



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA CHEMICKÁ

FACULTY OF CHEMISTRY

ÚSTAV CHEMIE POTRAVIN A BIOTECHNOLOGIÍ

INSTITUTE OF FOOD SCIENCE AND BIOTECHNOLOGY

STUDIUM VLIVU PŘÍDAVKU KÁVOVÉ SEDLINY NA FYZIKÁLNĚ-CHEMICKÉ VLASTNOSTI PŮDY

STUDY OF THE SPENT COFFEE GROUNDS ADDITION ON THE PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES OF THE SOIL

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Kateřina Kavková

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Pavel Diviš, Ph.D.

BRNO 2024

Zadání diplomové práce

Číslo práce: FCH-DIP1997/2023 Akademický rok: 2023/24
Ústav: Ústav chemie potravin a biotechnologií
Studentka: **Bc. Kateřina Kavková**
Studijní program: Chemie přírodních látek
Studijní obor: bez specializace
Vedoucí práce: **doc. Ing. Pavel Diviš, Ph.D.**

Název diplomové práce:

Studium vlivu přídavku kávové sedliny na fyzikálně–chemické vlastnosti půdy

Zadání diplomové práce:

- 1) Zpracujte literární rešerši na téma využití kávové sedliny v průmyslu a v zemědělství.
- 2) Připravte modelové směsi půd s kávovou sedlinou.
- 3) Proveďte základní charakterizaci půd a zhodnoťte vliv přídavku kávové sedliny na fyzikálně–chemické vlastnosti těchto půd.

Termín odevzdání diplomové práce: 29.4.2024:

Diplomová práce se odevzdává v děkanem stanoveném počtu exemplářů na sekretariát ústavu. Toto zadání je součástí diplomové práce.

Bc. Kateřina Kavková
studentka

doc. Ing. Pavel Diviš, Ph.D.
vedoucí práce

prof. RNDr. Ivana Márová, CSc.
vedoucí ústavu

V Brně dne 1.2.2024

prof. Ing. Michal Veselý, CSc.
děkan

ABSTRAKT

Cílem této diplomové práce bylo provést růstový experiment salátu a kukuřice v půdních směsích, které obsahovaly 2,5 % upravené (oxidovaná kávová sedlina, odtučněná kávová sedlina, oxidovaná odtučněná kávová sedlina) nebo surové kávové sedliny a tyto rostliny byly porovnávány s rostlinami, které rostly v čisté půdě bez úpravy. Byly studovány jak růstové charaktery, tak chemické rozborý – elementární analýza, množství chlorofylu atp. U germinačních testů byl prokázán vliv toxicity kávové sedliny na semena, kromě směsi s odtučněnou sedlinou, kdy se ve výluhu semen kukuřice dařilo natolik, že se u nich vyskytly vyklíčené listy jako u jediné směsi. Byla analyzována i půda po pěstování salátu a po pěstování kukuřice a její hodnoty byly srovnávány s půdou před pěstováním. Byly sledovány změny pH, prvkové složení, obsah fenolických látek nebo obsah organické hmoty.

The aim of this thesis was to conduct a growth experiment of lettuce and corn in soil mixtures containing 2,5% modified (oxidized coffee grounds, defatted coffee grounds, oxidized defatted coffee grounds) or raw coffee grounds and compared these plants to plants that grew in clean soil without treatment. Both growth characteristics and chemical analyzes were studied - elemental analysis, amount of chlorophyll, etc. In germination tests, the effect of coffee grounds toxicity on seeds was demonstrated, except for the mixture with defatted grounds, when the maize seeds did so well in the leachate that they had sprouted leaves as in the mixture alone. The soil after the cultivation of lettuce and after the cultivation of maize was also analyzed and their values were compared with the soil before cultivation. Changes in pH, elemental composition, content of phenolic substances or content of organic matter were monitored.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval a samostatně a že všechny použité literární zdroje jsem správně a úplně citoval a. Diplomová práce je z hlediska obsahu majetkem Fakulty chemické Vysokého učení technického v Brně a může být využita ke komerčnímu účelům jen se souhlasem vedoucího diplomové práce a děkana FCH VUT v Brně.

Poděkování: Velmi bych chtěl poděkovat vedoucímu diplomové práce doc. Ing. Pavlu Divišovi, Ph.D. a konzultantce Ing. Zuzaně Juglové za trpělivost a odborné vedení této práce.

OBSAH

1. TEORETI CKÁ ČÁST.	7
1. 1 Využití potravinářských odpadů	7
1. 1. 1 Legi sl ati va potravinářských odpadů	7
1. 1. 2 Káva	10
1. 1. 3 Kávová sedli na	10
1. 1. 4 Sekundár ní využití kávové sedli ny	13
1. 1. 5 Využití kávové sedli ny v ze ně děl ství	13
1. 2 S ožení půdy	14
1. 2. 1 Půdní m ikrobi	15
1. 2. 2 Fyzi kál ní a che m ická charakteri zace půdy	16
1. 2. 3 Uhl ík v půdě.	16
1. 3. Požadavky na výži vu rostli n.	17
1. 3. 1 M ikro prvky.	18
1. 3. 2 M ikroopr vky	19
1. 4. Hnoj va	20
1. 4. 1 Pr ůmysl ová hnoj va	20
1. 4. 2 O rgani cká hnoj va	21
2. EXPERI MENTÁLNÍ ČÁST	22
2. 1. Pří prava kávové sedli ny	22
2. 1. 1 O dt učně ní	22
2. 1. 2 Oxi dace	23
2. 2 R ůst ový experi mēnt sal át ů	23
2. 2. 1 Pří prava s ně sí pro růst.	23
2. 2. 2 Vodní kapaci ta	24
2. 2. 3 Čer m i nační test	24
2. 2. 4 R ůst ový experi mēnt	25
Sal át	25
Kukuř i ce	25
2. 2. 5 Zpracování skl i zených sal át ů a kukuř i c	25
2. 2. 5. 1 Štanovení chl orofyl u	25
2. 2. 5. 2 Štanovení prvků	26
2. 3. Charakteri zace půdy.	27
2. 3. 1 pH půdy	27
2. 3. 2 Kondukti vi ta	27
2. 3. 3 Fendi cké látky	27
2. 3. 4 E le mēnt ár ní anal ýza půdy	28

2.3.5	Ž hání	29
2.3.6	C N analýza	29
3.	VÝSLEDKY A DISKUZE	30
3.1	Půda	30
3.1.1	Vodní kapacita	30
3.1.2	pHa vodí vost půdy	30
3.1.3	C N	32
3.1.4	Obsah kofei nu	33
3.1.5	He ment ár ní analýza půdy	34
3.1.6	Ž hání	35
3.2	Vyhodnocení růst ového experi ment u.	36
3.2.1	Průběh.	36
3.2.2	Vizuál ní hodnocení	39
3.2.3	Cer mi nační testy	40
3.2.3.1	Dě l ka ko ř enů	40
3.2.3.2	Klí čí vost	42
3.2.3.3	Index klí čení	43
3.2.4	Fyzi kál ní v l ast nosti vypěst ovaných rostli n	44
3.2.5	Che mi cké v l ast nosti vypěst ovaných rostli n.	47
3.2.5.1	Chl or of yl a	47
3.2.5.2	chl or of yl b	47
3.2.6	He ment ár ní sl ožení rostli n ve s ně sí ch půdy.	48
3.2.6.1	Hí na	48
3.2.6.2	Kávová sedli na	50
3.2.6.3	Oxi dovaná kávová sedli na	51
3.2.6.4	Odt učně ná kávová sedli na	53
3.2.6.5	Oxi dovaná odt učně ná	54
4.	ZÁVĚR	56

1. TEORETI CKÁ ČÁST

1.1 Využití potravinářských odpadů

Potravinový systém je zobecněným pojmem pro vstupní suroviny, postupy v zemědělství, obchod, prodej, dopravu výrobků a jejich spotřebu. Spotřeba potravin se za posledních 50 let značně změnila [1]. Nárůst populace způsobil rapidní vzrůst zemědělské výroby. Aby byla poptávka splněna, rozšířil se systém pěstování monokultur, zefektivnilo se zavlažování, strojní vybavení a začali se používat chemické látky, jako jsou hnojiva nebo pesticidy. Nárůst produkce vyvíjí i větší nároky na životní prostředí, zejména zvýšené znečištění dusíkem a CO₂ a znečištění vodních zdrojů. V současné době je důležité se zaměřit na agroekologické metody využívající způsoby zemědělství bez syntetických látek [2].

Potravinový odpad zahrnují všechny potraviny a jejich nepoživatelné části. Jedlé potravinářské výrobky jsou potraviny, které mají nebo v minulosti měly potenciál být zkonsumovány a odstraněny tak z potravinového řetězce. Nejedlémi částmi jsou kosti nebo slupky. Plýtvání potravinami se rozumí, pokud potravina, která nebyla zkonsumována, jde do odpadového hospodářství nebo krmitiva pro zvířata. Pokud je potravina jinak využita pro lidskou spotřebu, o plýtvání se nejedná. Součástí jedlého odpadu může být i kapalný odpad, který často je splachován do kanalizace. Jedná se o mléčné výrobky nebo olej a tento problém je nyní podrobněji mapován [3].

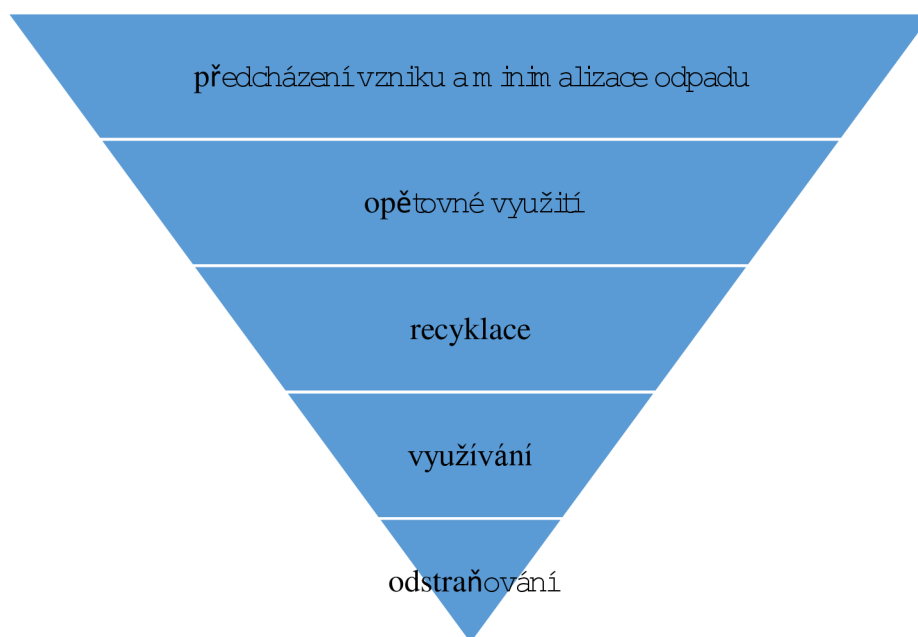
Potravinový odpad je biologicky rozložitelný odpad pocházející z restaurací a podobných stravovacích zařízení, prošlé potraviny či potraviny s nevyhovující kvalitou. V katalogu odpadů je tento typ odpadu veden pod číslem 20 01 08 a bioodpad z domácí produkce pak pod číslem 20 02 01. Podle zdroje RedPot roční produkce ze stravovacích zařízení v České republice tvoří 27 000 tun [4].

1.1.1 Legislativa potravinářských odpadů

V zemích Evropské unie se za rok vyhodí okolo 59 milionů tun potravin, v přepočtu zhruba 131 kg na osobu. Z toho je 53 % z domácností, 20 % zpracování, 11 % z výroby, 9 % z restaurací a 7 % z maloobchodu a distribuce. Plýtvání potravinami nemá vliv jen na ekonomiku, kdy se ročně vyhodí v podobě potravin 132 miliard eur, ale má vliv také na životní prostředí. Až 16 % emisí skleníkových plynů má původ v potravinovém systému a plýtvání má také společenský dopad, protože každý druhý člověk si nemůže dovést plnohodnotné jídlo. Evropská unie navrhla opatření pro předcházení vzniku tohoto problému a to usnadnit darování neprodaných

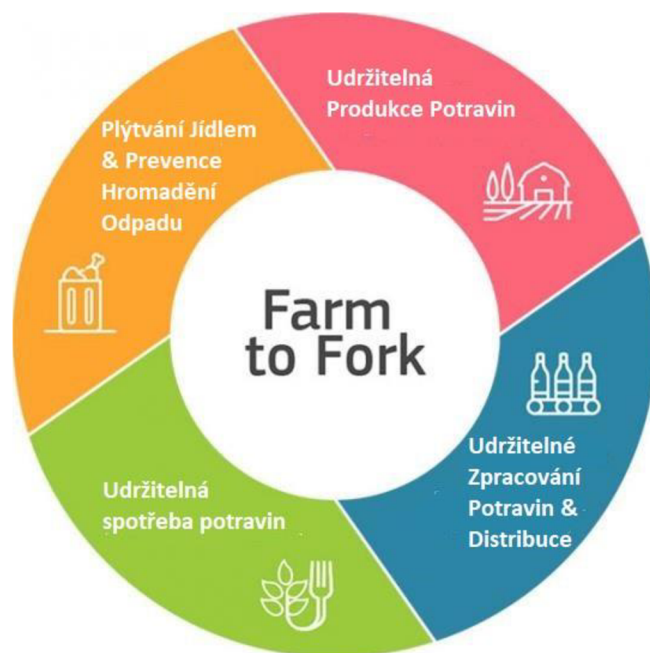
potravin, platformy vyvízející opatření pro snižování odpadů, předcházet vzniku ztrát potravin [5].

Hierarchie způsobu nakládání s odpady se používá k předcházení vzniku odpadů a nakládání s nimi. Je to základní dokument pro odpadovou politiku EU a je stanovena ve směrnici 2008/98/ES. V České republice je tato směrnice zahrnuta v zákoně č. 541/2020 Sb. Jejím cílem jsou zlepšit využívání zdrojů a omezovat nepříznivé vlivy produkce odpadů a nakládání s nimi. Jde o převrácenou pyramidu, jejíž hodnoty od nejpreferovanější po nejméně preferované je zobrazeno na obrázku č. 1. Prvním krokem je předcházet vzniku potravinového odpadu. Jsou potřeba opatření, která budou přijata dříve, než se daná látka stane odpadem. Tento krok omezuje množství odpadů, nepříznivé dopady vzniku odpadu na životní prostředí a obsah škodlivých látek ve výrobcích. Druhou úroveň je sekundární využití odpadu. Potravinový odpad lze po kontrole, očištění nebo úpravě opětovně využít například jako krmivo pro zvířata. Důležitým krokem je recyklace. Potravinový odpad je znovu zpracován na výrobky nebo materiál, ať pro původní nebo jiné účely, nezahrnuje však energetické využití. To je zahrnuto v předposlední úrovni. Odpad slouží k užitečnému účelu tím, že nahradí jiné materiály, které by jinak byly využity. Při odstranění potravinového odpadu, který není využitelný, a to i v případě, že činnost má jako vedlejší důsledek znovuzískání látek nebo energie, například skládkování, spalování [6].



Obrázek 1: Hierarchie nakládání s odpady. Převzato a upraveno z [7]

Docílit udržitelného potravinového systému má za úkol strategie Farm to fork. Mezi kroky vedoucí k cílům je zajistit neutrální nebo v lepší míře pozitivní dopad na životní prostředí, zmírnit změnu klimatu a pokusit se přizpůsobit její již vzniklým dopadům, zmenšit ztrátu biodiverzity, zajistit potravinovou bezpečnost, a aby každý měl přístup k dostatečnému množství bezpečných a výživných potravin a poslední krokem je zachovat cenovou dostupnost potravin [8]. Jeden z cílů byl do roku 2020 přeměnit odpady na zdroj zvýšení recyklace. Tímby došlo k snížení skládkování. Pokud je kuchyňský a zahradní odpad sbíráno odděleně, může být využit jako zdroj energie nebo hnojivo [1].



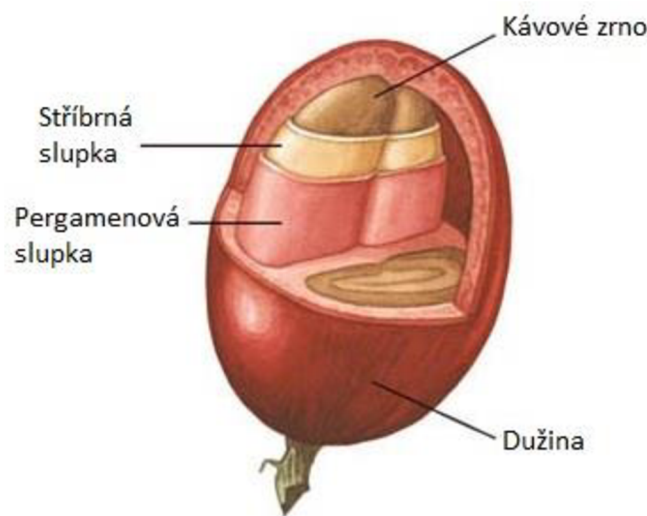
Obrázek 2: Logo projektu Farm to fork, převzato a upraveno z webové stránky: https://food.ec.europa.eu/horizontal-topics/farm-to-fork-strategy_en

Při sekundárním využití biogenního odpadu je nutné dodržovat několik základních pravidel, které definovala nařízení evropského parlamentu a rady (ES) č. 1069/2009. Tento zákon zahrnuje informace o hygienických pravidlech pro vedlejší produkty živočišného původu a získané produkty, které nejsou určeny lidské spotřebě, a o zrušení nařízení (ES) č. 1774/2002 (nařízení o vedlejších produktech živočišného původu). Biogenní odpad je nutné zpracovat kvůli hygienickým důvodům a možné šíření infekce. Při skládkování ovšem vzniká skládkový plyn a výluhy. Je tedy možné ho kompostovat nebo využít k výrobě bioplynu. Kompost pocházející z kuchyňských odpadů musí být ale konzistentně upravován slámou nebo pilinami, což jsou nedostatečné látky a v zemědělství není zcela vyhlédávanou složkou. Oprávněně tomu

z jedné tuny sušené lze získat 200 000-600 000 litrů bioplynu. Odpad po výrobě bioplynu neboli digestát je zároveň organický hnojivo, který je v zemědělství využíváno. [9]

1.1.2 Káva

Kávovníky patří do čeledi Rubiaceae. Stromy rostou v Africe a tropických oblastech Asie a Ameriky. Nejvíce kávy je původem z Ameriky a Brazílie. Mezi dvě nejznámější pěstované odrůdy patří *Coffea arabica* a *Coffea canephora* spíše známá jako robusta. Semena stromů neboli kávová zrna jsou využívána k přípravě kávových nápojů. Kávová třešeň má červenou barvu dužniny, která obsahuje dvě zrna [10]. V dnešní době je káva druhou nejvyhledávanější komoditou na světové tržní hned po ropě [11] a je jedním z nejvíce rozšířených nápojů světa.



