

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových, a přírodních zdrojů

Katedra agroenvironmentální chemie a výživy rostlin



**Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů**

**Odběr mikroprvků běžně pěstovanými okrasnými
letničkami**

Diplomová práce

Autor práce: Bc. Jan Vašíček

Obor studia: Management zakládání a péče o zeleň

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

© 2023 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci, Odběr mikroprvků běžně pěstovanými okrasnými letničkami jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 14.04. 2023

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval panu doc. Ing. Martinu Kulhánkovi Ph.D., vedoucímu mé diplomové práce za odborné vedení, pomoc při analýzách, cenné poznámky, vstřícnost a možnost častých osobních konzultací. Dále také panu Ing. Pavlu Matiskovi Ph.D., za cenné připomínky ohledně letniček.

Odběr mikroprvků běžně pěstovanými okrasnými letničkami

Souhrn

Poslední dekády se tradiční způsob pěstování letniček v ornamentálních záhonech poněkud změnil, a to zejména v důsledku klimatických změn, měnícího se smýšlení lidí i vysokým pěstebním i udržovacím nákladům. Letničky pěstované tradičním způsobem najdeme především v historických a lázeňských parcích. Oproti trvalkám mají tu výhodu, že kvetou déle a vzhledem k tomu že velké množství těchto záhonů je založena na přesévání, vytváří na stanovišti každý rok trochu jiný efekt. Ačkoliv jsou letničky v okrasných záhonech využívány po staletí, literárních zdrojů týkajících se jejich výživy není mnoho. Je tedy otázkou, do jaké míry vystačíme s půdní zásobou živin a do jaké míry je třeba živiny doplnit.

Cílem práce tak bylo kvantifikovat odběr mikroprvků vybranými druhy běžně pěstovaných letniček v optimálních podmínkách pěstebního substrátu a v běžné půdě chudší na živiny a organickou hmotu. Nádobový pokus probíhal ve sklenicích od 11.4. 2022 a zvolené druhy letniček byly *Nigella damascena*, *Centaurea cyanus*, *Calistephus chinesis*, *Lathyrus odoratus*, *Papaver orientale* a *Escholzia californica*, která později nahradila nevzcházející hrachor. Všechny varianty byly založeny ve 4 opakováních a rostliny byly vždy pěstovány v zahradnickém substrátu a v zemině. Byl sledován a porovnáván především obsah mikroprvků v substrátu a v nadzemní hmotě rostlin, včetně jejich odběru.

Výsledky ukazují, že vyšší výnos nadzemní hmoty měly podle předpokladů rostliny rostoucí v zahradnickém substrátu. Koncentrace mikroživin v sušině byla však často vyšší u rostlin rostoucích v zemině. I v případě čistého odběru jsou odběry v substrátu prokazatelně vyšší pouze u Mn a Zn. Z toho lze usuzovat že výnos rostlin v zemině byl pravděpodobně limitován jiným parametrem a hnojení mikroprvky není v případě jednoletého pěstování by v tomto případě nebylo nutné. Extenzivně pěstované letničky se však často přesévají. Hnojení mikroprvky by vzhledem k zásobenosti a jejich přijatelnosti v půdě bylo adekvátní třeba za další 2 vegetační období. Pro přesné výsledky by však musel být proveden víceletý pokus.

Klíčová slova: Mikroprvky; Letničky; Půda; Pěstební substráty

The uptake of micronutrients by commonly cropped annual ornamental plants

Summary

In recent decades, the traditional way of growing annuals in ornamental beds has somewhat changed, mainly due to climate change, changing attitudes of people, and high cultivation and maintenance costs. Annuals grown in the traditional way can mainly be found in historic and spa parks. Compared to perennials, they have the advantage of blooming longer. Many of these flower beds are based on reseeding, they create a slightly different effect at the site every year. Although annuals have been used in ornamental gardens for centuries, there are not many literary sources regarding their nutrition. Therefore, the question is: to what extent we can rely on the soil's nutrient supply and to what extent we need to supplement nutrients.

The aim of the study was to quantify the uptake of micronutrients by selected commonly grown annuals under optimal conditions of the growing substrate and in nutrient-poor soil. The container experiment took place in greenhouses on April 11, 2022, and the selected annuals were *Nigella damascena*, *Centaurea cyanus*, *Calistephus chinensis*, *Lathyrus odoratus*, *Papaver orientale*, and *Escholzia californica*, respectively, which later replaced non growing *Lathyrus odoratus*. All variants were established in four replications, and plants were always grown in horticultural substrate and common soil. The content of micronutrients in the substrate and above-ground plant biomass, including their uptake, was monitored and compared.

The results showed that, as expected, higher above-ground biomass yields were obtained from plants growing in the horticultural substrate. However, the concentration of micronutrients in the dry matter was often higher in plants growing in soil. Even in the case of pure uptake, the uptake in the substrate was significantly higher only for Mn and Zn. Therefore, it can be concluded that the yield of plants in the soil was probably limited by another parameter, and micronutrient fertilization is not necessary in the case of annual cultivation. However, extensively grown annuals are often reseeded. Micronutrient fertilization would be adequate in this case, given their availability and acceptability in the soil, let's say after another two growing seasons. However, for precise results, a multi-year experiment would have to be conducted.

Keywords: Microelements; Annuals; Soil; Growing substrate

Obsah

1	Úvod	8
1.1	Hypotéza	9
2	Cíl práce	9
3	Literární řešerše	10
3.1	Mikroprvky ve výživě rostlin	10
3.1.1	Příjem živin rostlinami	11
3.1.2	Železo	12
3.1.3	Mangan.....	12
3.1.4	Zinek	13
3.1.5	Měď	13
3.1.6	Bór.....	14
3.1.7	Molybden	14
3.1.8	Chlór.....	15
3.1.9	Nikl	15
3.1.10	Kobalt	15
3.1.11	Sodík	16
3.1.12	Křemík.....	16
3.2	Stručná historie pěstování okrasných rostlin	17
3.3	Letničky	18
3.3.1	Využití letniček z přímého výsevu	19
3.3.2	Výživa letniček	21
3.4	Komponenty pěstebních substrátů	23
3.4.1	Komerční x Namíchané substráty.....	24
3.4.2	Organické komponenty	24
3.4.3	Rašelina	25
3.4.4	Alternativní organické komponenty pěstebních médií	26
3.4.4.1	Dřevěná vlákna.....	26
3.4.4.2	Kůra	27
3.4.4.3	Zelený kompost	27
3.4.4.4	Kokosová vlákna	27
3.4.4.5	Separovaný digestát (separát).....	28
3.4.4.6	Opětovné využití	28
3.4.5	Minerální a meliorační komponenty.....	29
3.4.5.1	Zeminy	29
3.4.5.2	Písek	29

3.4.5.3	Polystyren.....	29
3.4.5.4	Vermikulit	30
3.4.5.5	Perlit.....	30
3.4.5.6	Minerální vata.....	30
3.4.6	Další	31
3.4.6.1	Vermikompost	31
3.4.6.2	Biouhel.....	31
4	Metodika	34
4.1.1	Vegetační pokus	34
4.1.2	Laboratorní analýzy	35
5	Výsledky	38
5.1	Rozbor substrátů před založením pokusu	38
5.2	Rozbor substrátů po skončení pokusu	39
5.3	Výnos sušiny, odběr a obsah mikroprvků v rostlinách.	42
5.4	Korelační analýza dat	44
5.5	Regresní analýza dat.....	46
6	Diskuse	49
7	Závěr	54
8	Literatura.....	55

1 Úvod

Trend pěstování okrasných letniček je už dlouhodobě na ústupu, nicméně letničky jako takové nelze plně nahradit např. trvalkami v městských a historických parcích. Důvodů je hned několik: během vegetačního období kvetou většinou déle než trvalky, hodí se více k ornamentálním výsadbám, či případně, kdy je na daném stanovišti vyžadována každoroční obměna barev a ornamentů. Jejich použití se také nelze vyhnout např. při zakládání zahrady, kde je požadován rychlý nástup efekt kvetení.

Tak jako tak je jejich pěstování mnohem nákladnější než pěstování nyní oblíbených trvalek, především co se týká údržby, nároků na živiny a zálivky. Nicméně se dá předpokládat, že odběr živin letničkami bude silně závislý na druhu, případně alespoň čeledi rostliny. Také jistě budou rozdíly odběru živin v závislosti na substrátu.

Cílem této práce je tedy kvantifikovat odběr živin vybranými druhy letniček z parkové půdy a pěstebního substrátu. Odběr živin určitými letničkami není v literatuře dostatečně popsán, proto doufám, že tato práce přinese nové poznatky ohledně jejich potřeby živin. Tyto poznatky by mohly najít i praktické využití při pěstování letniček a ke zjištění možností úspory za hnojiva.

1.1 Hypotéza

Letničky běžně pěstované v parcích odebírají z pozemku živiny, včetně mikroprvků. Dá se předpokládat, že odběr těchto živin bude silně závislý na druhu pěstované rostliny. Lze očekávat, že budou značné rozdíly mezi odběrem mikroprvků z půdy nebo z běžně používaného pěstebního substrátu.

2 Cíl práce

Cílem práce bylo kvantifikovat odběr mikroprvků vybranými druhy běžně pěstovaných letniček a následně porovnat odběr mikroprvků z půdy s jejich odběrem z pěstebního substrátu.

3 Literární rešerše

3.1 Mikroprvky ve výživě rostlin

Důležitost výživy rostlin si lidé prokazatelně uvědomovali už v antice, kdy Římané rozeznávali pozitivní vliv minerálních látek jako je sádra, vápno, dřevěný popel. Lze předpokládat, že vliv exkrementů a organických zbytků na růst rostlin byl lidem znám mnohem dříve. Základy moderní výživy se datují do 18. století, kdy chemik Carl Sprengel formoval základy minerální výživy, které později převzal a rozvinul Justus von Liebig. Další rozvoj zažila výživa rostlin až ve 20. století díky průmyslové produkci hnojiv, o což se zasloužila velice kontroverzní postava naší historie, Fritz Haber, společně s dalším vědcem, jehož jméno je Carl Bosch.

Mikroprvky, stejně jako makroprvky řadíme mezi rostlinné živiny. Jako živiny označujeme látky které:

- Rostlina potřebuje k tomu, aby dokončila svůj životní cyklus
- Nejsou zcela nahraditelné jiným prvkem
- Jsou přímo zapojené do metabolismu rostlin, tzn. že jsou součástí základních složek jako jsou enzymy, případně je rostlina využívá při důležitých metabolických procesech

Z tohoto se vyjímají užitečné prvky, které jsou charakteristické tím, že je nepotřebují všechny rostlinné druhy. Obsah mikroprvků v rostlině se pohybuje pod 0,05 %. Mezi mikroprvky patří: Fe, Mn, Zn, Cu, B, Mo, Cl, Ni, (Si, Co) (Marschner, 2012).

Obecně, rostliny potřebují a využívají mikroprvky ve velmi malém množství, viz. **tabulka č. 1**. Jejich odběr z hektaru se pohybuje v desítkách až stech gramů. Nicméně právě díky malému odběru se zanedbává jejich přísun do půdy. V současné době je díky tomu větší odběr mikroživin než jejich přísun, s výjimkou Cl. Je důležité v půdě zachovávat jejich optimální poměr. Jak nadbytek, tak nedostatek může působit poruchy růstu, případně způsobovat určitý stres, což má za důsledek oslabení rostliny a vytváří se tak vstupní brána pro okolní patogeny. Mikroprvky jsou důležité pro příjem dalších živin, produkci složitějších látek, inhibici a katalýzu enzymů a v neposlední řadě i pro fotosyntézu (Vaněk et al., 2018).

Tab.č.1: Přibližné relativní zastoupení mikroprvků v sušině rostlin (Strnad, 2015, upraveno).

Mikroprvky	Fe	Mn	Zn	Cu	B	Mo, Ni	Cl
mg/kg	100	50	20	6	60	<1	100

3.1.1 Příjem živin rostlinami

Rostlina přijímá živiny ve formě kationtů a aniontů kořeny, případně její nadzemní částí. Živiny se dostávají do rhizosféry díky pohybu půdního roztoku, difuze a růstu kořenů. Živiny mohou vstupovat do volného prostoru buněk kořenů prostou difuzí. Při vstupu do vnitřní části musí projít semipermeabilní membránou. Zde platí, že rychleji pronikají molekuly bez náboje >kationty⁺>anionty⁻>kationty²⁺>anionty²⁻. Vlastní příjem živin rostlina uskutečňuje jako aktivní a pasivní proces. Rostlina při něm selektivně přijímá potřebné živiny, při čemž spotřebovává energii, protože se tak děje proti koncentračnímu spádu. Při aktivním příjmu se tak děje díky přenašečům, které mají afinitu na určité ionty. Příjem živin dále ovlivňuje velké množství faktorů, které rozdělujeme na vnitřní a vnější. Vnitřní faktory jsou ovlivněny genetikou rostliny, jejím původem a životní strategií. Zde se promítne např. délka kořenového systému a množství exsudátů. Mezi vnější faktory patří např. půdní a povětrnostní podmínky, tzn. pH, srážky, vzájemná interference iontů, aj. (Krpeš, 2005).

Foliární výživa se využívá při akutním nedostatku některé živiny, především v raných fázích růstu rostlin. Je nutno ji chápat pouze jako doplňkovou. Jednou z hlavních výhod mimokořenové výživy je omezení interakcí iontů, tzn., že lze obejít půdní podmínky, např. antagonistické působení prvků. U dusíkatých hnojiv se toto ošetření často kombinuje s aplikací herbicidů, pesticidů aj. látek. Další výhodou tohoto hnojení je, že lze zabránit přehnojování půd a snížit tak riziko poškození životního prostředí. Zároveň také, ač je toto hnojení dražší, z pokusů vyplývá, že využití aplikovaných hnojiv je až 80 % oproti běžným 30-60 % při hnojení běžném.

Při příjmu rostlin nadzemní částí je hlavní bariérou kutikula, tu můžeme obejít za použití detergentů. Živiny po překonání kutikuly vstupují do volného, mezibuněčného prostoru odkud se dostávají hlouběji do mezofylu. Opět platí, že jsou lépe přijímány kationty než anionty, pak ionty s nižším nábojem a při stejném náboji rozhoduje velikost molekuly. Rychlost příjmu u živin je značně rozdílná, nicméně závisí také na morfologické stavbě listů, tloušťce kutikuly, stáří listu aj. (Škarpa et. al. 2015) Rychlost mimokořenového příjmu vybraných živin je uvedena v **tabulce č.2**.

Tab.č.2: Rychlost příjmu jednotlivých živin listy rostlin (Trčková a Jandová 2003, Richter a Škarpa 2013), upraveno

Živina	Doba 50% absorpce
B	5 hodin
Mn,Zn	1-2 dny
Fe, Mo	10-12 dnů

3.1.2 Železo

Jeho výskyt je v půdách poměrně vysoký, udává se až okolo 2 %. Výjimkou jsou půdy organogenního původu, kde je jeho zastoupení nižší. Železo se převážně vyskytuje v anorganické, oxidové formě, která je značně stabilní, proto se v půdě hromadí i přes zvětrávání. V menším množství nalezneme železo v půdě ve sloučeninách s humusovými látkami. Pro anorganickou část Fe je charakteristická jeho špatná rozpustnost. Na půdách s vyšším pH tak může docházet k jeho nedostatku. Rostliny s akutním nedostatkem železa vykazují intervenální chlorózu na mladších listech, to díky špatné pohyblivosti Fe v pletivech. Příznaky nedostatku Fe se nejčastěji objevují na alkalických půdách anebo na půdách s vysokým obsahem Cu, Zn a Mn které působí antagonisticky pro jeho příjem. Rostlina přijímá železo převážně kořeny, a to ve formě Fe^{2+} nebo Fe^{3+} . Pro lepší příjem Fe rostliny produkují kořenové exudáty které snižují pH v jejich blízkosti a tím snižují absorpci železa. Dále také vylučují sloučeniny zachycující železo tzv. siderofory které se váží s dostupným Fe a následně jsou opět absorbovány rostlinou. Asi 80 % Fe přechází v rostlině do organických vazeb, převážně do chloroplastů a mitochondrií. Další část se váže na zásobní látky – fosfoproteiny. Železo je také součástí ferredoxinů, které jsou důležité pro průběh fotosyntézy (Vaněk et al., 2012, Wiedenhoft, 2006).

3.1.3 Mangan

Obsah manganu v půdách kolísá od několika desítek mg/kg až do desetin procent. Vyskytuje v různých oxidačních stupních jako Mn^{2+} , Mn^{3+} a Mn^{4+} . Z těchto forem je pro rostliny přijatelná pouze forma Mn^{2+} . Jeho nižší výskyt je zaznamenán v lehkých, kyselých a dobře propustných půdách. Nízké množství přijatelného manganu se také může objevit v důsledku vysokého pH půdy (Vaněk et al., 2012; Schulte a Kelling, 1999). Opačný extrém je však jeho toxické množství, které se může vyskytovat v kyselých nepropustných půdách, nejčastěji ve spojení s dalšími problémy jako je nedostatek Ca, Mg a Mo (Goulding, 2016). V rostlině mangan hraje důležitou roli při tvorbě buněčných membrán a výstavbě chloroplastů.

Slouží jako kofaktor, který aktivuje asi 35 různých enzymů, ač u některých může být zastoupen Mg. Další využití Mn rostlinou zahrnuje oxidační reakce, metabolismus sacharidů, karboxylaci a cyklus kyseliny citrónové. Nedostatek Mn v rostlině vede k nižší produkci semen a oslabuje kořeny kvůli nedostatku ligninu, což vede k vyššímu výskytu houbových chorob. Na listech se projevuje jako intervenální chloróza až jako nekrotické léze (Marschner, 2012).

3.1.4 Zinek

Zinek je po železe druhým nejčastěji rozšířeným kovem v tělech živých organismů. Stejně tak je jeho výskyt poměrně hojný v půdách s dostatečnou zásobou organické hmoty (Alloway, 2009). Přirozeně se uvolňuje i z hornin, nicméně zde jeho zastoupení závisí na matečné hornině. S nedostatkem Zn se můžeme setkat na lehkých, kyselých a promyvných půdách, kde dochází k jeho vyplavování. Rostliny přijímají Zn ve formě Zn^{2+} , a jsou zde značně rozdíly mezi druhy rostlin v jeho spotřebě. Snížený příjem Zn může nastat díky vyššímu obsahu Cu, P a Fe v půdě, díky vysokému pH půdy anebo kombinací vysokého pH a velkého množství P, kdy spolu se Zn vytvářejí nerozpustnou formu $Zn_3(PO_4)_2$. Rostliny Zn využívají při syntéze bílkovin. Nedostatek Zn má negativní vliv na prodlužovací růst vrcholových pletiv a snižuje počet chloroplastů. Při deficitu Zn tedy můžeme na listech rostliny pozorovat chlorotické skvrny (Kulhánek et al., 2018).

