné zeminy – 30–50 % spalitelných látek (Soukup et al. 1979)

Rašelina je v současnosti v České republice základní surovinou pro výrobu pěstebních substrátů. Její podíl v profesionálních substrátech je minimálně 70 % objemu, zpravidla 90–100 %. Použitý typ rašeliny tedy výrazně ovlivňuje fyzikální vlastnosti substrátů, především poměr vody a vzduchu (Dubský et al. 2010). V České republice je vrchovištní rašelina převážně původem z Pobaltí nebo Běloruska (Dubský 2011).

Kvalita rašeliny závisí nejen na původu, ale především na způsobu získávání a jejím následném zpracování. Nejvyšší kvalita rašeliny bývá těžena tzv. „borkováním“. Jedná se o celé bloky o rozměrech cca 45x20x20 cm. Po jejich důkladném vysušení působením slunečního záření jsou tyto bloky drceny a prosévány na hvězdicových sítích na příslušné zrnitostní frakce dle použití do různých typů substrátů. Pro výsevnické substráty je velikost do 10 mm. Pro běžné pěstební substráty jsou rašeliny tříděny do 20 mm. Speciální typy substrátů využívají frakce nad 20 mm či pouze tzv. „vlákna“. Nejméně kvalitní (levnější) rašeliny jsou těženy tzv. „frézováním“. Vyznačují se horší strukturou a velmi vysokým podílem prachových částic, které výrazně zhoršují i jakost připraveného substrátu. Pro přípravu substrátů je vhodné používat směsi různých typů rašelin. Díky poměrně příznivé ceně činí podíl v substrátech 50–100 %. Jsou ale používány i čistě bezrašelinové substráty (Valtera 2004).

Mezi významné vlastnosti rašeliny se zahrnuje obsah vody, stupeň transformace organické hmoty, obsah organických látek a zbarvení. Tyto vlastnosti jsou ovlivněny klimatem a také hladinou vody v konkrétním místě rašelině. Chemické vlastnosti rašeliny jsou ovlivněny rozkládajícím se druhem biomasy v určitém prostředí. Nejvíce je rašelina tvořena uhlíkem (40–60 %), kyslíkem (20–40 %), vodíkem (4–6 %) a dusíkem (0–5 %) (Huat et al. 2011).

3.2.1.2 Perspektivní náhrady rašeliny

Na základě mediálního tlaku se dá očekávat, že dokonce i producenti rašeliny se budou ve střednědobém a dlouhodobém horizontu aktivně podílet na hledání alternativ rašeliny a investovat do inovativních technologií. Tímto způsobem budou investovat do své budoucnosti (Gruda 2012).

Alternativní komponenty se nejvíce používají ke zvýšení obsahu vzduchu v substrátech (Dubský 2011). V České republice se používají dvě hlavní suroviny pro náhradu rašeliny, a to komposty a kompostovaná kůra. Nevýhodou kompostů je však je potenciálně vysoký obsah semen plevelů, zárodků patogenů, přijatelného draslíku a celkový obsah rozpustných solí (Dubský & Šrámek 2009). Pouze asi 20 % pěstebních substrátů používaných v EU tvoří jiné materiály než rašelina. Obavy z nahrazení rašeliny jako zahradnického substrátu jsou však stále důležitější. Trend začal před 20–30 lety z ekologických důvodů, nyní se však více zaměřuje na význam rašeliníšť z hlediska sekvestrace uhlíku. Spotřeba rašeliny vede ke značným emisím CO₂, které jsou zohledňovány v nedávných makroekonomických modelech. Výrobci rašeliny proto hledají způsoby, jak zlepšit opětovnou naturalizaci rašeliníšť. To však nebude stačit, aby se ve velkém měřítku přispělo k lepší rovnováze CO₂. Jsou vyžadovány alternativní obnovitelné materiály k rašelině. Patří sem materiály jako kompost, kůra, dřevo, kokosové vlákno a další organické produkty. Dále je třeba vzít v úvahu perspektivy nabízené pyrolýzou a hydrotermální karbonizací rostlinných materiálů a odpadu. Se stále rostoucími cenami je však velmi těžké porazit konkurenci a vytvořit dominanci na trhu. Odpad a organická hmota budou v budoucnu velmi konkurenceschopným materiálem, podobně jako je dnes dřevo a kůra. Inovativní, udržitelné a obnovitelné materiály s nízkými výrobními náklady a krátkými přepravními vzdálenostmi mají potenciál stát se substráty budoucnosti. Je však zapotřebí dalšího výzkumu (Gruda 2012).

3.2.1.3 Kompostovaná kůra

Někdy ji můžeme najít pod názvem kůrový humus. Je to velmi kvalitní surovina vzniklá řízeným procesem. Nejprve je třeba kůru z jehličnatých dřevin (smrk, modřín, borovice, douglaska aj.) řádně nadrtit, zvlhčit a „nastartovat“ mikrobiální život přidáním živin (N, P). Kůra z listnatých dřevin se nepoužívá, jelikož na toto zpracování není vhodná. Termofilní bakterie zvýší teplotu až na 70–80 °C, tu je třeba bedlivě sledovat, kvůli možnému nežádoucímu zahoření. Při těchto vysokých teplotách dojde k likvidaci přítomných klíčivých semen plevelů, zárodků chorob a škůdců, jakož i tepelnému rozkladu v kůře přítomných inhibičních látek. Po určité době (závisí na velikosti zakládky, zrnitosti, vlhkosti...) dochází samovolně k poklesu teploty, což je signál pro novou překopávku speciální mechanizací. Poté se znovu doplní živiny. Poté se proces ještě 2–4 krát zopakuje, než je dosaženo rovnovážného stavu. Poté je kompostovaný materiál stabilizovaný, hodnota C:N činí minimálně 30:1. Na úplný závěr se utváří požadovaná frakce, zpravidla do 20 mm. Podíl kompostované kůry v substrátech bývá 10–30 % (Valtera 2004).

Kompostovaná stromová kůra pro výrobu pěstebních substrátů je hned po rašelině nejpoužívanější komponent v pěstebních substrátech. V současné době je jí ale nedostatek z důvodu jejího spalování v elektrárnách. Kompostovaná kůra se přidává do substrátů v podílu

15–30 % objemu a používá se především pro přípravu školkařských substrátů (Dubský & Šrámek 2007). Dubský & Šrámek (2001) uvedli, že se kompostovaná kůra podílí na ústojčivosti substrátu. Dle Vaňka et al. (2012) kůra v substrátu udržuje vzdušnost a strukturu, což je její výhoda. Naopak má ale menší jímavost pro vodu.

3.2.1.4 Kompostovaná zemina

Kompostovaná zemina se přidává se do substrátu za účelem přihnojení. Vzniká především kompostováním různých rostlinných zbytků s minerální zeminou a chlévským hnojem. Má zpravidla charakter středně těžkých zemin písčitohlinitého charakteru a zároveň vyšší obsah organické hmoty. Reakce pH H₂O je přibližně 7,4 pH. Přidává se do směsí. Obsah dusíku se zde pohybuje kolem 0,5 % (Soukup et al. 1979).

