

## **ZLEPŠUJÍCÍ MATERIÁLY**

Zlepšující materiály jsou materiály, které s ohledem na svoje vlastnosti mohou při správném použití ovlivnit kladně vlastnosti půdního profilu – především vegetační vrstvy. Především se jedná o zlepšení a optimalizace mechanických, fyzikálních a chemických parametrů půdy na stávajících stanovištích a při nové výsadbě. Principy používání zlepšujících materiálů jsou uvedeny v kap SZ03.

### **1. Východiska, definice**

Základní legislativní normou pro tuto oblast je Zákon č. 156 ze dne 12. června 1998 o hnojivech, pomocných půdních látkách, pomocných rostlinných přípravcích a substrátech a o agrochemickém zkoušení zemědělských půd (zákon o hnojivech).

Požadavky na zlepšující materiály vymezuje ČSN 83 9011 - kapitola „Požadavky“:

- Materiály a látky pro zlepšování půdy - všeobecně: Materiály a látky pro zlepšování půdy (pomocné půdní látky) musí odpovídat požadavkům předpisů o ochraně půdy a starých zátěžích, hnojivech a biologických odpadech. (V ČR je tato problematika upravena ČSN 46 5730 a ČSN 46 5735.)

Vhodnost materiálů pro zlepšování půdy vymezuje ČSN 83 9011 - kapitola „Zkoušky“:

- Zkoušky pro vegetačně technické hodnocení- průkazní zkoušky- vhodnost materiálů pro zlepšování půdy: Vhodnost materiálů pro zlepšování půdy podle 6.2 je nutno prokázat v požadovaném rozsahu osvědčeními o zkouškách, výsledky vědeckých pokusů nebo laboratorními analýzami.

U produktů vyráběných nebo připravovaných průmyslově nebo v zařízeních na kompostování odpadů v usazovacích a čistících nebo podobných provozech musí být udávány obsažené látky a koncentrace škodlivin. Obsah těžkých kovů a dalších škodlivých látek nesmí překročit předpisy stanovená nejvyšší množství

### **2. Klasifikace zlepšujících materiálů**

Jednotliví autoři používají různá kritéria pro třídění zlepšujících materiálů (např. původ /přírodní-syntetický/, podle vlivu na půdní prostředí, podle obsahu organických látek). Pro oborové potřeby se jeví jako praktické níže uvedené členění.

<b>Základní rozdělení zlepšujících materiálů</b>	
<b>Skupina</b>	<b>Příklad</b>
MINERÁLNÍ MATERIÁLY BEZ ORGANICKÝCH LÁTEK	a) písky a štěrkopísky
	b) prosívka
	c) škvára
	d) zeolit
	e) bentonit
MINERÁLNÍ MATERIÁLY S OBSAHEM ORGANICKÝCH LÁTEK	a) některé komposty
	b) kaly (cukrovarské, z městský čistíren aj.
	c) zeminy
MATERIÁLY S VYSOKÝM OBSAHEM ORGANICKÝCH LÁTEK	a) rašeliny (více než 50% spalit. l. v sušině)
	b) rašelinné zeminy (35-50% sp.l.v sušině)
	c) rašelinné substráty
	d) průmyslové komposty
MATERIÁLY SYNTETICKÉ	a) granulovaný polystyren
	b) pěnová formaldehydmočovina

### **3. Minerální materiály bez organických látek**

Požadavky na zlepšující materiály vymezuje ČSN 83 9011 - kapitola „Požadavky“:

- Materiály a látky pro zlepšování půdy - minerální materiály: Minerální materiály pro zlepšování půd, např. vápenec, písek, štěrk, kamenná drť, pemza, láva, kamenná moučka, keramz it, silikátové koloidy, musí být pro předpokládaný účel použití vhodné. Musí např. snižovat nebo zvyšovat plasticitu, zlepšovat propustnost pro vodu, zvyšovat zatížitelnost, měnit pórovitost a stabilizovat strukturu. Materiály, které by, vzhledem k rychlému zvětrávání, nepříznivě ovlivňovaly zrnitost a/nebo hodnotu pH půdy, by se neměly používat

Především podle využitelných vlastností těchto materiálů a jejich původu lze účelně vymezit dílčí podskupiny:

- Materiály přírodní
  - Usazené horniny
  - Sopečné horniny
  - Jílovité minerály
- Průmyslové produkty
  - Průmyslové produkty
  - Průmyslové vedlejší produkty a recyklované materiály
  - Anorganické chemikálie pro stabilizaci půdy

#### **3.1. Usazené horniny**

Jedná se o horniny vzniklé geologickým fyzikálním nebo chemickým usazováním, částečně s reakční kapacitou.