3.1.5 Měď

Měď se v půdě vyskytuje jak v organických, tak anorganických sloučeninách, převážně ve formě Cu^{2+} . Průměrný obsah se uvádí okolo 30 mg/kg. Většina půd obsahuje dostatečné množství Cu. Nedostatek se může vyskytnout po silném vápnění, případně na lehčích půdách s vyšším obsahem organických látek, kde je obtížně uvolnitelná díky silné sorpci. Vysoké obsahy Cu vykazují půdy kontaminované důlní činností, případně při dlouhodobé aplikaci fungicidů na bázi mědi. Cu je obvykle silně vázána na sorpční komplex, a proto je i málo pohyblivá. Větší část Cu v půdě se nachází v humusovém horizontu. Cu je lépe uvolnitelná na půdách s nižším pH, podobně jako další kovy. Ani při vysokém obsahu Cu jí rostliny nepřijímají v nadměrném množství, může ale blokovat příjem ostatních kovů (Vaněk et al., 2012). Rostliny přijímají měď ve formě Cu^{2+} . Rostlina ji využívá především při oxidačně redukčních procesech, s rolemi ve fotosyntéze, dýchání a metabolismu C a N. Měď je také součástí mnoha proteinů, významný je především plastocyanin, který stojí za transportem elektronů ve fotosystému I (Marschner, 2012; Nazir et al., 2019). Při nedostatku Cu dochází

ke zpomalení růstu, chloróze mladých listů, nekrotám na koncích starších listů i poškození fotosyntetického transportního řetězce (Thomas et al., 2016).

3.1.6 Bór

Množství B v půdě je závislé především na mineralogickém složení půdotvorného substrátu a na pH půdy. Uvolňuje se pozvolna, např. z křemičitanů, nicméně poté je díky své pohyblivosti často vyplavován jako H_3BO_3 , zejména z lehkých a kyselých půd. Pro rostliny je B dobře přijatelný do pH 6,3 (Marschner, 2012). Nedostatek B může být kromě vyplavování (a případně vysokého pH půdy) způsobeno vysokým obsahem K, který blokuje jeho příjem (Kinsey, 2020). Rostliny přijímají bór z půdního roztoku ve formě H_3BO_3 . V rostlinách je bór důležitý pro správnou činnost meristematických pletiv, výstavbu buněčných stěn, transport asimilátů do zásobních orgánů, růst kořenů aj. (Vaněk et al., 2012; Wagar, 2009). Projevy nedostatku B se liší v závislosti na druhu rostliny, všechny druhy však mají společné zpomalení růstu vegetačního vrcholu, až jeho odumření (Bunt, 1988). Naopak nadbytek B působí na rostlinu toxicky, dochází k chloróze listů, následně k nekrotám a defoliaci. Nadbytek je způsoben nízkým pH pěstebního média anebo vysokou aplikací B hnojiva (Bloodnick, 2021).

3.1.7 Molybden

Molybden se v půdách vyskytuje ve velmi malém množství. Jeho akutní nedostatky jsou pozorovány převážně v kyselých, písčitých půdách. Přístupnost půdního Mo se zvyšuje se stoupajícím pH. Rostliny Mo přijímají ve formě aniontu MoO_4^{2-} (Vaněk, 2012). Molybden v rostlině můžeme nalézt jako součást různých dusíkatých látek a esenciálních enzymů, které jsou součástí redoxních reakcí, např. nitrátoreduktáza, sulfitoxidáza, aldehydoxidáza, aj. Nedostatek Mo v rostlinách působí negativně na vývoj rostlin v důsledku narušení metabolismu dusíku a poklesu biosyntézy významných fytohormonů např. ABA a některých auxinů (Roychoudhury, Chakraborty, 2022). Při deficitu Mo můžeme u rostlin pozorovat zakrnlý růst a chlorózy na nejmladších listech, které mohou přecházet až v nekrózy, drastické zmenšení velikosti listů a nepravidelné formování listových čepelí (Bussler, 1970). Při vysokém obsahu Mo v půdě může dojít k jeho hromadění v pletivech rostlin bez zjevných vizuálních známek. Avšak při následné konzumaci rostlin živočichy má karcinogenní účinky (Vaněk et al., 2012).

3.1.8 Chlór

V přírodě je ho dostatek díky srážkám a jeho běžnému výskytu v mnoha minerálech, ze kterých se postupně uvolňuje. Nejčastěji ho nalezneme jako aniont Cl^- . Je vysoce pohyblivý a s nedostatkem se běžně nesetkáme. Stejně jako v půdě je jeho pohyblivost dobrá i v rostlinách, které ho přijímají také ve formě Cl^- . Spotřeba Cl se liší v závislosti na druhu rostliny (Pavlíková et al., 2018). Mnohem častější problém, než je deficit Cl je jeho nadbytek, se kterým se setkáváme především v aridních a semiaridních oblastech. Citlivost rostlin na obsah Cl v půdě je variabilní. Vyšší příjem Cl způsobuje zasychání okrajů listů a pozdější defoliaci (Teakle a Tyerman, 2010). Chlór se v rostlině podílí na fotolýze vody, ovlivňuje aktivitu protonové pumpy, reguluje osmotický tlak a otevírání průduchů (Vaněk et al., 2012).

3.1.9 Nikl

Nikl je v půdě prakticky všudypřítomný díky jeho přítomnosti v mnoha minerálech, ale jeho obsah závisí i na antropogenní činnosti (Barrie, 1981). Stejně jako ostatní kovy je nikl lépe přijímán v půdách s nižším pH. V orníčním horizontu je vázán převážně na organické sloučeniny. Nikl se významně podílí na metabolismu dusíku (Vaněk et al., 2012). Významný je především pro ureázu. Nikl tvoří strukturní složku ureázy, což je důležitý enzym metabolismu dusíku. Tento enzym štěpí močovinu na NH_4^+ a CO_2 (Rasgale, 2009). Brown (2006) uvádí, že nedostatek niklu, nebo jeho omezený příjem nastává v důsledku vyššího pH, koncentrace Cu a Zn v půdě může snížit efektivitu fixace vzdušného N , to naznačuje že rostliny čeledi *Fabaceae* mohou mít rozdílné požadavky na obsah N v půdě.

3.1.10 Kobalt

Nezbytnost kobaltu byla potvrzena pro prokaryota a savce, nicméně jeho podstatnost pro správný vývoj rostlin zůstává nejasná. Proto ho považujeme za potencionální mikroprvek, to znamená, že ho řadíme na pomezí mikroprvků a užitečných prvků s tím, že stále probíhají pokusy s cílem objasnit tuto otázku. Víme, že kobalt je nezbytný pro určité druhy mořských řas a stejně tak i rostliny čeledi *Fabaceae*. To z toho důvodu, že je nedílnou součástí vitamínu B_{12} , který je vyžadován několika enzymy během procesu fixace N_2 . Z pokusů bylo zjištěno, že dávka 20 mg/kg je pro *Fabaceae* nejlepší z hlediska fixace N_2 a celkového růstu rostliny – od kořenů, přes rozvětvení po nasazení květů a počet semen. Koncentrace kobaltu v půdě z hlediska výživy rostlin je poněkud přehlížená, nicméně mohl by hrát zajímavou roli např.

v okrasných výsadbách s podílem bobovitých rostlin, které ho nejenže potřebují, ale po malém přihnojení kobaltem by díky zvýšené fixaci N_2 mohly lépe prosperovat i ostatní rostliny v jejich okolí (Hu et al., 2021).

3.1.11 Sodík

Sodík patří mezi tzv. užitečné prvky, znamená to, že není nezbytný pro správný růst a vývoj rostlin, nicméně může být rostlinami využit v malém množství, podobně jako mikroprvky pro podporu jejich růstu. Rostliny ho přijímají jako Na^+ , a mezi druhy rostlin jsou velké rozdíly ve snášenlivosti k vyšším koncentracím a využití sodíku, podobně jako je tomu u Cl. Rostliny z aridních oblastí jsou na vyšší koncentrace adaptovány a přijímají Na poměrně snadno. Hlavní využití sodíku rostlinami je v tom, že je schopen, podobně jako Draslík, regulovat otevírání a zavírání průduchů. Nedostatek nemá žádné příznaky, ale vzhledem k tomu že Sodík se vyskytuje v přírodě běžně, často i v důsledku antropogenní činnosti, téměř se s nedostatkem nesetkáme. Spíše naopak se setkáme s nadbytkem nebo toxicitou. U rostlin pěstovaných ve skleníku to běžně není problémem složením substrátu, ale spíše kvalitou závlahové vody. Toxicita se projevuje nekrózou špiček a okrajů listů. Při vyšších koncentracích Na v pěstebním médiu také může docházet k omezování příjmu některých makroprvků, především K, Ca a Mg (Bloodnick, 2022a).

3.1.12 Křemík

Stejně jako Sodík, patří i křemík mezi užitečné prvky. Křemík je druhým nejčastějším minerálem v zemské kůře a je obsažen v široké škále minerálů. Rostlina ho však přijímá pouze jako H_4SiO_4 . Většina dvouděložných rostlin přijímá a akumuluje křemík ve svých listech, ovšem obvykle ne více než 0,5 %. Jinak je tomu u jednoděložných rostlin, specificky čeledi *Poaceae*, kde někteří zástupci obsahují 5-10 % křemíku v pletivech, což je víc než u N a K. Hlavní funkcí křemíku je zvyšování pevnosti pletiv. Bylo zjištěno, že jeho vyšší koncentrace v pletivech zvyšuje odolnost rostliny proti savému hmyzu, u vyšších rostlin snižuje četnost okusu zvěří. Při nedostatku křemíku má rýže, pšenice a z okrasných rostlin některé bambusy tendenci k poléhání a lámavosti stébel. Naštěstí se s nedostatkem v přirozeném prostředí nesetkáme. Jeho nedostatek však může nastat v hydroponickém živném roztoku a substrátech na organické bázi. Z pokusů bylo zjištěno, že vyšší dostupnost křemíku může zlepšit příjem P, K a při aplikaci na list i N a Ca. Při případné aplikaci je ovšem třeba brát zřetel na to, že se stále

jedná pouze o užitečný prvek a jeho nadbytek může způsobit poruchy příjmu ostatních prvků, které jsou nezbytné, především u dvouděložných rostlin (Bloodnick, 2022b).

3.2 Stručná historie pěstování okrasných rostlin

Okrasná rostlina jako taková je symbolem rozvíjení krásy, radostného i bolestného údělu člověka, narození a smrti. V zahradní a krajinné architektuře využíváme letničky, cibuloviny, a trvalky. Každá z těchto skupin má určité kompoziční předpoklady. Nejdůležitější je zpravidla květ, jeho barevnost a proměna v čase a prostoru. Výsadby jsou v závislosti na skupině obnovované či neobnovované, mohou být taxonomicky bohaté, přičemž větší počet taxonů je vnímán jako přírodě blízký. U výsadby si můžeme hrát s výškou rostlin a mohou být kompaktní či rozvolněné. Kompozice včetně barevnosti květů je v neposlední řadě doplňována velikostí, barvou a texturou vegetačních částí rostlin. Obecný leč velmi často opomíjený prvek květinových výsadeb je také jejich vůně, která by měla podtrhovat jejich optické působení a završit tak celkový dojem který kompozice vytváří. Historie používání květin sahá až do starověku, jsou častým tématem v různých formách umění, od malířství po literaturu i hudbu (Mareček, 2022).

Už Egypťané využívali rostliny při různých náboženských obřadech a při pohřbívání svých blízkých. Rozsáhlost zahrad a druhy používané ve výsadbách však známe pouze z dochovaných nástěnných maleb a reliéfů. Mezi oblíbené rostliny patřily např. *Centaurea*, *Papaver*, *Nymphaea*... Využití při náboženských obřadech našly květiny i ve starověkém Řecku a Římě. Soukromé zahrady jsou menší a objevuje se tu mobilní zeleň. Květiny jako takové se uplatňují i ve veřejném prostoru jako jsou ulice, školy a chrámy. (Vysloužilová, 2004; Machovec a Jakábová, 2006)

Ve středověku si mohli zahrady a okrasnou zeleň dovolit jen bohatí jedinci, o veřejné zeleni jako takové se snad dá mluvit pouze v rámci kostelů, chrámů a snad i hřbitovů. Nicméně, typické pro středověk jsou tzv. rajské zahrady. Zde se pěstovaly především aromatické, léčivé a symbolické rostliny (Vysloužilová, 2004; Maier, 2008; Kupka, 2006).

V období renesance se zahrada stala běžnou součástí bydlení a reprezentovala majitele, začínají se objevovat vyvýšené záhony často kvadratického tvaru. Používají se rostliny s velkými či vonnými květy, např. karafiát a levandule. Díky zámořským cestám se objevují i nové exotické rostliny jako jsou narcisy, tulipány, balzamíny, a bramboříky (Kupka, 2006; Bernard, 2012).

Během baroka se na veřejnosti začínají objevovat zelené plochy, které můžeme považovat za předchůdce parků. Šlo o komponovanou zeleň propojenou s okolní krajinou. Začínají se vyvíjet Francouzské zahrady, pro které jsou typické broderie, zdánlivě nekonečný prostor a rabata (Vysloužilová, 2004; Sojková a Glosová, 2013). Pěstují se některé dodnes využívané druhy letniček: *Briza maxima*, *Convolvulus tricolor*, *Celosia cristata*, *Crepis rubra*, *Datura hort.* *Dianthus chinensis*, *Gomphrena globosa*, *Limonium sp.*, *Impatiens balsamina*, *Lagurus ovatus*, *Kochia scoparia*, *Lathyrus odoratus*, *Lychnis coronaria*, *Melandrium album*, *Mirabilis jalapa* aj. (Bernard, 2012).

V 19. století se květiny společně s okrasnými dřevinami začínají objevovat v městských veřejných prostorech, především v opomíjených částech a nevyužitých plochách. Z těchto výsadeb jsou později vytvořeny parky, doplněné především o letničkovou výsadbu tzv. kobercových záhonů s ornamenty (Kupka, 2006).

Ve 20. století se u nás objevuje trend zahradních měst, který zdůrazňuje důležitost zeleně a pečlivého urbanistického plánování. Dochází k propojování městské zeleně a otevření původně soukromých zahrad (Howard, 1989). To vše je doplněno ornamentální květinovou výsadbou především formálního charakteru. Jedná se tedy o náročné letničkové záhony s intenzivní údržbou zakládané z předpěstovaných rostlin. Mezi nejčastěji používané rostliny patří: *Senecio bicolor*, *Begonia semperflorens*, *Salvia splendens*, *Tagetes sp.* (Kuřková, 2013; Křesadlová a Vilím 2004). Až v druhé polovině 20. století se začínají objevovat trvalkové výsadby ve větším množství a postupně začínají nahrazovat nákladné letničkové záhony (Jílek 2009).

3.3 Letničky

Letničky dělíme na pravé a nepravé. Nepravé letničky nepřečkávají zimu jen díky našim klimatickým podmínkám, např. (*Petunia*), zatímco pravé letničky jsou byliny, které za jedno vegetační období vyklíčí, vykvetou, vytvoří semena a během prvních mrazů odumírají (*Nigella damascena*) (Kuřková, 2013). Pravé letničky většinou patří mezi R-stratégy, jsou to rostliny adaptované na narušované stanoviště, a tvoří primární fázi sukcese (Slavíková, 1986). Letničky pocházejí ze všech koutů světa, klimatických oblastí a nejrozmanitějších rostlinných společenstev, nicméně většina má původ v suchých oblastech – pouštích, polopouštích a stepích kde jsou extrémní klimatické podmínky nepravidelné deště a půda je stále narušována. Proto se vyvinuly tak že osidlují stanoviště jako první, a dokáží za krátkou dobu vyklíčit, vyrůst, vykvést

a uzrát. Tyto rostliny mají široký druh využití, máme druhy pěstované pro řez květů, k sušení a druhy využívané v sadovnických úpravách (Kasparová a Vaněk, 1978).

Barevnost letniček představuje jejich základní a nejvýznamnější kompoziční potenciál, který přesahuje možnosti většiny ostatních květin. V celkové kompozici tvoří díky své barevnosti téměř vždy zájmový akcent. Uplatnění mají především v kompaktních výsadbách monokulturního rázu, nebo naopak v lehkých vzdušně působících výsadbách typu kvetoucích luk. Jejich barevnost i rozmanitá textura mohou najít využití i v abstraktně pojatých kompozicích, v okolí uměleckých děl či zajímavých staveb. Předpokladem pro co nejvyšší funkčnost výsadby je správná návaznost fenologických fází jednotlivých druhů.

Vzrůstnost letniček je další důležitý prvek. Výška letniček do 50 cm zahrnuje polštářové, poléhavé letničky vhodné na kobercové výsadby, osázení nádob aj. Vyšší druhy, tj. do 70 cm jsou ideální pro záhonové i rozvolněné uspořádání. Vysoké letničky – až 2 m, se používají jako solitéry, případně jako součást výškově rozmanité kompozice. Patří sem ovšem i plazivé či popínavé druhy. U letniček však také nesmíme zapomínat na využívání vůně a plodů, např. *Rezeda odorata*, *Lunaria annua* aj. (Mareček, 2022).

Letničky preferují teplé a slunné stanoviště s dostatkem přístupných živin, lehčí a humózní půdy, tam je vyséváme či vysazujeme od poloviny května (Piro, 1984). Obecně jsou vhodné pro každoročně obnovované záhony a tam, kde potřebujeme intenzivní barvy a rychlý efekt v kompozici (Kuřková, 2013). V běžné praxi se ovšem používají především letničky nepravé, které se vysazují podle předem vypracovaných osazovacích plánů do určitých ornamentů, což zvedá jejich nákladnost, proto se ve veřejném prostoru objevují pouze na velmi reprezentativních místech či v historických parcích (Eppel-Hotz, 2007).

3.3.1 Využití letniček z přímého výsevu

Letničky pravé, tedy ty, které můžeme vysévat přímo na stanoviště, se běžně nepoužívají. Díky tomu, že mají kulový kořen, nesnesou přesazování a nemůžeme je předpěstovat. Ovšem kulový kořen jim pomáhá lépe přijímat vodu a živiny z větších hloubek, a tím je dělá ideálními rostlinami pro veřejné výsadby v době, kdy se můžeme stále častěji setkat s nedostatkem vody. Jejich dalším omezením je kratší životní cyklus, který byl v tradičních výsadbách nepřípustný.

Letničkové záhony z přímého výsevu, kde osivo bude seskládané tak, aby umožnilo postupný nástup a kvetení taxonů, může být tedy jednou z možností, jak vrátit letničky do veřejného prostoru (Fieldhouse a Hitchmough, 2004).

Využívání letniček z výsevu také nahrávají nové ekologicko-naturalistické způsoby využití. Ty rozdělujeme na obnovu přirozeného stanoviště, tradiční zahradní estetiku od formálních monokulturních výsadeb po naturalistické výsadby a třetí skupinu, která těží z výhod obou předešlých skupin (Kingsbury, 2004).

Další výhoda rostlinných společenstev zakládaných přímým výsevem tkví v tom, že jsou díky širší genetické diverzitě odolnější vůči stresu, škůdcům i chorobám. Pokud byl porost i dobře založen, je schopen lépe odolávat invazi plevelů díky jeho vyšší hustotě. Zejména pokud se jedná o letničky, které se vyznačují velkou energií klíčivosti a rychlým nástupem do vegetace, jsou tak schopné konkurovat převážně jednoletým plevelům ještě více (Fieldhouse a Hitchmough, 2004; Hitchmough 2017).