3.2.1.5 Kokosová vlákna

Získávají se z oplodí kokosových ořechů. Někteří výrobci jej využívají ke zlepšení fyzikálních vlastností substrátů. Zlepšují odvod přebytečné vody a snižují sléhvání substrátu (Vaněk et al. 2012). Kokosová vlákna obsahují 31 % ligninu a 27 % celulózy, z čehož vyplývá, že se jedná o relativně pružný, pevný a stálý materiál. Kokosové substráty většinou splňují základní standardní požadavky z hlediska obsahu organického podílu, vzduchu a vlhkosti. Kokosovník ořechoplodý (*Cocos nucifera* L.) snadno přijímá draselné, sodné a chloridové ionty, které ukládá do svých plodů. Protože je obsah solí v kokosových plodech velmi vysoký, je potřeba snižovat zasolení vymýváním vodou s nízkým obsahem solí. Tento proces vymývání se provádí buď v místě sběru plodů, anebo ve firmách, upravujících substráty pro finální zákazníky. Přírozené pH se obvykle pohybuje v rozmezí 5,7–6,5.

Kokosové vlákno má velmi nízký obsah vápníku a hořčíku, nedostatečný pro zajištění výnosu, i když v porovnání s rašelinou vyšší. Kokosová vlákna mají schopnost navázat dvojmocné ionty vápenatých či hořečnatých solí a vytěsnit draselné ionty ze svých struktur. Přidáním sádry do kokosových substrátů se taktéž doplní nízký obsah síry. Kokosové vlákno se vyznačuje nízkým obsahem dusíku. Obsah mikroprvků je vyšší ve srovnání s obsahem v rašelině. Největšími producenty kokosových vláken jsou hlavně země jako Indonésie, Srí Lanka, Indie, Malajsie a Filipíny (Salaš et al. 2010).

3.2.1.6 Kompost

Z obecného hlediska můžeme kompost považovat za veškerou organickou hmotu, která prošla dlouhým termofilním aerobním rozkladem, tj. kompostováním (Raviv 2005). Kompost je organický materiál, který je složený ze zbytků rostlin, z travních drnů a odřezků, listů a větví stromů. Tyto přírodní materiály jsou za kontrolovaných podmínek skladovány a rozkládají se pomocí mikroorganismů.

Do substrátu se nepoužívá čistý kompost, ale mísí se s rašelinou a jinými složkami. V některých členských státech EU jsou takové komposty vzácné, protože se hlavně dřevní části využívají spíše na výrobu energie, než aby se zakomponovaly do kompostu (Growing media Europe 2016).

Jednou z alternativ je rovněž zelený kompost, který se záměrně připravuje na podobném principu jako kompostovaná kůra. Specifikem je pouze to, že kompost je tvořen více vstupními surovinami, to jsou například větve stromů, spadané listí, posekaná biomasa trávníků a další kompostovatelné materiály, pocházející z oblasti údržby veřejné zeleně či komunální oblasti. Doba kompostování je rovněž poněkud delší. Na pečlivosti a důslednosti ve výběru kompostovaného materiálu závisí kvalita výsledného produktu. Význam zeleného kompostu narůstá ve shodě s důsledností naplňování litery Zákona č. 185/2001 Sb., o odpadech ve znění pozdějších předpisů, orgány státní správy. Obrovskou předností této suroviny je, že se jedná o obnovitelný zdroj. Zelený kompost dokáže dodávat rostlinám poměrně dlouhou dobu dostatek přístupných živin včetně mikroprvků, což můžeme pozorovat i u kůrového humusu. Ve školkařských typech pěstebních substrátů může činit podíl i 50 a více procent. Běžné použití se pohybuje okolo 10–30 % (Valtera 2004).

3.2.1.7 Rýžové pluchy

Další možnou alternativou jsou rýžové pluchy (*Oryza sativa L.*). Jsou velmi lehké a velmi dobře provzdušní substrát (El-Behairy 2014). Ve Spojených státech se ročně vyprodukuje velké množství rýžových pluch, zejména v jižních a západních státech. Byly provedeny četné studie hodnotící různé formy rýžových pluch jako alternativy různých typů substrátů ve skleníku. Rýžové pluchy jsou k dispozici v různých formách, jako čerstvé, uzralé, karbonizované, kompostované nebo převařené. Čerstvé rýžové slupky se obvykle jako substráty nepoužívají kvůli zbytkové rýži a/nebo semenům plevelů (Gómez & Robbins 2011). Výhodou při použití rýžových slupek jako doplňku zahradnických substrátů je jejich velmi pomalý rozklad. Přestože se jedná o organický materiál, rýžové slupky se skládají hlavně z ligninu, kutinu a nerozpustného oxidu křemičitého, což zajišťuje zmiňovaný pomalý rozpad částic (Juliano et al. 1987; Buck & Evans 2010).

3.2.2 Dříve používané komponenty substrátů

3.2.2.1 Listovka

Jak už je z názvu celkem zřejmé, listovka vzniká rozkladem listů listnatých stromů na hromadách. Pravidelně by se měla přehazovat jednou ročně a v suchém počasí i vlhčit. Patří mezi lehké kypřící substráty. Její fyzikální a chemické vlastnosti závisí na stupni rozložení listů a také jejich druhu. Mladé listovky se skládají převážně z polorozložené hmoty a vznikají po jednom až dvou letech zrání. Spalitelný zbytek činí 40–60 %, reakce je slabě kyselá. Jsou kypřé a vzdušné. Používají se do tzv. lehkých zeminových směsí, např. pro begonie, gloxinie, bramboříky a kapradiny. Stará listovka vzniká po třech až pěti letech zrání na hromadách. Má menší nasáklivost a nakypřovací schopnost. Obsah organických látek se zde vyskytuje do 20 %. Je zde zpravidla neutrální pH, jen u bukové listovky je v rozmezí 5,5–6,5. Kvalitu listovek do značné míry ovlivňuje druh listů. Buková listovka vychází nejlépe. Naopak kaštanová může v čistém stavu působit i toxicky. Většinou se v praxi používá listovka smíšená. Nejkyselejší jsou listy z dubů, buků a bezu. Méně kyselé jsou z jasanu a javoru. Nejméně kyselé jsou z lip a platanů. Nejvyšší kvalita listovky je z listů ovocných dřevin. Pro svou pracnou přípravu je velmi málo používaná a zejména drahá (Soukup et al. 1979; Bedrna 1989).

3.2.2.2 Jehličnatka

Můžeme ji také nazývat lesní hrabanka. Jedná se o hrubý, surový humus z borových lesů. Hlavní složkou je borové jehličí v různém stupni rozkladu a také zbytky rostlin z lesního podrostu. Často se uplatňovala jako substrát pro pěstování vřesovcovitých, jako jsou azalky a eriky. Čerstvá jehličnatka má velmi příznivé vlastnosti, a to vysokou vzdušnost, nakypřovací schopnost a kyselé pH. Při delším skladování na hromadách se vytrácí nakypřenost v důsledku rozkladu. V pozitivním směru se zvyšuje její vodní nasáklivost. Za hlavní významnou vlastnost můžeme považovat velkou propustnost pro vodu. S tím se následně pojí malá poutací schopnost pro živiny a také značná vysychavost. Sama o sobě je i tak velmi chudá na živiny. Hodnota pH se u jehličnatky pohybuje v rozmezí 3,6–5,5. Její doporučený podíl v substrátech činí 20 % – 60 %. Velmi rychle však podléhá rozkladu, proto je pro pěstební substráty nevhodná (Soukup et al. 1979; Bedrna 1989).