Obrázek 3: Kávové zrno, převzato a upraveno [12]

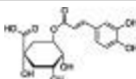
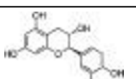
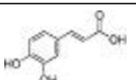
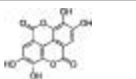
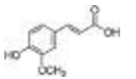
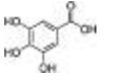
1.1.3 Kávová sedlina

Se spotřebou kávy se zvyšuje množství vyprodukované kávové sedliny, která tvoří až 70 % pevného podílu kávy. Dle statistik se jí v roce 2021/2022 spotřebovalo 10,560 miliard kilogramů [13]. Vznikající velké množství biomasy tak končí každý rok na skládkách, spalovnách nebo jsou v malé míře kompostované [14]. Podle studie, KS obsahuje organické látky jako je kofein, taniny nebo polyfenoly, které nepříznivě ovlivňují půdu a s ní související životní prostředí [15].

Sloužení kávové sedliny závisí na druhu kávy, kde se káva pěstovala, při jakých podmínkách, na procesu pražení a extrakce. Obecně lze říci, že se kávová sedlina skládá z dejetové fáze (7,9-26,4%), vlákniny (19,7-22,1%) a dalších složek jako alkaloidů, aminokyselin, proteinů, fenolů, minerálů, atd [16].

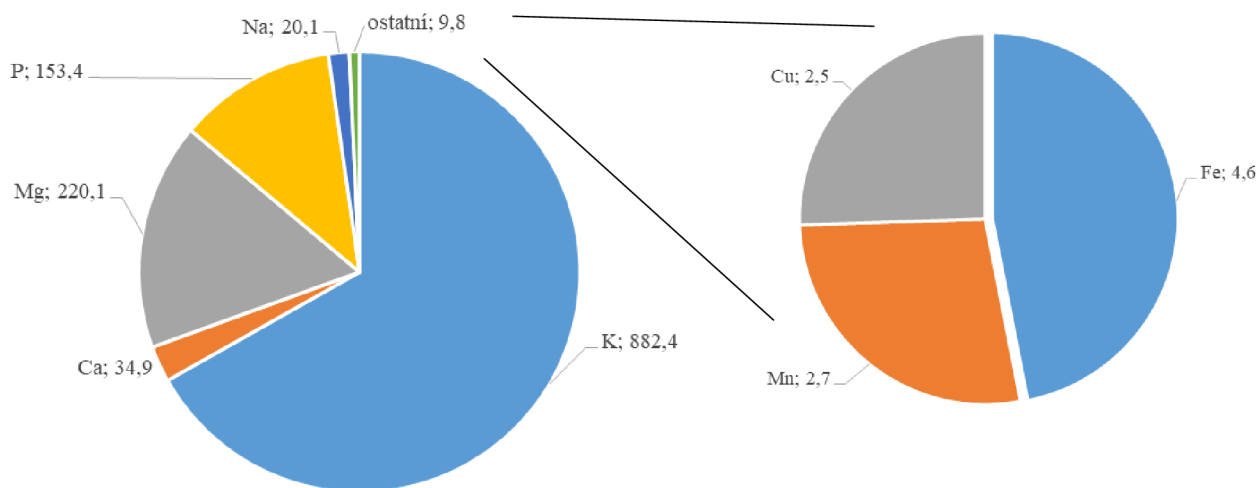
Pro extrakci dře se nejlépe osvědčil hexan jako nepolární rozpouštědlo, oproti tomu polární rozpouštědla mají mohem menší výtěžnost dře a může to být způsobeno činností mastných kyselin nebo degradací sacharidů [17]. Hrubá vlákna je specifická struktura schopná vázat vodu. Tvoří síť, která je složená z celulózy, hemicelulózy a ligninu. Celulóza je v třetí novém zastoupení oproti hemicelulóze [18]. Dalšími látkami obsaženými v kávové sedlině jsou fermentované sacharidy, fenyly, proteiny a melanoidiny. Přehled nejčastějších fenylických látek je uveden v Tabulce 1. Jsou to biokativní látky, které mohou pohlcovat radikály a mají protinádorové, anti-alergenní a antiseptické vlastnosti [19]. Obsah fenylických látek se může lišit na různých způsobu pěstování, stupni pražení nebo druhem Arabica má vyšší obsah kyseliny chlorogenové oproti tomu Robusta obsahuje nejvíce kyseliny kávové. Nejvíce fenylických látek obsahují zelená zrna, ve kterých se následným pražením mění jejich biokativita. Více v Millardovy reakce, karamelizace a pyrolýze dochází k zániku některých fenylo, ale zároveň dochází ke vzniku jiných. Obsah kyseliny chlorogenové se v kávě více v pražení snižuje [20].

Tabulka 1: Identifikované polyfenolické látky v usušené kávové sedlině (převzato a upraveno z Valorization of coffee grounds: A review [21])

Součtenina	Struktura	C (mg/g)
Kyselina chlorogenová		1,8-5,6
Katechin, epikatechin		0,3-0,6
Kyselina kávová		0,03-0,07
Kyselina ellagová		0,06-0,1
Kyselina ferulová		0,004-0,01
Kyselina gallová		1,3-2,5

Kávová sedlina je velmi bohatá na minerální látky. Na Obrázek 4 můžeme vidět zastoupení jednotlivých prvků v mg/100g kávové sedliny [22]. Největší podíl zaujímá v zastoupení draslík,

kt erý je vel m ě důležitý pro vstřebávání vody a živin a z tohot o hlediska může být KS použita jako NPK hnojivo [23].



Obrázek 4: Zastoupení minerálních látek v kávové sedlině, jednotky jsou v mg/100g převzato a upraveno [22]

Poměry C/N je důležitý ukazatel pro vhodnost materiálu ke kompostování. Uhlík využívají půdní mikroorganismy, a dusík je využíván rostlinami. Rychlé mineralizaci dochází při poměru 1 až 15 C/N při takto nízkých poměrech dochází k rychlému uvolňování dusíku k rostlinám. Naopak při vysokém poměru, nad 35, dochází k imobilizaci dusíku mikroby [24]. V kávové sedlině je vysoký poměr C/N a dle studie (Yoshihiro Hirooka, 2021) bylo prokázáno, že hnojením kávovou sedlinou došlo ke zvyšování obsahu uhlíku a dusíku v půdě, jako sa mostatých prvků, ale když byly hodnoty vloženy do poměru, došlo k jeho snížení, hodnoty jsou zobrazeny v Tabulka 2 [25].

Tabulka 2: Hodnoty uhlíku a dusíku v zemiňě po použití kávové sedliny jako hnojiva, upraveno a převzato [25]

období	celkový uhlík (g/kg)	celkový dusík (g/kg)	C/N
2017/2018	23,7	2,0	11,9
2018/2019	31,8	2,5	12,7
2019/2020	26,3	2,6	10,2

Mezi fyzikální vlastnosti, které kávová sedlina má, patří například anti oxidanční potenciál, který byl experimentálně stanoven na 41,6-78,1 mg TE/g suché kávové sedliny metodou DPPH, pH

4,6-8,4 vodní kapacita 70-73 g/100 g sedliny a dejová kapacita byla o něco nižší a to 11-20 % oleje na gram suchého materiálu [26][27][17]

1.1.4 Sekundární využití kávové sedliny

Kávová sedlina jako lehce dostupný materiál se zajímá výmě fyzikálně chemickými vlastnostmi, která má širokou škálu sekundárního využití. Například firma Nestlé jako největší potravinářská společnost se zavázala snížit produkci použité kávové sedliny a využít ji jako obnovitelný zdroj energie. Specializované agentury sbírají kávovou sedlinu a prodávají ji na kompostování, zahradnictví, výrobu bienergie [28].



Obrázek 5: Možnosti zpracování kávové sedliny pro účely hnojení rostlin upraveno a převzato [34]

Kávová sedlina nachází využití ve stavebním odvětví. Pro vysokou stlačitelnost je dobrým materiálem pro pohlcování vysokofrekvenčního zvuku [29]. Další využití a možný potenciál by kávová sedlina a dejetiny mohla najít při výrobě biolátky [30]. Pro svou výbornou výhřevnost lze vyrábět z KS pelety. Pro prašnou povahu nastává problém při peletizaci, kdy pelety nejsou kompaktní a rozpadají se, proto se kávová sedlina kombinuje s malým podílem pilin. Po spalení vzniká nízký obsah popela [31].

1.1.5 Využití kávové sedliny v zemědělství

Kávová sedlina má řadu fyzikálních a chemických vlastností, které mohou být zajímavé pro její využití v zemědělství. Hnojením kávovou sedlinou by mohlo předcházet zemědělským a ekologickým problémům. Její použití má za následek zvyšování půdního uhlíku, snižování emisí CO₂ a zvyšování koncentrací prvků ve složení půdy místo používání anorganických hnojiv, což by mohlo vést k prevenci kontaminace půdy těžkými kovy [32].

Kávová sedlina byla ve studii (Gruz et. kol., 2014) použita jako hnojivo pro zlepšení minerální výživy rostlin. Po přidání čerstvé kávové sedliny do růstového substrátu došlo ke snížení Mg, P,

Ca, Na, Fe, Mn, Zn a Cu, což mohlo být způsobené nižší dostupností minerálů, které byly zadrženy chelujícími látkami, např. kofeinem. Studie (Cervera-Mata a kol.) potvrdila výsledky vlivu kofeinu na dostupnost minerálních látek. V rámci této studie byla kávová sedlina kompostována, čímž došlo ke snížení koncentrace kofeinu a zlepšení obsahu Mg, Mn, K a Na v salátu [33].

Kávová sedlina je surovina vhodná ke kompostování. Ve studii byla kávová sedlina kompostována v nádobě, kde na spodu byl karton, v porovnání s kompostováním s využitím žížal. Při sledování obsahu prvku bylo v kompostu bez žížal menší podíl fosforu a draslíku než v původním substrátu, ale u ostatních prvků došlo k nárůstu o 1,5-2 krát. Ve vermiokompostu došlo k nárůstu všech prvků i fosforu a draslíku. Hnilý kompost obsahoval až o 57 % více dusíku, v nádobové kompostu bez žížal o 75 % a u vermiokompostu o 73 %. Ve všech úpravách kompostu došlo ke snížení obsahu uhlíku a došlo tak ke snížení poměru C/N jako indikátoru mineralizace. A i přes pokles byly v rozmezí pod 25:1, tedy optimální poměr pro úspěšné kompostování. [14]

Suchou kávovou sedlinu lze využít i pro inhibici plevele. Ve studii (Youssefian a kol.) byl sledován vliv tří koncentračních po dobu 694 dní. Po 171 dnech byla plocha s nejvyšší koncentrací (16 kg m⁻²) byl nejvíce inhibován růst plevel. U druhé koncentrace (4 kg m⁻²) došlo k poklesu výskytu plevel. Nicméně rozdíl oproti negativní zkoušce nebyl tak signifikantní. Ve druhém sledovaném období, po 419 dnech, došlo ke zmírnění inhibice. Po 694 dnech inhibiční účinky vymizely a naopak, nejvíce plevel rostlo na ploše s nejvyšší koncentrací kávové sedliny (4 kg m⁻²). Můžeme tedy předpokládat, že kávová sedlina je vhodná pro dlouhodobé hnojení. [35]. Ze studie (Charles a kol.) je pro hnojení nejvhodnější odleželá kávová sedlina po dobu 14 měsíců. Experiment byl proveden na ředkvičkách a rajčatech. Rostliny pěstované na substrátu s přídavkem čerstvé kávové sedliny měly opožděný ve vývoji a růstu v porovnání s rostlinami, které byly hnojeny kávovou sedlinou uloželou. Nicméně čerstvá kávová sedlina odpuzovala slináky, tento jev vymizel po 1 měsíci. To může souviset s rozkladem kofeinu a feniolkových látek [36]. To potvrzuje studie (Hollingsworth a kol.), která poukazuje na zvýšenou úmrtnost slináků při aplikaci 2 % kofeinu [37]

1.2 Složení půdy

Půda se skládá ze struktur různých velikostí, poréznosti a tvaru částic. Kvalita půdy je závislá na její struktuře, která ovlivňuje propustnost pro vodu a vzduch [38].

Největší zastoupení v půdě mají minerální částice, které tvoří 45 % celkového objemu a řadí se zde úlomky hornin, balvanů a koloidních částic. Organické částice zaujímají 5 % objemu. Tato část obsahuje rostlinné a živočišné zbytky a mikroorganismy a látky, které již prošly rozkladem se nazývají humus. Látky skládají se z humusu, tvoří zásobu živin a energie. Zbýlých 50 % tvoří póry, které jsou částečně vyplněny vodou a částečně vzduchem [39].

1.2.1 Půdní mikrobi

Po rozpadu hornin se uvolňují živiny a dochází ke vzniku půdy. V této fázi hrají velmi důležitou roli mikrobi, kteří umí vázat uhlík a dusík. Mezi půdní mikroby se řadí viry, bakterie a houby [39].

Viry jsou parazité a zastupují větší populační množství než hostitelé. Obsahují pomocné metabolismické geny, které se podílejí v katabolismu uhlíku, dusíku, metabolismu lipidů a proteínů a k vytváření energie u hostitele [40].

Druhou a zároveň nejvíce prozkoumanou skupinou jsou bakterie. Actinobacteria jsou zastoupeny až 40 %. Vyskytují se v půdách, ale také v nadzemních částech rostlin [41]. Pro půdu mají důležitou schopnost a to degradovat polymery, agrochemikálie a pesticidy [42]. Dalšími rody jsou Streptomyces, které mají antifungální a antibakteriální aktivitu a podporují růst rostlin. Produkují fytohormony a sdubilizují fosfát v půdách [43]. Pseudomonas patří k pravděpodobně nejsložitějším a ekologicky nejvýznamnějším bakteriím. Vyskytují se ve vodách i na souši a žijí v symbióze jak s rostlinami, tak zvířaty. V říší rostlin hrají klíčovou roli při růstu a produkci fluorescentních pigmentů, nebi siderofor, které jsou afinitní k Fe^{3+} a používají se tak ke kontrole patogenity [44]. Rod Rhizobium tvoří gramnegativní bakterie, které žijí jako aerobní chemorganotrofové a fixují dusík. Přeměna dusíku probíhá enzymem nitrogenázou [45]. Azotobacter je bakterie fixující dusík a je citlivá na pH, vysokou teplotu a koncentraci soli. Podílí se na růstu plodů prostřednictvím biosyntézy aktivních chlátek, podporou rizosférických organismů a produkcí fytopatogenních inhibitorů. Některé druhy jsou schopny syntézy a nitrifikace ze zdrojů uhlíku a dusíku. Jsou producenty rostlinných hormonů auxinů a cytokininů, které se podílejí na zlepšení růstu rostlin [46].

Houby jsou dalšími organismy obsaženými v půdě. Houby mají schopnost rozkládat odumřelé organismy, a tyto rozložené látky jsou dále využitelné jinými organismy. Symbioticky rostlinami spolupracují napojením na jejich kořeny. Mezi houbami a rostlinami existuje symbióza a prosperují spolu více než jednotlivě. Avšak houby mohou být i parazitické. Rostliny ohrožují zejména plísně, padlí, rzi a jiné choroby ovlivňující výtěžnost z pěstovaných plodů [47].

Řasy a sinice jsou aktivní pouze na povrchu v tenké vrstvě, která stabilizuje strukturu půdy [48]. Dokáží fixovat atmosférický dusík a vylučují polysacharidy, které váží půdní agregáty k sobě a snižují tak erozi půdy a dokáží zadržovat vodu [49].

2.2 Fyzikální a chemická charakterizace půdy

Na fyzikálních a chemických parametrech půdy stojí celá zemědělská produkce. Parametry souvisí se schopností vázat vodu, zda jsou vhodné k produkci plodů nebo by spíše produkci znemožňovaly [50].

Nejdůležitějším parametrem je pH. Hodnota pro normální půdy se pohybuje kolem 6-8,5, kyselější půdy mají pH nižší než 6 a zásadité půdy vyšší než 8,5.

Obsah vody nebo také vlhkost půdy souvisí se schopností absorbovat živiny do půdy [51]. Textura půdy je fyzikální veličina charakterizující velikost částic. Textura úzce souvisí s provzdušňováním a pronikáním kořenů půdou. Elektrická vodivost udává kvalitu půdy po stránce obsahu iontů, se zvyšující se koncentrací se zvyšuje i vodivost půdy [51]. Mezi nejčastěji vyskytující se ionty patří fosfáty (PO_4^{3-}), sírany (SO_4^{2-}), dusičnany (NO_3^-) a amonné kationty (NH_4^+) [52].