**3.1.1. Křemenné písky/štěrky:**

Obecně chemicky inertní, odolné vůči zvětrávání, bez fyziologického vlivu na rostliny; výlučně strukturální stavební prvek k přizpůsobení zrnitosti a jako filtrační a drenážní materiál.

Označení písku a štěrkopísku dle velikosti zrn (ČSN 72 1002)	
označení	velikost zrn (mm)
písek jemný	0,063- 0,250
písek střední	0,250 - 1
písek hrubý	1-2
štěrk drobný	2-8
štěrk střední	8-32
štěrk hrubý	32 - 128

**3.1.2. Vápenec, dolomit, řasový vápenec**

Použití jako kamenná moučka, granulát a štěrk; zvyšuje pH, proto nepoužívat v alkalických půdách; jako flokulační činidlo díky působení Ca v silně pojivých půdách ke zlepšení a konsolidaci půdy; vápenaté a hořečnaté hnojivo. U půdní vody agresivní proti vápenci vyluhování působením kyseliny uhličitě a usazování ve spodních kořenových vrstvách, částečně usazování v kořenových kanálech.

**3.1.3. Sádra**

Použití jako prášek a granulát, přírodní nebo kalcinovaná, jako flokulační činidlo ke zlepšení struktury silně pojivých půd; problém u anaerobních, redukováných, silně humózních půd kvůli tvorbě H<sub>2</sub>S.

**3.1.4. Křemelina**

Křemičité schránky rozsivek s vysokou sorpční kapacitou, jemně disperzní s částečně koloidním působením a dobrou zádržnou kapacitou pro vodu. Křemičité hnojivo.

**3.2. Sopečné horniny**

Sopečné horniny jsou sopečné výtokové nebo erupční produkty z jemně krystalických křemičitanových a oxidových minerálů, částečně s obsahem skelné matice, která často má vysoký objem pórů.

Pouze otevřené póry přispívají ke zvýšení zádržné kapacity pro vodu, přičemž i zde rozměr pórů významně ovlivňuje přístupnost pórů pro vodu. Při příliš vysokém povrchovém napětí může být voda adsorbována pouze jako molekulárně tenký kapilární povrchový film na volně přístupném povrchu pórů.

Geologickým uložením se částečně změnily fyzikálně-chemické vlastnosti, takže se přimísením do půdy může zvýšit náchylnost těchto hornin k zvětrávání.

**3.2.1. Láva, čedič:**

Jako štěrk či písek vysoká pevnost v tlaku; odolnost proti mrazu, použití jako stavební prvek spodních vrstev krytu a zahrnovací materiál, rostlinně-fyziologicky bez výživné hodnoty,

nezávadný. Čedič jako kamenná moučka při uvolňování Na poškozuje půdní strukturu. Červená láva: možná tvorba okru (okrovatění) působením kyselé nebo silně redukované půdní vody.

Láva částečně jako příměs k odlehčení substrátů a omezení sedání půdy. Zvýšení zádržné kapacity pro vodu (Wasserspeicherkapazität - WK) a vzdušné kapacity pórů u lávy s otevřenými póry.

### **3.2.2. Pemza, tuf, tras, perlit:**

Jako štěrk či písek nízká pevnost v tlaku, jako vylehčovací příměs do substrátů ke zlepšení půdní struktury, provzdušnění, jako drenážní materiál; některé tufy a trasy obsahují velké množství draslíku (až 8%  $K_2O$ ) a esenciální stopové prvky. Fonolitové moučky působí uvolňováním draslíku na půdu disperzně, tj. snižují půdní strukturu.

Částečně jako příměs k odlehčení substrátů a omezení sedání půdy. Zvýšení WK a vzdušné kapacity pórů u materiálů s otevřenými póry.

## **3.3. Jílovité minerály**

Jedná se o těžené minerály, které přicházejí na trh částečně jako přírodní materiál nebo průmyslově upravené. Díky speciálním mineralogickým strukturálním vlastnostem mají tyto minerály zvláštní povrchové vlastnosti jako zvýšenou sorpční a výměnnou kapacitu např. pro Na, těžké kovy aj.