3.2.2.3 Vřesovka

Hlavní podíl vřesovky tvoří hrubý surový humus, který vzniká rozkladem zbytků vřesovištních rostlin na vřesovištích. Většinou je smíchána s pískem. Díky své hrubé struktuře spadá do kategorie zemin s vysokou nakypřovací schopností. Obsah živin je velmi nízký. Hodnota pH se pohybuje mezi 4,0–5,5. Pro její velmi kyselé pH je vřesovka vhodná pro pěstování rostlin z rodu vřesovcovitých, hlavně rododendronů, azalek a erik. Často je pro její nedostatek nahrazována rašelinou nebo borovou jehličnatkou. U nás se vřesovka nepřipravuje pro nedostatek přírodních zdrojů (Soukup et al. 1979; Bedrna 1989).

3.2.2.4 Drnovka

Drnovka se připravuje kompostováním sloupnutých drnů nebo drnových plátů. Dále se přidává zemina z krtinců, vápno nebo chlěvský hnůj. Po půl roce dojde k přeházení hromad a již po roce je drnovka vhodná k použití. Jedná se o zeminu těžší, většinou hlinitopísčitého nebo hlinitého charakteru. Má menší objem pórů, asi kolem 60 %. Vykazuje vysoký podíl organické hmoty. Reakce je neutrální až slabě alkalická. Je používána pro přípravu tzv. těžkých zemitých směsí. Ty se používají pro karafiáty, chryzantémy aj. (Soukup et al. 1979).

3.2.2.5 Pařeništní zemina

Na její přípravu se používá zkompostovaný, částečně rozložený hnůj dříve sloužící jako výhřevná zakládka pařenišť. Přibližně dva až tři roky se při občasném prohození nechává uzrát směs hnoje a vrchní pěstební zeminy. Pařeništní zeminy jsou převážně písčitohlinité, vyznačující se neutrální reakcí. Využití je vhodné jako příměs do směsí pro pěstování hrnkových rostlin. V současné době je pařeništní zemina celkem vzácná (Soukup et al. 1979).

3.2.3 Minerální komponenty substrátů

Minerální látky utváří základ mnoha pěstebních substrátů. Při jejich hodnocení je významná sorpční schopnost, obsah minerálních živin, zrnitost, reakce pH a vodní a vzdušné

vlastnosti. Jelikož neobsahují živé organismy, nejsou zpravidla ani zdrojem dusíku. Minerální komponenty však bez organických látek nejsou vhodné pro pěstování rostlin (Bedrna 1989).

3.2.3.1 Zeminy

V substrátech zvyšují sorpční kapacitu a také stabilitu vůči změnám pH. Umožňují sorpci živin a také zlepšují i příjem vody při přeschnutí substrátu. Je známo, že nejvhodnější na toto použití jsou sprašové hlíny, bentonit a různé zeolity. Jejich přídavek v substrátech se pohybuje od 5 do 20 % (Vaněk et al. 2012).

3.2.3.1.1 Jílovité zeminy, jíly

Tvoří nepostradatelnou složku, zejména substrátů s delší dobou používání. Ty mají velmi důležitou vlastnost z hlediska chemické stability připravených substrátů—udržují hladinu pH v rovnováze (pufrční schopnost). Jílové minerály v substrátu dobře udržují živiny a poté je uvolňují zpět do rostlin. Nejčastěji se používají ve formě spraše bez přítomnosti klíčivých semen plevelů. Bentonit je poněkud dražší varianta, ale může být lépe zabudován do podkladu. Bentonitový prášek se na první pohled často nezdá být dokonale rozptýlen v podkladu. Granulovaný bentonit je dobře viditelný, ale používá se méně často. Podíl jílových minerálů v podkladech je nejčastěji 5–10 %, ve výjimečných případech až 20 %. Někteří výrobci substrátu vyjadřují podíl v rozmezí 15–50 kg.m⁻³ (jedná se o podobné vyjádření). Vyšší podíl jílových minerálů má negativní vliv na strukturu substrátů, vytváří sklon k tvorbě kalů a odráží se také ve vyšší ceně (Valtera 2004).

Také Jílek (2010) zmiňuje jílovité částice jako důležitou součást substrátu pro jejich schopnost vázat a postupně uvolňovat dodané živiny. V současné době je nejpoužívanější granulovaný jíl a bentonit (dostupný také v práškové formě), který je v substrátu přítomen v podílu 5–20 %. Kvalita jílového minerálu závisí na jeho vazebné síle.

3.2.3.2 Písek

Praný, tříděný, křemičitý písek tvoří součást některých speciálních typů substrátů, především trávnickových. Výrazným způsobem ovlivňuje prostupnost a poutání vody v substrátu (při jeho vyšším obsahu stoupá propustnost, ale klesá možnost zadržení). Podíl v substrátech bývá od 5 do 90 % (Valtera 2004).

3.2.3.3 Meliorační komponenty substrátů

Na přípravu speciálních substrátů se v poslední době více používají materiály s mimořádnými vlastnostmi. Můžeme mezi ně zařadit např. vysokou pórovitost, schopnost sorpce živin, jímavost pro vodu apod. Může se jednat o materiály syntetické, přírodní nebo připravené z přírodních materiálů (Vaněk et al. 2012). Jedná se v podstatě rovněž o minerální komponenty substrátů, ale často jsou zařazovány do samostatné skupiny melioračních komponentů.

3.2.3.3.1 Keramzit

Keramzit je zrnitý produkt s pórovitou strukturou. Vzniká zahříváním suché, těžké hlíny na 1100 °C, při čemž se uvolňuje plyn a jíl tak expanduje. Vstupní surovina musí mít nízký

obsah rozpustných solí, jinak může během pěstování dojít k zasolení substrátu. Velikost používaná v zahradnictví je průměrně 3–10 mm. Granule z expandovaného jílu se v zahradnictví používají od roku 1936 (Raviv et al. 2002). V současné době nastává velký rozmach v jeho používání do substrátů, například pro trvalky, extenzivní střešní zahrady či pro přesazování vzrostlých alejových stromů. Podíl v substrátech bývá od 10 do 70 % (Valtera 2004).

3.2.3.3.2 Pemza

Pemza neboli sopečné sklo, je vulkanická hornina s pórovitou strukturou, zpravidla bílé barvy (Booth 1996). Je to hrubá porézní hornina, která ve velkém množství obsahuje vzduch i vodu. Pemza má pH 6,5–7,0 (Bos et al. 2003). Pemza obsahuje určité množství draslíku a sodíku, ale pouze stopové množství vápníku, hořčíku a železa. Pemza však není příliš stabilní a jednotlivé částice se snadno rozpadají. Ve svém přirozeném stavu obsahuje materiál pouze malé množství živin. Je však schopen absorbovat určité množství vápníku, draslíku, hořčík a fosfor z půdního roztoku a později je uvolňuje pro rostlinu (Bunt 1988).