Součástí půdy jsou také huminové látky. Vznikají chemickou a biogickou přeměnou rostlinné a živočišné hmoty a jsou hlavním zdrojem organického uhlíku v půdě. Udržují růst rostlin, regulují koloběh uhlíku a dusíku, růst mikroorganismů a stabilizují strukturu půdy. V půdě tvoří hydrofobní interakce a vodíkové vazby a jsou rozpustné ve vodných alkaliických roztocích. Naproti tomu fulvokyseliny zůstávají v roztoku po okyselení vodných alkaliických extraktů. Zatímco huminové kyseliny se vysrážejí [53].

1.23 Uhlík v půdě

V půdě se nachází až dvojnásobek uhlíku, v porovnání s atmosférou a živými rostlinami. Obsah uhlíku je ukazatel biogických a fyzikálně-chemických vlastností [54]. Pro živé organismy je jedním z nejdůležitějších prvků, protože tvoří stavební molekuly, jako jsou sacharidy, lipidy a proteiny.

Uhlíkový cyklus je cirkulace uhlíku mezi oceánem, zemí a atmosférou (Obrázek 6). Důležité procesy v cyklu jsou fotosyntéza a dýchání a z nich vycházejí procesy jako rozpouštění plynů ve vodě a zvětrávání hornin [55].



Obrázek 6: Uhlíkový cyklus, upraveno a převzato [56]

Rostliny asi nmlují oxid uhličitý fotosyntézou na redukované sacharidy. [57]. S rostoucí koncentrací ozonu dochází k narušení fotosyntézy kvůli různým fyziologickým dopadům na rostliny. Rostliny hůře asi nmlují oxid uhličitý, jelikož dochází k poranění a znečištění pigmentace nebo skvrnitosti. [58]

Zbytek rostlin, živočichů a mikroobů při rozkladu vracejí část uhlíku do půdy a část uhlíku se uvolňuje zpět do atmosféry. Půdní uhlík je zásobárna uhlíku pro regulaci života na Zemi. Ke ztrátám dochází vlivem eroze, kdy se vytlačují částice půdy a dochází tak k odhalování zapouzdřeného uhlíku [59].

Uhlíkový cyklus je narušen lidskou činností např.: spalování fosilních paliv pro energii, nebo odlesňování. Lidská činnost nã za následek uvolňování oxidu uhličitého do ovzduší, a tím urychlovat globální oteplování [55].

1.3 Požadavky na výživu rostlin

Rostliny pro svůj růst potřebují ke svému růstu kyslík, oxid uhličitý a vodu a dále minerální prvky. Mezi minerální prvky rozdělujeme do dvou skupin podle koncentrace a to na makroprvky (N, P, K) a mikroprvky (Ca, Mg, S, Cu). Při nedostatku minerálních látek v půdě dochází k negativnímu vlivu na růst rostlin. Nicméně ani příliš vysoké koncentrace prvků

v půdě nejsou vhodné, jelikož mohou inhibovat růst rostlin. Vysoká koncentrace minerálních látek se nejčastěji vyskytuje v kyselých půdách, sodných půdách nebo zasažených půdách. Šlechtitelé usilují o vyvinutí genotypu rostlin tak, aby došlo k tolerování všech typů půd [60].

1.3.1 Makro prvky

Dusík

Dusík je rostlinami přijímán v podobě amoniakálních kationtů a dusičnanů. Společně s uhlíkem tvoří kyselý kyslíkový kationt a amoniakální kationt, které vytvářejí proteiny a DNA. Amoniakální kationt tvoří také místa pro buněčné dělení a tedy pro růst a vývoj rostliny. Dusík nachází uplatnění jako součást všech enzymů ve formě proteinů a molekul chlorofylu. Nedostatek se projevuje pomalým růstem světle zelenou barvou a předčasnou zralostí plodů [61].



Obrázek 7: Projev nedostatku dusíku, upraveno a převzato [62]

Fosfor

Fosfor rostliny přijímají ve formě ortofosfátových iontů. Uplatňuje se při fotosyntéze a dýchání ve formě ATP a ADP a také je součástí nukleových kyselin. Největší koncentraci fosforu mají semena a výhonky pro rychlé buněčné dělení. Růžička je také při vývoji ovoce a zlepšuje kvalitu plodů. Nedostatek se projevuje zakrňelým vzrůstem a opožděnou zralostí [63].



Obrázek 8: Projev nedostatku fosforu, upraveno a převzato [62]

Draslík

Draslík je pro rostliny dostupný jako draselný iont. Slouží jako enzymový aktivátor pro růst rostlin, reguluje spotřebu vody otevíráním a zavíráním stomatů. Zlepšuje odolnost vůči chorobám a zlepšuje kvalitu zrn, ovoce a zeleniny. Nedostatek se projevuje jako spálené okraje listů, zakrňelý růst, slabé stonky a podhávání rostlin, velká ztráta a produkce semen a plodů [64].



Obrázek 9: Projev nedostatku draslíku, upraveno a převzato [62]

1.3.2 Mikroprvky

Vápník

Vápník rostliny využívají ve formě vápenatého iontu. Tvoří buněčné stěny a udržuje propustnost membrán. Je nezbytný pro tvorbu semen v arašíděch a snižuje kyselost půdy a tím ovlivňuje výnos. Vápník je přijímán kořeny z půdního roztoku a prochází přes xylém rostlin. Nedostatek nelze přímo určit, ale rostlinám mohou opadat pupeny a květy. [65]

Hořčík

Hořčík je dostupný ve formě hořečnatého iontu. Je to hlavní složka chlorofylu, pomáhá pohybu cukrů, aktivaci enzymů a syntézu proteinů. V případě nedostatku u kukuřice dochází ke změně barvy listů na žlutě pruhované, protože hořčík se podílí na fotosyntetické asimilaci oxidu uhličitého. Málo hořčíku je nejčastěji v kyselých půdách a v půdách s velkým množstvím draselných a vápenatých hnojiv. Obsah hořčíku v rostlinách také souvisí s výživností pro lidi a zvířata. S klesající koncentrací dochází k poruchám výživy hypomagnézií. [66]

Síra

Síra je ve formě síranového iontu a je nezbytná pro tvorbu bílkovin, zejména cysteinu, který je dále přeměněn na glutathion nebo methionin. Podílí se na metabolismu vitamínu B₁₂ a napomáhá produkci semen. Síra je důležitá i pro lidi a zvířata, protože je zdrojem esenciálních

a ni nokyseliny. Pro rostliny hrají taky roli při odolnosti proti rostlinnému stresu. Nedostatkem se většínou neprojeví natolik, aby došlo k vizuální detekci nedostatku, ale u některých rostlin může dojít k menšímu vzrůstu nebo chloróze listů [67].

Měď

Měď je dostupná jako měďnatý iont, je součástí plastocyaninu a podílí se proto na fotosyntéze. Nedostatek je projevem jako deformace mladých listů a rostlina je zakrslá [68].

1.4 Hnojiva

Hnojiva jsou podle zákona 156/1998 sb. §2 látky, které poskytují účinné množství živin pro výživu kulturních rostlin a lesních dřevin, pro udržení nebo zlepšení půdní úrodnosti a pro příznivé ovlivnění výnosu či kvality produkce. Podle původu dělíme hnojiva na organická a průmyslová.

1.4.1 Průmyslová hnojiva

Průmyslová hnojiva dělíme do dvou skupin. Na jednosložková a vícenásložková. Mezi jednosložková řadíme dusíkatá, fosforečná, draselná a vápenatá [69]. Výhodou minerálních hnojiv se přesně stanovená koncentrace jednotlivých prvků. To umožňuje přesné dávkování hnojiva, tak aby nedocházelo k jeho vyplavování.

Dusíkatá hnojiva se vyrábějí syntézou amoniaku a následnou syntézou kyseliny dusičné, ledků nebo močoviny. Ledek (dusičnan amonný) je bílý, krystalický, dobře rozpustný ve vodě. Vyskytuje se také ve formě s vápencem (LAV). Využívá se před setím i k přihnojování. S příměsí dolomitu (LAD) existuje ve formě granulí a v půdě je alkalický, proto se především využívá pro kyselé půdy. Se sírou (LAS) se využívají k hnojení především potravinářské pšenice, řepky, brambor, cukrovce a brukvovité zeleně. Nejkoncentrovanější dusíkaté hnojivo je močovina. Vyrábí se syntézou z amoniaku a oxidu uhličitého. Je dobře rozpustná ve vodě a v půdě se štěpí na uhličitán amonný. Používá se před výsevem a vředěné formě i k postřikům na list. [70]

Fosforečnanová hnojiva zahrnují například apatity, jako krystaly magmatického původu a superfosfáty [71]. Superfosfáty jsou směsí $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ a CaSO_4 . Podle obsahu fosforu se dělí na jednoduché, dvojitě nebo trojitě superfosfáty [72].

Draselná hnojiva, konkrétně jejich soli, jsou univerzální draselná hnojiva ke všem plodinám. Nejčastější mzdrcem draslíku je chlorid draselný. Některé plodiny jsou na chlorid citlivé a nelze je tedy draselnými hnojivy ošetřovat. Jedná se například o citrusy nebo vinnou révu [73].

Vápenatá hnojiva se používají pro zvyšování pH půdy. Pomáhají při vstřebávání fosforu a snižují množství kadmia, niklu a zinku v rostlinách. Nejčastějšími formami jsou oxid vápenatý, ddot, sádrovec, vápno a vápenec [72].

Vícesložková hnojiva obsahují dvě a více živin. Mohou tak rovnoměrně zastoupit živiny a obsahují méně balastních látek. Podle výroby se dělí na směsná, kdy se jednotlivě granulované složky smísí a kombinované, kdy jsou živiny rozpuštěny v břechku, která se následně granulují. Zde řadíme hnojiva NP, PK a NPK [69] [71].

1.4.2 Organická hnojiva

Odpad z biomas obsahuje mnoho živin, které mohou ještě najít uplatnění ve hnojení půdy. Na rozdíl od chemických hnojiv, potřebují organická doba k mineralizaci. U organických hnojiv je koncentrace jednotlivých prvků rozdílná v závislosti na půdu, zpracování apod.

Zvířecí hnůj je plný dusíku a fosforu [74]. Pro pěstování je hnojení nezbytné pro zachování obsahu humusu. Když, neboli prokvašená směs pevných a kapalných složek hnoje, vzniká v bezsteliových provozech. Má vysokou biologickou aktivitu a probíhají v ní uhlíkaté a dusíkaté přeměny.

Komposty jsou organických látek, a je zralý, pokud jsou organické látky úplně degradovány. Lze kompostovat všechny biomateriály, kromě materiálu zvířecího původu. Kompost lze zalozit s využitím mžizal, které organické látky rychleji zpracovávají.

Zelené hnojení je zarávání zelených rostlin do půdy, kdy dochází k obohacení. Tento způsob hnojení je velmi přínosný, protože je univerzální, chrání před erozí, zlepšuje dostupnost minerálních látek, zabraňuje vyplavování živin a omezuje růst pleveľ [69].

2 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

2.1 Příprava kávové sedliny

Byla použita kávová sedlina z kavárny Skácel. Jedná se o odrůdu Caturra. Etiketa od použité kávy je na Obrázek 10. Kávová sedlina byla odebírána pravidelně dvakrát za týden a následně sušena v sušárně při 70°C do konstantní hmotnosti.



Obrázek 10: Etiketa použité kávové sedliny

2.1.1 Odtučnění

Odtučnění KS probíhalo na přístroji Soxhlet. Bylo naváženo přibližně 10 g vysušené kávové sedliny, která byla vložena do extrakčních patron. Aby nedošlo ke ztrátě kávové sedliny, byla patrona lehce přikryta vatovou zátkou. Patrony byly vloženy do extrakčních baněk. K patronám bylo odměřeno 150 ml hexanu a varné káninky. Program (viz Tabulka 3) byl nastaven na 4 hodiny a získaný děj byl slit a odtučněná sedlina vložena do sušárny, aby došlo k vypaření extrakčního činidla.

Tabulka 3: Parametry přístroje Soxheln pro extrakci olejů

parametr	hodnota
Temperature	200 °C
extraction temperature	170 °C
reduction pulse	3 s
reduction interval	3,5 min
hot extraction	1,5 hod
evaporation A	5x interval
extraction time	1 hod
evaporation B	2x interval
evaporation C	10 min
program length	3 hod 4 min

2.1.2 Oxi dace

Oxidace probíhala s usušenou sedlinou a její odtučněnou formou. Byly naváženy 4 g sedliny s přesností na 4 desetinná místa. Ke KS byl přidán 1% roztok $KMnO_4$. Do kádinky s roztokem bylo vloženo magnetické míchadlo a míchání probíhalo 10 minut při 450 otáčkách za minutu. Následně byl roztok vložěn do centrifugačních zkumavek, které byly vyvažovány na 1 g. Zkumavky byly umístěny do centrifugy a po dobu 10 minut probíhalo odstředování při 6000 ot/min. Následně byl supernatant slit a usazenina byla promyta 40 ml destilované vody, kdy pro řádné promíchání bylo využito Vortexu. Vzorky byly opět vloženy do centrifugy na dobu 10 minut. Po odstředění byl slit supernatant a sedlina vložena na Petriho miskách do sušárny, kde byla sušena při teplotě 60°C do konstantní hmotnosti.

2.2 Růstový experiment salátů

2.2.1 Příprava směsí pro růst

Pro experiment bylo použito 5 směsí ze směsí, přehled směsí je v Tabulce 4. Vždy bylo k hlínce přimícháno 2,5% kávové sedliny. Směsi hlíny byly naváženy do květináčů a podle hmotnosti hlíny byla vypočítána vodní kapacita.

Tabulka 4: Přehled s měsí ze m ěny pro p ěst ování

typ s měsí	zkrat ka
č í st á h lí na	HL
oxi dovan á k ávov á sed lí na + h lí na	OX
odt učněn á k ávov á sed lí na + h lí na	ODT
k ávov á sed lí na + h lí na	KS
oxi dovan á od t učněn á k ávov á sed lí na + h lí na	OX ODT.

2.2.2 Vodní kapacita

K stanovení vodní kapacity byly využity Kopeckého válečky o přesném objemu 100 cm³. Kopeckého válečky naplněné zemí nou byli z váženy a odvíčkovanou stranou podloženy na Petriho misku. Takto připravené vzorky byly vloženy do nádoby a zality do podoviny jejich výšky destilovanou vodou. Po 24 hodinách byl váleček z vážen a následně byl vlož en na filtrační papír, kde byl ponechán 2 hodiny. Následně byl Kopeckého váleček opět z vážena. Prvním vážením byl zjištěn maximální možný objem který je hlína schopna pojmout. Druhým vážením poskytl informaci a maximální vodní kapacitě. Z dat byla vypočítána vodní kapacita na 60% hydratace salátů a 50% hydratace kukuřice.

(1)

2.2.3 Germinální test

Germinální test probíhal podle článků Mňas a kolektiv [75] a Charles a kolektiv [36]. Prvním krokem byla příprava extraktu s měsí ze m ěny. Byl připraven 30% extrakt hlíny s destilovanou vodou. Vyluh hlíny byl třepán po dobu 2 hodin v extrakční m ěr ní d ě. Takto připravený extrakt byl využit pro klíčení semen. Do Petriho misky byla vložena vata, na kterou byla rozmístěna semínka salátů/kukuřice. Pro každý typ ze m ěny bylo použito 20 semen. Takto připravená vata byla navlhčena výluhem. Jako kontrolní vzorek byla využita destilovaná voda. Misky byly parafilmem utěsněny a byly vystavovány umělému osvětlení s širokospektrální m záření m 12/12 hodin. Po uplynutí 7 dnů byla spočítána vyklíčená semínka a byly jim změřeny délka kořenů. Z poměru vyklíčených a nevyklíčených semen byla spočítána procentuální klíčivost, kdy RGP je parametr určující relativní procentuální klíčení, G_S – počet naklíčených semen, G_C – počet naklíčených semen v destilované vodě, RRG – relativní růst kořenů, L_S - je délka kořene

naklíčených semen ve vzorku a Lc je délka kořene naklíčených semen v destilované vodě. (P. Mañas, 2018) [75]

(2)

(3)

(4)

2.2.4 Růstový experiment

Salát

Semínka salátu byla klíčena týden a využita byla semena s dvěma lístky. Následně byla vložena do připraveného květináče s připravenou půdou. Saláty byly zalévány na vypočítanou hodnotu 3krát týdně. Samotné pěstování pobíhalo 28 dní. Z každé směsi hlíny bylo vypěstováno 7 opakování vzorků salátů. Následně byly saláty sklizeny a dále analyzovány.

Kukuřice

Semena kukuřice byla klíčena po dobu jednoho týdne a využita byla semena, co vyklíčila, některá i list. Květináče byly zalévány 3x týdně po dobu 28 dní a z každé směsi byly vypěstovány 2 kukuřice ve dvou sériích.

2.2.5 Zpracování sklizených salátů a kukuřic

Růstový experiment byl ukončen vyjmutí rostliny z hlíny. Kořínek byl omyt a byla změřena délka rostliny a kořene, hmotnost čerstvé a sušené rostliny a kořene, byl stanoven chlorofyl (2.5.1) a zastoupení jednotlivých prvků pomocí ICP-OES (2.5.2).