Při využívání letniček z přímého výsevu je velmi důležitá správná skladba výsevni směsi, proto je Kuřková, (2010) systematicky rozděluje taxony do skupin podle jejich vlastností, což může výrazně pomoci správnému sestavení směsi. Nejlepšího efektu dosáhneme kombinací všech skupin.

Letničky:

- A: rychlý nástup kvetení ale kvetou krátce.
- B: rychlý nástup do květu a dlouhý efekt kvetení či jiné estetické působení.
- C: pomalejší nástup do květu s omezenou dobou kvetení.
- D: letničky mají pomalý nástup do květu s dlouhou dobou kvetení.
- E: letničky se vyznačují pomalým nástupem do květu, ale obvykle kvetou až do zámrazu.

Letničkové záhony z přímého výsevu otevírají nové možnosti, jak zvelebit místa, která neplní estetickou funkci. Sem řadíme např. dopravní ostrůvky, pásy zeleně podél komunikací, nevyužitá zbytkové plochy (Lange, 2012). Mezi obecná pozitiva těchto výsadeb kromě již zmíněného estetického působení a redukce nákladů patří i ekologický význam ploch. Diverzita kvetoucích květin poskytuje potravu mnoha druhům užitečného hmyzu. Po odkvětu slouží semeníky, které byly ponechány na stanovišti, jako potrava pro ptáky a drobné savce (Siebert, 2016).

Může být určitou výhodou, či nevýhodou že letničkové záhony zakládané z výsevu se budou chovat každý rok jinak, v závislosti na osivu a klimatických podmínkách v daném místě.

„Fakt, že letničkové louky nejsou nikdy stejné dva roky jdoucí po sobě je aspekt, který právě dělá celý proces tak zajímavým.“ (Wilson, 2006).

Tato dynamické změna letničkových záhonů v čase a prostoru je způsobena fenologickými změnami během jednoho roku. V rámci více let se jedná o různé fluktace a sukcese výsadby které jsou vždy nepředvídatelné a veřejnosti i hůře přijímané, ač se jedná o jeden z hlavních znaků ekologicko-naturalistických výsadeb. Na místě je tedy kreativní a odborná údržba takového stanoviště kde znalost rostoucího společenstva je nutností (Dunnet, 2004).

3.3.2 Výživa letniček

Názory na hnojení stanoviště pro letničky se poněkud liší, obecně se ale autoři shodují na tom, že u málo úrodných půd je to prospěšné. Hnojení je vhodné provést 2-5 dní před výsevem v celkové dávce kombinovaných hnojiv 15-30 g/m². Na suchých a více exponovaných stanovištích je vhodné přidat do půdy granulát pro delší udržení vlhkosti (Dunnet, 2003). Ne vždy však hnojení musí mít pozitivní účinky. Před hnojením na živinami více zásobených půdách varuje Wilson (2006), který uvádí, že rostliny žijící na takových půdách po přidání hnojiva přerůstají a jsou náchylnější k poléhání vlivem nepříznivých povětrnostních podmínek, jako jsou bouřky, silný déšť a vítr. V tomto případě se tedy doporučuje hnojení vynechat.

Pro správnou výživu rostlin mikroelementy je třeba znát jejich formy, chování a přeměny v půdě. Dále také jak je rostlina přijímá a co jejich příjem blokuje. Deficit mikroelementů je ve většině případech vyvolán nevhodnými pěstebními podmínkami, nikoliv jejich nedostatkem v půdě. Podobně je to i s toxicitou. Je tomu tak často u Fe a Mn převážně při pěstování v organických substrátech.

Organické substráty obecně obsahují méně těchto prvků, ale v rašelinových substrátech může dojít až k toxicitě díky nízkému pH, které umožní vyšší příjem železa (mj. **Tabulka č. 3.**). Mangan bývá toxický v substrátech z kompostované kůry, která ho přirozeně obsahuje vyšší množství. Nedostatek však bývá mnohem častější problém, především u Fe (Dubský, Šrámek 2010a).

Tab.č. 3.: Podmínky, které negativně ovlivňují příjem Fe a jejich následky (Tagliavini a Rombolà 2001)

Vysoké pH substrátu	Nedostupnost Fe, narušení Fe redukce
Vysoký obsah CaCO ₃ v substrátu	Pufrační vliv na hodnotu pH rhizosféry a apoplastu kořenů
Špatné provzdušnění substrátu	Špatný růst kořenů
Nízká teplota substrátu	Nízká rychlost příjmu Fe
Tvrdá voda	Zvyšování pH
Příliš mnoho dusičnanů	Stimulace růstu a tím spotřeby Fe
Málo organické hmoty	Málo Fe v organických sloučeninách

Někteří autoři jako např. Marschner (2012) uvádějí, že dolní kritická hranice pro obsah železa se pohybuje od 50-150 mg Fe/kg sušiny. Protože jde však o stanovení celkového obsahu Fe v rostlině, nevypovídá to o tom, jestli je Fe limitujícím faktorem v substrátu či není. Dále Marschner (2012) udává průměrné koncentrace mikroelementů v sušině rostlin potřebné pro adekvátní růst, viz. **tabulka č. 4**. Z výzkumu, který provedli Pestana et al., (2003) se však můžeme dozvědět, že stupeň chlorózy nemusí vždy odpovídat obsahu Fe v pletivech, a že chlorotické listy mají často více Fe v přepočtu na jednotku sušiny.

Tab.č. 4.: Průměrné koncentrace mikroelementů v sušině rostlin pro adekvátní růst. (Marschner 2012), upraveno

Živina	Fe	Cu	Zn	Mn	B	Mo	Ni
mg/kg	100	6	20	50	20	0,1	0,1

K podobnému zjištění došli Dubský a Šrámek, (2006) když porovnali obsahy mikroelementů zdravých a chlorotických rostlin s tím co Mills a Jones, (1991) uvádí jako optimální koncentrace, viz **tabulka č. 5**.

Tabulka č.5.: Obsah stopových živin v listech petúnií, upraveno podle Mills a Jones, (1991) Dubský a Šrámek (2006)

Živina	Jednotka	Optimum	Zdravé rostliny pH média: 4-9-5,5		Chlorotické rostliny pH média: 6,2-6,5		
Fe	mg/kg	85-170	105	84	152	82	39
Mn	mg/kg	45-177	59	46	40	18	16
Zn	mg/kg	33-85	27	27	38	36	40
B	mg/kg	18-43	52	11	36	36	40
Mo	mg/kg	0.2-0.5	0.9	1.9	1.4	2.5	1.9
Cu	mg/kg	3-19	3.1	5.3	2.8	2.5	2

Při zachování standartních pěstebních postupů se nedostatek mikroelementů neobjevuje ani při pěstování sadby nepravých letniček. Organické komponenty pro přípravu pěstebních

substrátů přirozeně obsahují stopové živiny. Pro lepší růst rostlin, především pak těch, které potřebují více přístupných živin, se používá i základní hnojení substrátu. Běžně se používá třeba hnojivo PG mix, Osmocote, YaraMilaComplex viz. **tabulka č.6**. Mikroprvky jsou také obsaženy ve většině NPK hnojiv, která jsou používána pro průběžné přihnojování – Kristalon, Universol, Poly-feed... Zde je ovšem jejich koncentrace dostatečná pouze při optimálních pěstebních podmínkách, jedná se zejména o pH pěstebního média a zálivku. Na trhu je i dostatečný sortiment jednosložkových hnojiv, která lze použít pro doplnění jednotlivých mikroelementů (Dubský a Šrámek, 2006).

Tabulka č. 6.: Obsah mikroelementů v hnojivech pro základní hnojení substrátu (Dubský a Šrámek 2006)

Živina	Fe	Mn	Zn	Cu	B	Mo
Hnojivo	Obsah živiny v hnojivu v %					
PG mix	0,09	0,16	0,04	0,12	0,03	0,2
Y-Complex	0,35	0,02	0,02	-	0,015	-
Osmocote	0,45	0,06	0,02	0,56	0,02	0,025
Standartní dávka	Dávka stopové živiny v mg/L substrátu					
PG mix	0,9	1,6	0,4	1,2	0,3	2
Y-Complex	7	0,4	0,4	-	0,3	-
Osmocote	22,5	3	1	2,8	1	1,2

3.4 Komponenty pěstebních substrátů

Substrát můžeme definovat jako pevnou hmotu s dostatečným množstvím dutin a pórů, která zajišťuje ukotvení rostliny a reguluje příjem vody, živin a vzduchu (Bunt, 1988).

Pěstební substráty jsou rovněž označovány jako pěstební média. Můžeme je tak označit proto, že jejich primární cíl není vyživovat rostlinu, nýbrž vytvořit vhodné fyzikální a chemické podmínky pro její růst. Jsou složeny z různých komponentů – jak organických, tak anorganických látek, většinou doplněny ještě o tzv. meliorační komponenty které mají za úkol zlepšit převážně fyzikální vlastnosti. Jedná se většinou o perlit, vermikulit bentonit aj. Obecně existují tři skupiny základních požadavků na substrát, tedy fyzikální, biologické a chemické.

- **Biologické:** Mezi biologické požadavky řadíme především hygienickou nezávadnost substrátu, to znamená, že by měl být bez semen plevelů a zárodků škůdců a chorob.

- **Fyzikální:** Udává nám požadavky na vodní a vzdušnou kapacitu substrátu, strukturu a velikost částic, objemovou hmotnost, fyzikální sorpci a další...
- **Chemické:** Optimální hodnota pH, pufrční schopnost, určitý obsah organických látek a živin, malá salinita, vhodný poměr C:N, žádná rezidua pesticidů ani výskyt rizikových prvků (Vaněk, 2012; Agarwal et al., 2021).

V České republice, podobně jako téměř ve všech ostatních evropských státech, je i přes snahu přejít na její alternativy hlavním komponentem substrátů v zahradnické produkci rašelina. Používá se buď samostatně anebo s dalšími organickými a anorganickými komponenty (Dubský a Šrámek 2008).

3.4.1 Komerční x Namíchané substráty

Komerční substráty nabízí široké spektrum nejrůznějších směsí pro všechny možné druhy rostlin i způsoby pěstování. Jsou buď balené, nebo i volně ložené, v závislosti na četnosti odběru. Musí splňovat určitá kritéria jako je určený obsah živin, chemická a biologická nezávadnost. Vhodnost pro pěstování z hlediska fyzikálních vlastností. Pěstitelé, kteří nakupují komerční substráty, nemusí investovat do vybavení pro přípravu substrátů a stejně mají určitou flexibilitu při výběru.

Mnoho velkopěstitelů však preferuje míchaní vlastních substrátů z vhodných komponentů. Mícháním vlastních substrátů ušetří přibližně 25-40 % nákladů na materiál a mají tak kontrolu nad kvalitou výsledného produktu, volbě ingrediencí a vhodného složení pro danou rostlinu či způsob pěstování. Tento způsob je jistě náročnější jak z hlediska odborných znalostí, tak i z pohledu rozborů a kontroly nezávadnosti. Pěstitelům s větším objemem rostlinné produkce se však nesporně vyplatí (Goldammer, 2019).

3.4.2 Organické komponenty

Organická část substrátu má vliv na celou řadu jeho vlastností, např. jímání vody, objemovou hmotnost, obsah biologicky aktivních látek, pufrvitost a půdní reakci. Nejvyužívanější je rašelina, která slouží jako provzdušňovací složka substrátů. Pomalu se rozkládá a často obsahuje složky s významnou sorpční funkcí. Pokud není rašelina nahrazena jiným komponentem, dosahuje její podíl v substrátu běžně okolo 50 %. Rašelina má velmi kyselé pH, proto se musí upravovat na požadovanou hodnotu (např. dolomitickým vápencem) (Wilkinson et al., 2014). Organické komponenty jsou dále popsány v jednotlivých kapitolách.

3.4.3 Rašelina

Rašelina je sedimentací naakumulovaný organický materiál, který se přeměňoval za nepřístupu vzduchu ve vlhkém prostředí. Obsahuje vysoký podíl organické hmoty, málo minerálních látek a je charakteristická svým tmavým zbarvením (Huat et al., 2011). Rašelina má houbovité charakter, který je výsledkem nedokonale rozložených částí rostlin, respektive obsahem jejich částí v různém stupni rozkladu. To způsobuje, že obsahuje velké množství pórů a dobře zadržuje vodu. Její výhodou je i kyselé pH které se může libovolně upravit mletým vápencem dle potřeby rostlin. Dále má i dobrou kationovou výměnnou kapacitu, a tyto vlastnosti z ní dělají nejoblíbenější základní složku substrátů (Bassan et al., 2020).

Kromě zadržování vody a dobré pórovitosti, která přivádí vzduch ke kořenům má i další výhody. Jedná se o čistý materiál bez zárodků patogenů či chemického znečištění. Oproti jejím alternativám je poměrně levná a je možné jí použít na zlepšení půdy k zahradním plodinám. Po použití jako pěstebního média ji můžeme kompostovat (Kitir et al., 2018).

Rašeliniště, a podle nich i rašelinu dělíme do tří skupin podle způsobu a podmínek vzniku:

- **Slatinná:** Vzniká především v eutrofním prostředí – jsou sycena spodní vodou, která obsahuje minerální látky, a nezřídka i vápník. Díky tomu má tento typ rašeliny vyšší pH. Tyto rašeliniště se vyskytují ve všech nadmořských výškách. Tento typ rašeliny obsahuje i více živin a mikroorganismů. Vstupní organický materiál je především ostřice, rákos a přesličky.
- **Vrchovištní:** Vznikají v oligotrofním prostředí. Tato rašeliniště vznikají na nepropustném podkladu, což způsobuje, že voda zde pochází pouze ze srážek. Obsahuje tedy pouze malé množství minerálních látek a pH je tudíž nižší než u slatinných rašelinišť. Díky nízkému pH zde žije i méně mikroorganismů a rašelina je méně rozložená. Vstupní substrát tvoří z většiny mech rašeliník (*Spaghnum sp.*).
- **Přechodová:** Jsou smíšeného původu a vstupní rostlinou hmotu tvoří jak mechy, tak vlhkomilné rostliny.

Rašeliny také rozdělujeme podle klasifikace von Posta do kategorií H1-H10, na základě barvy, stupně rozložení a obsahu huminových a fulvokyselin. Světlé rašeliny (H1-H4) jsou obecně méně rozložené a používají se převážně samostatně jako nejkvalitnější substráty), zatímco hnědá (H5-H7) a černá se používá pouze jako komponent substrátu či pro farmaceutický průmysl díky vyššímu obsahu organických kyselin (Bunt, 1988).

3.4.4 Alternativní organické komponenty pěstebních médií

S používáním rašeliny jako základního komponentu substrátů však vyvstává řada problémů, hlavním z nich je obava o životní prostředí. Rašelina jako taková je považována za neobnovitelný zdroj díky jejímu dlouhému vývoji. Je zde tedy tlak na využívání alternativních materiálů jako složek pěstebních médií (Restrepo et al., 2013). Dalším problémem je zvyšující se cena a závislost na dovozu. Dubský (2011) uvádí, že většina vrchovištní rašeliny pochází z Pobaltí nebo Běloruska.

Pro současnou spotřebu zahradnictví je rašelina těžena ve velké míře především v Evropě, kromě pobaltských států se jedná hlavně o Německo a Irsko. Dovoz rašeliny ze zemí mimo EU (kromě Ukrajiny, Běloruska a Ruska) neprobíhá, a i tam může dojít k omezení díky současnému konfliktu. Evropský trh s rostlinným materiálem však stále neuspokojuje poptávku, a proto je zde značný potenciál růstu, který by ovšem několikanásobně mohl zvýšit spotřebu rašeliny. To je dalším důvodem k využívání alternativních složek (Hirschler et al., 2022).

3.4.4.1 Dřevěná vlákna

Jednou z alternativ rašeliny jsou dřevěná vlákna. V posledních letech byla zaznamenána jejich zvýšená produkce a využívání v substrátech. Vyrábí se z odpadního dřeva, které je zpracováno různými drtiči. Výsledný produkt připomíná vlnu anebo také často využívaná kokosová vlákna. Obsahy živin jsou podobné rašelině a pH se pohybuje okolo 6-7, v závislosti na vstupních materiálech (Alexander, 2014). Dřevěná vlákna prokazatelně zlepšují provzdušnění substrátů, nicméně mají nižší vodní kapacitu a pufrační schopnost. Je nutné tedy upravit i zálivku a kontrolovat imobilizaci dusíku (Neumaier a Meinken, 2015). Tito autoři dále uvádějí, že je možné dřevěná vlákna využít až do podílu 40 %. Další zdroje uvádějí, že je možné využívat i větší podíl, dřevěných vláken. Nejčastěji je však uváděn podíl do 50 % (Eveleens et al., 2021). Výsledek jejich pokusu také ukázal, že dřevěná vlákna mohou nahradit rašelinu do

50 % po dobu nejméně tří měsíců ve skleníku. Dodávají však, že je důležité upravit dávky hnojení v důsledku mírné imobilizace N.

3.4.4.2 Kůra

Kůra se získává jako vedlejší produkt při dřevozpracujícím a papírenském průmyslu. Při využívání kůry musíme mít na paměti, že se jedná o velmi variabilní materiál, jehož kvalita závisí na stromu, ze kterého pochází a velikosti částic. Kůra je materiál s nízkou objemovou hmotností, který vylehčuje substrát a zlepšuje drenáž. Oproti rašelině však hůře zadržuje vodu, a podobně jako u dřevních vláken zde hrozí imobilizace N. Má však tu výhodu že díky přítomnosti fenolických sloučenin, terpenů a kyseliny octové aj. má i ochranný účinek proti některým chorobám a škůdcům. Vysoké koncentrace těchto látek však mohou působit fytotoxicky, proto se provádí hydrotermální úpravy, popř. kompostování. Kompostování také snižuje riziko imobilizace N (Agarwal et al., 2021). Neumaier a Meinken (2015) uvádí, že kompostovanou kůru je nejvhodnější používat do 50 % podílu pěstebního média.

3.4.4.3 Zelený kompost

Zelený kompost je tvořen z většiny biomasou, jako je posekaná tráva, listí, drobné větvičky, piliny, štěpka aj. Oproti běžnému kompostu se zde nenachází podíl zeminy. Doba kompostování je delší a je zde důležité správné namíchání vstupního substrátu kvůli poměru C:N (Valtera 2004). Při kompostování musí substrát dosáhnout dostatečné teploty, aby byly zničeny zárodky patogenů. Tento druh kompostu má obvykle vyšší obsah N a P což je nutno vzít v potaz při hnojení. Obvykle také dosahuje vyšších hodnot pH, proto může být jeho využití omezené při pěstování acidofilních rostlin (Hirschler et al., 2022). Zelený kompost je vhodné používat v objemu od 20-40 % (Neumaier a Meinken, 2015).