Pemza se používá ke zlepšení vlastnosti půd. Zabraňuje zhutnění, zlepšuje provzdušnění a zadržování vlhkosti a živin v kořenové zóně. Také působí jako půdní kondicionér. Stává se oblíbenou komponentou hydroponického pěstování, které nabírá na popularitě (Anonym 2021a).

3.2.3.3.3 Perlit

Jedná se o materiál, který je vyroben z přirozeně se vyskytující hydratované vulkanické horniny (perlitu), expandované teplem za vzniku buněčné struktury. Obvykle se mísí do pěstebních substrátů, aby se zlepšila tekutost směsi, zvýšil se obsah vzduchu a zlepšila absorpce vody (Growing media Europe 2016). Soukup et al. (1979) uvádějí, že expandovaný perlit se svými účinky a vlastnostmi nejvíce blíží rašelině. Avšak jediný vhodný je podíl s velikostí zrn od 0,5 do 3,0 mm. Valtera (2004) dále zmiňuje, že perlit dříve býval hojně využíván pro „vylehčování“ substrátů (zvýšování podílu pórovitosti). V současnosti se používá do speciálních množárenských a výsevných substrátů. Podíl bývá do cca 15 %.

3.2.3.3.4 Vermikulit

Vermikulit je přídavek do substrátu, který absorbuje živiny, zabraňuje jejich vymývání a pomáhá následnému uvolňování do rostlin. Vermikulit je plnohodnotná náhrada perlitu, písku a rašeliny současně, zlepšuje provzdušňování, drenáž a zadržování vlhkosti ve všech substrátech a napomáhá zdravému růstu kořenů. Vermikulit působí také jako velmi účinný růstový stimulant, a to především díky minerálům a stopovým prvkům, které tento doplněk substrátů obsahuje: hořčík, draslík, vápník, křemík, mangan a další (Anonym 2021b). Vermikulit je těžený minerál křemičitanové povahy. Sám o sobě je zdrojem draslíku, hořčíku a vápníku. Reakce pH je neutrální, ale u afrického Palabora dosahuje až 9 pH. Především pro hydroponii je vítanou složkou substrátů. Uplatňuje se v průměru jako 20–50% podíl do směsí, není však vhodné ho kombinovat s ornici (Pokluda 2005). Zatímco perlit se používá hlavně ke zlepšení drenážních vlastností ve směsi, vermikulit se používá ke zvýšení retenční kapacity substrátu. Může pojmout 3–4násobek své hmotnosti vody. Kromě toho může vermikulit obsahovat kationty, jako jsou K, Mg a Ca (Gruda et al. 2013).

3.2.3.4 Zvlhčující činidla

Jinak také hydroabsorbenty. Jedná se o vysokomolekulární chemické sloučeniny, jejichž cílem je zlepšit penetraci zavlažovací vody do substrátu a zajistit lepší distribuci ke kořenům v jejich aktivní růstové zóně, aniž by to nepříznivě ovlivnilo rostliny. To je zvláště důležité, pokud podklad z nějakého důvodu příliš vysychá. Například pokud je podklad připraven pouze z bílé rašeliny nebo byl dodán při nízké vlhkosti pod 40 %. Často nejsou ani deklarovány ve vyrobeném substrátu (Valtera 2004). Bylo zjištěno a následně ověřeno, že právě hydroabsorbenty mohou mít hlavní vliv na klíčivost vzhledem k rostoucímu obsahu vody, a to především v suchých a polosuchých oblastech (Woodhouse & Johnson 1991).

3.2.4 Hnojiva

Téměř všichni významní výrobci substrátů bez rozdílu používají jemně krystalická prášková hnojiva s obsahem N, P, K živin (14+16+18) a mikroprvků. Tato bezchloridová, dobře zapracovatelná hnojiva vytlačila až na výjimky granulovaná. Dávkování se běžně pohybuje v rozmezí 0,5–1,5 (2,5) kg.m⁻³ podle typu substrátu. Nižší dávky platí pro výsevnické substráty, nejvyšší pro pěstební k velkým rostlinám. Zde je potřeba připomenout, že uvedená dávka hnojiva v žádném případě nepostačuje zpravidla pro celou dobu pěstování rostlin. Po asi 4–6 týdnech je třeba začít přihnojovat vhodným hnojivem. Tento drobný nedostatek již řada dodavatelů substrátů dokáže odstranit zapracováním hnojiv s řízeným uvolňováním živin. Mnohým pěstitelům se tak jistě vybaví název Osmocote, ale svůj podíl na trhu si vydobývají i další, jako například Hydrocote nebo nejnověji Multicote. Doba jejich působení je od 3 do 24 měsíců a je odvislá od vlhkosti, a především od teploty (optimum 20 °C). Příjem živin klesá při nižších teplotách, při vyšších je naopak uvolňování podstatně rychlejší, což není žádoucí. Zde je třeba určité obezřetnosti a zkušenosti při jejich používání, neboť u mladých porostů může dojít i k poškození, retardaci růstu, někdy až k úhynu rostlin v důsledku „přesolení“ substrátu vlivem takto rychle uvolněných živin. Podle typu substrátu je možno zapracovat 3–8 kg takovýchto hnojiv do jednoho m³ substrátu (Valtera 2004).

3.3 Stručný popis významu jednotlivých živin

Existuje řada prvků, které považujeme za nezbytné pro růst rostlin. Ty, které jsou vyžadovány v relativně velkých množstvích, jsou známé jako makroprvky nebo hlavní prvky a ty, které jsou vyžadovány pouze v relativně malých množstvích, jsou známé jako mikroprvky nebo stopové prvky. Bez ohledu na skutečné množství, které rostlina vyžaduje, jsou však obě skupiny stejně důležité. Je zde ale i několik prvků, jako jsou baryum, fluor, jód a stroncium. Tyto prvky se nejeví jako nezbytné pro růst rostlin. Základní makroelementy jsou dusík, fosfor, draslík, vápník, hořčík a síra (Bunt 1988).

3.3.1 Makroprvky

Mezi makroprvky, pro rostlinu nezbytné, přijímané v relativně velkém množství můžeme zařadit uhlík, vodík, kyslík, dusík, fosfor, vápník, síra, draslík a hořčík.

3.3.1.1 Dusík (N)

Dusík je nejčastější limitující živinou. V rostlině slouží dusík stejným způsobem jako v jiných organismech – jako součást aminokyselin a nukleových kyselin. Dusík také hraje rozhodující roli ve struktuře chlorofylu – primární sloučeniny fotosyntézy, která zachycuje světlo. To spolu s jeho strukturální rolí v aminokyselinách vysvětluje, proč rostliny vyžadují velké množství dusíku, a proto je často omezující živinou pro růst rostlin. Největším přirozeným zdrojem dusíku je zemská atmosféra, kterou tvoří zhruba ze 78 % plynný dusík, což je inertní a v podstatě biologicky nedostupná forma tohoto prvku. Jeho biologická nedostupnost spočívá v tom, že dva atomy dusíku tvoří extrémně stabilní vazbu, kterou nelze snadno rozbít. Kromě lidmi řízených průmyslových procesů, které fixují plynný dusík na pevné nebo kapalné formy, jsou primárními prostředky fixace dusíku vysoká teplota a energie úderu blesku a biologická fixace dusíku bakteriemi. Nedostatek dusíku se obvykle projevuje chlorózou. V případě chlorózy způsobené nedostatkem dusíku jsou účinky nejprve pozorovány u zralejších listů a pletiv, protože rostlina přednostně exportuje dusík do aktivně rostoucích pletiv. Nedostatek dusíku ovlivňuje nejen listy rostliny, ale všechny živé buňky, které mají vysoké nároky na dusíkaté látky pro aminokyseliny a nukleové kyseliny, což snižuje celkovou produktivitu a vitalitu rostlin. Rostliny s nedostatkem dusíku obecně také vykazují vřetenovitý růst (Wiedenhoeft 2006).