Částečně svou pojivostí přispívají k tvorbě půdní struktury. Jejich účinek závisí na pH. V práškové formě jsou problematické kvůli snížení propustnosti pro vodu při vyplavení.

### **3.3.1. Bentonity**

Obsahují jako hlavní minerál montmorillonit s velmi vysokou výměnnou kapacitou. Bentonity, u nichž je sodík průmyslově nahrazen sodou, jsou pro rostlinné účely nevhodné kvůli pH 10 - 12 a uvolňování sodíku. Vhodný je Ca-přírodní bentonit (montmorillonit > 70 %), protože díky flokulaci Ca skýtá dobrou strukturální stabilitu s bobtnacími a smršťovacími vlastnostmi.

Rozšiřuje možnosti při zpracovávání půd s omezením plasticity. Pozor při použití prášků: nebezpečí naplavení a tvorby nepropustných horizontů.

Působení: podpora tvorby půdní struktury, pojidlo, zvýšení sorpční a výměnné kapacity, měnič iontů, vázání těžkých kovů, zlepšení plastických vlastností a omezení při zpracovávání, zvýšení vodní kapacity u písků a hrubých jemnozrnných písků.

### **3.3.2. Zeolity**

Skeletové křemičitany s klecovitou strukturou, tedy výměnná kapacita srovnatelná s jílovitými minerály. Jednak z přírodních ložisek, částečně přirozeně obsaženy s velkým hmotnostním podílem ve speciálních sopečných horninách (tras až > 60 %), jednak také synteticky průmyslově vyráběny.

Průmyslové i přírodní zeolity vhodné jako písek až hrubý jemnozrnný písek. Výhoda oproti jílovitým minerálům: žádné smršťování a bobtnání, žádné vyplavování u zrnových velikostí > 0,06 mm, protože krystality jsou spojeny v horninových agregátech.

Působení: zvýšení výměnné a sorpční kapacity, měnič iontů, sanace škod od posypových solí, vázání těžkých kovů, pufrace a fixace živin.

### **3.4. Průmyslové produkty**

#### **3.4.1. Pálené vápno:**

Průmyslové pálené vápno jako oxid vápenatý nebo vápenný hydrát. Působení jako vápenaté hnojivo a flokulační činidlo-reaguje s půdní vodou za vzrůstu objemu s následnou stabilizací půdní struktury, ale velmi alkalické, způsobuje částečné popálení rostlin (kořenů); použití pouze u půd s  $\text{pH} < 7$ .

Působení: konsolidační prostředek, díky vázání vody krátkodobě vysušuje provlhčenou půdu, flokulace Ca, zvýšení  $\text{pH}$ .

#### **3.4.2. Vápenný polohydrát (neztuhlá sádra):**

Průmyslově dehydrovaná sádra, která za působení půdní vody zvětšuje objem, tvoří jehlicovité krystaly a tuhne; působení jednak jako Ca-flokulační činidlo, jednak reaguje v půdě s hliníkem za tvorby jehlicovitých krystalů, tedy velmi dobrý stabilizátor půdní struktury.

Působení: Měníč iontů při poškození posypovou solí, pufrace hliníku v kyselých půdách. Vhodný zvláště pro zlepšení půdní struktury u půd s vysokou hodnotou  $\text{pH} > 7$ . Konsolidační prostředek (vysoušení vlhkých půd), zlepšení půdní struktury u silně pojivých půd; vápenaté a sirnaté hnojivo, pufrace solí.

#### **3.4.3. Peroxid vápníku:**

Průmyslově vyráběný:  $\text{CaO}_2$ ; odštěpování peroxidu vodíku jako aktivního kyslíku za tvorby oxidu vápenatého se stejným účinkem jako pálené vápno. Pomocný prostředek při sanaci anaerobních stanovišť (pufrace  $\text{CO}_2$ , tuhnutí za absorpce vody a s tím spojené konsolidace a stabilizace půdní struktury).

Působení: obohacení kyslíkem, konsolidace půdy, tvorba půdní struktury, flokulace Ca, sanace od organických škodlivin.

#### **3.4.4. Silikagely:**

Koloidně sražená kyselina křemičitá pro zlepšení zádržné kapacity pro vodu a zásobení živinami: např. AGROSIL

Působení: konsolidace a stabilizace půdy pomocí flokulace, iontová výměna, sorpce těžkých kovů, zdroj fosforečnanů.