3.4.4.4 Kokosová vlákna

Získávají se z mezokarpových pletiv anebo slupky kokosového ořechu. Největším producentem je Indie následovaná Filipínami. V posledních letech došlo k mnohonásobnému zvýšení vývozu této komodity čistě k zahradnickým účelům. Díky způsobu zpracování, kdy se používá brakická voda, mají kokosová vlákna vysoké obsahy Na a K. Mohou tedy působit fytotoxicky. Z tohoto důvodu musí být ještě před použitím jako pěstební médium několikrát propláchnuta sladkou vodou a dále je prováděno pufrování dusičnanem vápenatým. Právě tato sekundární úprava zřetelně zvyšuje cenu kokosových vláken. Je zde však stále potenciál, že se

v budoucnu změni technologické zpracování, díky kterému už se tyto úpravy nebudou muset provádět.

Mnoho studií potvrdilo, že vlastnosti kokosových vláken jsou vhodné k jejich užití jako pěstebního média. Kokosová vlákna jsou lehká a dokážou nasáknout až devítinásobek své hmotnosti. Oproti rašelině nejsou po vyschnutí hydrofobní. Kokosová vlákna mají nicméně nižší kationovou výměnnou kapacitu, cca o polovinu. Největší výhoda je ovšem vyšší pH, které se udává okolo 5,8-6,5 což splňuje optimum a můžeme zde ušetřit na úpravě pH která se obvykle provádí u rašelin (Agarwal et al., 2021).

3.4.4.5 Separovaný digestát (separát)

Tvoří pevnou složku digestátu, odpadu z bioplynových stanic. Separát je produkt po zpracování digestátu, ten je zpracováván různými metodami. Nejčastěji jde o separaci pomocí separátoru či dekantaci. Separát obsahuje dostatek mikro a makroživin, při jeho používání v substrátu musíme myslet na to, že má vysoké pH, a dále je třeba hlídat obsah rizikových prvků (Tlustoš et al., 2013). Separát vylepšuje půdní podmínky, důležitá je zde především vodní retenční kapacita, propustnost a stabilita půdních agregátů. Separát obsahuje dostatek organických látek a pokusy ukázaly, že může tvořit až 40 % pěstebního média v závislosti na jeho vysušení, obsahu živin a potřebách pěstované rostliny (Dubský et al., 2019).

V závěru své metodiky Tlustoš et al. (2013) uvádějí, že u separátů s přirozenou vlhkostí (bez vysušení) je limitující obsah NH_4^+ a K. Tudíž je možno ho využít v substrátech do 10 %. Po vysušení je limitující už pouze množství K, a je možno využívat podíl separátu v substrátech až do 40 % s tím, že vyšší podíly jsou vhodné pro rostliny náročné na živiny, a draslík stále nepřesahuje limitní hodnotu 500mg/l. Sušením se změni i fyzikální vlastnosti, především objemová hmotnost a vzdušná kapacita.

3.4.4.6 Opětovné využití

Recyklace pěstebních médií je dalším krokem k udržitelnému zahradnickému systému. Je zde však řada problémů. Od substrátů s rychlou rozložitelností, přítomnost patogenů, semen plevelů po vysoké koncentrace zbytkových hnojiv a zasolení (Vandecasteele et al., 2020). Z výzkumů bylo zjištěno, že nejvíce je zvýšeno riziko chorob přenášených kořeny. Sanační opatření však zabíjí i prospěšné mikroorganismy. Probíhají však testy, které srovnávají horkou parou ošetřené, tak i neošetřené opětovně využívané substráty. Výsledky jsou prozatím nekonzistentní, někdy se dostavil pozitivní účinek, jindy nebyl zaznamenán žádný vliv na růst

rostlin. Výsledek sanačního ošetření je specifický i pro ošetřované médium. Rašelina po ošetření ztrácí svou strukturu, zatímco kokosová vlákna nevykazují změnu a úspěšně byla použita při pěstování dalších rostlin. Další možností využití použitých substrátů je samozřejmě už dlouho praktikované kompostování (Zucchi et al. 2017).

3.4.5 Minerální a meliorační komponenty

Minerální a meliorační části obecně zlepšují jak chemické, tak fyzikální vlastnosti substrátu. Jsou pórovité, zvyšují sorpci, pufraci, zadržování vody a její přijímání při přeschnutí organické části (hydrofobie rašeliny). V substrátech se pohybují do 20 %. Mezi tyto komponenty můžeme řadit jíl, písek, štěrk, prach, popel, dolomit, sopečný tuf aj. Oproti organickým substrátům mají i vyšší pH a objemovou hmotnost (Vaněk et al., 2012; Dhir, 2020).

3.4.5.1 Zeminy

Do substrátů je vhodné přidávat zeminy s vyšším obsahem jílových částic. Zvyšují sorpční a pufrací kapacitu. Nejvhodnějším materiálem se zdají být sprašové zeminy, bentonit a zeolity. V substrátech jsou vhodné v přídávku od 5 do 20 %. V komerčním zahradnictví se ovšem moc nevyužívají kromě kompostů s větším obsahem minerálních částic.

3.4.5.2 Písek

Od používání písku v zahradnických substrátech se pomalu upouští, protože jeho primární účel, tedy nakypření a provzdušnění, lépe plní jiné materiály. Jedná se tedy spíše o balast, který zbytečně zvyšuje objemovou hmotnost. Našel však využití v hydroponických substrátech, případně na specifických plochách jako jsou střešní zahrady a golfové hřiště (Vaněk et al., 2012).

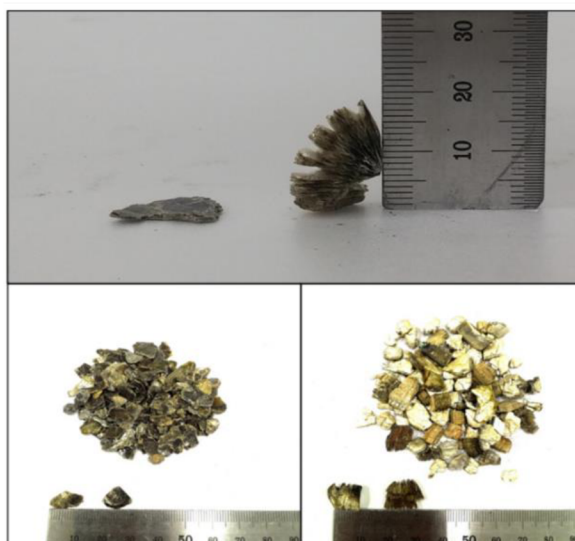
3.4.5.3 Polystyren

Jedná se především o odpadní produkt z polystyrenových desek běžně využívaných k izolaci obytných objektů. Představuje podobně jako perlit výbornou náhradu za písek. Lépe provzdušňuje a má i nižší objemovou hmotnost. Jedná se ovšem o syntetický produkt, který neabsorbuje vodu a je v podstatě inertní. Mezi nevýhody tohoto komponentu patří jeho postupné vyplavování na povrch substrátů a dále složitější recyklace substrátů s jeho podílem.

Polystyren se nejprve musí oddělit před např. kompostováním organického materiálu (Goldammer, 2019).

3.4.5.4 Vermikulit

Vermikulit je minerál, křemičitan hořečnato-hlinito-železitý, který za se za vysokých teplot rozpíná a zvětšuje tak několikanásobně svůj objem (**obr.č.1**). Díky tomu dobře absorbuje vodu i se živinami, které potom postupně uvolňuje, což je ceněné zejména v letních měsících. Jde o plnohodnotnou náhradu písku, perlitu a rašeliny. Obsahuje Mg, K, Ca a další stopové prvky. Nenahradí však hnojení. V substrátech se používá do 25 % objemu. Jeho nevýhoda je, že po jeho fyzickém stlačení už nevykonává svou funkci a po navlhčení se jeho fyzická stabilita ještě zmenší. Jeho pH se pohybuje v rozmezí 6 až 8,9 (Ahn a Hu, 2015).



Obrázek č. 1: Vermikulit před a po expanzi (Ahn a Hu, 2015).

3.4.5.5 Perlit

Perlit můžeme charakterizovat jako vulkanickou horninu, která se drtí a potom se za vysokých teplot, podobně jako vermikulit, nechává expandovat. Tím vzniká bílý lehký agregát s velkým množstvím pórů. Jeho výhodou je především nízká hmotnost, schopnost provzdušnění, případně odvodnění substrátu. Dobře také poutá vodu – až čtyřnásobek své váhy. Jeho pH je neutrální a je inertní, takže je také často využíván v hydroponii.

3.4.5.6 Minerální vata

Tato specifická vata se vyrábí z čediče. Oproti normální izolační vatě má vyšší hustotu, aby zajistila požadavky rostlin na zadržení vzduchu a vody. Velmi dobře zadržuje vzduch, i když je nasycená vodou. To z ní dělá výborné pěstební médium pro hydroponii. Obsahuje pouze nepatrné množství přístupných živin, jako jsou Ca, Mg, S, Fe, Cu a Zn (Goldammer, 2019).

3.4.6 Další

Do této kategorie jsou zařazeny komponenty, které nelze čistě klasifikovat jako hnojiva, meliorační prvky nebo běžný organický či anorganický komponent. Jedná se specificky o vermikompost, biouhel a biostimulanty.

3.4.6.1 Vermikompost

Dříve organická hmota, která byla rozložena pomocí určitých druhů žížal, nejčastěji *Eisenia andrei* a bakterií. Proces probíhá ve vermikompostéru za určitých podmínek, kdy je třeba specifické teploty a vlhkosti. Proces začíná tím, že bakterie rozruší rostlinná pletiva, ty změknou a umožní tak žížalám jejich konzumaci. Vermikompost je tedy koprolit, organický materiál, který prošel trávicím traktem žížal. Díky enzymům působícím v trávicím traktu žížal je mnohem účinnější než běžný kompost. Proto se tato látka používá jako přírodní hnojivo, prokazatelně zvyšující úrodnost půdy a využitelnost minerálních látek. Po aplikaci také chrání rostliny proti chorobám a škůdcům. Podle několika výzkumů vermikompost obsahuje látky, které podporují růst rostlin, jmenovitě etylen, auxin a gibberelin, a také enzymy, jako je celuláza, nitrátoreduktáza a fosfatáza (Sharma a Garg, 2023).

Gupta et al., (2014) provedli pokus, při kterém zkoumali vliv vermikompostů ze statkových hnojiv přidávaných v určitém podílu do pěstebního média na růst a kvetení měsíčku lékařského (*Calendula officinalis*). Ukázalo se, že přidavek vermikompostu způsobil signifikantně pozitivní vliv při tvorbě nadzemní hmoty, nasazování květů, jejich četnost i velikost.

Příznivý vliv vermikompostu zaznamenali i Álvarez et al., (2018) při pokusu s pěstováním kontejnerových květin v substrátech složených z rašeliny, vermikompostu a biouhlu v různém poměru. Oproti kontrolnímu substrátu byla hmotnost nadzemní hmoty až o 115 % vyšší a nasazení květů až o 320 %.

3.4.6.2 Biouhel

Jemnozrnná porézní látka vyráběná termochemickým procesem – pyrolýzou, při kterém se zahřívá organická hmota za nepřístupu vzduchu. Vzniká bio-olej, syntézní plyn a biouhel, viz **obrázek č.2**. Vstupní surovinou může být dřevo, separát, ovocné výlisky, hnůj aj. Biouhel má výhodu, že se jedná o udržitelný zdroj uhlíku, a např. v zemědělství může být aplikován nad rámec jiné organické hmoty. Jeho velkou výhodou je že jeho vlastnosti a složení se liší v závislosti na způsobu a teplotě pyrolýzy a vstupním substrátu při výrobě. Obecně zlepšuje fyzikální a hydraulické vlastnosti půdy. Po aplikaci do půdy bylo zaznamenáno zlepšení sorpce vody až o 18 % a předpokládá se i snížené vyplavování živin.

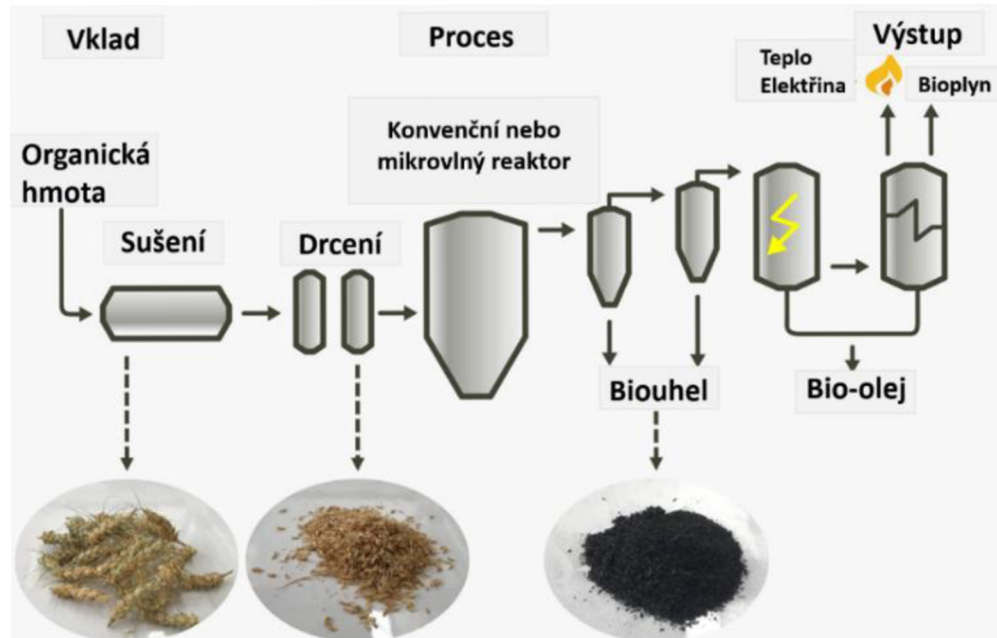
Biouhel je převážně alkalický, popř. neutrální čehož lze využít při kombinaci s rašelinou. Většina plošných pokusů prozatím vykazala pozitivní výsledky, při čemž některé naznačují i omezení některých chorob a škůdců. O jeho využití v substrátech pro zahradnické účely však není dostatečné množství studií (Asaduzzaman, 2015).

Nicméně z pokusů, které provedli Chrysargyris et al. (2019), vyplývá, že biouhel je rostlinám v pěstebních médiích prospěšný pouze v objemu do 15 % substrátu. Při vyšším už dochází ke stresu rostlin a zhoršenému klíčení semen, popř. růstu mladých rostlin. Ze studie Glaser a Asomah (2022) je však zřejmé, že substráty na bázi biouhelu a rašeliny jsou relativně srovnatelné s odchylkami v koncentraci živin a výnosu některých rostlin, a je tak možné uvažovat u zařazení biouhelu jako potenciální alternativy k rašelině.

Jiní autoři jako např. Hou et al. (2022) se ve svém přehledu však dívají na biouhel jako na zdroj alternativního hnojiva. Biouhel obecně obsahuje dostatek makro i mikroživin. Obsah dusíku je ihned po pyrolýze sice nízký, ale bylo zjištěno, že se jeho obsah mění v závislosti na vstupním substrátu, teplotě a způsobu zpracování. Nejvíce dusíku obsahují biouhly z čistírenských kalů a kuřecího hnoje kde se hodnoty pohybují okolo 6 %. V případě fosforu, který je i jednou z nejvíce potřebných a nedostatkových živin, se hodnoty pohybovaly v rozmezí 0,5 – 5,9 %. Obsah fosforu stoupal se zvyšující se teplotou pyrolýzy.

Výzkum, který provedli Sornhiran et al. (2022) pracovali s tím, že silikátové minerály ovlivňují adsorpci fosforu. V předchozích pokusech byl prokázán rozdíl v poutání a uvolňování živin v závislosti na Al, Fe, Mn, Zn a Mg. Proto byla biomasa obsahující značné množství Si (rýžové pluchy) saturována chloridy daných prvků. Adsorpce P byla prováděna ve vodném roztoku. Výsledky ukazují že přes pomalou sorpční kinetiku mají tyto kovo-silikátové

sloučeniny výbornou sorpční kapacitu. Využitelnost Zn-, Mg-, Mn- a Fe-biouhlů jako recyklovaných hnojiv potvrzuje i poměrně vysoká extrakce P – 19-69 % (pomocí kyseliny citronové). Z hostitelských kovů se do prostředí uvolnilo 34-47 %. Je zde tedy značný potenciál pro využití této metody jako P, Mg a mikroprvkových Zn a Mn hnojiv.



**Obrázek č. 2.: Schéma výroby biouhlu,
Upraveno (Anonym 2021).**

4 Metodika

4.1.1 Vegetační pokus

Vegetační pokus s okrasnými letničkami byl založen 11.4.2022, jako druhy byly zvoleny mák východní Checkers (*Papaver orientale*), černucha damažská modrá (*Nigella damascena*), chrpa modrá (*Centaurea cyanus*), astra čínská vysoká (*Calistephus chinensis*) a hrachor... (*Lathyrus odoratus*...), dále jen mák, černucha, chrpa, astra a hrachor. Semena hrachoru nevěžla, a proto byla dodatečně zařazena i sluncovka ... (*Escholzia californica*), dále jen sluncovka. V tomto případě byl pokus založen 9.8.2022. Semena pocházela vždy od dodavatele SemenaOnline, s.r.o. (Praha 5, Česká republika).

Založení pokusu

Celý pokus probíhal ve sklenících katedry agroenvironmentální chemie a výživy rostlin ČZU v Praze. K založení pokusu byly zvoleny květináče o objemu 3 litry (horní část 15x15 cm, spodní část 11x11 cm, výška 20 cm). Pro varianty se zeminou byla použita dlouhodobě nehnojená půda ze stanoviště Humpolec (49°33'15" N; 15°21'02" E). Zemina byla usušena, přeseťa přes síto s velikostí otvorů 5 mm a uskladněna přibližně 1 rok. V době založení pokusu byla smíchána s pískem (EXPERT travní písek aktivátor kořenů, Forestina, Mnichov, Česká republika) v poměru 1:1 (1,8 kg + 1,8 kg na nádobu). Pro úpravu hodnoty pH vzniklé směsi byl použit vápenný dolomit (36 % Ca; 10 % Mg - Agro CS, Říkov, Česká republika) v dávce 10 g na nádobu. Po týdnu od založení byl vzniklý substrát přihnojen roztokem dusičnanu amonného v dávce 0,5 g dusíku na nádobu. Tato dávka byla aplikována pipetou (rozpuštěná v 10 ml vody). Následovala záливka pro lepší vsáknutí hnojiva do profilu.

Pro varianty se substrátem byl využit běžně dostupný zahradnický substrát (Zahradnický substrát s aktivním humusem, Agro CS, Říkov, Česká republika) s navázkou 1,00 kg na nádobu. Substrát nebyl po celou dobu vegetačního pokusu přihnojován. Vstupní vzorky substrátu i zeminy byly uloženy do mrazáku a skladovány při -18 °C.

Rostliny chrpy, černuchy, astry a sluncovky byly vysety v počtu 5 semen na nádobu, mák byl vyset v počtu 10 a více semen na nádobu. Po vzejití proběhlo následující jednocení: chrpa, černucha a sluncovka – 2 rostliny na nádobu, astra a mák – jedna rostlina na nádobu.