2.2.5.1 Stanovení chlorofylu

Pro stanovení množství chlorofylu bylo odváženo 0,25 g rostlin s přesností na čtyři desetinná místa. Následně byla rostlina vložena do třenky a byl k ní přidán mořský písek a uhlíčan hořčičnatý jako abrazivo. Lístky rostlin byly důkladně rozetřeny a následně byly vymyty ze třenky 5 ml acetonu. Byla sestavena filtrační aparatura a obsah třenky byl zfiltrován přes filtrační papír, který byl vymýván do doby, než byla zelená barva vymyta do 25 ml odměrné baňky a doplněna acetonem po rysku. Absorbance byla měřena UV-spektrometrem ve vlnových

délkách 470 nm, 646 nm a 663 nm. Pro stanovení byly využity vzorce 1, 2, 3 ze studie Wellburn A. R. a kol. [76]:

(5)

(6)

(7)

2.2.5.2 Stanovení prvků

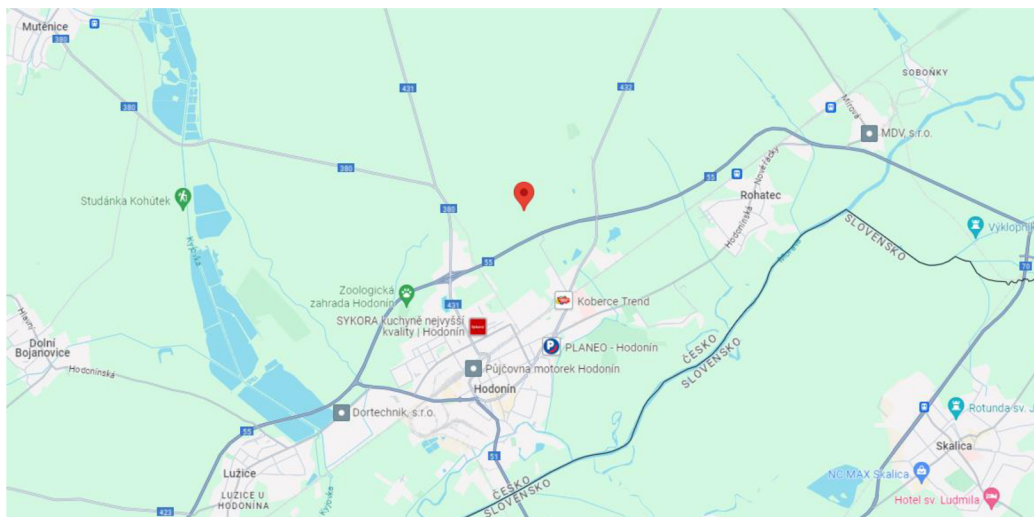
Pro stanovení mikro prvků bylo nutné nechat 0,01-0,05 g rostliny rozkládat. Odvážena rostlina byla vložena do teflonových nádob a dále bylo přidáno 5 ml kyseliny dusičné a 3 ml 30% peroxidu vodíku. Mineralizace probíhala po dobu 25 minut. Poté byly vzorky slity do 25 ml odměrných baněk a doplněny demineralizovanou vodou po rysku. Byly vytvořeny dvě kalibrační řady pro makro prvky (Ca, Fe, Mn, Zn) a mikro prvky (Cr, Cu, Fe, Mn, Zn). Kalibrační křivka byla sestavena ze standardních roztoků, kdy koncentrační řada pro mikro prvky byla 0,25; 0,5 a 1 mg.l⁻¹ a pro makro prvky 50; 100 a 200 ng.l⁻¹. Elementární analýza byla řešena na přístroji ICP-OES. Parametry nastavení přístroje jsou uvedeny v tabulce č. 5.

Tabulka 5: Parametry nastavení přístroje ICP-OES pro stanovení prvků v rostlinách

parametr	mikro prvky	makro prvky
plazmový plyn	13,98 l/min	13,5 l/min
stírní plyn	0,588 l/min	0,6 l/min
pomocný plyn	0,2 l/min	0,2 l/min
zmlžovač	typ Meinhard	
mžná komora	cyklonová	
rychlost otáček čerpadla	16 rpm	15 rpm
tlak na zmlžovači	2,99 bar	2,99 bar
výkon generátoru	1350 W	1100 W
průtok plynu na zmlžovači	0,84 ml/min	0,84 ml/min

2.3 Charakterizace půdy

Půda použitá v růstovém experimentu byla hlinito-písčítá půda z oblasti Pánova (48°52'41.3" N 17°07'56.2" E), přesná lokalita uvedena na Obrázek 11



Obrázek 11: Poloha odběru vzorku hlíny, převzatá a upraveno z Google maps

2.3.1 pH půdy

Pro každý vzorek bylo stanoveno pH podle normy ČSN ISO 10390. Pro stanovení byla použita kombinovaná argentochloridová elektroda ($\text{Ag(s)}|\text{AgCl(s)}|\text{KCl(aq)}$). Vzorek bylo objemově odměřeno na 5 ml a bylo k němu přidáno 25 ml deionizované vody. Následně byl třepán po dobu 1 hodiny na třepáčce. Po uplynutí doby byl vzorek ponechán po dobu 1-3 hodin odstát. Poté byl vzorek měřen při laboratorních podmínkách do ustálení hodnoty.

2.3.2 Konduktivita

Konduktivita byla stanovena konduktometrem podle normy ČSN ISO 11265. Bylo naváženo 20 g vzorku a přidáno 100 ml deionizované vody. Následně byl vzorek třepán po dobu 30 minut. Po uplynutí doby byl přefiltrován pomocí filtračního papíru. Prvně byl stanovený slepý vzorek a hodnota nesměla přesáhnout $1 \text{ mS} \cdot \text{m}^{-1}$. V případě vyšší hodnoty, byl vzorek připraven znovu. Měření probíhalo při laboratorních podmínkách.

2.3.3 Fenolické látky

Vzorek byl extrahován ve směsi ethanol-voda, která byla v poměru 3:2. Vzorek byl naváženo s přesností na 4 desetinná místa, na 1 g ke vzorku bylo přidáno 10 ml extrakčního činidla a směs byla níchána po dobu 15 minut. Po extrakci byly vzorky převedeny pomocí injekční stříkačky s filtrem do vialky o objemu 2 ml.

Poté byly vzorky měřeny na přístroji Agilent 1360 Infinity s diodovým pdem za použití hmotnostní spektrometrie. Nastavení programu je v tabulce (Tabulka 6).

Tabulka 6: Parametry nastavení HPLC pro stanovení fenolických látek

Parametr	Nastavené hodnoty
Objem nástřiku	5 μ l
Průtok mobilní fáze	1 ml \cdot min ⁻¹
Složení mobilní fáze	HCOOH (1 %), MeOH
Kolona	Kinetex EVO C18
Teplota na koloně	35 °C
Tlak	300 bar
Detektor	DAD, MS
Vlnová délka	240-360 nm

2.3.4 Elementární analýza půdy

Půda byla extrahována pomocí syntetické dešťové vody. Složení dešťové vody je v tabulce (Tabulka 7). Bylo naváženo 10 g půdy do 50 ml centrifugačních zkumavek a přidáno 25 ml dešťové vody. Následně byly vzorky třepány na třepačce po dobu 24 hodin. Poté byly vzorky odstředěny na centrifuze při 4000 otáčkách/minutu po dobu 15 minut. Supernatant byl přefiltrován přes filtrační papír do zkumavek, které byly do doby analýzy umístěny v mrazáku.

Tabulka 7: Složení syntetické dešťové vody, [77]

Složka	Koncentrace [ng \cdot l ⁻¹]
NaNO ₃	1,6
CaSO ₄ \cdot 2H ₂ O	5,2
NaSO ₄ \cdot 10H ₂ O	1,6
NH ₄ Cl	1,3
NaCl	3,7
NaOH	0,2

Následně byly vzorky změřeny technikou ICP- OES. Byly měřeny makro prvky (Ca, Fe, K, Mg, Na, P) a mikro prvky (Cr, Cu, Fe, Mn, Zn). Kalibrační křivka byla připravena pro mikro prvky $0,25 \text{ ng.l}^{-1}$, $0,5 \text{ ng.l}^{-1}$, 1 ng.l^{-1} a pro makro prvky 50 ng.l^{-1} , 100 ng.l^{-1} , 200 ng.l^{-1} . Nosný plynek byl argon a parametry nastavení jsou uvedeny v Tabulka 8

Tabulka 8: Parametry nastavení přístroje ICP- OES pro stanovení prvků v půdě

parametr	mikro prvky	makro prvky
plazmový plyn	13,98 l/ min	13,5 l/ min
stírní plyn	0,588 l/ min	0,6 l/ min
potomný plyn	0,2 l/ min	0,2 l/ min
zmlžovač	typ Meinhard	
mžná komora	cyklonová	
rychlost otáček čerpadla	16 rpm	15 rpm
tlak na zmlžovači	2,99 bar	2,99 bar
výkon generátoru	1350 W	1100 W
průtok plynu na zmlžovači	0,84 ml/ min	0,84 ml/ min

2.3.5 Žhání

Při analýze půdy žhání bylo provedeno podle normy ČSN EN 15935. Čistý suchý kelímek byl vložen do pece na 30 min při teplotě $550 \text{ }^\circ\text{C}$. Po uplynutí doby byl vyjmut z pece a vložen do exsikátoru, kde byl do vychladnutí. Poté byl zvážen na vahách s co největší přesností. Poté byl navážen 1 g vzorku hlíny a kelímek byl opět vložen do pece. Teplota byla udržována po dobu 2 hodin. Po vyžhání byl vložen opět do exsikátoru, kde byl do vychladnutí a vzorek v kelímku byl zvážen.

2.3.6 C N analýza

Namletý vzorek o hmotnosti 10 g byl vložen do Eppendorfových zkumavek a změřen na C N analyzátoru. Následně byl měřen na C N analyzátoru a byly měřeny prvky, uhlík a dusík.

3. VÝSLEDKY A DISKUZE

3.1 Půda

Použitá základní půda měla charakter hlinito-písčítý. Neobsahovaly větší anorganické sloučeniny ani zbytky rostlin. Měla spíše prашný charakter a po zalití vodou netvořila homogenní směs, ale zanechala si svůj písčítý charakter.

3.1.1 Vodní kapacita

Z výsledných hodnot můžeme vidět, že nejmenší schopností vázat vodu má čistá hlína s hodnotou $166,03 \pm 1,24$, jak je zobrazeno v Tabulka 19. Naopak největší vodní kapacitu na 100 cm³ má směs obsahující oxidovanou odtučněnou a oxidovanou kávovou sedimentou s hodnotou $176,43 \pm 0,82$ respektive $176,17 \pm 0,66$. Schopnost dobré hydratace směsí může mít za následek právě kávová sedimenta, která obsahuje hemicelulózu. Z čehož vyplývá, že dochází úpravou kávové sedimenty k zakoncentrování organické hmoty.

Tabulka 9: Hodnoty vodní kapacity

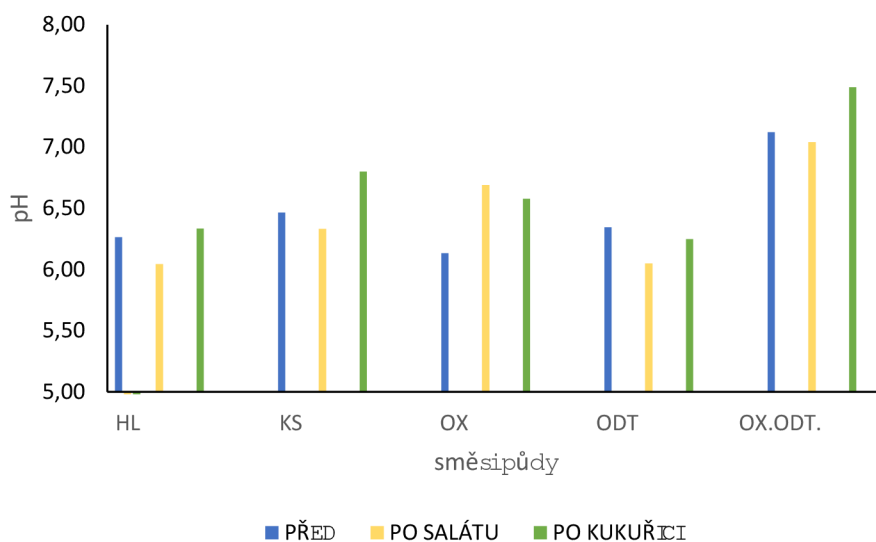
s směs	maximální vodní kapacita směsi [g]
HL	$166,03 \pm 1,24$
OX	$176,17 \pm 0,66$
OX ODT.	$176,43 \pm 0,82$
OD	$173,20 \pm 0,57$
KS	$174,73 \pm 1,03$

3.1.2 pH a vodivost půdy

Vodný výluh ze země byl měřen a byl sledováno, jak se mění pH v závislosti na pěstování salátu a kukuřice a hodnoty byly porovnávány s pH před pěstování jak můžeme vidět na Obrázek 12. Hodnoty pH se nějak zásadně od sebe nelišily, avšak největší rozdíl byl mezi půdou před pěstování a půdou po pěstování salátu. Půda je mírně kyselá až neutrální. Po pěstování kukuřice bylo pH vždy vyšší, kromě případu pěstování v odtučněné směsi hlíny, kdy po pěstování kukuřice pH kleslo oproti srovnání s půdou před pěstování.

Bylo očekáváno snížení pH vlivem obsahu organických kyselin v kávové sedimentě. Její hodnota pH se pohybuje mezi 6,6-4,5 [22]. Zajímavé tedy je, že po pěstování salátu ve směsi hlíny a kávové sedimenty se pH snížilo, ale po kukuřici naopak vzrostlo. Rostliny mohly vstřebat organické kyseliny pocházející ze sedimenty. Po její oxidaci zřejmě došlo k oxidaci kyselin na jiné

molekuly a jako u jedné s n ěsi tak m ěhl o dojít k nár ůstu pH po p ěst ování. Dal ší z ají mavostí je, že po odt učněné půd ě, kdy se předpokl ádal o, že kyseliny se extrahují do hexanu a pH bude tak zásadit ější, tak naopak se půda před p ěst ování pohyboval a hodnota m ě pH j ešt ě o něco ni žší m ě, než neupravená kávo vá sedl ina.



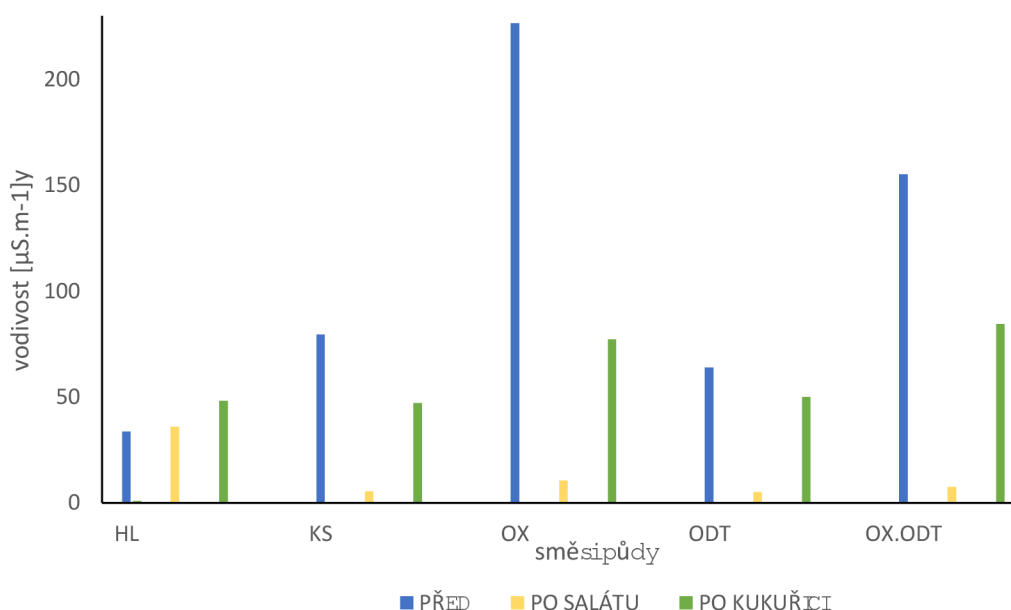
Obrázek 12: pH půdy před p ěst ování m a po p ěst ování sal átu a kukuřice (HL- hlí na, KS – kávo vá sedl ina + hlí na, OX – oxi dovaná sedl ina + hlí na, ODT – odt učněná + hlí na, OX.ODT. – oxi dovaná odt učněná + hlí na)

Největší hodnoty konduktivity vykazovala půda před p ěst ování m a upravená oxi dovanou kávo vou sedl inou (OX) a zároveň zde byl nam ěřen největší rozdíl před a po p ěst ování. Pravděpodobně došl o k vyčer pání i ont ů sal áte m a kukuřici.

U oxi dované půdy před p ěst ování m pravděpodobně došl o k našt ěpení molekul na m ěnší a tí m vzrostla koncentrace molekul. Konduktivita je přímo ú m ěrná počtu i ont ů a podle nam ěřených hodnot z ěj ně došl o k jejich disociaci, kdy hodnota kávo vé sedl iny v hlín ě před p ěst ování m byl a $79,43 \pm 12,45 \mu\text{S m}^{-1}$ a u oxi dované před p ěst ování m hodnota byl a $226,50 \pm 44,52 \mu\text{S m}^{-1}$. Tento fakt by vysvětl oval tak nar kant ní nár ůst konduktivity. Naopak tomu byl o u odt učněné s ěsi ($64 \pm 15,57 \mu\text{S m}^{-1}$), kdy došl o k extrakci n ěkt ěrých látek do hexanu a konduktivita byl a tak m ěnší než u kávo vé sedl iny v hlín ě. Nej m ěně elektricky akti vních molekul y byl o v čí st ě hlín ě ($33,80 \pm 9,22 \mu\text{S m}^{-1}$).