#### **3.4.5. Expandovaná břidlice:**

Zahříváním jílovců a jílovitých břidlic obsahujících vodu průmyslově expandované, destičkovité lehké substráty. Problémy nastávají při nedostatečné odolnosti proti zvětrávání vůči agresivní půdní vodě a rostlinným exsudátům s následnou delaminací a snížením zrnové velikosti. Silně železité substráty vedou k okrovatění.

#### **3.4.6. Keramzity:**

Průmyslově vyráběné kulaté zrno z keramických sbalků, které jsou za vysokých teplot páleny a keramizovány z jílovitých sbalků s rozpínavými přísadami a tak vykazují vysoký podíl převážně uzavřených pórů. Použití jako složka skeletového zrna (kulaté zrno) s nízkou kapacitou pro vodu u keramzitu s vysokou spékací teplotou (hlavní složka: keramické minerály); spékání při nízké teplotě vede k vysoké poréznosti a vysoké kapacitě pro vodu; objem volně přístupné vody zde závisí na druhu produktu a velikosti pórů. V současné době převládá na trhu v ČR pod obchodním názvem Liapor.

### 3.4.7. Vermikulity

V zahradnictví se používají jako „Bláh-Vermikulit“ nebo „Vermica“ (dovoz). Jedná se o termicky expandované hruboplátkové vermikulitové granuláty, které se za vlhka rozvrství a při bočním tlaku se odlamují a stlačují.

Působení: výměnná a sorpční kapacita, kapacita bobtnání pouze jemně disperzní u frakcí jemnějších než jemný jemnozrnný písek.

### 3.4.8. Agroperlit

Perlit je hornina sopečného původu, která se žíháním při teplotě 800-1 280 st. C mění na expandovaný perlit. Agroperlit má větší zrna než perlit používaný ve stavebnictví. Objemová hmotnost je 50 – 240 kg/m<sup>3</sup>, pH 6,5-8,0. Pórovitost je 90%, 2/3 pórů lze naplnit vodou.

Použití: zvýšení vodní kapacity (snížení vysychavosti)

### 3.4.8. Keramické / cihelné granuláty:

Průmyslově vyráběný keramický materiál ze surové cihloviny (jílů), který se po keramizaci žářem mechanicky třídí podle zrnové velikosti. Stupeň keramizace a podíl pórů i zde závisí na výrobku. Platí stejné údaje jako u předchozího bodu, pouze je nutno uvést, že se jedná o zrnový materiál s lomenými ostrými hranami, který je půdně-mechanicky úložně stabilnější než kulaté zrno.

## 3.5. Průmyslové vedlejší produkty a recyklované materiály

Tyto materiály pocházejí z průmyslových zbytků a odpadů a obecně mají srovnatelné fyzikální a chemické parametry jako speciálně vyráběné průmyslové produkty. Nacházejí částečné uplatnění při stavbách sportovišť a cest.

U těchto recyklovaných produktů je však nutno dbát na dodržení zákonných omezení pro těžké kovy a škodliviny (za ručení je zodpovědný dodavatel). Často vykazují recyklované materiály vysoké hodnoty pH a vysoký obsah Na, nedoporučuje se tedy použití pro vegetační účely.

Příklad: škvára, popílek, horninový odval, struska, cihelná moučka, recyklované materiály ze staveb aj.:

### 3.5.1. Škvára

Škvára vzniká jako odpad při spalování tuhých paliv – jsou to zpevněné, ne však úplně roztavené minerální zbytky různých druhů kamenného a hnědého uhlí, hořlavých břidlic a jiných pevných paliv vzniklé v různých typech topenišť. Je to směs:

- vlastní škvára: vzniká spečením pórovitého popela (je nejcennější složkou)
- struska: neporézní, vysoká kyselost
- popel: zrnitý až prachovitý, +- nepoužitelný
- přepálená hlušina: tvoří prachový podíl
- uhelný nedopal: působí negativně – bobtnání, rozbředlost

Vlastnosti škváry se musí zpravidla upravovat – odležení, třídění.

### **3.6. Anorganické chemikálie pro stabilizaci půdy**

Tyto pomocné látky mají široké uplatnění v pozemním stavebnictví při konsolidaci podkladu a stabilizaci půdní struktury; na vegetačních plochách však mohou zapříčiňovat elektrolytické poškození kořenů, vysoký obsah solí a částečně extrémní, pro rostliny nepřipustné změny pH.