Všechny varianty byly založeny ve 4 opakováních, přičemž pozice nádob byla průběžně randomizována. Rostliny byly zalévány dle aktuální potřeby. Nádoby byly rovněž jednou za 2 týdny zváženy a zality na stejnou hmotnost. V průběhu pokusu (28.6.2023) proběhlo ošetření 0,03% roztokem přípravku Mospilan (AgroBio, Opava, Česká republika) proti molicím.

Sklizení pokusu

Rostliny byly sklizeny vždy v době květu. Sklizení pokusů s chrpou proběhla 16.6.2023, černucha byla sklizena 29.6.2023, astry a mák 31.8.2023 a později zasetá černucha 16.11.2023.

Zpracování vzorků a základní charakteristiky

Vstupní zeminy i substráty byly zamraženy (-18 °C). Po sklizni pokusů byly nádoby vysypány, zeminy (substráty) byly promíchány a zbaveny větších kořenů. Poté bylo naváženo 50 gramů materiálu, který byl usušen (max. 40 °C) a následně analyzován vodným výluhem a výluhem Mehlich 3. Po usušení bylo na základě hmotnosti stanoveno procento sušiny. Současně byl zamražen i vzorek čerstvých zemin (substrátů) pro pozdější analýzu CAD, aby bylo zabráněno mineralizaci dusíku.

V případě rostlin byla vždy sklizena celá nadzemní biomasa. Ta byla zvážena a následně usušena (max. 40 °C) pro stanovení podílu sušiny. Suchá hmota rostlin byla následně namleta střížným mlýnem (SM 100, Retsch GmbH, Německo) na velikostní frakci menší než 1 mm. V případě menšího výnosu suché biomasy (černucha, mák a sluncovka) byly vzorky zpracovány na stejnou velikost kladívkovým mlýnkem IKA MF 10 basic (IKA Werke, Německo) určeným pro menší množství materiálu.

4.1.2 Laboratorní analýzy

Stanovení aktivního pH a vodivosti

Pro stanovení hodnoty pH byly naváženy 4 g suchého substrátu, který reagoval po dobu 2 hodin (1hod. třepání, 1 hod. ustálení) s 40 ml demineralizované vody v 50 ml plastových kyvetách. Po ustálení proběhlo měření aktivního pH a současně i vodivosti sondou (HANNAH instruments, HI991301, Rumunsko). Hodnota aktivního pH bude dále označována jako pH_{H2O}.

Stanovení okamžitě přístupných mikroprvků vodným výluhem

Extrakty byly zhotoveny dle Luscombe et al. (1979). Ke 4 g usušeného vzorku bylo doplněno 40 ml demineralizované vody. Vzorky byly třepány 1 hodinu a následně filtrovány. Vzniklé extrakty byly analyzovány na obsah přístupných mikroprvků optickým emisním spektrometrem s indukčně vázaným plazmatem (Varian VistaPro, Mulgrave, Austrálie), dále jen ICP-OES.

Stanovení potenciálně přístupných mikroprvků metodou Mehlich 3

Pro analýzy usušených vzorků zrniny (substrátu) byl použit extrakční roztok Mehlich 3 (Mehlich 1984) složený z CH_3COOH ($c=0,2$ mol/l), NH_4F ($c=0,015$ mol/l), HNO_3 ($c=0,013$ mol/l), NH_4NO_3 ($c=0,25$ mol/l) a ethylendiamintetraoctová kyselina (EDTA) ($c=0,001$ mol/l). Poměr materiálu a vyluhovadla činil 1:10 (3 g zeminy, 30 ml vyluhovadla). Třepání probíhalo po dobu 5 min. Suspenze byla následně zfiltrována. Ve filtrátu byl měřen obsah přístupných mikroprvků pomocí ICP-OES.

Stanovení potenciálně přístupných mikroprvků metodou CAD

Dostupnost či obsah vybraných půdních živin a prvků byla stanovena dle normy EN 13651. Tato evropská norma je určena pro stanovení živin a prvků extrahovatelných chloridem vápenatým a DTPA (diethylentriaminpentaoctová kyselina). Rozmražené vzorky zeminy (substrátu) byly extrahovány roztokem 0,01 mol/l CaCl_2 a 0,002 mol/l DTPA v poměru (pevná látka/kapalina) 1:10 (3 g/30 ml). Po 1 hodině třepání byly vzorky zfiltrovány a získané extrakty měřeny. Pro měření přístupných mikroprvků byl využit ICP-OES.

Stanovení celkového obsahu mikroprvků v rostlinách

Bylo naváženo 0,5 g ($\pm 0,005$ g) namletého rostlinného materiálu. Ten byl převeden do roztoku rozkladem na mokré cestě s pomocí mikrovlnné digesce (Ethos 1; MLS GmbH, Švýcarsko) v prostředí kyseliny dusičné a peroxidu vodíku. Získaný vzorek byl poté kvantitativně převeden do roztoku (finální objem 50 ml). V roztoku byl následně měřen obsah sledovaných mikroprvků přístrojem ICP-OES.

Statistické vyhodnocení

Pro statistické vyhodnocení byly využity základní popisné charakteristiky vypočtené v programu Microsoft Excel (Excel, 2019) a pokročilé statistické vyhodnocení (korelační analýza; ANOVA, Tukey test při $p < 0.05$) bylo realizováno prostřednictvím programu Statistica 12 (StatSoft, Inc., 2013).

5 Výsledky

5.1 Rozbor substrátů před založením pokusu

V této části jsou zhodnoceny výsledky vstupního rozboru zeminy a zahradnického substrátu. Měřeno bylo pH (H₂O) a EC, kde výsledky zeminy dosáhly hodnot **7,5 pH** a **0,24 mS/cm**. Naopak u zahradnického substrátu bylo **pH 4,96**, tedy poměrně nízká hodnota, ovšem EC dosáhlo hodnoty **1,12 mS/cm**, což naznačuje vyšší zásobu živin.

Obsah okamžitě přístupných živin je uveden v **tabulce č.7**. Více železa bylo naměřeno v zemině, kde dosáhlo hodnoty **7,49 mg/kg**. Měď byla v malém množství detekována pouze v substrátu a obsahy Zn byly podobné v obou médiích. Největší rozdíl vykazoval Mn, jehož naměřený obsah v zahradním substrátu byl **22,3 mg/kg**, zatímco v zemině bylo naměřeno pouze **0,742 mg/kg**. Nikl nebyl detekovatelný přístrojem ICP-OES ani u jednoho média.

Tabulka č.7.: Obsah mikroprvků stanovený vodným výluhem (v mg/kg sušiny)

	Fe	Cu	Zn	Mn	Ni
Substrát	1,87	0,07	0,66	22,3	0,00
Zemina	7,49	0,00	0,74	0,74	0,00

Metoda CAD stanovuje potenciálně dostupné prvky, jejichž obsahy můžeme nalézt v **tabulce č.8**. Obsah potencionálně dostupného Fe byl v obou médiích velice podobný. Největší rozdíly byly zjištěny v obsahu Cu, kde zemina měla vyšší obsah přibližně šestkrát a u Zn, kde naopak substrát obsahoval dvacetinásobek Zn oproti jeho obsahu v zemině. Mn byl opět více obsažen v substrátu, **164 mg/kg**. Mezi dalšími mikroprvky nebyly velké rozdíly. Molybden nebyl detekován.

Tabulka č.8.: Obsah mikroprvků stanovený metodou CAD (v mg/kg sušiny)

	Fe	Cu	Zn	Mn	B	Mo	Ni
Substrát	87,0	0,39	22,9	164	0,67	0,00	0,39
Zemina	70,9	2,33	1,19	45,8	0,27	0,00	0,72

Při stanovení potencionálně dostupných živin metodou Mehlich 3, viz **tabulka č.9.**, byly v zahradnickém substrátu kromě niklu zjištěny vyšší obsahy mikroprvků než metodou CAD. U zeminy není tento trend jednoznačný. S výjimkou Cu byly obsahy mikroprvků v substrátu vždy vyšší než v zemině.

Tabulka č.9.: Obsah mikroprvků stanovený metodou Mehlich 3 (v mg/kg sušiny)

	Fe	Cu	Zn	Mn	Ni
Substrát	171	0,61	27,7	209	0,38
Zemina	64,9	0,81	0,55	22,3	0,19

Pro další informace ohledně případného vstupu živin byly změřeny mikroprvky obsažené v semenech rostlin, kromě Sluncovky. Naměřené hodnoty jsou uvedeny v **tabulce č.10.** Největší obsah Fe byl naměřen v Máku kde ovšem oproti semenům ostatních rostlin nebyla detekována měď. Další odchylky od jinak přibližně stejných hodnot je pětinasobně nižší obsah Mn v semenech Astry oproti semenům ostatních rostlin. Za povšimnutí také stojí obsah B u semen černuchy, který dosahuje hodnoty **32,8 mg/kg**. Pro porovnání druhá nejvyšší hodnota je **2,74 mg/kg** u semen Chrpy. Analýza semen byla realizována pro zjištění ovlivnění bilance živin. Vzhledem k tomu, že výsevek se pohyboval řádově v desetínách až setínách gramů, dá se vstup živin semeny považovat za zanedbatelný a není dále zohledňován.

Tabulka č.10.: Obsah živin v semenech (v mg/kg sušiny)

Osivo	Fe	Cu	Zn	Mn	B	Mo	Ni
Chrpa	132	13,7	40,6	24,6	2,74	0,00	0,00
Astra	151	11,9	30,9	5,30	1,10	0,00	0,00
Černucha	155	11,3	31,3	24,0	32,8	0,00	0,00
Mák	235	0,00	39,3	29,2	0,00	0,00	0,00

5.2 Rozbor substrátů po skončení pokusu

V této části jsou výsledky obou pěstebních médií, jejichž vzorky byly odebrány a analyzovány po sklizni pěstovaných rostlin. Varianty pěstebních médií jsou označeny následovně: S, pro varianty pěstované v zahradnickém substrátu. Z je pro varianty pěstované v běžné zemině.

Při srovnání pH a vodivosti, v **tabulce č. 11.**, je z hodnot patrné že všech variant došlo ke zvýšení pH hodnot a obě pěstební média se od sebe prokazatelně liší. Vliv sledovaných rostlin na hodnotu pH nebyl statisticky prokázán. Při měření EC byl zjištěn obecný pokles hodnot, pravděpodobně způsobený odběrem živin rostlinami. Vyšším EC se liší pouze Černucha (S). Ostatní (S) varianty vykazují vyšší EC i přes statistickou podobnost se všemi (Z).

Tabulka č.11.: Základní charakteristika, pH a EC

	pH	EC
Varianta S		
Chrpa	5,14 ^a	0,87 ^{ab}
Černucha	5,12 ^a	1,29 ^b
Astra	5,30 ^a	0,83 ^{ab}
Mák	5,33 ^a	0,55 ^a
Sluncovka	5,39 ^a	0,88 ^{ab}
Varianta Z		
Chrpa	7,53 ^b	0,15 ^a
Černucha	7,58 ^b	0,17 ^a
Astra	7,53 ^b	0,18 ^a
Mák	7,58 ^b	0,17 ^a
Sluncovka	7,75 ^b	0,18 ^a

V **tabulce č. 12.**, jsou uvedeny obsahy mikroprvků stanovených vodním výluhem, (Z) varianty vykazují prokazatelně vyšší hodnoty Fe než (S). Obsah Cu a Ni byl vzájemně srovnatelný, a v některých případech nebyly tyto mikroprvky ani detekovány, především Ni u (Z) variant. Zinek nebyl u (Z) variant detekován. Obsah Mn byl prokazatelně vyšší u všech (S) variant. Oproti výsledkům před založením zde došlo k navýšení okamžitě přijatelného Fe, přibližně o polovinu u (Z) variant, zatímco u (S) se obsah udržel na stejných hodnotách. Obsahy Cu a Ni zůstaly přibližně stejné, zatímco u Zn došlo k mírnému poklesu. Mn poklesl mírně u (Z), ale až $\times 10$ u (S).

Tabulka č.12.: Stanovení mikroprvků vodním výluhem (v mg/kg sušiny)

	Fe	Cu	Zn	Mn	Ni
Varianta S					
Chrpa	1,40 ^a	0,04 ^a	0,60 ^{bc}	4,77 ^c	0,02 ^a
Černucha	1,24 ^a	0,00 ^a	0,65 ^c	4,59 ^c	0,02 ^a
Astra	2,93 ^a	0,03 ^a	0,56 ^{bc}	2,84 ^{bc}	0,05 ^a
Mák	3,53 ^a	0,02 ^a	0,35 ^b	1,70 ^{ab}	0,05 ^a
Sluncovka	2,67 ^a	0,00 ^a	0,35 ^b	1,71 ^{ab}	0,03 ^a
Varianta Z					
Chrpa	18,0 ^b	0,06 ^a	0 ^a	0,38 ^a	0 ^a
Černucha	16,9 ^b	0,02 ^a	0 ^a	0,37 ^a	0 ^a
Astra	17,8 ^b	0,02 ^a	0 ^a	0,39 ^a	0 ^a
Mák	19,7 ^b	0,04 ^a	0 ^a	0,42 ^a	0 ^a
Sluncovka	19,8 ^b	0,00 ^a	0 ^a	0,45 ^a	0 ^a

Při měření metodou CAD, viz. **Tabulka č. 13.**, byly prokázány významné rozdíly v obsahu mikroprvků mezi (S) a (Z), kde obsah Fe, Zn a Mn byl vyšší mnohdy až $20\times$. Prokazatelně stejné potenciální zásoby živin byly změřeny pouze u Cu a Mo, který nebyl detekován.

Z výsledků je patrné že u (S) variant došlo k uvolnění živin a jejich obsah se zvýšil přibližně 2,5× oproti měření před založením pokusu. U média (Z) byl pozorován zcela opačný trend, kdy došlo k poklesu obsahu všech potencionálně dostupných živin o mnohdy více než o polovinu, zřejmě v důsledku odběru rostlinami anebo imobilizace díky vysokému pH.

Tabulka č.13.: Stanovení mikroprvků metodou CAD (v mg/kg sušiny)

	Fe	Cu	Zn	Mn	B	Mo	Ni
Varianta S							
Chrupa	224 ^b	1,37 ^a	41,5 ^b	230 ^{bc}	1,37 ^{bc}	0,00 ^a	0,81 ^{bc}
Černucha	256 ^{bc}	1,45 ^a	45,8 ^b	242 ^{bc}	1,65 ^c	0,00 ^a	0,95 ^c
Astra	215 ^b	1,15 ^a	48,2 ^b	218 ^b	0,96 ^b	0,00 ^a	0,83 ^{bc}
Mák	305 ^c	1,14 ^a	43,3 ^b	262 ^c	1,47 ^{bc}	0,00 ^a	0,89 ^{bc}
Sluncovka	213 ^b	1,04 ^a	42,1 ^b	235 ^{bc}	1,48 ^{bc}	0,00 ^a	0,76 ^b
Varianta Z							
Chrupa	25,9 ^a	1,23 ^a	0,52 ^a	12,2 ^a	0,09 ^a	0,00 ^a	0,15 ^a
Černucha	25,3 ^a	1,14 ^a	0,50 ^a	12,9 ^a	0,12 ^a	0,00 ^a	0,11 ^a
Astra	31,6 ^a	1,09 ^a	0,34 ^a	11,6 ^a	0,04 ^a	0,00 ^a	0,14 ^a
Mák	28,1 ^a	1,10 ^a	0,41 ^a	11,8 ^a	0,10 ^a	0,00 ^a	0,14 ^a
Sluncovka	28,8 ^a	1,28 ^a	0,38 ^a	15,4 ^a	0,10 ^a	0,00 ^a	0,12 ^a

Výsledky analýz substrátů metodou Mehlich 3 jsou uvedeny v **tabulce č. 14.**, Obě varianty médií vykazují prokazatelnou rozdílnost v obsazích mikroprvků u všech pěstovaných rostlin (s výjimkou Cu). Oproti metodě CAD zde byly naměřeny vyšší zásoby potencionálně dostupného Fe u všech (Z), zatímco u (S) zůstaly hodnoty přibližně stejné. Prakticky téměř stejné byly výsledky i u potencionálně dostupných Cu, Zn a Ni. U Mn došlo k významnému poklesu u (S) variant a navýšení u (Z).

Při porovnání s obsahy vstupních substrátů, změřených metodou Mehlich 3 bylo zjištěno že v případě Fe, Cu, Zn a Ni došlo k mírnému navýšení potencionálně přístupných prvků u obou druhů médií. U Mn došlo k mírnému snížení u (S), zatímco u (Z) zůstaly hodnoty srovnatelné.

Tabulka č.14.: Stanovení mikroprvků metodou Mehlich 3 (v mg/kg sušiny)

	Fe	Cu	Zn	Mn	Ni
Varianta S					
Chrpa	211 ^d	1,14 ^{ab}	36,0 ^{ab}	83,4 ^c	0,56 ^b
Černucha	237 ^{bd}	1,03 ^{ab}	39,7 ^b	67,4 ^{bc}	0,51 ^b
Astra	261 ^{bc}	1,10 ^{ab}	41,4 ^b	69,3 ^{bc}	0,56 ^b
Mák	265 ^{bc}	0,94 ^a	37,1 ^{ab}	66,3 ^b	0,51 ^b
Sluncovka	278 ^c	1,01 ^{ab}	45,0 ^b	56,8 ^b	0,58 ^b
Varianta Z					
Chrpa	72,9 ^a	1,51 ^b	0,90 ^a	22,7 ^a	0,25 ^a
Černucha	67,0 ^a	1,29 ^{ab}	0,70 ^a	20,2 ^a	0,18 ^a
Astra	75,2 ^a	1,31 ^{ab}	20,0 ^{ab}	22,1 ^a	0,22 ^a
Mák	75,2 ^a	1,31 ^{ab}	20,0 ^{ab}	22,1 ^a	0,20 ^a
Sluncovka	86,1 ^a	1,45 ^{ab}	0,70 ^a	25,9 ^a	0,21 ^a

5.3 Výnos sušiny, odběr a obsah mikroprvků v rostlinách.

Následující část obsahuje výsledky výnosů rostlin, obsahů mikroprvků a jejich odběru. V **tabulce č. 15.**, jsou údaje o hmotnosti čerstvé a suché biomasy sklizených rostlin, a stejně tak i procentuální obsah sušiny v jejich pletivech. Nejvíce nadzemní hmoty vytvořily druhy Chrpa a Astra (až **95,9 g** v (S)). V (Z) variantě to bylo **34,4 g**. Z výsledků je patrný prokazatelný rozdíl mezi výnosy variant (S) a (Z) u chrpy a astry a statistická podobnost u sluncovky, černuchy a máku. Nejvyšší obsah sušiny byl naměřen u Máku (až **50 %**), a nejmenší u sluncovky. Vyšší podíl sušiny u varianty (Z) ve srovnání s (S) byl naměřen u druhů: chrpa, astra a sluncovka. Díky drobným rozdílům v podílu sušiny v pěstebních médiích u jednotlivých druhů se vždy jednalo o statisticky srovnatelné hodnoty. (V tabulce č 15. a v některých následujících je uveden výnos případně odběr na nádobu z důvodu, že počty rostlin nebyly stejné astra a mák byly jednoceny na jednu rostlinu, zatímco sluncovka, chrpa a černucha na dvě rostliny.)