3.3.1.2 Fosfor (P)

Fosfor můžeme považovat za jeden ze tří hlavních makroprvků komerčních hnojiv. Neobnovitelným zdrojem prakticky veškerého suchozemského fosforu je zvětvávání minerálů a půd v zemské kůře. Fosfor je obecně dostupný jako fosfát, anion, který není vázán prostřednictvím kationtové výměnné kapacity, a proto je při vyšším množství z půdy snadno vyluhovatelný deštěm nebo odtokem. Fosfor hraje v rostlinách stejnou chemickou a biochemickou roli jako ve všech ostatních organismech. Je to hlavní prvek, který se podílí na přenosu energie pro buněčný metabolismus. Je strukturální složkou buněčných membrán, nukleových kyselin a dalších kritických materiálů. Rostliny s nedostatkem fosforu jsou často

charakterizovány produkcí pigmentovaných sloučenin, které mají za následek ztmavnutí až purpurový odstín listů. Může také nastat zakrnění, stejně jako nekrotické léze a další příznaky (Troeh & Thompson 2005; Wiedenhoeft 2006). Příjem fosforu kladně ovlivňuje pH substrátu (měla by se pohybovat od 5,5 do 7), dostatečná vlhkost půdy, dostatek organických látek aj. (Vaněk et al. 2012).

3.3.1.3 Vápník (Ca)

Vápník je dvojmocný kation Ca^{2+} , který hraje důležitou roli ve struktuře buněčné stěny, buněčných membrán a přenosu signálu v rostlině. Většina z těchto funkcí je v zásadě extracelulární a vyskytuje se spíše v buněčných stěnách než v buněčné membráně, ačkoli role vápníku v integritě buněčné membrány se vztahuje i na intracelulární membrány. Vápník pochází převážně z geologických zdrojů zvětráváním půdních materiálů a je hlavním iontem v kationtové výměnném komplexu půdy. Je poměrně neobvyklé, že půdy mají nedostatek vápníku a zdá se, že většina rostlin roste i za podmínek s nadbytkem vápníku. U rostlin s nedostatkem vápníku se vyvíjející se pupeny, mladé listy a špičky kořenů buď nerozrůstají, nebo odumírají, pravděpodobně kvůli defektům souvisejícím s buněčnou stěnou. Vápník je obecně rostlinám při nízkém pH (vyšší kyselosti) nedostupný, takže kyselé půdy často přispívají k nedostatku vápníku dalšími příznaky; mnoho kovů se stává mobilních při nízkém pH, a tím i toxických (např. hliník) (Wiedenhoeft 2006). Dostatek Ca v pletivech zvyšuje odolnost vůči nepříznivým vlivům, odolnost k nízkým teplotám při střídání teplot. Současně zvyšuje odolnost k napadení škůdci a chorobami (Vaněk et al. 2012).

3.3.1.4 Síra (S)

Síra je dalším biologicky všudypřítomným prvkem, který hraje kritickou strukturální roli v několika aminokyselinách a ve sloučeninách podílejících se na elektronových přenosech při fotosyntéze a respiraci (Scherer 2001). Síra je také strukturální složkou specializovaných enzymů a příbuzných molekul. Síra se nachází v půdě především jako síran a je odvozena ze zvětrávání mateřských půdních materiálů nebo z vedlejších produktů lidského spalování fosilních paliv, která produkují síru obsahující plyny, sirovodík a oxid siřičitý. Tyto plyny se přeměňují na kyselinu sírovou v kyselém dešti. Rostliny postrádající dostatek síry často vykazují příznaky, jako je chloróza a větvenovitý nebo zakrnělý růst. Na rozdíl od rostlin s nedostatkem dusíku nebo draslíku vykazují rostliny s nedostatkem síry nejprve známky nedostatku v mladších vyvíjejících se pletivech, protože síra není v rostlině snadno translokována (Wiedenhoeft 2006).

3.3.1.5 Draslík (K)

Draslík je iont podílející se primárně na dynamice v buněčných membránách rostlin, včetně regulace průduchů a udržování turgoru a osmotické rovnováhy. Hraje také důležitou roli při aktivaci a regulaci enzymatické aktivity (Troeh & Thompson 2005). Draslík je půdně vyměnitelný kationt a je aktivně absorbován kořeny rostlin. Je hlavní složkou mnoha půd a kde se uvolňuje zvětráváním půdních matečných hornin a minerálů, jako jsou křemičitany draselno - hlinité. Draslík, i když je součástí komplexu kationtové výměny, je pouze slabě držen

na půdních částicích a je vysoce vyluhovatelný. Pokud jiné organismy rychle draslík nepřijmou, snadno se z půdy ztrácí v důsledku vyplavování a odtoku. Rostliny s nedostatkem draslíku obecně vytvářejí nekrotické léze nebo celkovou nekrózu listů po relativně krátké době chlorózy. Za velmi omezujících podmínek může dojít k odumření pupenů. Stejně jako u nedostatku dusíku se příznaky nedostatku draslíku nejprve objevují ve zralejších listech, protože rostlina přesune draslík do aktivně rostoucích, mladších pletiv. Většina rostlin vyžaduje draslík v poměrně vysoké koncentraci a ve výsledku je draslík běžnou hlavní složkou komerčních hnojiv, zejména v zemědělských systémech, kde odstraňování rostlinných částí (např. plodů) z lokality odstraňuje draslík z místního koloběhu. Sodík, další jednomocný kationt, může někdy v některých rostlinách částečně nahradit draslík (Wiedenhoeft 2006).

3.3.1.6 Hořčík (Mg)

Hořčík je dalším dvojmocným kationtem (Mg^{2+}), ale na rozdíl od vápníku jeho role úzce souvisí s intracelulárními funkcemi, ve srovnání s převážně extracelulární rolí vápníku. Hořčík je nejdůležitějším minerálem při aktivaci enzymů. Hořčík je také ústředním strukturním prvkem chlorofylu a podílí se na syntéze nukleových kyselin. Primárním zdrojem hořčíku je zvětrávání matečných materiálů v půdě a podobně jako vápník se obvykle vyskytuje jako běžná součást kationtově výměnného komplexu nebo v půdním roztoku. Rozpustnost hořčíku klesá se zvyšující se kyselostí a také při vysokém (alkalickém) pH. V případě nízkého pH bude pravděpodobně docházet k nedostatku hořčíku ve spojení s toxicitou kovů, kvůli jejich zvýšené rozpustnosti. Jelikož hořčík hraje důležitou roli v tolika aspektech biochemie rostlinných buněk, neexistuje jednotný popis příznaků jeho nedostatku (Wiedenhoeft 2006). Protože hořčík je nezbytnou složkou chlorofylu, rostliny, které mají nedostatek hořčíku, často vykazují chlorózu. Příznaky nedostatku hořčíku se objevují nejprve ve zralejších pletivech, protože hořčík je v rostlině translokovatelný (Troeh & Thompson 2005).