Působení: tvorba půdní struktury, konsolidace půdy, regulace pH.

Příklad: silikátové koloidy a gely, vodní sklo, síran železnatý, síran hlinitý, aj.:

## **4. Materiály s obsahem organických látek**

Zlepšující materiály s obsahem organických látek patří v současné době mezi nejpoužívanější. Při jejich používání je třeba znát jejich složení, zvláště pak obsah organické hmoty.

### **4.1. Východiska pro používání**

Obecné podmínky použití pro organické látky definuje ČSN DIN 18 915:

Požadavky na zlepšující materiály vymezuje ČSN 83 9011 - kapitola „Požadavky“:

- Materiály a látky pro zlepšování půdy - organické materiály - účel použití: Organické materiály pro zlepšování půd musí vyhovovat předpokládanému účelu použití, např. zvyšovat obsah organické hmoty, zlepšovat zadržování vody a dostupnost vody pro rostliny, rozšiřovat pásmo mezi bobtnání a smršťování, měnit půdní reakci a podporovat činnost mikroorganismů. Rašeliny musí být s ohledem na stupeň rozkladu vhodné pro zamýšlené použití.
- Materiály a látky pro zlepšování půdy - organické materiály - plastické hmoty: Vločkové pěnové hmoty pro zadržování vody musí mít otevřenou buněčnou strukturu.

Další podmínky použití zlepšujících materiálů obsahujících organické látky:

- Všechny organické pomocné látky se v aerobní půdě mikrobiálně rozkládají za spotřeby kyslíku a tvorby CO<sub>2</sub>.
- V anaerobních (chudých na kyslík) půdách se oproti tomu tvoří za působení anaerobních mikroorganismů a hub redukované organické sloučeniny, které zpravidla mohou poškozovat kořeny i celé rostliny. Z tohoto důvodu je v principu nutno veškeré zavádění organické hmoty do půdy hlouběji než asi 30 cm považovat za škodlivé (s výjimkou dobře provzdušněných písků), není-li zajištěno dostatečné provzdušnění. Ve svrchní vrstvě půdy a v dobře provzdušněných hlubších písčitých půdách může přidání organické hmoty výrazně zvýšit zádržnou kapacitu pro vodu, ukládání živin, citlivost na sedání a strukturální stabilitu.

### **4.2. Minerální materiály s obsahem organických látek**

Do této skupiny patří materiály typu zemin – v některých případech typů kompostů. Obsahují zpravidla vyšší procenta jemných jílovitých frakcí a méně nebo více organických látek.

#### 4.2.1. Kompost

Kompost z listí, pokosené nebo rozdrcené organické hmoty, drnů, kůry a podobně má být natolik rozložen, aby nedocházelo k jeho zahřátí. Může obsahovat zeminu. Poměr C : N (uhlík: dusík) by neměl překročit hodnotu 25:1

#### 4.2.2. Kompost z organických domovních odpadů

Komposty, jež sestávají úplně nebo částečně z organických domovních odpadů, popř. s použitím odpadních kalů, mohou uvolňovat jen slabý zápach. Musí však být z hygienicko-epidemiologického hlediska nezávadné. Jejich rozklad musí být ukončen. Strukturu musí mít drobtovitou, jinak je nezbytné je přesát. Poměr C: N (uhlík: dusík) by neměl překročit 25 :1.

- Kompost z odpadních kalů se nesmí používat ke zlepšování půd u hřišťových trávníků.
- Kompost z organických domovních odpadů nesmí obsahovat žádné části, které by mohly způsobit zranění.

#### 4.2.3. Průmyslové komposty

Produkty mechanického a mikrobiologického zpracování různých organických a minerálních látek

#### 4.2.4. Produkty z kůry – kůrové substráty:

Snížení obsahu extraktivních látek fenolové povahy stabilizace dusíku, třísloviny: fytotoxické, cenné fyzikální vlastnosti

#### 4.2.5. Ostatní materiály

Například kaly (cukrovarské kaly, kaly z městský čistíren, koželužské kaly aj.) - jedná se o pevné zbytky z odpadních vod difuzního složení a struktury. Problémy: mezní hodnoty obsažených látek a škodlivin, zrnitostní křivka, tenzidy, prací zeolity, těžké kovy, organické sloučeniny.