Tabulka č.15.: Výnos rostlin v g/nádobu

	Čerstvá hmota (g)	Suchá hmota (g)	Obsah sušiny (%)
Varianta S			
Chrpa	79,8 ^c	11,3 ^c	14,3 ^a
Černucha	15,1 ^{ab}	3,6 ^{ab}	23,9 ^{ab}
Astra	92,4 ^c	23,7 ^d	25,7 ^{ab}
Mák	2,73 ^a	0,85 ^a	51,5 ^b
Sluncovka	19,8 ^b	1,95 ^a	9,77 ^a
Varianta Z			
Chrpa	22,1 ^b	4,30 ^{ab}	19,7 ^{ab}
Černucha	9,28 ^{ab}	1,98 ^a	21,3 ^{ab}
Astra	19,3 ^b	6,18 ^b	33,9 ^{ab}
Mák	2,45 ^a	0,78 ^a	40,6 ^{ab}
Sluncovka	6,45 ^{ab}	0,64 ^a	9,93 ^a

Obsah mikroprvků v rostlinách je v **tabulce č. 16**. Nejvíce Fe obsahoval mák a astra (Z), společně se sluncovkou (S). Obsah Fe byl ovšem statisticky podobný u všech druhů v obou médiích. Měď byla nejvíce obsažena v Chrpě (Z), **17,6 mg/kg**. Vyšší obsah Cu byl naměřen u (Z) variant, kromě máku. Naopak u Zn je zcela opačný trend vyššího obsahu v (S) variantách, kde mák tvoří opět jedinou výjimku. Většina výsledků však opět vykazuje statistickou podobnost. Nejvíce Mn bylo zjištěno u Chrpy (S) a nejméně u Černuchy a astry (Z). Ostatní druhy vykazují podobnost. Obecně bylo více Mn naměřeno vždy v (S) variantě. Obsah bóru byl vždy vyšší ve variantách (S), ve většině případů i průkazně. Obsah Mo byl u rostlin pěstovaných v zahradnickém substrátu většinou nedetekovatelný, naopak u rostlin pěstovaných v zemině bylo naměřeno **0,47 – 2,90 mg Mo/kg**. Obsah Ni byl detekovatelný pouze u druhů Astra, Mák a Černucha (pouze Z). Statistické hodnocení zde ukázalo prokazatelnou podobnost změřených hodnot.

Tabulka č.16.: Obsah mikroprvků ve sklizených rostlinách (v mg/kg)

	Fe	Cu	Zn	Mn	B	Mo	Ni
Varianta S							
Chrpa	107 ^a	1,84 ^a	99,2 ^{ab}	462 ^d	42,3 ^{dc}	0,00 ^a	0,00 ^a
Černucha	56 ^a	0,98 ^a	105 ^{ab}	70,5 ^{abc}	26,6 ^{ab}	0,00 ^a	0,00 ^a
Astra	194 ^a	2,73 ^a	134 ^{ab}	143 ^{ac}	48,6 ^d	0,00 ^a	0,34 ^a
Mák	297 ^a	9,64 ^b	124 ^{ab}	124 ^{abc}	78,1 ^f	0,00 ^a	1,59 ^a
Sluncovka	1164 ^a	7,57 ^{ab}	304 ^b	164 ^a	28,5 ^{ab}	0,44 ^a	1,58 ^a
Varianta Z							
Chrpa	193 ^a	17,6 ^c	21,5 ^{ab}	40,4 ^{bc}	24,8 ^{abc}	0,49 ^a	0,00 ^a
Černucha	366 ^a	6,68 ^{ab}	14,9 ^a	36,6 ^b	14,4 ^c	0,57 ^a	0,27 ^a
Astra	1044 ^a	6,97 ^{ab}	17,6 ^{ab}	56,7 ^{abc}	33,4 ^{cd}	0,47 ^a	1,39 ^a
Mák	2416 ^a	8,57 ^{ab}	262 ^{ab}	177 ^a	26,2 ^{abc}	0,83 ^a	3,12 ^a
Sluncovka	714 ^a	10,9 ^b	34,7 ^{ab}	82,6 ^{abc}	18,6 ^{ac}	2,90 ^b	2,23 ^a

Na základě výnosu sušiny a obsahu mikroprvků byl vypočten i odběr mikroprvků nadzemní hmotou. Výsledky odběru mikroživin rostlinami jsou uvedeny v **tabulce č. 17**. Rostlinné druhy v obou pěstebních médiích vykázaly statistickou podobnost v odběru Fe, Mo a Ni. V případě Mo a Ni ve většině případů nebyla živina ani detekovatelná, proto nemohl být vypočten odběr. Podobné výsledky ukázaly i rozborů Cu kde prokazatelně vyšší obsahy měla pouze chrpa v (Z) a astra v obou médiích. V obsahu Zn bylo dosaženo statistické podobnosti u všech variant kromě vyššího obsahu u chrpy a astry (S). Obsah Mn byl nejvyšší u variant chrpa (Z) a astra (S), a ostatní varianty vykázaly statistickou podobnost. Stejný trend byl pozorován i u obsahu B.

Tabulka č.17.: Odběr mikroprvků rostlinami (v mg/nádoba)

	Fe	Cu	Zn	Mn	B	Mo	Ni
Varianta S							
Chrpa	1,22 ^a	0,02 ^{ab}	1,13 ^b	5,17 ^c	0,48 ^b	0,00 ^a	0,00 ^a
Černucha	0,19 ^a	0,00 ^a	0,38 ^a	0,25 ^a	0,09 ^a	0,00 ^a	0,00 ^a
Astra	4,72 ^a	0,06 ^c	3,15 ^c	3,41 ^b	1,15 ^c	0,00 ^a	0,01 ^a
Mák	0,20 ^a	0,01 ^{ab}	0,10 ^a	0,09 ^a	0,06 ^a	0,00 ^a	0,00 ^a
Sluncovka	1,46 ^a	0,01 ^{ab}	0,50 ^{ab}	0,25 ^a	0,04 ^a	0,00 ^a	0,00 ^a
Varianta Z							
Chrpa	0,83 ^a	0,08 ^c	0,09 ^a	0,17 ^a	0,11 ^a	0,00 ^a	0,00 ^a
Černucha	0,71 ^a	0,01 ^{ab}	0,03 ^a	0,07 ^a	0,03 ^a	0,00 ^a	0,00 ^a
Astra	4,95 ^a	0,04 ^{bc}	0,10 ^a	0,32 ^a	0,19 ^a	0,00 ^a	0,01 ^a
Mák	0,72 ^a	0,00 ^a	0,08 ^a	0,05 ^a	0,01 ^a	0,00 ^a	0,00 ^a
Sluncovka	0,46 ^a	0,01 ^{ab}	0,02 ^a	0,05 ^a	0,01 ^a	0,00 ^a	0,00 ^a

V tabulce č. 18. jsou uvedeny odběry mikroprvků rostlinami na plochu. Na 1 m² bylo počítáno následující množství rostlin Sluncovka (20), Černucha (20) Chrpa (12), Astra (12) Mák (12). Podle Hertle et al., (2005) kteří uvádějí počet vytrvalých rostlin na 1 m² podle výšky jejich habitu. Počet, který autoři udávají, je však zdvojnásoben, neboť letničkové extenzivní výsadby jsou hustší. V praxi je přesný počet těžko odhadnutelný, protože při přímém výsevu se řídíme doporučeným výsevkem na jednotku plochy. Je zřejmé, že nejvyšších odběrů dosáhla astra, a to i přesto, že počet rostlin na 1 m² byl nejmenší. Je to dáno vysokým výnosem aster. Celkově lze konstatovat, že vzhledem k obsahu stanovených mikroprvků v zemině je jejich odběr poměrně nízký a zásoba je tak dostatečná. V případě hnojení lze tak doporučit pouze doplnění odebraných mikroprvků v rámci udržení koloběhu živin.

Tabulka č.18.: Odběr mikroprvků v zemině z 1 m² v mg

	Fe	Cu	Zn	Mn	B
Chrpa	4,98	0,48	0,54	1,02	0,66
Černucha	7,10	0,10	0,30	0,70	0,30
Astra	59,4	0,48	1,20	3,84	2,28
Mák	8,64	0,00	0,96	0,60	0,12
Sluncovka	4,60	0,10	0,20	0,50	0,10

5.4 Korelační analýza dat

Pro lepší orientaci v textu uvádím: H₂O jako (vodný výluh); CAD (metoda CAD); M3 (Mehlich 3); rostl. (obsah daného prvku v rostlině); odb. (odběr živiny rostlinou). Pro výpočet korelací byl zvolen celý soubor dat včetně vstupních substrátů.

Výsledky uvedené v **tabulce č. 19.** (pro železo), ukazují že vodný výluh má silnou negativní korelaci s M3 a CAD a slabou pozitivní korelaci s obsahem v rostlině. CAD silně koreluje s M3 a má slabou negativní korelaci s obsahem Fe v rostlině. Odebrané Fe má střední korelaci s obsahem v rostlině, zatímco s obsahy Fe v substrátu/zemině téměř nekoreluje.

Tabulka č.19.: Korelace Fe

	Fe _{H2O}	Fe _{CAD}	Fe _{M3}	Fe _{rostl.}	Fe _{odb.}
Fe _{H2O}	1	-0,88***	-0,87***	0,18	-0,03
Fe _{CAD}		1	0,94***	-0,24	-0,06
Fe _{M3}			1	-0,23	0,01
Fe _{rostl.}				1	0,36*
Fe _{odb.}					1

* průkazné korelace při $p < 0,05$, *** průkazné korelace při 0,001

Korelační výsledky Cu ukázaly, slabou pozitivní korelaci M3 a odběrem rostlinami s vodným výluhem. Naopak CAD s ostatními parametry prakticky nekoreloval. Výluh M3 měl střední korelaci s obsahem Cu v rostlině a slabou s odběrem Cu z půdy. Cu v rostlině mělo střední pozitivní korelaci s odběrem Cu z půdy, viz **tabulka č.20.**

Tabulka č.20.: Korelace Cu

	Cu _{H2O}	Cu _{CAD}	Cu _{M3}	Cu _{rostl.}	Cu _{odb.}
Cu _{H2O}	1	-0,22	0,23	0,09	0,27
Cu _{CAD}		1	-0,02	-0,17	-0,01
Cu _{M3}			1	0,39*	0,29
Cu _{rostl.}				1	0,37*
Cu _{odb.}					1

* průkazné korelace při $p < 0,05$

V **tabulce č. 21.** je vyhodnocena korelace pro Zn. Z výsledků je patrné že CAD, M3 a odběry rostlinami mají silnou pozitivní korelaci s vodným výluhem (H₂O). CAD vykazoval silně pozitivní korelace s M3. Zajímavé jsou korelace obsahů i odběrů zinku s použitými metodami pro stanovení tohoto prvku v pěstebních médiích. Zde byly dosaženy vždy pozitivní korelace přesahující hodnot **0,25**. Pro odběry Zn rostlinami byly nejtěsnější vztahy vypočteny s vodným výluhem ($r=0,56$) a s metodou CAD ($r=0,55$). V případě obsahu Zn v rostlině to pak byly korelace s metodami CAD ($r=0,39$) a M3 ($r=0,38$).

Tabulka č.21.: Korelace Zn

	Zn _{H2O}	Zn _{CAD}	Zn _{M3}	Zn _{rostl.}	Zn _{odb.}
Zn _{H2O}	1	0,87***	0,71**	0,25	0,56**
Zn _{CAD}		1	0,82***	0,39*	0,55**
Zn _{M3}			1	0,38*	0,45*
Zn _{rostl.}				1	0,29
Zn _{odb.}					1

* průkazné korelace při $p < 0,05$, ** průkazné korelace při $p < 0,01$ *** průkazné korelace při 0,001

Výsledky korelace pro mikroživinu Mn jsou uvedeny v **Tabulce č.22.** Všechny metody pro stanovení Mn v substrátu/zemině vykazovaly navzájem průkazné korelace, přičemž nejsilnější vztah byl zjištěn mezi metodami CAD a Mehlich 3 ($r=0,91$). Korelace obsahu Mn v rostlinách i odběr Mn s metodami pro stanovení Mn v pěstebním médiu byly vždy průkazné, přičemž nejtěsnější byly v obou případech pro Mehlich 3 a nejslabší pro CAD. Korelace pro ostatní mikroprvky nebyly vypočteny z důvodu častého výskytu nedetekovatelných hodnot

Tabulka č.22.: Korelace Mn

	Mn _{H2O}	Mn _{CAD}	Mn _{M3}	Mn _{rostl.}	Mn _{odb.}
Mn _{H2O}	1	0,41*	0,91***	0,57**	0,61**
Mn _{CAD}		1	0,69**	0,49*	0,44*
Mn _{M3}			1	0,65**	0,65**
Mn _{rostl.}				1	0,84***
Mn _{odb.}					1

* průkazné korelace při $p < 0,05$, ** průkazné korelace při $p < 0,01$ *** průkazné korelace při 0,001

5.5 Regresní analýza dat

V rámci vyhodnocení pokusu byla použita i lineární regresní analýza ($y=ax+b$) pro stejné mikroelementy (Fe, Cu, Zn, Mn) jako výše uvedená korelační. V **tabulkách 23. – 26.** jsou uvedeny parametry lineární regrese (a, b) a determinační koeficient R².

Výsledky v případě železa (**Tabulka č. 23**) nám naznačují přímou závislost mezi H₂O: M3 a CAD. Ještě silnější je vztah CAD a M3, při převodu na procenta lze konstatovat, že změny hodnot M3 lze z **88,4 %** vysvětlit změnami hodnot CAD. Prakticky žádný vztah však nebyl zaznamenán mezi obsahy Fe v pěstebních médiích a obsahy Fe v rostlinách nebo jeho odběrem, což potvrzuje výsledky korelační analýzy.

Tabulka č. 23.: Regrese Fe

Fe	a	b	R ²
H ₂ O:M3	-9,344	255,45	0,765
H ₂ O:CAD	-11,465	248,62	0,767
H ₂ O:Rostl.	20,802	340,41	0,031
H ₂ O:Odb.	-0,007	1,626	0,0008
CAD:M3	1,152	-52,77	0,884
CAD:Rostl.	-2,02	826,44	0,056
CAD:Odb.	-0,001	1,750	0,003
M3:Rostl	-2,437	948,61	0,053
M3:Odb.	0,0002	1,519	5E-05
Rostl:Odb.	0,0009	1,232	0,132

Z hodnot determinačních koeficientů pro měď uvedených v **tabulce č. 24.** je zřejmé že většina proměnných má mezi sebou pouze velmi slabý vztah což naznačuje, že dosažené hodnoty musely být ovlivněny jinou proměnnou, např. obsahu některého z makroprvků. Z této tabulky je možné vyčíst že M3 a obsah Cu v rostlinách má mezi sebou slabý vztah (**15,5 %**), podobně jako obsah Cu v rostlině s jejím odběrem (**13,7 %**). I přesto, že se jedná o slabé závislosti.

Tabulka č. 24.: Regrese Cu

Cu	a	b	R ²
H ₂ O:M3	1,694	1,146	0,051
H ₂ O:CAD	-1,7659	1,246	0,048
H ₂ O:Rostl.	13,911	6,903	0,009
H ₂ O:Odb.	0,2053	0,02	0,0715
CAD:M3	-0,02	1,229	0,0003
CAD:Rostl.	-0,0059	1,2578	0,0227
CAD:Odb.	-0,0916	1,2003	0,0002
M ₃ :Rostl	8,5143	-3,154	0,1556
M ₃ :Odb.	0,0316	-0,0137	0,0824
Rostl:Odb.	0,0002	0,013	0,1378

Výsledky regresní analýzy Zn v **tabulce č. 25.** ukázaly, že nejsilnější vztah mezi sebou měl vodný výluh (tedy H₂O) a CAD, kde koeficient dosáhl na hodnotu **75,5 %**. Druhý nejvyšší koeficient byl změřen ve vztahu CAD a M3 (**67,4 %**). Středně vysokých hodnot dosáhl H₂O i ve vztahu k M3. Všechny ostatní analyzované proměnné dosahovaly pouze slabých až velmi slabých závislostí s hodnotami do **31,1 %**.

Tabulka č. 25.: Regrese Zn

Zn	a	b	R ²
H ₂ O:M3	53,995	8,027	0,5047
H ₂ O:CAD	67,607	4,539	0,7552
H ₂ O:Rostl.	102,16	71,599	0,061
H ₂ O:Odb.	1,893	0,08	0,3117
CAD:M ₃	0,8406	3,472	0,674
CAD:Rostl.	0,0755	15,116	0,1554
CAD:Odb.	13,015	15,063	0,3066
M ₃ :Rostl	2,0349	51,808	0,1447
M ₃ :Odb.	0,0195	0,1232	0,2004
Rostl:Odb.	0,0024	0,3807	0,0857

Z hodnot vypočtených pro mangan v **tabulce č. 26.** je patrná přímá závislost mezi H₂O a M₃ (**83,3 %**). Při porovnání H₂O a ostatních proměnných výsledky naznačují pouze poměrně slabý vztah. Závislost byla prokázána i u CAD:M₃; M₃:rostl.; M₃:odb. Hodnota R² byla velmi vysoká také v případě závislosti obsahu Mn v rostlinách ku jeho odběru ze substrátu (**70,4 %**).

Tabulka č. 26.: Regrese Mn

Mn	a	b	R ²
H ₂ O:M3	8,8001	29,393	0,8329
H ₂ O:CAD	12,647	96,108	0,1665
H ₂ O:Rostl.	39,81	62,989	0,3286
H ₂ O:Odb.	0,5854	-0,0465	0,3691
CAD:M ₃	2,205	16,239	0,4706
CAD:Rostl.	0,5619	63,171	0,2415
CAD:Odb.	0,0068	0,1372	0,1954
M ₃ :Rostl	3,3815	-22,288	0,4244
M ₃ :Odb.	0,0467	-1,1447	0,4254
Rostl:Odb.	0,0118	-0,4696	0,7044

6 Diskuse

Způsob pěstování okrasných letniček se v posledních letech změnil. V neposlední řadě díky klimatickým změnám, vysokým nákladům předchozího způsobu pěstování a ošetřování, ale i díky novým naturalistickým směrům, které zároveň můžeme označit za trvale udržitelné. Letničky pěstované v ornamentálních záhonech se stáhly do pozadí a jsou k vidění spíše v historických a lázeňských parcích, zatímco v parcích městských jsou stále častější a populárnější tzv. kvetoucí louky, založené přímým výsevem, často i na půdách pochybné kvality.

Tato studie probíhala jako vegetační pokus ve sklenících, kde bylo vyseto pět druhů rostlin do dvou rozdílných médií, kde byly ponechány do fáze plného kvetení a poté sklizeny, sušeny a analyzovány (viz metodika).