3.3.2 Mikroprvky

Do skupiny mikroprvků patří chlor, železo, mangan, bór, zinek, měď, molybden. Ty jsou vyžadovány v malém až stopovém množství.

3.3.2.1 Železo (Fe)

Železo je v závislosti na podmínkách redukce a oxidace v půdě dvojmocný nebo trojmocný kov. Je zapojeno jako strukturní složka hemového typu a dalších proteinů, hraje roli při aktivaci některých enzymů a podílí se na syntéze chlorofylu. Železo se nachází v půdě jako různé oxidy a také ve spojení s různými organickými molekulami. Železo může být v přírodním prostředí omezující kvůli nedostupnosti oxidových forem prvku pro rostlinu. Rostliny překonávají omezení absorpce železa tím, že snižují pH půdy a zvyšují rozpustnost železa a produkují speciální sloučeniny zachycující železo zvané siderofory. Siderofory jsou vylučovány do půdy, váží se s dostupným železem a poté jsou rostlinou znovu absorbovány. Jakmile je uvnitř rostliny, siderofor je zbaven železa a poté poslán zpět do půdy. Rostliny s nedostatkem železa vykazují intervenální chlorózu, nejprve se objevující v mladších

pletivech, protože železo se v těle rostliny snadno nepřenáší. Při extrémním nedostatku se dokonce pletivo kolem žil stává chlorotickým a celý list může vypadat bledě žlutý nebo bílý (Wiedenhoeft 2006).

3.3.2.2 Mangan (Mn)

Mangan je mikroživina z řady kovů, jejíž funkce jsou poměrně známé. Podílí se na fotosyntéze a membránových funkcích, při kterých se uvolňuje kyslík. Dále slouží jako důležitý aktivátor mnoha enzymů v buňce, což může v některých případech sdílet také s hořčíkem (Marschner 2012). Příznaky nedostatku manganu do značné míry závisí na druhu rostliny, ve které se nedostatek vyskytuje. Rostliny s nedostatkem manganu obecně vytvářejí chlorotické a nekrotické léze na listech, plodech nebo semenech. Distribuce příznaků, ať už na mladších nebo starších pletivech, závisí na dané rostlině (Wiedenhoeft 2006).

3.3.2.3 Bór (B)

Bór je neutrální mikroprvek, který se v půdním roztoku obvykle vyskytuje jako kyselina boritá. Přesné funkce boru v rostlině nejsou známy. Předpokládá se, že hraje roli při syntéze nukleových kyselin a obecné funkci membrány, stejně jako při strukturální integritě buněčné stěny (Wiedenhoeft 2006). Rostliny s nedostatkem bóru vykazují celkovou křehkost orgánů a apikální růstové body často odumírají. Kořeny mohou také odumřít nebo křehnout. Může se vyskytnout nepravidelná chloróza mezi žilnatinou. Listy a stonky křehnou z důvodu narušení růstu buněčné stěny. Takové poškození často vede k infekci patogenními organismy, které mají jen malé potíže s kolonizací již oslabené rostliny (Mengel et al. 2001).

Vysoká koncentrace B je pro rostliny toxická. Aby se zabránilo problémům s nedostatkem a toxicitou, je důležité, aby rostliny udržovaly koncentraci bóru ve tkáni v optimálním rozsahu. Transport boru je již dlouho považován za pasivní, neregulovaný proces (Miwa & Fujiwara 2010).

3.3.2.4 Zinek (Zn)

Zinek je další mikroživina z kategorie kovů, která hraje klíčovou roli v mnoha enzymech, často se objevujících buď na aktivním místě enzymu, nebo v oblasti regulující strukturu enzymu (Mengel et al. 2001). Nedostatek zinku má za následek neschopnost rostliny vytvářet dostatečné množství těchto proteinů, a proto je omezen hlavní růst. Zinek může být také zapojen do syntézy chlorofylu u některých druhů rostlin a do syntézy proteinů z DNA. Účinky nedostatku zinku jsou dobře známé. Konkrétně rostliny s nedostatkem zinku často vykazují příznaky známé jako zakrnělý růst listů. (Wiedenhoeft 2006).

3.3.2.5 Měď (Cu)

Měď je mikroživina, která je silně zapojena do elektronových přenosů při výměně energie v buňce, a to kvůli různým oxidačním stavům. Je to složka nebo aktivátor některých enzymů. Měď je těžký kov nacházející se v půdě ve spojení s různými jinými molekulami. V těle rostliny je obvykle vázána na speciální molekuly, aby došlo k omezení nebo zabránění

toxickým účinkům, které mohou nastat při vysokých koncentracích (Marschner 2012). Rostliny s nedostatkem mědi často vykazují příznaky chlorózy, i když existuje druhová variabilita. Dřeviny mají někdy kůru puchýřovitou a u mladých výhonků může dojít k odumírání (Wiedenhoeft 2006).

3.3.2.6 Molybden (Mo)

Molybden v rostlině slouží k zajištění funkcí důležitých enzymových systémů. Pokud je ale přijímán ve větším množství, než je fyziologická potřeba rostliny, pak se následně hromadí v pletivech. Molybden je velice důležitý a nepostradatelný pro metabolismus dusíku. Vysoké nároky na molybden mají brukvovité rostliny – květák, kapusta. Typickým příznakem nedostatku Mo je stáčení listů do člunkovitého tvaru. Dále např. u kvěťáku může dojít k vyslepnutí srdéčka, tvorbě menších nekvalitních růžic (Vaněk et al. 2016).

3.3.2.7 Chlor (Cl)

Chlór je nezbytný pro štěpení vody ve fotosyntéze, což je krok, při kterém se mj. generuje plynný kyslík dýchaný živočichy. Chlor je monovalentní anion, který pochází převážně ze solí v matečném půdním materiálu. Je vysoce vyluhovatelný, ale přesto je k dispozici ve velkém množství, a proto je projev nedostatku chloru prakticky neznámý. V laboratoři se vyznačuje tvorbou modrozelených, lesklých listů, které se nakonec zbarví bronzově. V extrémních případech rostliny vadnou nebo jsou silně zakrnělé, navíc mají významnou chlorózu a nekrózu (Wiedenhoeft 2006).