Podle Obrázek 13 byly vodi vostně akti vní látky vstřebány rostl inami sal átu. M ěhl by to dokazovat fakt, že rostl iná m sal átu v upravených sm ěsích se příliš nedařil o v porovnání s čí stou

hlínou, kdy rostlina mi nebyly tyto molekuly vstřebány. U kukuřice nedocházelo k jejich absorpci v tak velké míře a rostliny tak lépe prospívaly.

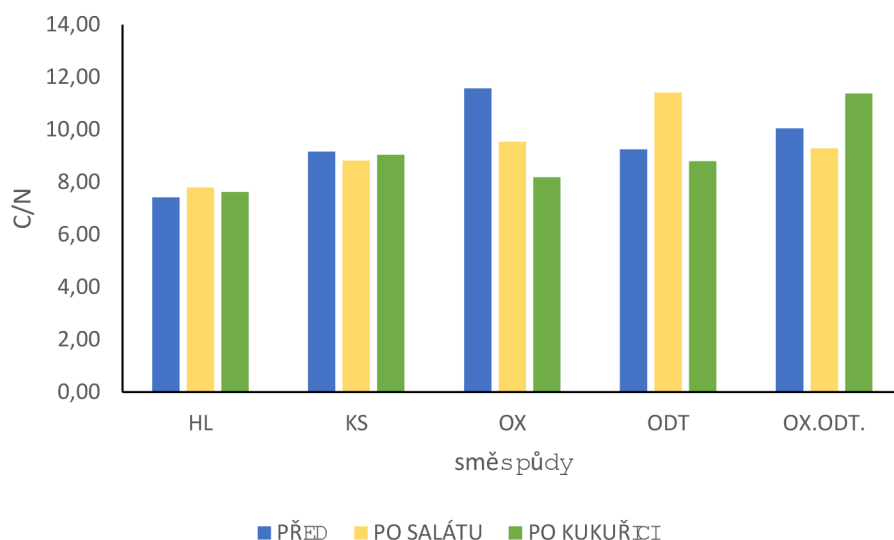


Obrázek 13: Porovnání hodnot konduktivity před pěstování a po pěstování salátu a po pěstování kukuřice (HL- hlína, KS – kámová sedlina + hlína, OX – oxidovaná sedlina + hlína, ODT – odtučněná + hlína, OX: ODT. – oxidovaná odtučněná + hlína)

3.1.3 C N

Obsah uhlíku a dusíku v půdě poukazuje na její biologickou aktivitu. Čím nižší poměr C/N tím je větší biologická aktivita a obráceně. Ideální poměr v půdě mezi uhlíkem a dusíkem je 20 - 30:1. [24] V naměřených vzorcích se poměry pohybovaly v rozmezí 8-16:1.

Největší úbytek nastal v případě oxidované směsi půdy, kdy došlo z půdy před pěstování k téměř polovičnímu úbytku uhlíku po pěstování kukuřice. Po pěstování salátu nejvíce ubylo uhlíku ve směsi OX.ODT, ale u kukuřice nedošlo k rozdílu oproti původní směsi. U KS byly obsahy uhlíku ve všech třech případech velmi vyrovnané a nedošlo k výrazným změnám



Obrázek 14: Obsah C a N v půdě před pěstování m S - po pěstování salátu, K po pěstování kukuřice a po pěstování salátu a kukuřice (HL- hlína, KS - kávová sedlina + hlína, OX - oxi dovaná sedlina + hlína, ODT - odtučněná + hlína, OX.ODT. - oxi dovaná odtučněná + hlína)

3.1.4 Obsah kofeinu

Kofein byl obsažen pouze v půdě s kávovou sedlinou a v půdě se směsí oxidované odtučněné sedliny. V čisté hlíně a oxidované směsi, nebyl obsah kofeinu detekován. V upravené oxidované se předpokládá, že došlo k oxidaci aromatických kruhů nenasycených vazeb v molekule kofeinu a byl tak ze směsi odstraněn. U oxidované odtučněné směsi, byl obsah kofeinu zaznamenán pouze u substrátu před pěstování m. Po pěstování již zaznamenán nebyl, mohl dojít k jeho vstřebání plodinou.

Pouze u směsi s kávovou sedlinou bylo množství kofeinu detekováno před ($59,63 \pm 0,45 \mu\text{g g}^{-1}$), i po pěstování ($21,07 \pm 0,04 \mu\text{g g}^{-1}$ pro salát, $20,42 \pm 0,05 \mu\text{g g}^{-1}$ pro kukuřici). Po pěstování jich byl a v půdě přibližně polovi na původní koncentrace.

Tabulka 10: Obsah kofeinu v půdě před a po pěstování [$\mu\text{g g}^{-1}$] (KS- kávová sedlina + hlína, ODT - odtučněná sedlina + hlína, OX.ODT - oxi dovaná odtučněná sedlina + hlína)

	KS	ODT	OX.ODT.
PŘED	$59,63 \pm 0,45$	$25,85 \pm 0,65$	$11,56 \pm 0,13$
PO SALÁTU	$21,07 \pm 0,04$	/	/
PO KUKUŘICI	$20,42 \pm 0,05$	/	/

3.1.5 Elementární analýza půdy

Elementární složení čisté půdy se význačně odlišovalo od složení půdy s přísadky kávové sedliny. Kávová sedlina a její modifikace měly u většiny prvků pozitivní vliv na koncentraci. Bohatší minerální složení půdy je způsobeno kávovou sedlinou, která je bohatá na minerální prvky. Pouze odtučněná hlína byla chudší na prvkové složení. Odtučněná sedlina mohla být znehodnocena o minerální podíl působením vysokých teplot a minerální látky mohly být vyextrahovány hexanem. Zajímavým je také snížená koncentrace fosforu u oxidované kávové sedliny a odtučněné kávové sedliny. Tento efekt by mohl být problematický, jelikož fosfor je často zastoupen v nízkých koncentracích a pro rostliny je esenciální. Pro jeho doplnění je možné přihnojovat například močovinou, která by i zajistila větší obsah dusíku. V půdě se nenacházely detekovatelné koncentrace mědi a zinku.

Tabulka 11: Elementární složení půdy vůči čisté země, ↑-nárůst koncentrace prvku ↓-pokles koncentrace, /- pod hranicí detekce

	Ca	K	Mg	P	Cu	Fe	Mn	Zn
KS	↑	↑	↑	↑	/	↑	↑	/
OX	↑	↑	↑	↓	/	↑	↑	/
ODT	↓	↓	↓	↓	/	↓	/	/
OX ODT	↑	↑	↑	↑	/	↑	↑	/

U minerálního složení půdy po pěstování, měly koncentrace ve většině případech vzrůstající trend oproti čisté hlíně po pěstování salátu a kukuřice. Klesající koncentraci měly pouze prvky po pěstování salátů. Po kukuřicích byly koncentrace vždy vyšší, než původní sňes.

Odtučněná sňes byla bohatší na makro prvky (Ca, K, Mg, P), což je překvapivé, protože v porovnání čisté hlíny a odtučněné sedliny s hlínou, byla odtučněná sňes chudší na tyto prvky. Z čisté hlíny tak rostliny získaly více makroživin pro svůj růst. Ještě překvapivější je fakt, že kukuřici v odtučněné sňesi se hned po kukuřici, která rostla v hlíně, dařilo nejlépe.

Saláty si z půdy v oxidované sedlině a čisté sedlině vzaly více vápníku, než v čisté půdě. A i přesto mohl dojít k nedostatku tohoto prvku a saláty tak zůstaly opožděně vzrůstem oproti jiným ve zbylých sňesích. U oxidované sňesi po salátech také bylo detekováno méně fosforu. I tento prvek nebyl ve sňesi v dostatečném množství, protože saláty byly malé a neměly

dobře vyvinutý kořen, což je u absence fosforu pro rostlinu charakteristické. A tento případ nastal i u hořčiky, kdy listy byly nedostatečně zelené, protože rostliny nemohly vytvářet dostatek chlorofylu, pro který je hořčík základním stavebním prvkem.

Jak ukazuje Tabulka 12, kukuřice si ze směsi nevzal a tdi k živin jako kukuřice v čisté hlíně. Mohlo by to poukazovat na to, že kukuřici mše dařilo v růstu a neměla potřebu se více zásobit živinami. Mohlo by se také jednat o to, že kukuřice jsou mnohem více odolnějšími plodinami než saláty na výživu a dokáží metabolizovat minimální množství živin. Pro velkou produkci kukuřice by tak mohla mít kávovalá sedlina z hlediska prvkového složení půdy po pěstování, velký význam pro zdroj živin.

Tabulka 12: Elementární prvkové složení půdy po pěstování salátu (dolní index s) - modré šípky, a po pěstování kukuřice (dolní index k) - zelené šípky vztaženo k čisté hlíně po pěstování (HL - hlína, KS - kávovalá sedlina + hlína, OX - oxidovaná sedlina + hlína, ODT - odtučněná + hlína, OX: ODT - oxidovaná odtučněná + hlína; ↑ - vyšší koncentrace v porovnání s částou hlínou po pěstování, ↓ - pokles koncentrace v porovnání s částou půdou po pěstování)

	Ca _s	Ca _k	K _s	K _k	Mn _s	Mn _k	P _s	P _k	Fe _s	Fe _k	Mg _s	Mg _k
KS	↓	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↓	↑	↑	↑
OX	↓	↑	↑	↑	↑	↑	↓	↑	↑	↑	↓	↑
ODT	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑
OX: ODT	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↓	↑	↑	↑

3.1.6 Žhání

Jak můžeme vidět v Tabulce 13, tak v kelítku po vyžhání zůstal o ve většině vzorků přibližně 97 % původní navážky. Vzorky tak obsahovaly necelé 3 procenta slůžky, která byla vypálena. Žhátka je způsobena právě jejím vypálením ze zeminy a zůstaly přitom pouze minerální slůžky. Vzorky po analýze změnil barvu z tmavě hnědé až černé na světle hnědou.

Největší úbytek můžeme vidět u směsi po salátu ve směsi kávovalé sedliny. Mohlo to být způsobeno větším podílem organické hmoty v čisté kávovalé sedlině, která se pro zastoupení dle ve struktuře vypařila. Tato skutečnost by mohla znamenat, že organické látky nebyly

rostlinou spotřebovány nebo rostliny neuhněly takový charakter látek vstřebat a zůstaly v půdě. Naopak nejmenší úbytek byl u čisté hlíny opět po pěstování salátu a z toho nám vyplývá, že rostliny využily maximálního podílu organické hmoty z půdy ve vlastní prospěch.

U ze m ě ny po p ě st ov ě ní k u ku ř i ce byl nej m ě ší roz d ě l v por ov n ě ní se s m ě sí p ř ed p ě st ov ě ní m u o dt u č n ě n ě k á v ov ě se d ě l i ny v p ů d ě. Z to ho m ů že m ě op ě t us uz ov at, že t en to typ s m ě sí byl p ro rost l i nu p ro sp ě š n ě y, p ro t o ž e ho v y u ž i la na v el n ě m al ý roz d ě l s č i st ou h l í n ou. K u ku ř i c í m v o dt u č n ě n ě s m ě sí se d ě l i lo v r ů s t u i b a r v ě l i s t ů

Tabulka 13: Přehled procentuálního zastoupení vzorku po vyžehání. Hodnoty se udávají v %

	PŘED	PO SALÁTU	PO KUKUŘICI
HL	97,94 ± 0,02	97,86 ± 0,12	97,60 ± 0,21
KS	97,48 ± 0,26	95,39 ± 0,45	97,23 ± 0,11
OX	97,55 ± 0,04	96,45 ± 0,39	97,27 ± 0,04
ODT	97,72 ± 0,21	97,20 ± 0,09	97,67 ± 0,17
OX ODT	97,55 ± 0,14	97,28 ± 0,32	97,28 ± 0,21

3.2 Výhodnocení růstového experimentu

3.2.1 Průběh

Kukuřice byla pěstována po dobu 28 dní, a po každém týdnu byly rostliny foceny pro pozorování růstu v různých směrech ze m ě ny.

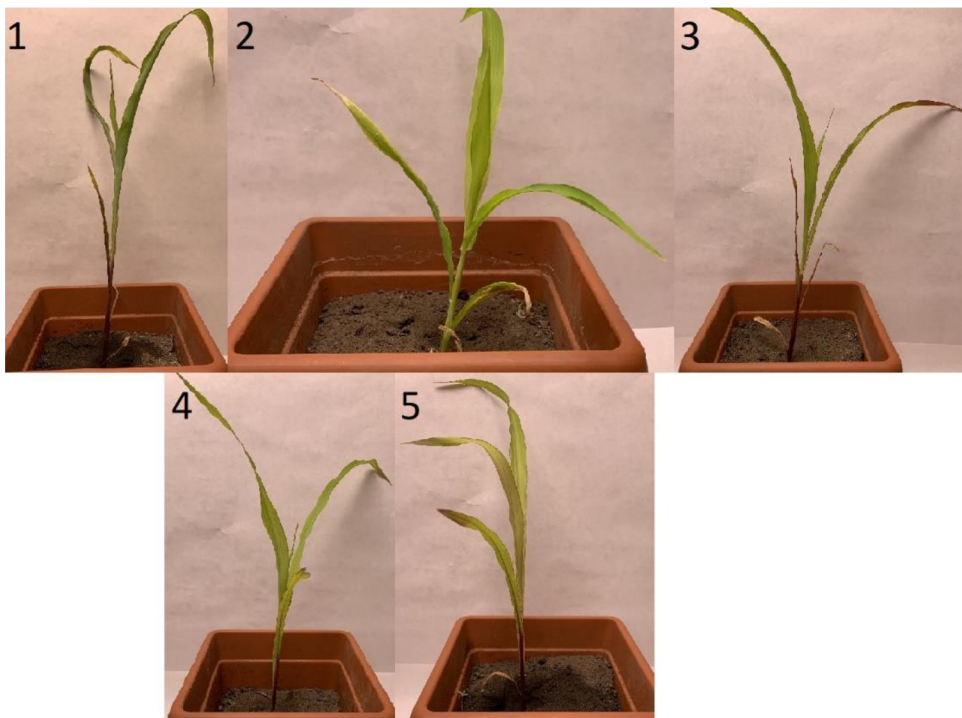
Po první týdnu byly všechny rostliny vzrostlejší, než po zasazení vyklíčených semen. U všech typů ze m ě ny n ě l y rost l i ny z a s c h l ý v ž d y a l e s p o ň j e d e n l i s t n a s v ě š p ě č e. Rost l i n ě m n e m u s e l a v y h o v o v a t č a s t á z á l i v k a. U ž á d n ě s m ě sí se a l e n e v y s k y t o v a l a p l ě s ě ň. J a k j i ž b y l o p o p s á n o v ý š e, m o h l o b y t o b ý t z p ů s o b e n o c h e m i c k ý m i v l a s t n o s t m ě s e d ě l i ny.

Po druhém týdnu již byly rostliny více rozlišeny podle charakteru substrátu. U směsí s kávovou sedlinou a oxidovanou sedlinou n ě l y rost l i ny v í c e z b a r v e n y l i s t y d o ž l u t a n ě ž j i n ě rost l i ny.

Mohl o by to zna menat nevhodnou záli vku nebo svě el né pod mí nky a také nevhodné ž í v í ny, kt eré rostli nu nedost at ečně vyž í vují.

Po tř etí m tý dnu pěst ování byl y již rostli ny vzrostlé, ale nej menší vzrůst dosahoval a s ně s pů dy s kávovou sedli nou. U oxi dované s ně si byla pozor ována změ na barvy listů. Kukuř í ce v odt učněné s ně si byla vel mí podobná kukuř í ci rostoucí v č í st é h í í ně.

Po č tvrt é m tý dnu byly rostli ny skl í zeny. U všech se vyskyt oval y na listech zaschl é konce. Mohl o by to být způ sobeno nedost at ečným mí stem pro koř enový syst ém. U s ně sí odt učněné, č í st é h í í ny a oxi dované odt učněné sedli ny byl zazna menán výskyt pl evel e. Tat o skut ečnost by mohl a opě t nazna čovat, že ty t o pů dy jsou pro rostli ny výhodné a neí hli bují růst, jako je kávová sedli na nebo oxi dovaná sedli na.



Obrázek 15: Pěst ování kukuř í ce po 3 rů st u, 1 - č í st á h í í na, 2 - kávová sedli na + h í í na, 3 - odt učněná kávová sedli na + h í í na, 4 - oxi dovaná kávová sedli na + h í í na, 5 - oxi dovaná kávová sedli na + h í í na

U sal át ů byl y vysazovány vykl í čena se mena, kt erá m ě l a alespo ň dva okvě tní lí stky. Po prv ní m tý dnu pěst ování se nej méně dař í lo rostli ně v oxi dované s ně si pů dy. Menší ch roz ně ř ů, než zbylé rostli ny, vykazovala také s ně s kávovou sedli nou, zbylé rostli ny si byl y vzrů stem podobné.

Ve druhé pěstební mtýdnu, rostliny byly téměř beze změny, kromě salátu v čisté hlíně, který na první pohled mnohokrát znásobil svůj růst. U směsí kávové sedliny, odtučněné sedliny a oxidované byly rostliny salátu zakrslé a měly žlutou barvu listů. Mohl o to být způsobeno reakcí na fytooxidické vlastnosti kávové sedliny nebo nevhodnou zálivkou. Před každým zalitím byly v tomto týdnu květináče značně vlhké.

Ve třetí mtýdnu nastal růstový zlom u salátu v čisté hlíně. Byl nejvíce prosperující rostlinou. Druhou značně vzrostlou rostlinou byl salát v oxidované odtučněné sedlíně. Vyznačoval si méně zelené listy a tím méně chlorofylu, ale vzrůstem se blížil salátu v hlíně. Zbylé saláty byly zakrslé a celkově neprorostly.