Cílem této práce bylo kvantifikovat a porovnat odběr mikroelementů vybranými letničkami ve dvou rozdílných substrátech. Vybrané letničky jsou vhodné i k přímému výsevu jenž se běžně využívá při zakládání extenzivních letničkových záhonů. Z tohoto důvodu se odběr a obsah mikroprvků měřil v běžném zahradnickém substrátu, který částečně sloužil i jako kontrolní, a v málo úrodné zemině s nízkým podílem organické hmoty, která simuluje běžné, nepřítliš výživné půdy, jaké se často vyskytují v městských parcích.

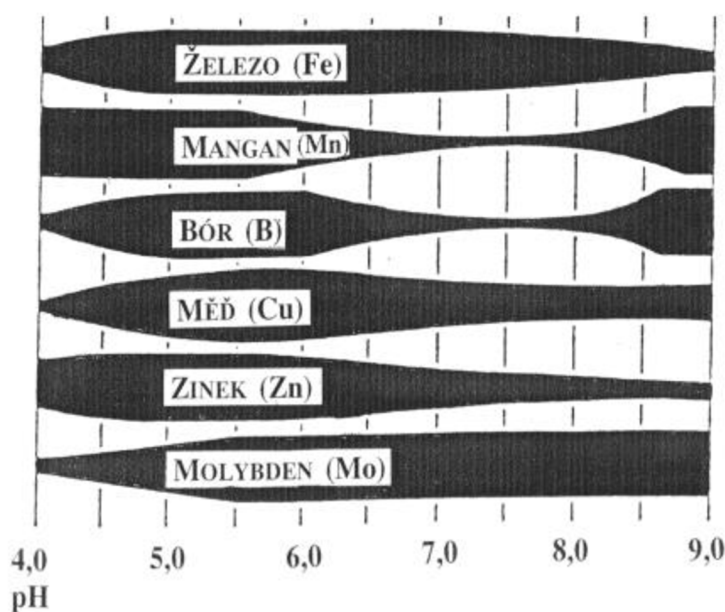
Tato diskuse je zaměřená na hodnocení obsahu mikroelementů v pěstovaných rostlinách, porovnání s jejich odběrem v závislosti na pěstebních podmínkách, pH a kvality média, mezidruhové srovnání výsledků a porovnání s podobnými pokusy na jednoletých, případně víceletých rostlinách. Studie na podobné téma jsou poměrně vzácné, a proto je diskutováno relativně málo literárních zdrojů. Prakticky u všech nalezených studií, které porovnávaly růst letniček v substrátu a obyčejné zemině se po sklizni u rostlin měřila výška, případně počet nasazovaných květů. Je proto obtížné porovnání výsledků této práce zaměřené stanovení obsahu a odběru mikroprvků.

Dubský a Šrámek, (2010a, b) uvádějí, že deficit mikroprvků je skoro ve všech případech způsoben nevhodnými pěstebními podmínkami, které snižují jejich dostupnost a příjem, upozorňují především na pH substrátu, které je pro příjem mikroživin zásadní. Tagliavini a Rombolà (2001) přidávají ještě objemovou hmotnost, obsah organické hmoty, vysoký podíl dusičnanů a na závěr i antagonismus mezi prvky. Půdní podmínky například u extenzivních letničkových záhonů lze však upravit jen minimálně a v závislosti na velikosti využívané plochy, většinou jen hnojením.

Moreno-Jiménez et al., (2021) uvádějí, že 60 a 28 % zkoumaných půd v jejich studii obsahovalo nedostatek přístupného Fe a Zn. Jejich studie, ač byla prováděna v jižních oblastech Evropy, je relevantní stanovištními podmínkami, které jsou podobné, jako mají některé extenzivní letničkové výsadby např. ve městech.

Změřené pH (H₂O) v pěstebních médiích bylo **4,96 (S)** a **7,50 (Z)**. Obě pH se jsou těsně na hraně optimální hodnoty, která se obecně udává mezi 5-7,5 pH. Zahradní substrát (S) měl téměř **5×**vyšší EC což naznačuje vyšší zásobu živin. Po sklizni se pH zvýšilo o **0,3 (S)**, zatímco u (Z) v průměru o **0,15**. EC mírně pokleslo u obou pěstebních médií v závislosti na množství odebraných živin, a tedy i vytvořené nadzemní hmoty.

Pro příjem kovů, mezi které většina mikroprvků patří, jsou však optimálnější nižší hodnoty pH. Bunt (1988) udává hodnoty mezi 5,5 – 6,5, Vaněk et al., (2012) to potvrzuje. Bailey, (1996) udává dokonce 5,6 – 6,2 pro substráty s vyšším obsahem organické hmoty, **viz obr. č. 4.**



Obr. č. 4., Grafické znázornění příjmu mikroživin v různém pH (Bailey, 1996, upraveno).

Měření obsahu mikroprvků vodným výluhem však ukázalo, že vyšší množství okamžitě přijatelných živin bylo (s výjimkou Mn a zanedbatelného množství Cu) v zemině. Výsledky v případě Mn, který je na pH obzvlášť citlivý, mohly být jednak ovlivněny právě vyšším pH (Z) a také jeho velmi vysokou koncentrací v (S), jak prokázaly i M3 a CAD analýzy. Při dalším srovnání běžného substrátu s bakalářskou prací Vašíček (2021), **viz. tabulka č. 27.,** kde byl

použit podobný zahradnický substrát, jsou patrné značné rozdíly v obsahu mikroprvků, nejvýznamněji u Fe a Mn. Právě vysoký obsah Mn v substrátu naznačuje antagonismus mezi těmito prvky jak uvádí Gayomba et al., (2015) a vysvětlil by se tím nízký obsah Fe (H₂O) v zahradním substrátu (v roce 2023)..

Tabulka č. 27., Srovnání substrátů (vodný výluh, před založením pokusu) upraveno podle Vašíček, (2021).

	Fe	Cu	Zn	Mn
Substrát - rok 2021	26,5	0,26	0,97	0,79
Substrát - rok 2023	1,87	0,07	0,66	22,3
Zemina - rok 2023	7,49	0,00	0,74	0,74

Z rozborů médií po skončení pokusu vyšlo, že obsah živin v (S) zůstal přibližně stejný, zatímco v (Z) došlo k navýšení obsahu Fe o polovinu. Následné analýzy M3 a CAD ovšem ukázaly prokazatelně vyšší zásobu živin v zahradním substrátu. Významnější rozdíl v obsahu živin byl pouze u Fe, Mn a B, kde substrát měl oproti zemině dvojnásobný i vyšší obsah. Nutno podotknout že Fe je často udáváno jako nejvíce rozšířený limitující mikroprvek z hlediska rostlin. Poměrně velký podíl zemědělských půd trpí mírným až silným deficitem Fe (Lucena a Hernandez-Apaolaza, 2017). Proto byla vysoká pravděpodobnost že byl tento mikroprvek pro zkoumané rostliny limitující. Tato domněnka se však při porovnání s výsledky ostatních autorů nepotvrdila.

Z výnosů rostlin, viz. **tabulka č. 15.**, je zřejmé, že rostliny lépe prosperovaly v zahradním substrátu. Na žádných rostlinách po dobu pěstování nebyl pozorován vizuální deficit některého z prvků. Druhy jednotlivých rostlin i přes pěstování v rozdílném médiu vytvářely květy ve stejnou dobu \pm 4 dny. V obou pěstebních médiích měly nejvyšší výnos suché i čerstvé hmoty astra a chrpa, především díky vzrůstnosti a nenáročnosti (chrpa) těchto taxonů. Z výsledků výnosů v (S) a (Z) je prokazatelná podobnost pouze u druhu černucha (*Nigella*). To naznačuje její nenáročnost na živiny, či stanoviště. Na mák není brán zřetel, neboť rostlina špatně rostla v obou pěstebních médiích v důsledku poškození molicemi a možná až příliš vysoké závlahy k požadavkům rostliny.

Riaz et al., (2014) provedli vegetační pokus kde zkoumali růst rostlinného druhu (*Zinia*) ve třech kultivarech v několika druzích substrátu při čemž je jeden udáván jako obyčejná zahradní půda. Popisují ji jako nejchudší na makroživiny oproti ostatním pěstebním médiím (měřeno pouze N, P, K). Všechny tři kultivary v ní dosáhly nejnižší výšky a četnosti listů, lze tedy předpokládat že i výnos čerstvé hmoty byl nejnižší. Nepatrně lepších výsledků dosáhli u

substrátu z kokosových vláken a zeminy. Naopak nejvyšší výnos byl v mixu kompostovaného chlévského hnoje a jílu. Popescu a Popescu, (2015) zkoumali vliv pěstebních médií na růst a obsah chlorofylu v listech petúnií (*Petunia hybrida*) a okrasného tabáku (*Nicotiana glauca*). Následně hodnotí rostliny z hlediska prodejnosti jakožto balkónových rostlin, při čemž uvádí že rostliny vzrostlé z obyčejné půdy měly špatnou kvalitu, byly by neprodejné a z toho hlediska ztrátové. Petunie jsou stejně jako i pravé letničky náročné dostatek světla, zálivky a obsah organických látek a živin v půdě (El-Mokadem a Mona, 2014).

Letničky také odebírají z půdy poměrně velké množství rychle přístupných živin, a při víceletém pěstování je nutné zásoby tedy doplnit, jak zjistili Starman et al., (1995), při polním pěstování květin k řezu měly letničky první rok poměrně dobrý výnos i při více sklizních (údaje jsou opět pouze v průměrné délce stonku). Další rok už byla jejich výnosnost o trochu nižší. Armitage (1987) však upozorňuje na to, že spon, či hustota porostu v záhonu má také vliv na růst, tedy snad i výnos rostliny, čímž by potenciálně mohl být ovlivněn i odběr.

Z hlediska obsahu mikroživin ve sklizených rostlinách jsou výsledky poněkud nejednoznačné. Mák díky svému nízkému vzrůstu vykazoval vysoké až nejvyšší koncentrace všech prvků u (S) i (Z). Obecně lze však shrnout že vyšší koncentrace Fe, Cu, Ni a Mo byla změřena v (Z), pravděpodobně díky nízkému výnosu rostlin. Výjimku tvoří sluncovka, která měla vyšší koncentraci těchto živin v (S). Na druhou stranu se (S) vyznačovaly vyšším obsahem Mn, Zn a B, přičemž chrpa dosáhla hodnot **461 mg/kg** Mn ku **107 mg/kg** Fe.

Při porovnání v sušině sklizených rostlin s hodnotami, které Marschner, (2012) udává jako průměrné koncentrace mikroživin v rostlinách pro adekvátní růst, viz. **tabulka č. 28.**, bylo zjištěno, že koncentrace mikroživin dosahují optimálních hodnot a jsou mnohdy i vyšší (častěji v případě (Z))

Tabulka č. 28., Průměrné koncentrace mikroelementů v mg/kg sušiny pro adekvátní růst. (Marschner 2012) upraveno

Živina	Fe	Cu	Zn	Mn	B	Mo	Ni
mg/kg	100	6	20	50	20	0,1	0,1

Z toho lze usuzovat že rostliny nebyly limitovány nedostatkem žádného z mikroprvků. Pro porovnání je přiložena **tabulka č. 29.**, kde jsou data Marschner (2012) srovnána s výsledky pro sluncovku.

Tabulka č. 29., Koncentrace živin v Sluncovce v mg/kg sušiny, var. S a Z.

	Fe	Cu	Zn	Mn	B	Mo	Ni
Sluncovka (S)	1164 ^a	7,57 ^{ab}	304 ^b	164 ^a	28,5 ^{ab}	0,44 ^a	1,58 ^a
Sluncovka (Z)	714 ^a	10,9 ^b	34,7 ^{ab}	82,6 ^{abc}	18,6 ^{ac}	2,90 ^b	2,23 ^a

Marschner, (2012) však upozorňuje že potřeba mikroživin se může u rostlin lišit v závislosti na druhu. Patil a Kalaivanan, (2019) ve svém přehledu uvádí kritický nedostatek mikroprvků viz. **tabulka č. 30.** Takto nízké hodnoty nebyly naměřeny u žádných rostlin. Výjimkou je molybden, ten však přístroji nebyl většinou detekovatelný, navíc nároky rostlin na molybden jsou značně variabilní.

Tabulka č. 30., Kritický nedostatek mikroprvků v sušině listů mg/kg. (Patil a Kalaivanan 2019), upraveno

Fe	Cu	Zn	Mn	B	Mo
4,5	0,2	0,6	2	0,5	0,2

Patil a Kalaivanan, (2019) udávají i další tabulky s interpretačním rozmezím hodnot živin pro různé rostliny viz. **tabulka č.31.** Dle této tabulky, je možno tvrdit, že obsah Cu, Zn a B byl v sušině varianty (Z) nízký, zatímco obsah Fe a Mn byl dostatečný až vysoký. Sušina (S) varianty naopak ukázala nižší koncentraci Fe a Cu, nadměrný obsah Zn a dostatečný obsah Mn a B. Tato tabulka však nemusí být nutně aplikovatelná, protože se jedná o jiný rostlinný druh, který je vytrvalý. Obsahy v pletivech trvalek a letniček se špatně porovnávají, letničky přijímají živiny rychle a ve větším množství, avšak trvalky mají více času na akumulaci látek v pletivech. Ovšem oproti výsledkům rozborů sušiny máty, pěstované v hnojeném substrátu, který provedl Vašíček (2021) jsou hodnoty udávané v **tabulce č.30.**, poměrně vysoké, mohly by být tedy aplikovatelné i na letničky.

Tabulka č. 31., Interpretační rozmezí pro obsah mikroprvků v sušině Chryzantémy, mg/kg. (Patil a Kalaivanan 2019), upraveno

Živina/Obsah	Nedostatek	Nízký	Dostatek	Vysoký	Nadměrný
Fe	<50	51-59	60-500	501-525	526+
Cu	<5	6-24	25-75	76-80	80+
Zn	<15	16-20	21-50	51-55	56+
Mn	<20	21-29	30-350	351-800	801+
B	<20	21-49	50-100	101-124	125+

7 Závěr

V rámci tohoto pokusu byl srovnáván vliv pěstebního média na výnos a odběr mikroživin letničkami. Jako pěstební médium posloužil běžný zahradnický substrát (S), který byl porovnáván s dlouhodobě nehnojenou půdou simulující běžné růstové podmínky v městské výsadbě (Z). Porovnávány byly různé charakteristiky jako např. pH, EC, obsah živin před založením a po skončení pokusu, který byl stanovován vždy pomocí několika metod – vodný výluh, CAD a M3 (Mehlich 3).

Změřené pH (H₂O) v pěstebních médiích bylo 4,96 (S) a 7,5 (Z). Obě pH se jsou těsně na hraně optimální hodnoty, která se obecně udává mezi 5-7,5 pH. Zahradní substrát (S) měl téměř 5×vyšší EC což naznačuje vyšší zásobu živin. Vstupní rozbory ovšem nevykázaly signifikantně vyšší obsah mikroprvků v substrátu (kromě Zn a Mn), ani v jedné metodě, to naznačuje rozdíl především v obsahu makroprvků.

Z rozborů médií po skončení pokusu je zřejmé, že obsah živin, měřený vodným výluhem v (S) zůstal přibližně stejný, zatímco v (Z) došlo k navýšení obsahu Fe o polovinu. Následné analýzy M3 a CAD ovšem ukázaly prokazatelně vyšší zásobu živin v zahradním substrátu. Významnější rozdíl v obsahu živin byl pouze u Fe, Mn a B, kde substrát měl oproti zemině dvojnásobný a vyšší obsah. Další výsledky ukazují, že více vytvořené nadzemní hmoty měly rostliny rostoucí v zahradnickém substrátu. Koncentrace mikroživin v sušině rostlin byla ovšem často vyšší u rostlin rostoucích v zemině. Čistý odběr mikroživin je v substrátu prokazatelně vyšší pouze u Mn a Zn. Z toho lze usuzovat že výnos rostlin v zemině byl limitován některým z dalších faktorů a hnojení mikroprvky není v případě jednoletého pěstování v našem případě nutné. Pro přesnější výsledky, které by mohly být použity při plánování ošetřování extenzivních letničkových záhonů z hlediska hnojení mikroprvky, by byl vhodný víceletý pokus se samovolně se rozmnožujícími letničkami.

Po dopočtení hypotetického odběru mikroprvků všemi druhy letniček na plochu bylo zjištěno že v půdě byl dostatek mikroprvků pro jejich růst a při jejich pěstování by tedy nebylo nutné hnojení alespoň během prvních dvou vegetačních období. Další možností by byla aplikace dávky mikroprvků odebraných rostlinami v rámci udržení koloběhu živin.

8 Literatura

1. Agarwal P., Saha S., Hariprasad P. (2021). Agro-industrial-residues as potting media: physicochemical and biological characters and their influence on plant growth. Biorefinery. Springer, Science and Business Media.
2. Ahn C.-H., Hu J. (2015). Investigation of Key Parameters of Rock Cracking Using the Expansion of Vermiculite Material" Materials 8, no. 10: 6950-6961.
3. Alexander P. (2014). Potential replacement for peat in horticulture. Royal Horticultural Society. Dostupné z: <http://www.wlgf.org/Replacements%20for%20peat%20in%20horticulture.pdf>
4. Alloway, B.J. (2009). Soil factors associated with zinc deficiency in crops and humans. Environ Geochem Health 31, 537–548 <https://doi.org/10.1007/s10653-009-9255-4>
5. Álvarez J.M., Pasian C., Lal R., López R., Díaz M.J., Fernández M. (2018). Morpho-physiological plant quality when biochar and vermicompost are used as growing media replacement in urban horticulture. Urban Forestry & Urban Greening, 34: 175-180.
6. Anonym (2021). The basics of biochar. Dostupné z: <https://spacebakery.be/basics-biochar> [Citováno 12.4.2023]
7. Armitage A.M. (1987). The influence of spacing on field-grown perennial crops. HortScience 22:904–907.
8. Asaduzzaman M. (2015). Soilless Culture - Use of Substrates for the Production of Quality Horticultural Crops. InTech. doi: 10.5772/58679
9. Bailey D. A. (1996). Alkalinity, pH, and Acidification In: Reed D. W. (ed.) Water, Media, and Nutrition for Greenhouse Crops. pp 69–91, Ball Publishing, Batavia, Illinois USA.
10. Barrie L.A. (1981). Atmospheric nickel in Canada. In: Effects of nickel in the Canadian environment. National Research Council of Canada No. 18568. 3, pp 55–76, Ottawa
11. 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 10, no. 7: 950.
12. Bernard O. (2012): Letničky: V parcích a zahradách 1. část. Inspirace., roč. 2012, č. 2
13. Bloodnick E. (2022a). Role of Sodium and Chloride in Plant Culture. [cit. 2022-12-15] Dostupné z: <https://www.pthorticulture.com/en/training-center/role-of-sodium-and-chloride-in-plant-culture/>

14. Bloodnick E. (2022b): Role of Silicon in Plant Culture. [cit. 2022-12-15]. Dostupné z: <https://www.pthorticulture.com/en/training-center/role-of-silicon-in-plant-culture/>
15. Bloodnick, E. (2021): Role of Boron in Plant Culture [cit. 17.8.2022]. Dostupné z: <https://www.pthorticulture.com/en/training-center/role-of-boron-inplant-culture/>
16. Brown, P. H. (2006). Handbook of Plant Nutrition,, 395–410. Boca Raton, FL: CRC Press Taylor & Francis Group.
17. Bunt AC. (1988). Principles of nutrition. In Media and Mixes for Container-Grown Plants. Dordrecht: Springer Netherlands
18. Bussler, W. (1970). Die Entwicklung der Mo-Mangelsymptome an Blumenkohl. In Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde (Vol. 125, Issue 1, pp. 36–50). Wiley. <https://doi.org/10.1002/jpln.19701250105>
19. Dhir B. (2020). Soil Supplements: Implications on Plant Productivity. Nova Science Publishers, Incorporated, New York. <https://doi.org/10.52305/rbtz7905>
20. Dubský M. (2011). Drcený korek – alternativní komponent pěstebních substrátů. Zahradnictví. **2**:60–63.
21. Dubský M., Chaloupková S., Kaplan L., Vondráčková S., Tlustoš, P. (2019). Use of solid phase of digestate for production of growing horticultural substrates. Horticultural science, vol. 46, issue 1, p. 34-42. <https://doi.org/10.52305/rbtz7905>
22. Dubský M., Šrámek F. (2008). Pěstební substráty s přidavkem kompostů, jejich příprava a hodnocení, Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, Průhonice. Dostupné z: [metodika_komposty.pdf \(vukoz.cz\)](#)
23. Dubský M., Šrámek F. (2006). Substráty, výživa a kvalita závlahové vody. – In: Sborník referátů ze semináře Pěstování květinové sadby pro jarní prodej. Firma Černý, Jaroměř, 2–10.
24. Dubský M., Šrámek F. (2010a). Výživa stopovými živinami v produkci květin. In: Sborník referátů ze semináře květinová sadba pro jarní prodej, s.2-7, Firma Černý, Jaroměř.
25. Dubský M., Šrámek F. (2010b). Výživa stopovými živinami v produkci hrnkových květin, Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, Průhonice. [cit. 10.10.2022]. Dostupné z: https://www.vukoz.cz/dokumenty/053/metodika_stopove_KV.pdf
26. Dunnet N. (2003). Wiesen aus einjährigen Pflanzenarten: Pracht für eine Saison. GRÜNFORUM.LA., č. 5, s. 10-11.