3.4 Hodnota pH substrátů a její regulace

Půdní reakce je vyjadřována záporným dekadickým logaritmem koncentrace H^+ iontů. Ty se ve vodních roztocích spojují s molekulami vody a tvoří hydroxoniové ionty H_3O^+ . V půdním roztoku rozpuštěné kyseliny a koloidní acidoidy uvolňují H^+ (disociace), rozpuštěné zásady a koloidní bazoidy se s nimi slučují (asociace). Půdní reakce je potom dána rovnovážným stavem mezi disociací a asociací H^+ iontů. Okyselení půdy či substrátu vzniká v důsledku odstranění bází z organických koloidů do spodních horizontů, zvláště při vyšším úhrnu srážek či závlaze, jílových minerálů a z amorfních gelů, z nitrifikačních procesů, vlivem intenzivní biologické činnosti půdy (tvorba H_2CO_3) či hnojením fyziologicky kyselými hnojivy. Vznik alkalické reakce lze přisoudit hlavně vysokému obsahu Na v prostředí, vysokému obsahu $CaCO_3$, intenzivní biologické činnosti půdy a používání hnojiv s vyšším obsahem sodíku (Hlušek et al. 2002).

Hlušek et al. (2002) uvádí dvě základní formy kyselosti:

- Aktivní kyselost je dána koncentrací iontu H^+ půdním roztoku. Je tvořena minerálními a organickými kyselinami půdního roztoku, hydrolyticky kyselými hnojivy a kyselými spady. Má bezprostřední vliv na příjem živin rostlinami. Stanovuje se ve výluhu substrátu vodou.
- Výměnná kyselost je způsobena adsorbovanými vodíkovými a hliníkovými ionty, které se vyměňují za bazické ionty roztokem neutrální soli KCl. Přímý vliv pH na příjem živin vyplývá z fyziologického působení jednotlivých živin a antagonismu iontů H^+ a OH^- , případně HCO_3^- . Obecně lze říct, že v alkalickém prostředí nastává jejich zvýšený příjem a v kyselém prostředí je příjem kationtů omezen, zatímco u aniontů je tomu naopak. Jako příklad lze popsat příjem dusíku, jako živiny, kterou rostliny přijímají ve formě kationtu i aniontu. V kyselém prostředí je preferován příjem NO_3^- a v neutrálním a alkalickém NH_4^+ (Vaněk et al. 2012).

Vaněk et al. (2012) doplňuje, že v kyselém prostředí jsou pro většinu rostlin méně vhodné podmínky pro růst, které se promítají do fyziologických procesů a do celkového metabolismu rostliny a jejího růstu. Snižuje se syntéza sacharidů, a tím je omezeno energetické zásobování kořenů a jejich metabolické funkce. Dále se snižuje tvorba kořenů, zvláště kořenového vlášení. Zároveň nastává vyšší nebezpečí výskytu houbových chorob, které je zvláště nebezpečné u klíčících a mladých rostlin. Úprava pH substrátů se řídí hlavně nároky daných rostlin a povahou pěstebního prostředí.

U substrátů se pH upravuje podle obsahu organických látek, které v substrátu převládají, a jejich vlastností, hlavně pH a sorpční kapacity. Je rozhodující i výchozí hodnota pH. Většinou se úprava realizuje přidávkem vápence (dolomitu) tak, aby se otupila extrémní kyselost rašeliny a výsledné pH se pohybovalo v rozmezí 5,5 – 6,0. Vlastní dávka vápence se určuje obtížněji, musí vycházet ze sorpční kapacity substrátu a předpokládá se, že by Ca měl zaujímat asi 50 % kationtové výměnné kapacity (Vaněk et al. 2012). Vaněk et al. (2016) dodává, že je nutné pH sledovat a provádět udržovací vápnění, které by mělo pokrýt ztráty vápníku z půdy či substrátu (vyplavení, okyselující vliv hnojiv či odběr rostlinou). Jednotlivé rostlinné druhy rostlin mají odlišnou reakci na půdní pH. Rostliny nemusí vždy akceptovat konkrétní hodnotu pH půdního

stanoviště, ale vyhovuje jim užší nebo širší rozmezí, které je pro ně optimální. Obsah organické složky můžeme považovat za hlavní ukazatel optimálního rozmezí pH substrátu. Rozdílně nahlížíme na posuzování substrátů organických a naopak minerálních. U substrátů organického původu je i větší odchylka od vhodného rozmezí pH tolerována. Naopak u minerálních substrátů je hodnota pH mnohem důležitějším faktorem.

3.5.1. Úprava hodnoty pH

Úprava hodnoty pH se nejčastěji provádí aplikací vápence. Výběru vhodného druhu je třeba věnovat skutečně náležitou pozornost, protože pokud se použije hruběji mletý, působí pozvolněji a po delší dobu. Naopak velmi jemně mletý reaguje intenzivněji a podstatně kratší dobu. Nejčastěji se používá dolomitický vápenec, takže doplňuje vedle vápníku i hořčík. Obvyklé dávkování bývá 3–6 kg.m⁻³ substrátu (Valtera 2004). Hodnota pH hraje důležitou roli v rostlinných substrátech a určuje dostupnost různých živin. Ačkoli se požadavky rostlin na pH liší, pro většinu rostlin nastává optimální dostupnost živin, když je hodnota pH živného roztoku mezi 5,5 a 6,5. Vyšší hodnoty, dokonce i pH > 6,0, téměř vždy snižují rozpustnost fosfátů, železa a většiny mikroživin. Kromě toho jsou vysoké hodnoty pH (> 7,5) v závlahové vodě nežádoucí vzhledem k pravděpodobnému vysrážení uhličitanů Ca a Mg, jakož i ortofosforečnanů, které mohou ucpávat kapkovou závlahu. Hodnota pH živného roztoku může být také důležitá pro interakci mezi ortofosforečnanovými ionty a pevnými složkami. Nízká dostupnost P tedy může omezovat produktivitu plodin i krátce po aplikaci P (Raviv et al. 2002). Obecně platí, že nižší hodnota pH a nižší obsah živin a solí jsou lepší pro přípravu a výrobu substrátu. Počáteční materiály s takovými vlastnostmi (např. rašelinový mech) umožňují výrobu substrátu, kde lze hodnotu pH snadno zvýšit přidáním vápna a je možné regulovat a vyvážit relativně vysokou hodnotu pH jiných komponentních materiálů. Požadavky různých kultur lze přesně vzít v úvahu, produkovat a kontrolovat (Gruda 2005).

4 Závěr

Hlavním cílem této bakalářské práce bylo shrnout formou literární rešerše aktuální poznatky v oblasti využití pěstebních substrátů.

Nejdříve je pojednáno o obecných informacích a historických zdrojích o substrátech. Dále jsou uvedeny informace o jednotlivých komponentech substrátů. Poté následuje přehled organických a minerálních složek substrátů, ke kterým můžeme přidat i meliorační komponenty. Ty lze popsat jako látky s vysokou pórovitostí, schopností sorpce živin, jímavostí pro vodu apod.

Hlavní a základní složku pěstebních substrátů, používaných jak v České republice, tak i v jiných evropských státech, zůstává ještě stále rašelina. Tu lze využít jako samostatný produkt, nebo ji lze kombinovat jak s minerálními, tak organickými komponenty. Zdroje rašeliny jsou však omezené a její těžení představuje vysokou environmentální zátěž. Proto jsou studovány různé možnosti jejího nahrazení. Mezi částečné alternativy pro nahrazení rašeliny patří např. listovka, drnovka, vřesovka aj., avšak tyto materiály jsou v současné době používány jen zřídka, zejména z důvodu nákladnosti a nedostupnosti. Proto jsou v rámci této práce popsány i perspektivnější alternativy rašeliny. Jedná se zejména o rýžové pluchy, kokosová vlákna, kompostovanou kůru, kompost aj.