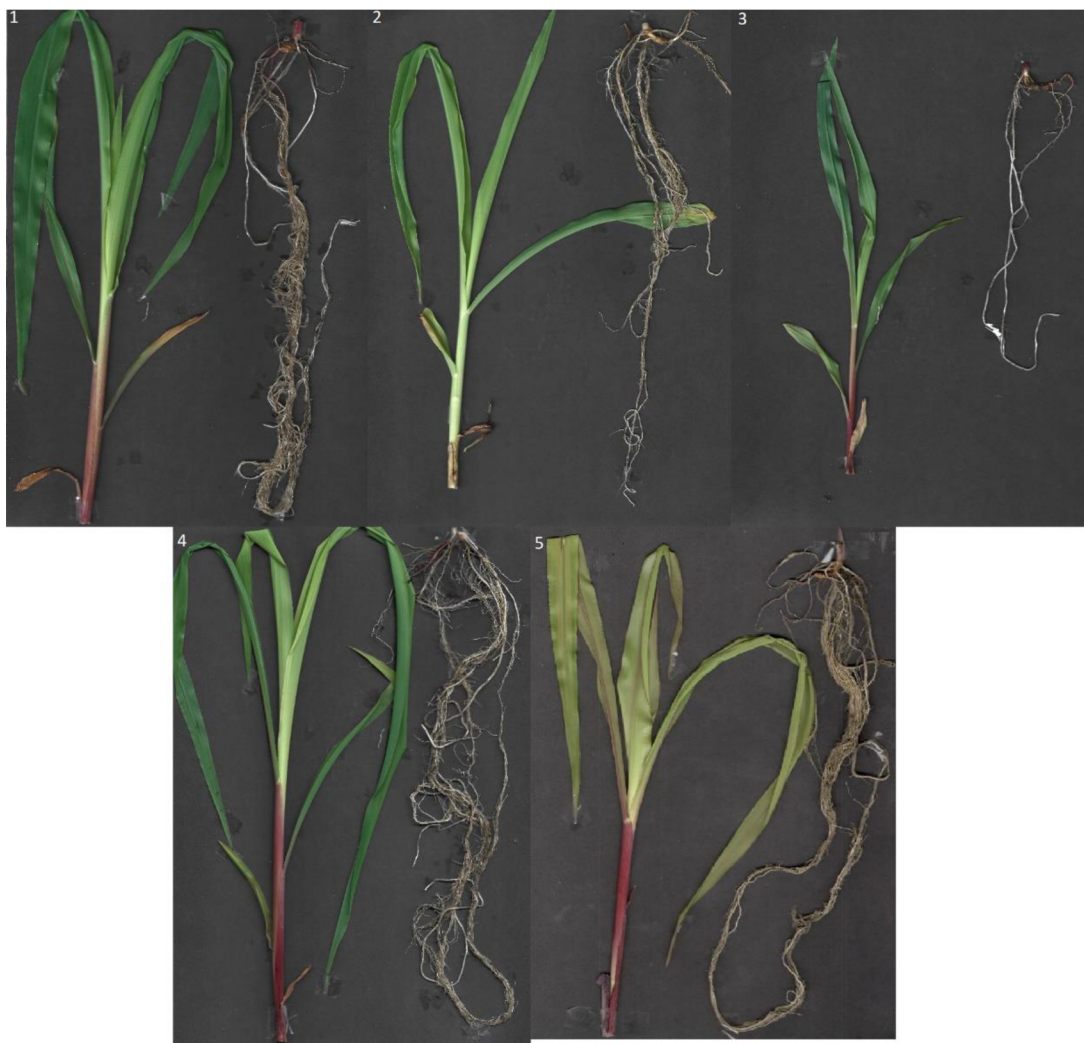
V poslední mtýdnu byl nejvíce vzrostlou rostlinou opět salát v čisté hlíně, ale salát ve směsi oxidované odtučněné se blížil svou velikostí salátu, který rostl bez upravené půdy. U směsí oxidované a odtučněné rostliny téměř nezměnily svou velikost od prvního týdne.



Obrázek 16: Saláty, třetí týden pěstování, poměr zmenšení 1:1, 1 – hlína, 2 – odtučněná kávová sedlina + hlína, 3 – kávová sedlina + hlína, 4 – oxidovaná odtučněná kávová sedlina + hlína, 5 – oxidovaná kávová sedlina + hlína.

3.2.2 Vizuální hodnocení

Po 28 dnech pěstování, byly kukuřice a jejich kořeny omyty a následně byly skenovány. Jak můžeme vidět na Obrázek 17, nejdelších kořenů dosahovala kukuřice v oxidované půdě. U těchto rostlin byly pozorovány změny barvy listů. Tyto dva faktory by mohly poukazovat na to, že tento typ sňesí není pro kukuřici vhodný a rostlina svými dlouhými kořeny se snažila zachytit jinou živnou půdu. Nejmenší rostlinou s nejkratšími kořeny byla kukuřice v kávové sedlíně. Rostliny z čisté hlíny a odtučněné sňesí měly podobnou velikost, barvu listů a také mohutný a větvený kořenový systém.



Obrázek 17: Skeny kukuřic, fotky zmenšeny v poměru 1:1, 1 - Hlína, 2 - oxidovaná odtučněná, 3 - kávová sedlína, 4 - odtučněná, 5 - oxidovaná

U salátů po 28 dnech bylo na scanech zaznamenáno, že nejvíce se dařilo salátu v čisté hlíně. Jak můžeme vidět na Obrázek 18, tak měla tato rostlina nejvíce vyvinutější kořenový systém a také nejlépe rozdělený na vlásečnice na hlavní vlákně kořene. Toto větvení je potřebné pro

maximální vstřebávání živin a vody z půdy. Nejmenší rostliny byly z oxidované a oxidované odtučněné půdy. Jejich listy neměly zdravě vypadající barvu a kořeny byly velmi chudé na větvení a na svou velikost listů byly velmi dlouhé. Mohlo by to znamenat, že se snaží unikat látkám, které jim neprospívají pro přežití. Poměrně dobře se také dařilo salátu v odtučněné sedlince, ale nedalo by se hovořit o skvělém prospěchu směsi pro rostlinu, ale nebyla zakrslá a měla poměrně bohatý kořenový systém. Její listy ovšem nebyly sytě zelené a vzrůstem se neblížila ani podovně vzrůstu salátu v čisté půdě.



Obrázek 18: Scary rostlin salátů, 1 - hlína, 2 - káвовá sedlina + hlína, 3 - odtučněná káвовá sedlina + hlína, 4 - oxi dovaná odtučněná káвовá sedlina + hlína, 5 - oxi dovaná káвовá sedlina + hlína, fotky z měřeny 1:1

3.2.3 Germinační testy

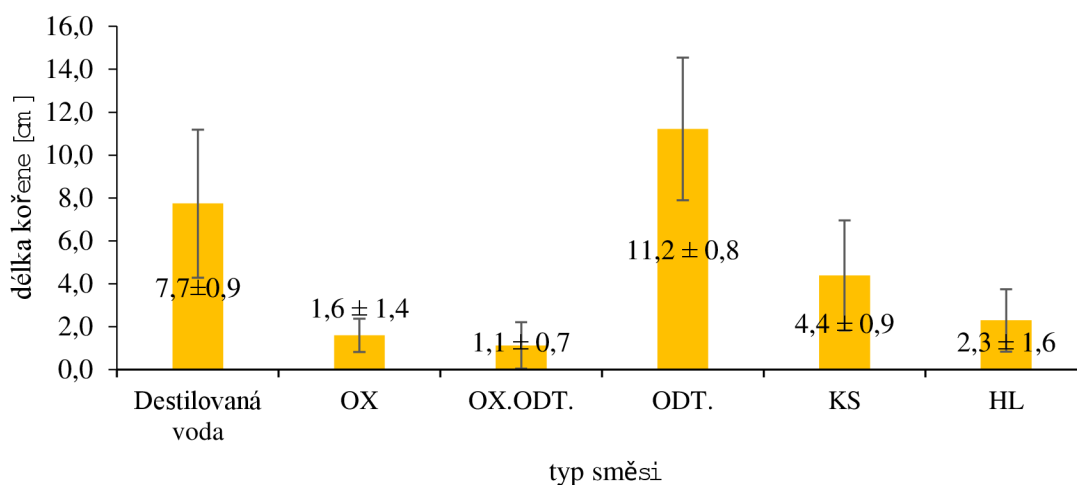
3.2.3.1 Délka kořenů

Germinační testy u semen kukuřic byly provedeny v 30% výluhu s měsí zemí a semena byla vložena na Petriho misku s filtračním papírem a tenkou vrstvou vaty, kvůli lepší hydrataci semen, a následně byla zalita 5 ml výluhu. Bylo pozorováno 10 semen z každého druhu směsi. Misky byly zparafilmovány a vystaveny 12 hodinovému osvětlení. Na germinačních testech byly sledovány fyzikální účinky kávové sedliny ve směsích ze zemí v závislosti na klíčivosti

semen a délce vyklíčených kořenů. Předpokládá se, že semena, která měla kořen delší, jsou citlivá na fytooxi cké chování kávové sedliny.

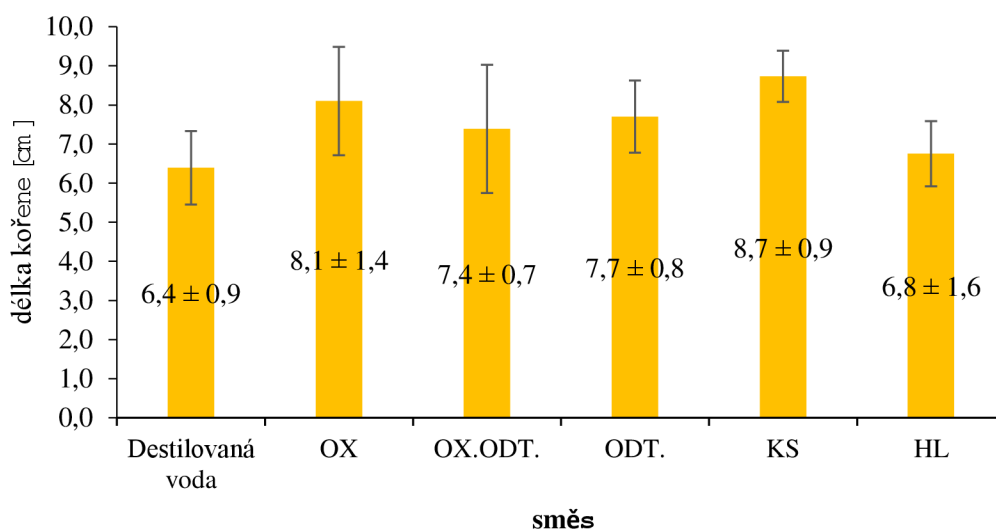
Nejkratších vyklíčených kořenů dosahovaly semena ve směsi OX ODT. a OX. Naopak nejdelších kořenů dosáhly semena ve směsi ODT. a poté v destilované vodě a u semen byly již vyklíčeny i listy. Mohl o by to poukazovat na prospěšnost této směsi na pěstování kukuřice. U směsi KS nebyly kořeny nijak dlouhé, ale semena měla listy, zatímco u směsi HL, byla plíseň a kořeny byly spíše zakrnělé. Tento fakt by mohl poukazovat na to, že kávová sedlina má antimykotické účinky.

±



Obrázek 19: Délka kořene kukuřice v závislosti na druhu směsi, HL- hlína, KS – kávová sedlina + hlína, OX – oxidovaná sedlina + hlína, ODT – odtučněná + hlína, OX.ODT. – oxidovaná odtučněná + hlína

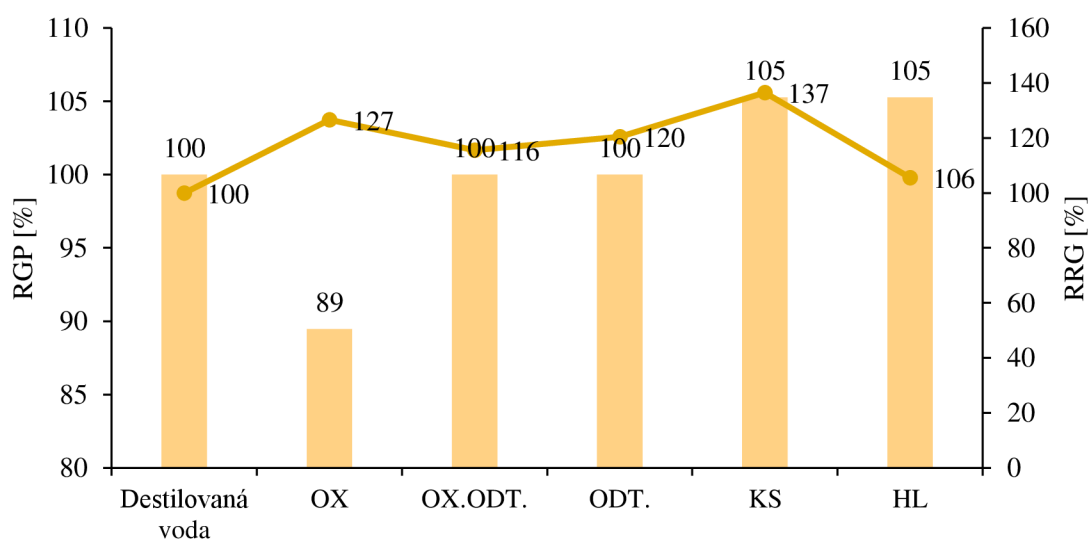
U salátových semen odrůdy Lent o bylo dáno na experiment klíčení 20 semen na každý druh výluhu směsi. Nejdelší kořeny měly semena ve výluhu směsi s čistou kávovou sedlinou (KS) a s oxidovanou (OX). Mohl o by to opět poukazovat na fytooxi cké vlastnosti a rostlina měla snahu těmto látkám uniknout. Podobné hodnoty vykazovaly destilovaná voda a hlína (HL) a oxidovaná odtučněná směs (OX ODT.) s odtučněnou (ODT).



Obrázek 20: Délka kořenů se mění v závislosti na půdní směsi, HL- hlína, KS – kávová sedlina + hlína, OX – oxidovaná sedlina + hlína, ODT – odtučněná + hlína, OX: ODT. – oxidovaná odtučněná + hlína

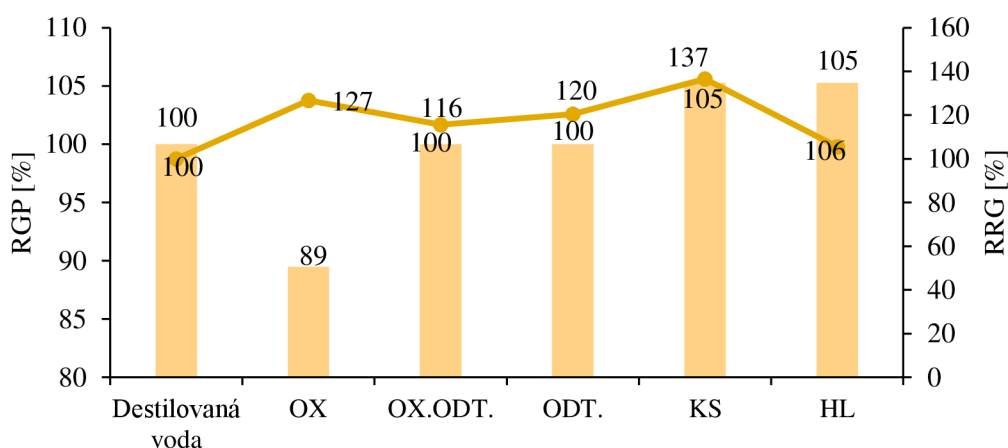
3.2.3.2 Klíčivost

Všechna semena kukuřice vyklíčila na směsi HL a KS, 9 vyklíčených měly směsi destilovaná voda a ODT, u OXD ODT. bylo 6 semen a OXD 7 semen. I přestože u HL a KS vyklíčila všechna semena, nejlepší relativní růst kořenů (RRG) vykazovala semena na výluhu odtučněné kávové sedliny (ODT). Opět nám tato skutečnost dokazuje, že by mohla být odtučněná kávová sedlina vhodným hnojivem



Obrázek 21: Porovnání relativního klíčení (RGP) s křivkou vyjadřující relativní růst kořenů (RRG), HL- hlína, KS – kávová sedlina + hlína, OX – oxidovaná sedlina + hlína, ODT – odtučněná + hlína, OX: ODT. – oxidovaná odtučněná + hlína