### 4.2. Materiály s vysokým obsahem organických látek

Do této skupiny patří především rašeliny, rašelinné zeminy a rašelinné substráty popř. komposty.

#### 4.2.1. Rašeliny

Rašeliny jsou přírodní organické hmoty vzniklé pochodem rašelinní s obsahem více než 50% spalitelných látek v sušině. Jednotlivé typy rašeliny mají odlišné vlastnosti:

- vrchovištní rašelina: chudá na živiny, kyselá až silně kyselá
- slatina: bohatší na živiny (může obsahovat i  $\text{CaCO}_3$ , reakce kyselá až neutrální)
- přechodová rašelina: kolísavé vlastnosti, zpravidla slabě kyselá

Použití rašelin:

- jako porézní materiál přispívají ke kyprosti těžkých substrátů
- u lehkých, hrubozrnných, písčitých substrátů zvyšuje sorpční schopnost
- zvyšuje vzdušnost, výhřevnost a vodní jímavost



- hrubovláknitá nerozložená rašelina má nejvyšší objem účinných pórů (ze všech používaných zlepšujících materiálů) – cca 50% kapilárních a 40% nekapilárních pórů

#### 4.2.2. Rašelinné zeminy

Rašelinné zeminy jsou přírodní organické hmoty vzniklé pochodem rašelinní s obsahem více než 35-50% spalitelných látek v sušině. Obsahují zpravidla vysoké procento anorganického podílu. Použití obdobné jako u rašelin.

V současné době je na trhu běžně k dostání řada speciálně upravovaných rašelin či rašelinných substrátů. Při jejich používání je nutno vždy respektovat složení a účel použití, které jsou uvedeny od výrobce

### 5. MATERIÁLY SYNTETICKÉ

Organické pomocné látky, které patří mezi těžce rozložitelné umělé hmoty. Organická pojiva, jedná-li se o vysokomolekulární polymery, jsou těžko odbouratelná, přírodní polymery jako cukrové sloučeniny a algináty jsou dobře odbouratelné.

ČSN DIN 18 915 definuje:

- Plasty - vločkové pěnové hmoty k zvyšování jímací schopnosti půd musí mít otevřenou strukturu pórů.

#### 5.1. Pěnový polystyrén

Má uzavřené póry a je tedy hydrofobní. Objemová hmotnost je 15-20 kg/m<sup>3</sup>. Má provzdušňující účinek.

#### 5.2. Ostatní materiály

Polymerní pojiva (algináty, průmyslové polyakryláty, polysacharidy aj.). Jedná se o biopolymery s polárními skupinami, které vykonávají lineární pojivou funkci mezi jemně disperzními půdními koloidy a půdními částicemi a tak přispívají k stabilizaci půdní struktury. Polyakryláty mají zádržnou kapacitu pro vodu až přes 500 obj. %.

Organické měniče iontů. Užívá se jich ojediněle ve speciálních případech k sanaci posypové soli a neutralizaci jedovatých látek na vegetačních plochách. Z důvodu vysokých nákladů je jejich použití ojedinělé.

- hrubovláknitá nerozložená rašelina
- má nejvyšší objem účinných pórů (ze všech používaných zlepšujících materiálů) – cca 50% kapilárních a 40% nekapilárních pórů

Použitá literatura:	
BEDRNA, Z.	Substráty na pestovanie rastlín. Príroda Bratislava 1989. s.259
BUREŠ, F.	Regenerace, renovace, rekonstrukce hřišťových trávníků. Metodický dopis UV ČSTV. Praha 1989. s.89.
BECKER, K.	Einsatz von Bodenhilfsstoffen zur Standortverbesserung und Standortsanierung. In: 12. Osnabrücker Baumpflegetage. 1994.
BEIER, H.E.	Bodenmechanische Faktoren und deren Bedeutung für die Optimierung und Sanierung von Strassenbaumstandorten. In: 11. Osnabrücker Baumpflegetage. 1993.
SOUKUP, J., MATOUŠ, J. A KOL.	Výživa rostlin-substráty-voda v okrasném zahradnictví. SZN Praha 1979.s.279
ŠIMEK, M.	Základy nauky o půdě. 1. Neživé složky půdy. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. Skriptum. 2003
ŠIMEK, M.	Základy nauky o půdě. Biologické procesy a cykly v půdě. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. Skriptum. 2003