V neposlední řadě je v rámci této bakalářské práce uveden i stručný přehled významu jednotlivých živin v substrátech, včetně popisu hlavních příznaků jejich nedostatku, popř. nadbytku.

V současné době jsou pěstební substráty velmi často využívány a jedná se tak o aktuální téma. Právě to by mělo být impulzem pro hledání dalších alternativních a obnovitelných zdrojů pro výrobu substrátů, ale i podrobnějšího prostudování těch stávajících. Jako perspektivní cesty se jeví zejména využití obnovitelných zdrojů, ale i třeba hydroponické pěstování rostlin.

5 Seznam literatury

Anonym 2021a. The Advantages of Growing in Pumice. Available at <http://ponicsstone.com/pumice-grow-media-advantages.html> (accessed April 2021).

Anonym 2021b. Vermikulit – přísada do substrátů. Available at <https://www.specialnizahradnictvi.cz/obohacovace-substratu/better-grow--vermiculit/> (accessed April 2021).

Bassan A, Bona S, Nicoletto C, Sambo P, Zanin G. 2020. Rice Hulls and Anaerobic Digestion Residues as Substrate Components for Potted Production of Geranium and Rose. *Agronomy*.

Beardsell DV, Nicholas, DG, Jones, DL. 1979. Physical properties of nursery potting-mixtures. *Scientia Horticulturae* **11**:1-8.

Bedrna Z. 1989. Substráty na pestovanie rastlín – základy pestovania. 1. vyd. *Príroda*, Bratislava.

Booth B. 1996. *Horniny a minerály*. Volvox Globator, Praha.

Bos EJJ, Keijzer RAW, van Schie WL, Verhagen JBG, Zevenhoven MA. 2003. *Potting soiles and substrates*, RHP Foundation, Netherlands.

Buck JS, Evans MR. 2010. Physical Properties of Ground Parboiled Fresh Rice Hulls Used as a Horticultural Root Substrate. *HortScience* **45**(4):643–649.

Bunt, AC. 1988. *Media and mixes for container-grown plants (A manual on the preparation and use of growing media for pot plants)*. Springer Netherlands

Dubský M, Šrámek F. 2001. Pěstební substráty s kompostovanou kůrou. *Zahradnictví* **2**:15–16.

Dubský M, Šrámek F. 2007. Obsah a dostupnost stopových prvků v substrátech. *Zahradnictví* **5**: 56–57.

Dubský M, Šrámek F. 2009. Pěstební substráty s přidavkem odpadní minerální plsti. *Certifikovaná metodika*. VÚKOZ Průhonice.

Dubský M, Šrámek F, Slezáček Z. 2010. Fyzikální vlastnosti rašelin. *Zahradnictví*. **9** (2):58-59.

Dubský M. 2011. Drcený korek – alternativní komponent pěstebních substrátů. *Zahradnictví*. **2**:60–63.

El-Behairy UAA. 2014. Simple Substrate Culture in Arid Lands. :69-97 DOI: 10.5772/59628.

Gómez C, Robbins J. 2011. Pine Bark Substrates Amended with Parboiled Rice Hulls: Physical Properties and Growth of Container-grown *Spirea* during Long-term Nursery Production. *HortScience*. **46**(5):784–790.

Growing media Europe. 2016. About Growing Media, A short introduction. Belgium. Available at <https://www.growing-media.eu/news-1> (accessed February 2021).

Gruda N. 2005. Growth and quality of vegetables in peat substitute growing media. Habilitationsschrift (post-doc thesis), Germany.

Gruda N. 2012. Current and Future Perspective of Growing Media in Europe. *Acta Horticulturae* **960**:37-43.

Gruda N, Quarouti MM, Leonardi Ch. 2013. Growing media. Available at (https://www.researchgate.net/publication/255700709_Growing_Media) 271-301.

Hlušek J, Richter R, Ryant P. 2002. Výživa a hnojení zahradních plodin. Farmář, Praha.

Jílek A. 2010. Zaměřeno na substráty. *Zahradnictví* **4**: 40-41.

Juliano BO, Maniñgat CC, Pascual CG. 1987. Properties of fraction of rice hull. *Phytochem* **26**(12):3261-3263.

Marschner H. 2012. Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press.

Mengel K, Kirkby EA, Kosegarten H, Appel T. 2001. Principles of Plant Nutrition. 5th Edition. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.

Miwa K, Fujiwara T. 2010. Boron transport in plants: co-ordinated regulation of transporters. *Annals of Botany*. **105**:1103–1108.

Neuberg J. 1998. Hnojení a výživa rostlin na zahradě. Grada, Praha.

Pokluda R. 2005. Moderní složky zahradnických substrátů. *Zahradnictví*. **4**:49–50.

Raviv M. 2005. Production of high-quality composts for horticultural purposes: a mini-review. *HortTechnology* **15**(1): 52-57.

Raviv M, Wallach R, Silber A, Bar-Tal A. 2002. Substrates and their analysis. In: Savvas D, Passam H. (eds.) Hydroponic production of vegetables and ornamentals. Athens: Embryo Publications, 25–101.

Salaš P, Mokričková J, Sasková H, Chromečková J. 2010. Uplatnění alternativních komponent v pěstebních školkařských substrátech. *Zahradnictví*. **9**: 62–63

Scherer, HW 2001. Sulphur in crop production - invited paper. *European Journal of Agronomy*, **14**(2): 81-111.

Soukup J, Matouš J, Bower R, Kaufmann HG, Nachlinger Z. 1979. Výživa rostlin, substráty, voda v okrasném zahradnictví. Rostlinná výroba. Státní zemědělské nakladatelství, Praha.

Suchan F. 1997. Nové zdroje rašeliny a možnosti rozvoje výroby pěstebních substrátů. Informace pro zahradnictví **11**:16–17.

Troeh FR, Thompson LM. 2005. Soils and Soil Fertility. 6th Edition. Blackwell Publishing, USA.

Valtera J, 2004. Surovinová skladba pěstebních substrátů. Zahradnictví **2**:29-31.

Vaněk V, Balík J, Pavlíková D, Tlustoš P. 2007. Výživa polních a zahradních plodin. Profi Press, Praha.

Vaněk V, Balík J, Černý J, Pavlík M, Pavlíková D, Tlustoš P, Valtera J. 2012. Výživa zahradních rostlin. Academia, Praha.

Vaněk V, Balík J, Pavlík M, Pavlíková D a Tlustoš P. 2016. Výživa a hnojení polních plodin. Profi Press, Praha.

Wiedenhoeft AC. 2006. Plant nutrition. Chelsea house Publisher, New York.

Woodhouse JM, Johnson MS 1991. The effect of gel-forming polymers on seed germination and establishment. Journal of Arid Environments 20, pp. 375-380.

ČSN 83 9001: Sadovnictví a krajinářství – Terminologie – Základní odborné termíny a definice. Český normalizační institut, Praha, 1999. 24 s.