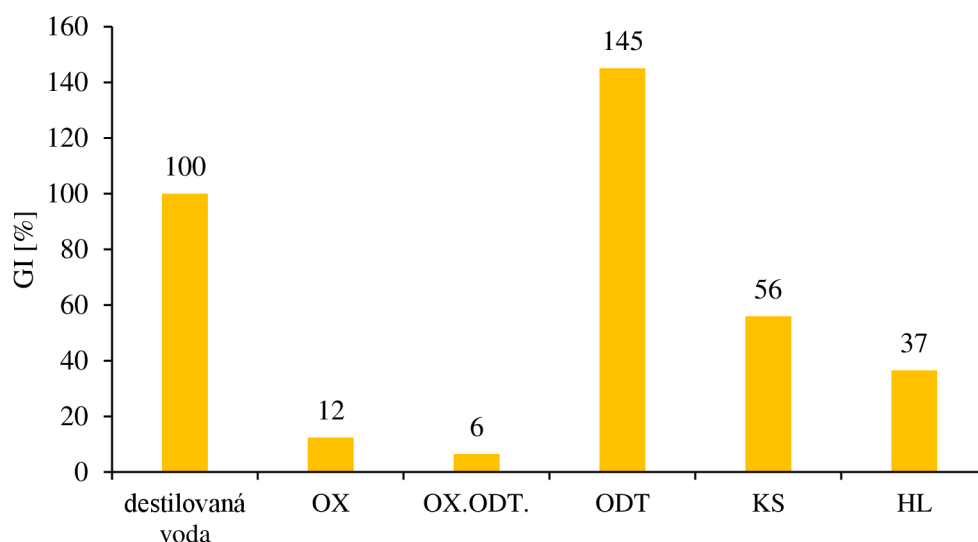
U s n ě s i k á v o v ě s e d l i n y (KS) a h l í n y (HL) b y l a v y k l í ě n a v š e c h n a s e m e n a. U s n ě s i o x i d o v a n á o d t u ě n ě n á (OX ODT.), o d t u ě n ě n á (ODT) a d e s t i l o v a n ě v o d y, j a k o r e f e r e n ě n í h o v z o r k u, v y k l í ě l o 19 s e m e n a n e j m e n š í ú s p ě š n o s t b y l a u o x i d o v a n ě s n ě s i. N e j v ě t š í f a k t o r p r o r e l a t i v n í r ů s t k o ř e n ů b y l u k á v o v ě s e d l i n y (KS) a t o n a 136,54 % D r u h ý m v p o ř a d í b y l u o x i d o v a n ě (OX), a l e t o b y l o z p ů s o b e n o m a l ý m r o z p ě t í m v y k l í ě n ý c h s e m e n. Z b y l ě s n ě s i m ě l y p o d o b n ý f a k t o r RRG



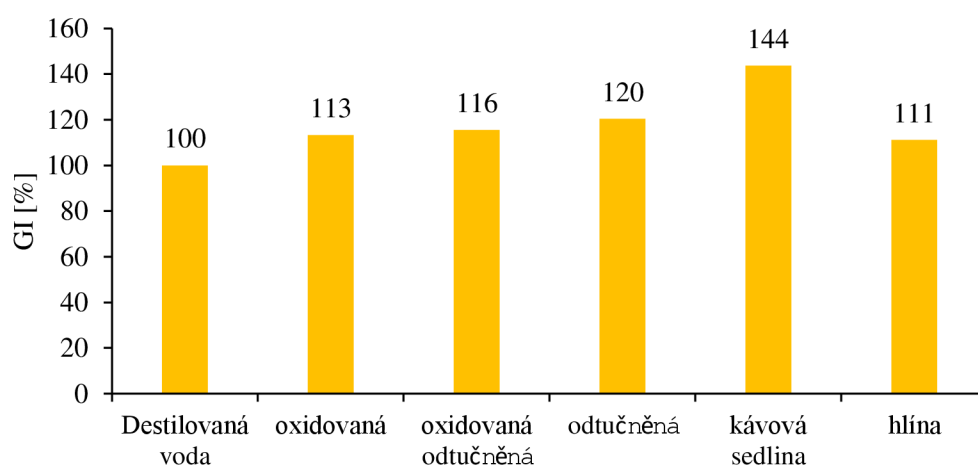
Obrázek 22: Porovnání relativního klíčení (RGP) s křivkou vyjadřující relativní růst kořenů (RRG), HL- hlína, KS – kávová sedlina + hlína, OX – oxi dovaná sedlina + hlína, ODT – odt učená + hlína, OX: ODT. – oxi dovaná odt učená + hlína

3.2.3.3. Index klíčení

Index klíčení (CI) je poměr relativního klíčení (RGP) a relativního růstu kořenů (RRG), byl nejlepší opět u odt učené sedliny a poté u destilované vody. Ostatní s n ě s i m ě l y m o h e m m e n š í p o n ě r y. U h l í n y t o m o h l a z p ů s o b i t p l í s e ň a u o s t a t n í s n ě s i v ý s k y t k o f e i n ů n e b o j i n ý c h f y t o x i c k ý c h l á t e k. U s a l á t ů a l e d o š l o k m o h e m l e p š í m p o n ě ř ů m n e ž u k u k u ř i c e. S a l á t y m a j í m n o h e m l e p š í k l í ě v o s t, z a t í m t o s e m e n a k u k u ř i c e j s o u ě a s t o k o n t a m i n o v á n a p l í s n ě m i a k l í ě s m e n š í ú s p ě š n o s t í.



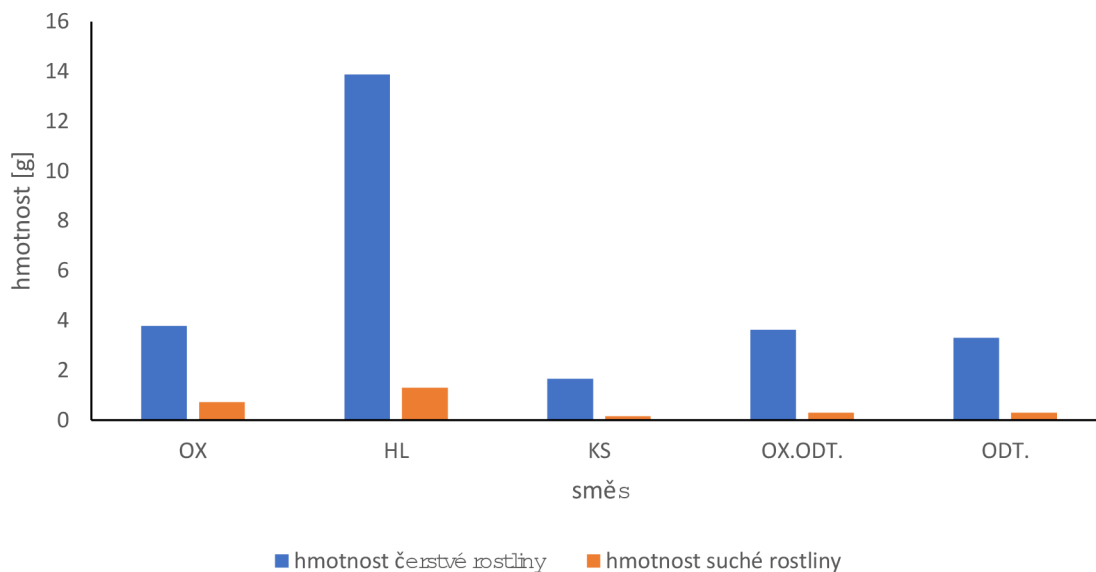
Obrázek 23: Vyjádření indexu klíčení v závislosti na směsích ze mřín, HL- hlína, KS – kávová sedlina + hlína, OX – oxidovaná sedlina + hlína, ODT – odtučněná + hlína, OX: ODT. – oxidovaná odtučněná + hlína



Obrázek 24: Index klíčení v závislosti na druhu směsi, HL- hlína, KS – kávová sedlina + hlína, OX – oxidovaná sedlina + hlína, ODT – odtučněná + hlína, OX: ODT. – oxidovaná odtučněná + hlína

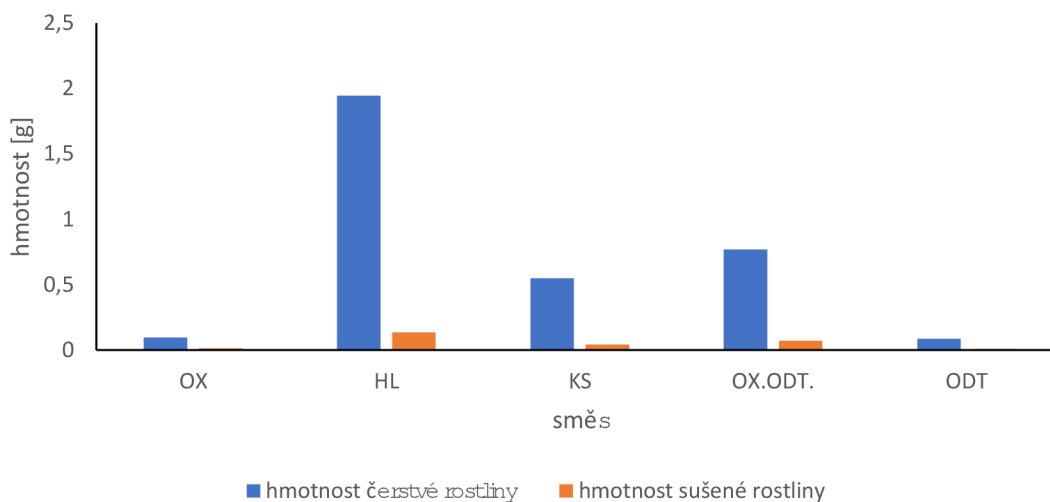
3.2.4 Fyzikální vlastnosti vypěstovaných rostlin

Na Obrázek 2529 můžeme vidět porovnané hmotnosti čerstvé a sušené rostliny kukuřice. Největší rozdíl dosahovala kukuřice v čisté msubstrátu. Zajímavé je, že v odtučněné směsi měla kukuřice méně vody než v oxidované odtučněné směsi, ale jinak byla rostlina zdravě vypadající a měla dobrý vzrůst. Nejméně vody obsahovala rostlina v kávové sedlině, ale tento výsledek je úměrný její velikosti.



Obrázek 25: Porovnání hmotnosti čerstvé a sušené rostliny kukuřice, HL-hlína, KS – kávová sedlina + hlína, OX – oxidovaná sedlina + hlína, ODT – odtučněná + hlína, OX.ODT. – oxidovaná odtučněná + hlína

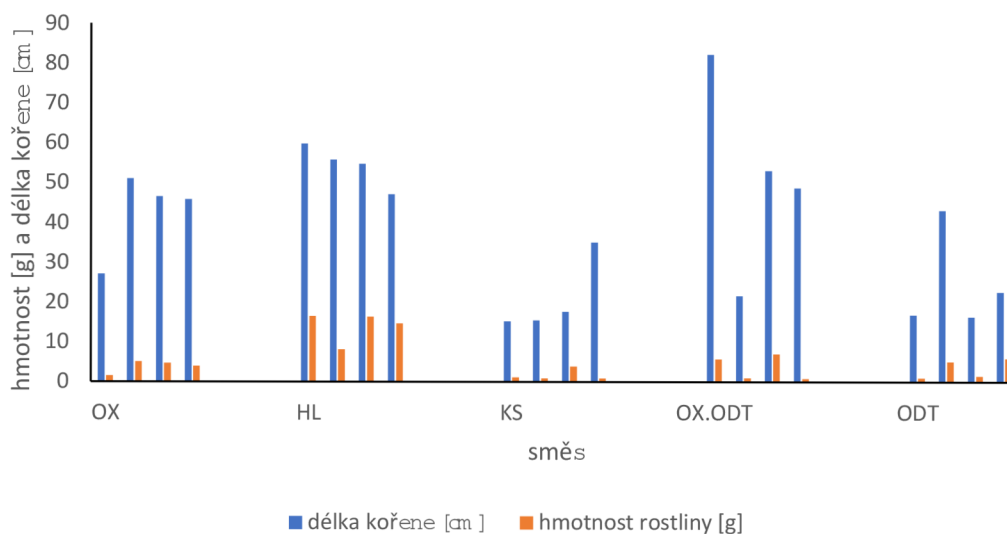
U salátu opět největší rozdíl v poměru dosahoval salát v čisté půdě, ale změnou ve srovnání s kukuřicí, je rozdílná absorpce vody odtučněnou a oxidovanou směsí. U kávové sedliny došlo u salátu k větší absorpci vody na hmotnost rostliny.



Obrázek 26: Porovnání poměru čerstvé hmotnosti rostliny a sušené u salátu, HL-hlína, KS – kávová sedlina + hlína, OX – oxidovaná sedlina + hlína, ODT – odtučněná + hlína, OX.ODT. – oxidovaná odtučněná + hlína

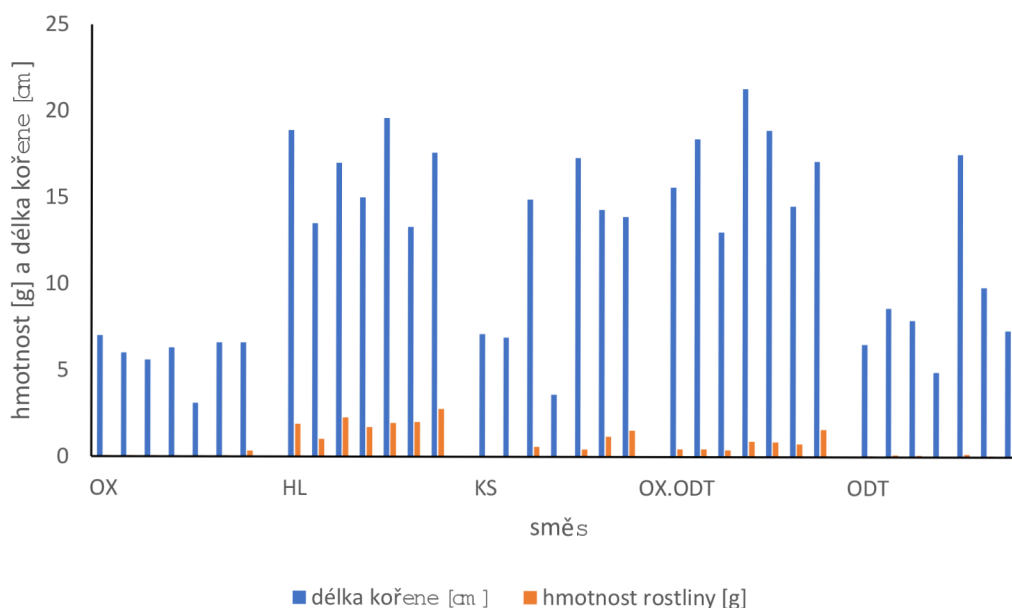
Dále byla porovnávána délka kořenů a hmotnost čerstvé rostliny, jak můžeme vidět na Obrázek 27. Nejdelší kořeny na hmotnost rostliny měla směs s oxidovanou odtučněnou sedlinou. Tento jev může být spojen s fytooxidací vlastností oxidací hnojiva a kávové sedliny na rostlinu.

S přibývající délkou tak klesala hmotnost. Nejlepších poměrů dosáhla čistá hlína, kdy délka kořene byla nejvíce úměrná hmotnosti.



Obrázek 27: Porovnání délky kořene na hmotnosti čerstvé rostliny kukuřice, HL-hlína, KS – kávová sedlina + hlína, OX – oxidovaná sedlina + hlína, ODT – odtučněná + hlína, OX:ODT. – oxidovaná odtučněná + hlína

U salátů byla u oxidované (OX) a odtučněné (ODT) směsi navážena mírně nižší hmotnost k délce kořenů, jak můžeme vidět na Obrázek 28. Rostliny v těchto směsích neprosplvaly. Nejlepší poměry z porovnávaných měly saláty opět v čisté hlíně.



Obrázek 28: Porovnání délky kořenu na hmotnosti rostliny u salátů, HL-hlína, KS – kávová sedlina + hlína, OX – oxidovaná sedlina + hlína, ODT – odtučněná + hlína, OX:ODT. – oxidovaná odtučněná + hlína

3.2.5 Chemické vlastnosti vypěstovaných rostlin

3.2.5.1 Chlorofyl a

U salátu obsah chlorofylu nepřesahoval 0,9 [µg/g]. Jak můžeme vidět v Tabulka 14 mnohonásobně více ho obsahoval a kukuřice. Nejvíce ho bylo ve směsi kávové sedliny a hlíny. O něco méně ho bylo v hlíně. Podle množství chlorofylu bychom mohli posuzovat kvalitu vypěstované rostliny. Podle výsledných hodnot můžeme vidět, že nejmeně chlorofylu u salátu bylo v oxidované směsi sedliny, protože rostlina byla ovlivněna fytooxidkými vlastnostmi sedliny a její vzhled nevypadal zdravě. U kukuřice, kde se dařilo rostlinám v hlíně a v odtučněné sedlině by se předpokládaly i nejvyšší obsahy chlorofylu, ale nejvíce ho měla rostlina v oxidované odtučněné směsi.

Tabulka 14: Přehled obsahu chlorofylu a u salátu a kukuřice, hodnoty uvedeny v [µg/g]

	SALÁT	KUKUŘICE
HL	0,81 ± 0,00	4,64 ± 0,14
KS	0,82 ± 0,03	2,02 ± 0,12
OX	0,80 ± 0,01	2,99 ± 0,25
ODT	0,81 ± 0,01	1,39 ± 0,12
OX ODT	0,81 ± 0,01	6,87 ± 0,20

3.2.5.2 chlorofyl b

U kukuřice bylo chlorofylu b mohem méně, než chlorofylu a, naproti tomu v salátech převažoval chlorofyl b. Tato skutečnost souvisí se zbarvením listů salátů. Zatímco kukuřice byly zelené, u salátů převládaly spíše žluté tóny listů.

Nejvíce chlorofylu b měly rostliny pěstované ve směsi ch oxidované odtučněné sedliny a hlíny. U kukuřice by to odpovídalo vizuálnímu hodnocení rostliny, protože rostlina poměrně dobře rostla, ale u salátu měly rostliny spíše žluté zbarvení listů. Naopak nejmeně tohoto typu chlorofylu měl salát v čisté hlíně. Jako nejvíce prospívající rostlina oproti jiným rostlinám u kukuřice jí byla plodina ve směsi kávové sedliny a hlíny.