27. Dunnet N. (2004). The dynamic nature of plant communities – pattern and process in designed plant communities.
28. El-Mokadem E., Mona S. (2014). Effect of Bio and Chemical Fertilizers on Growth and Flowering of *Petunia hybrida* Plants. In *American Journal of Plant Physiology* (Vol. 9, Issue 2, pp. 68–77). Science Alert. <https://doi.org/10.3923/ajpp.2014.68.77>
29. Eppel-Hotz A. (2007): Ansaat pflegeleichter Sommerblumenflächen. *Stadt und Grün*, 56, s. 42-47.
30. Eveleens B., van Winkel, A., Blok, C. (2021). Wood fiber in pot plant culture; peat replacement up to 50% in volume? *Acta Hortic.* 1317, 165-174 <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2021.1317.20>
31. EXCEL. Microsoft Office Excel (2019): Microsoft office Enterprise 2019. USA.
32. Fieldhouse K., Hitchmough J. (2004): *Plant user handbook: a guide to effective specifying*. Oxford: Blackwell Pub. <https://doi.org/10.1002/9780470757208>
33. Gayomba S. R., Zhai Z., Jung H., Vatamaniuk O. K. (2015). Local and systemic signaling of iron status and its interactions with homeostasis of other essential elements. In *Frontiers in Plant Science* (Vol. 6). Frontiers Media SA. <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00716>
34. Glaser B., Asomah A. A. A. (2022). Plant Growth and Chemical Properties of Commercial Biochar- versus Peat-Based Growing Media. In *Horticulturae* (Vol. 8, Issue 4, p. 339). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8040339>
35. Goulding K. W. T. (2016). Soil acidification and the importance of liming agricultural soils with particular reference to the United Kingdom. In A. de Varennes (Ed.), *Soil Use and Management* (Vol. 32, Issue 3, pp. 390–399). Wiley. <https://doi.org/10.1111/sum.12270>
36. Gupta R., Yadav A., Garg V. (2014). Influence of vermicompost application in potting media on growth and flowering of marigold crop. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 3 (1). doi: 10.1007/s40093-014-0047-1
37. Hertle B., Kiermeier P. (2005). *Zahradní květiny: kvetoucí jsou nejkrásnější: pěstitelské rady a portréty oblíbených kvetoucích rostlin, trav a kapradin: nápady pro malé i velké zahrady*. České vyd. 4. Praha
38. Hirschler O, Osterburg B, Weimar H, Glasenapp S, Ohmes M.F. (2022). Peat replacement in horticultural growing media: Availability of bio-based alternative materials. Thünen Working Paper, No. 190, Johann Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig. <https://doi.org/10.22004/AG.ECON.320334>

39. Hitchmough J. (2017). *Sowing beauty: designing flowering meadows from seed*, Timber Press.
40. Hou J., Pugazhendhi A., Sindhu R., Vinayak V., Thanh N. C., Brindhadevi K., Lan Chi N. T., YuanbD. (2022). An assessment of biochar as a potential amendment to enhance plant nutrient uptake. In *Environmental Research* (Vol. 214, p. 113909). Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.113909>
41. Howard E. (1989): *Garden cities of tomorrow*. Dostupné z: <https://www.gutenberg.org/files/46134/46134-h/46134-h.htm>
42. Hu X., Wei X., Ling J., Chen J. (2021). Cobalt: An Essential Micronutrient for Plant Growth? In *Frontiers in Plant Science* (Vol. 12). Frontiers Media SA. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.768523>
43. Huat B. B. K., Kazemian S., Prasad, A., Barghchi M. (2011). State of an art review of peat: General perspective. *International Journal of Physical Sciences*, 6(8), 1988-1996.
44. Chrysargyris A., Prasad M., Kavanagh A., Tzortzakis N. (2019). Biochar Type and Ratio as a Peat Additive/Partial Peat Replacement in Growing Media for Cabbage Seedling Production. In *Agronomy* (Vol. 9, Issue 11, p. 693). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/agronomy9110693>
45. Jílek A. (2009): *Trendy v trvalkových výsadbách*. [cit. 2022- 09-15]. Dostupné z: <http://uroda.cz/trendy-v-trvalkovych-vysadbach/>
46. Kasparová H., Vaněk V. (1978): *Letničky a dvouletky*. SZN, Praha
47. Kingsbury N. (2004): Contemporary overview of naturalistic planting design. In: Dunnett N. a Hitchmough J. *The dynamic landscape: design, ecology, and management of naturalistic urban planning*. London: Spon Press, s. 58-96.
48. Kinsey N. (2020). Boron for Growing Organic Crops | *Organic Farming Magazine*, JCS Marketing, Inc [online]. [cit. 17.8.2022]. Dostupné z: <https://organicfarmermag.com/2020/12/boron-for-growingorganic-crops/>
49. Kıtır N, Ertan Y., Üstün Ş., Metin T., Melek E., Selda O., Raziye K., Hüsni Ü., Halime Ü. (2018). Peat Use in Horticulture. *IntechOpen*. Dostupné z: <https://www.intechopen.com/chapters/62735>
50. Krpeš V. (2005). *Ekologie rostlin*, Přírodovědecká fakulta Ostravská univerzita v Ostravě. Dostupné z: <https://docplayer.cz/16059571-Ekologie-rostlin-vaclav-krpes.html>
51. Křesadlová L., Vilím S. (2004). *Dvouletky a letničky*. Vyd. 1. Brno: Computer Press

52. Kulhánek M., Černý J., Balík J., Sedlář O. (2018). Úloha železa, manganu, mědi a zinku ve výživě rostlin. In: Sborník z konference Racionální použití hnojiv, ČZU, Praha, s. 23-32
53. Kupka J. (2006). Zeleň v historii města: sadovnictví - krajinářství. Vyd. 1. V Praze: Nakladatelství ČVUT.
54. Kuřková T. (2010). Letničky z přímých výsevů a květinový záhon. *Acta horticulturae et regiotecturae*. Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita, ročník 13, mimořádné číslo, s. 31-36.
55. Kuřková T. (2013). Soudobé trendy v použití květin v zahradní a krajinářské architektuře: Contemporary trends in flower use in landscape architecture: monografie. Vyd. 1. Brno: Mendelova univerzita.
56. Lange V. (2012). Blumenwiesen in Kassel. *Stadt und Grün*. 61, č. 9, s.33-37.
57. Lucena J. J., Hernandez-Apaolaza L. (2017). Iron nutrition in plants: an overview. In *Plant and Soil* (Vol. 418, Issues 1–2, pp. 1–4). Springer Science and Business Media LLC. <https://doi.org/10.1007/s11104-017-3316-8>
58. Luscombe P.C., Syers J.K., Gregg P.E.H. (1979). Water extraction as a soil testing procedure for phosphate. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* **10**:1361-1369.
59. Machovec J., Jakábová A. (2006). *Sadovnické kvetinarstvo*. Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita.
60. Maier K. (2008). Urbanistická funkce zeleně: Zeleň a veřejná prostranství jako rozvojový faktor měst. [cit. 2022-09-06] Dostupné Z: <https://arnika.org/soubory/dokumenty/stromy/seminare/2008/09KarelMaier2008Urbanismuszelen.pdf>
61. Mareček J. (2022). *Zahradní a krajinářská architektura - kompoziční východiska*, ČZU, Praha.
62. Marschner P. (2012). *Marschner's mineral nutrition of higher plants*. Elsevier Academic Press. Amsterdam.
63. Mehlich A. (1984). Mehlich 3 soil test extractant: A modification of Mehlich 2 extractant. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* **15**:1409-1416
64. Mills H.A., Jones J. B. (1996). *Plant Analysis Handbook II, A Practical Sampling, Preparation, Analysis, and Interpretation Guide*. Micro-Macro Publishing Inc., Athens.
65. Moreno-Jiménez E., Orgiazzi A., Jones A., Saiz H., Aceña-Heras S., Plaza C. (2021). Aridity and geochemical drivers of soil micronutrient and contaminant availability in

- European drylands. In *European Journal of Soil Science* (Vol. 73, Issue 1). Wiley.
<https://doi.org/10.1111/ejss.13163>
66. Nazir F., Hussain A., Fariduddin Q. (2019). Hydrogen peroxide modulate photosynthesis and antioxidant systems in tomato (*Solanum lycopersicum* L.) plants under copper stress. *Chemosphere*, (Vol. 230, pp. 544–558). Elsevier BV.
<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.05.001>
67. Neumaier D., Meinken E. (2015). Peat substitutes in growing media – options and limitations. In *Acta Horticulturae*(Issue 1099, pp. 159–166). International Society for Horticultural Science (ISHS). <https://doi.org/10.17660/actahortic.2015.1099.16>
68. Patil M. S., Kalaivanan D. (2019). Micronutrient management in the flower production. Dostupné z:
https://www.researchgate.net/publication/331915514_Micronutrient_management_in_the_flower_production
69. Pavlíková D., Pavlík M., Vaněk V. (2018). Úloha chlóru, niklu a kobaltu ve výživě rostlin. In: *Sborník z konference Racionální použití hnojiv*, ČZU, Praha, s. 33-39.
70. Pestana M., Varennes A., Araújo Faria, E. (2003). Diagnosis and correction of iron chlorosis in fruit trees: a review. *Food Agric. Environ.* 1 (1), 46–51.
71. Piro B. (1984): *Zakládání a údržba zeleně I*. 1. Vyd. Praha: SPN
72. Popescu, G. C., Popescu M. (2015). Effects of different potting growing media for *Petunia grandiflora* and *Nicotiana glauca* Link & Otto on photosynthetic capacity, leaf area, and flowering potential. In *Chilean journal of agricultural research* (Vol. 75, Issue 1, pp. 21–26). SciELO Agencia Nacional de Investigacion y Desarrollo (ANID).
<https://doi.org/10.4067/s0718-58392015000100003>
73. Qiu M., Liu L., Ling Q., Cai Y., Yu S., Wang S., Fu D., Hu B., Wang X. (2022). Biochar for the removal of contaminants from soil and water: a review. In *Biochar* (Vol. 4, Issue 1). Springer Science and Business Media LLC. <https://doi.org/10.1007/s42773-022-00146-1>
74. Ragsdale S. W. (2009). Nickel-based Enzyme Systems. In *Journal of Biological Chemistry* (Vol. 284, Issue 28, pp. 18571–18575). Elsevier BV.
<https://doi.org/10.1074/jbc.R900020200>
75. Restrepo, A. P., Medina E., Pérez-Espinosa A., Agulló E., Bustamante M. A., Mininni C., Bernal M. P., Moral R. (2013). Substitution of Peat in Horticultural Seedlings: Suitability of Digestate-Derived Compost from Cattle Manure and Maize Silage

- Codigestion. In *Communications in Soil Science and Plant Analysis* (Vol. 44, Issues 1–4, pp. 668–677). Informa UK Limited
76. Riaz A., Farooq U., Younis A., Karim A., Riaz Taj A. (2014). GROWTH RESPONSES OF ZINNIA TO DIFFERENT ORGANIC MEDIA. In *Acta Horticulturae* (Issue 1018, pp. 565–571). International Society for Horticultural Science (ISHS). <https://doi.org/10.17660/actahortic.2014.1018.62>
 77. Richter R., Škarpa P. (2013). Mimokořenová výživa u polních plodin. *Úroda LXI*, č. 3: 67-68.
 78. Roychoudhury A, Chakraborty S. (2022). Plant Nutrition and Food Security in the Era of Climate Change, Academic Press, 255-270.
 79. Sharma K., Garg V. K. (2023). Vermicomposting technology for organic waste management. In *Current Developments in Biotechnology and Bioengineering* (pp. 29–56). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-323-91874-9.00009-7>
 80. Schulte EE., Kelling KA. (1999). Soil and applied manganese. *Understanding Plant Nutrients*, A2526
 81. Siebert A. (2016). Die Symbolik der Natürlichkeit: Zur ästhetisch-teleologischen Qualität von „Blumenwiesen“. *Stadt und Grün*. roč. 65, č. 1, s.41-45.
 82. Slavíková J. (1986). *Ekologie rostlin*, SPN Praha
 83. Sojková E. a Glosová M. (2013). Zeleň městských památkových zón Středočeského kraje: katalog výstavy. Průhonice: Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví.
 84. Sornhiran N., Aramrak S., Prakongkep N., Wisawapipat W. (2022). Silicate minerals control the potential uses of phosphorus-laden mineral-engineered biochar as phosphorus fertilizers. In *Biochar* (Vol. 4, Issue 1). Springer Science and Business Media LLC. <https://doi.org/10.1007/s42773-021-00129-8>
 85. Starman T.W., Cerny A.T., MacKenzie A. J. (1995). Productivity and Profitability of Some Field-grown Specialty Cut Flowers. Department of Ornamental Horticulture and Landscape Design, University of Tennessee, Knoxville
 86. StatSoft Inc. 1984 – 2013 (2023). *Statistica*, version 12
 87. Strnad, M. (2015). Minerální výživa rostlin. Laboratory of Growth Regulators UP Olomouc & IEB AS CR: Cvičení z fyziologie rostlin [cit. 2022-3-26]. Dostupné z: http://www.rustreg.upol.cz/materials/fyziologie_rostlin/FZRSB_Mineralni_vyziva.pdf

88. Škarpa P., Richter R., Ryant P. (2015): Mimokořenová výživa je součástí systému hnojení rostlin. Agromanual.cz [cit. 18.08.2022]. Dostupné z: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/vyziva-a-stimulace/listova-hnojiva/mimokorenova-vyziva-je-soucasti-systemu-hnojeni-rostlin>
89. Tagliavini M., Rombolà A. D. (2001). Iron deficiency and chlorosis in orchard and vineyard ecosystems. In *European Journal of Agronomy* (Vol. 15, Issue 2, pp. 71–92). Elsevier BV. [https://doi.org/10.1016/s1161-0301\(01\)00125-3](https://doi.org/10.1016/s1161-0301(01)00125-3)
90. Teakle, N. L., Tyerman, S. D. (2010). Mechanisms of Cl⁻-transport contributing to salt tolerance. In *Plant, Cell & Environment* (Vol. 33, Issue 4, pp. 566–589). Wiley. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.2009.02060.x>
91. Thomas G., Andresen E., Mattusch J., Hubáček T., Küpper H. (2016). Deficiency and toxicity of nanomolar copper in low irradiance—A physiological and metalloproteomic study in the aquatic plant *Ceratophyllum demersum*. In *Aquatic Toxicology* (Vol. 177, pp. 226–236). Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2016.05.016>
92. Tlustoš P., Kaplan L., Száková J., Dubský M., Roubíková I., Šrámek F. (2013). Využití pevné složky digestátu pro přípravu pěstebních substrátů: certifikovaná metodika. ČZU, Praha.
93. Trčková M., Jandová G. (2003). Fyziologické aspekty listové výživy. In: *Výživa rostlin v trvale udržitelném zemědělství*. MZLU Brno, 160–163.
94. Valtera J. (2004). Surovinová skladba pěstebních substrátů. *Zahradnictví* 2:29-31.
95. Vandecasteele B., Blindeman L., Amery F., Pieters C., Ommeslag S., Van Loo K., De Tender C., Debode J. (2020). Grow - Store - Steam - Re-peat: Reuse of spent growing media for circular cultivation of *Chrysanthemum*. In *Journal of Cleaner Production* (Vol. 276, p. 124128). Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124128>
96. Vaněk V., Balík J., Černý J., Pavlík M., Pavlíková D., Tlustoš P., Valtera J. (2012). *Výživa zahradních rostlin*. Praha: Academia.
97. Vaněk V., Balík J., Pavlíková D., Kolář L. (2018). Role mikroprvků ve výživě rostlin. In: *Sborník z konference Racionální použití hnojiv*, ČZU, Praha, s. 9-15
98. Vašíček J. (2021). Využití kapalné složky digestátu jako zdroje mikroprvků při pěstování máty. [BSc. Thesis]. ČZU, Praha.
99. Vysloužilová A. (2004). *Květiny ve vývoji zahradního umění*. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně.

100. Wagar A., Niaz A., Kanwal S., Rahmatullah, Khalid Rasheed M. (2009). Role of boron in plant growth: a review. Institute of Soil and Environmental Sciences, Faisalabad, Pakistan: Journal of agricultural research.
101. Wiedenhoeft A.C. (2006). Plant nutrition. Chelsea house Publisher, New York.
102. Wilkinson K.M., Landis T.D., Haase D.L., Daley B.F., Dumroese R.K. (2014). Tropical Nursery Manual: A guide to starting and operating a nursery for native and traditional plants. Agriculture Handbook 732. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service. 376 p
103. Wilson M. (2006). Sowing fields of gold. The Garden. roč. 131, č. 4, s. 250-253
104. Zucchi P., Longa C.M.O., Bertoldi D. et al. (2017). Effects of organic substrate reuse on growth and yield of everbearing "Capri" strawberry. In Acta Horticulturae (Issue 1156, pp. 579–586)