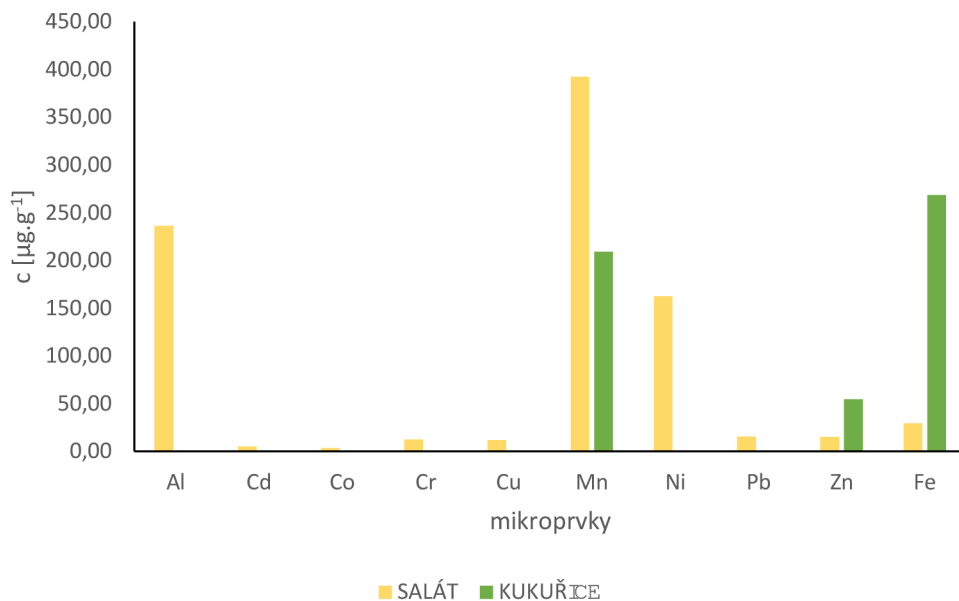
Tabulka 15: Obsah chlorofylu b u salátů a kukuřic, hodnoty uvedeny v [$\mu\text{g/g}$]

	SALÁT	KUKUŘICE
HL	1,72 \pm 0,01	1,30 \pm 0,26
KS	1,72 \pm 0,02	0,86 \pm 0,23
OX	1,72 \pm 0,01	1,24 \pm 0,21
ODT	1,72 \pm 0,01	0,85 \pm 0,01
OX ODT	1,73 \pm 0,01	1,72 \pm 0,87

3.2.6 Elementární složení rostlin ve sněžích půdy

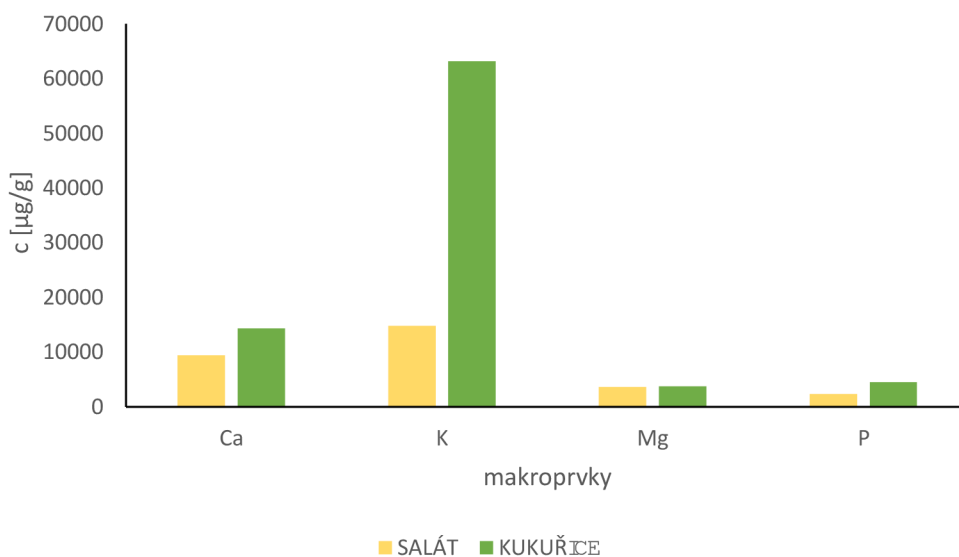
3.2.6.1 Hlina

U rostlin kukuřic bylo detekováno mnohem méně prvků, než u rostlin salátů. U salátů je nejvýraznějšími mikro prvky mangan a poté hliník, zbylé prvky jsou spíše ve stopovém množství. U kukuřic je dominantními prvky železo a také mangan. Toto může být způsobeno rozdílnými nároky na pěstování. U kukuřic bylo detekována větší koncentrace zinku než u salátů. Nádbytek zinku v rostlinách může způsobit hnědnutí listů, což u rostlin kukuřic bylo zaznamenáno.



Obrázek 29: Přehled mikro prvků u salátů a kukuřic v čisté hlíně

U makro prvků byly vždy detekovány 4 (Ca, K, Mg, P) a v čisté hlíně byla nejvyšší koncentrace draslíku u obou typů rostlin. Hřčík byl u obou přibližně o stejné koncentraci, u zbylých kukuřice obsahovala větší koncentrace všech prvků než u salátů v přepočtu na μg prvku na g rostliny. Množství draslíku a rozdíly v jeho koncentracích mohou stát za stavbou rostliny. Kukuřice má pevnější stoněk a potřebuje více vody, z což je tento prvek zodpovědný.

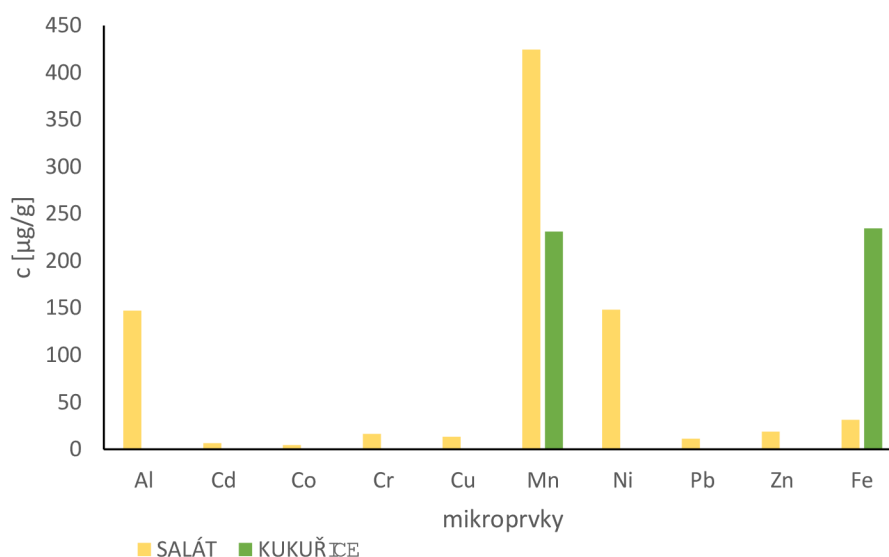


Obrázek 30: Přehled makro prvků u salátů a kukuřic v čisté hlíně

3.2.6.2 Kávová sedlina

V rostlinách salátů bylo složení podobné, jako u salátů, které rostly v čisté hlíně, ale obsahovaly pouze menší koncentrace prvků. U kukuřice byly detekovány pouze dva prvky a to železo a mangan. V případě manganu v kukuřici ho bylo méně než manganu v salátu, ale obráceně tomu bylo u železa, kde ho bylo mnohonásobně více než v salátu.

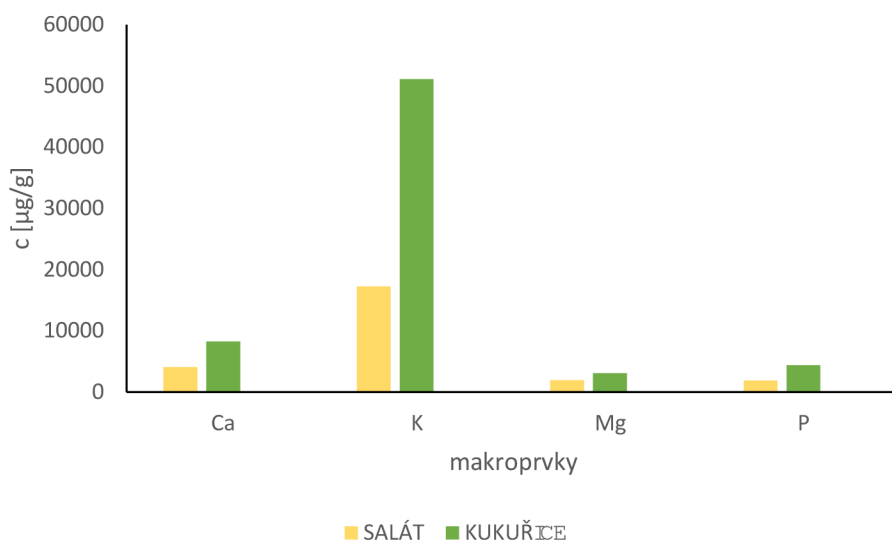
Na rozdíl od rostlin pěstované v hlíně měly saláty v tomto druhu s menší obsahy prvků. Mohlo by to být způsobeno fytochemickými vlastnostmi kávové sedliny, kdy rostliny nechtěly přijímat živiny z půdy. Stejný efekt nastal i u kukuřice, kdy rostlina po vypěstování byla menší než ostatní.



Obrázek 31: Přehled mikroprvků u salátů a kukuřice v substrátu obsahující kávovou sedlinu

V případě makroprvků tomu bylo podobně, jako v předchozím případě. Opět byly detekovány všechny. Poměry koncentrací se nezměnily, ale pouze byla koncentrace prvků nižší. Dostatečně mprvkem byl draslík u kukuřice a nej méně bylo fosforu v salátu.

Stejně jako u mikroprvků i u obsahu makroprvků byly koncentrace nižší v porovnání s hlínou. Menší koncentrace draslíku mohly způsobit nedostatečný růst, protože nebyla rostlina dostatečně zásobena vodou a neměla dostatečně vyvinutí stonky. S nedostatečným růstem může také souviset malá koncentrace vápníku, kdy koncentrace mnohonásobně klesly v porovnání s čistou hlínou.

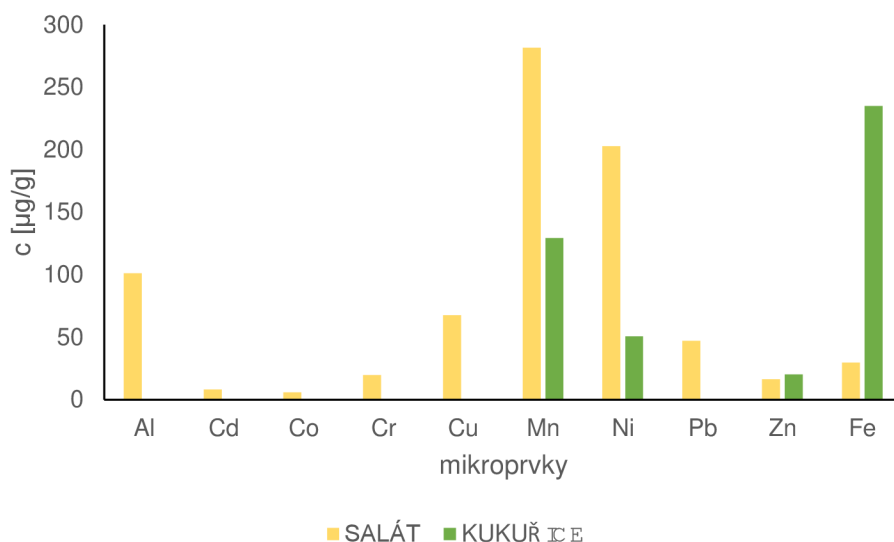


Obrázek 32: Přehled makro prvků, které obsahovaly salát a kukuřice v zemi ně s kávovou sedlinou

3.2.6.3 Oxidovaná kávová sedlina

V rostlinách, které rostliny v zemi ně obsahují oxidovanou kávovou sedlinu, nastaly drobné změny ve složení elementárními prvky. Dominujícími prvky byly opět mangan u salátu a železa u kukuřice, ale změna nastala u mědi a dŕova, kdy koncentrace vzrostly. Mŕný nárůst byl i u kobaltu a kadmia. U kukuřice byla zásadní změna u nárůstu koncentrace niklu, který vzrostl i u salátu

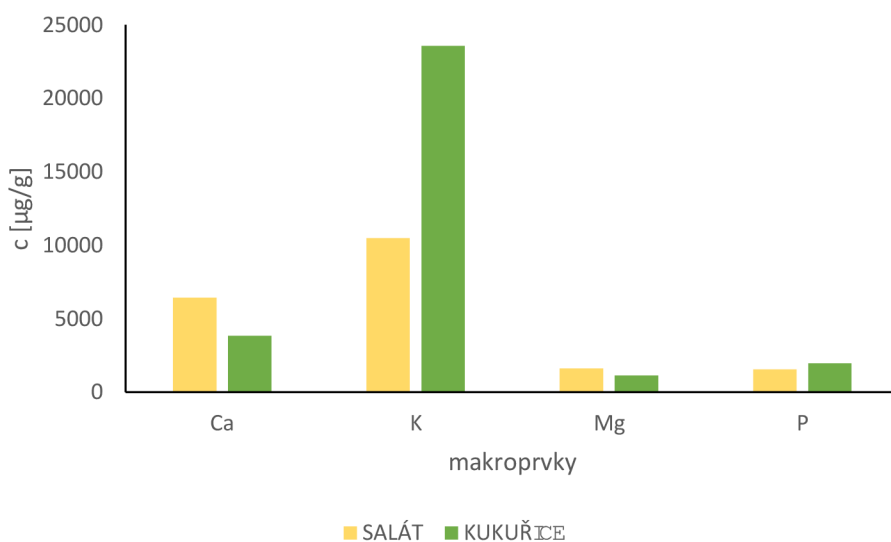
Vysoké koncentrace niklu by mohl y mít za následek vysoké zastoupení chlorofylu v rostlinách. Jeho vysoké hodnoty by mohl y působit na fotosyntézu a se rostlina se tak mohl a snažit tento vliv kompenzovat zvýšením množství chlorofylu



Obrázek 33: Přehled mikro prvků, které byly obsaženy v salátu a kukuřici v ze měně obsahující oxi dovanou kávovou sedlinu

U makro prvků nedošlo k nějak významným změnám pouze se zvýšila koncentrace vápníku u salátu a byla tak větší, než u kukuřice a zbylé koncentrace klesly, ale poněkud prvky v salátu a kukuřici zůstaly stejné, jako v jiným případech.

Jak již bylo výše zmíněno, na rostlinu mohl mít zinek fyto toxické účinky a proto obsah makro prvků mohl být nižší. Více přijatého vápníku rostlinou salátu může souviset opět s fyto toxicitou, kdy na rostlinu salátu působil a sedlina více než na kukuřici. Rostlina tak mohl mít snahu zneutralizovat toxické látky pomocí vyššího příjmu vápníku než kukuřice.

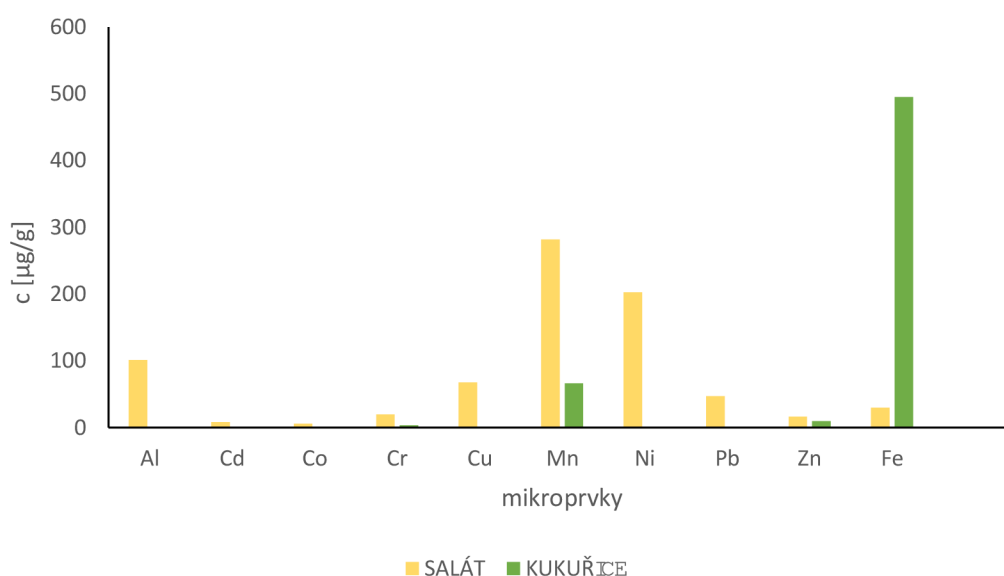


Obrázek 34: Přehled makro prvků, které obsahovaly salát a kukuřice v ze měně obsahující oxi dovanou kávovou sedlinu

3.2.6.4 Odtučněná kávová sedlina

U mikroprvků došlo k velkým koncentračním propadům. Nejdominantnější prvek bylo železo u kukuřice. V germinčních testech se nejlépe dařilo semenům právě v tomto druhu směsi. Mohla by existovat souvislost mezi obsahem železa a prospěšnosti pro růst, protože železo se podílí na metabolismu chlorofylu. U salátů jím byl mangan a nikl, zbylé prvky byly ve velmi malých koncentracích. U kukuřice byl poprvé detekován chrom, ale spíše ve stopovém množství.

Zajímavé je, že u kukuřice je obsah železa vysoký, ale množství chlorofylu tímto zastoupením neodpovídá. Kukuřice z odtučněné směsi měla méně chlorofylu než jiné rostliny, ale podíl jeho zastoupení byl u této směsi nejvyšší. Obecně ale rostlina prospívala velmi podobně, jako rostlina z čisté hlíny. Saláty byly velmi malé a měly žlutě zabavené listy. Tento fakt by odpovídal malému množství železa.

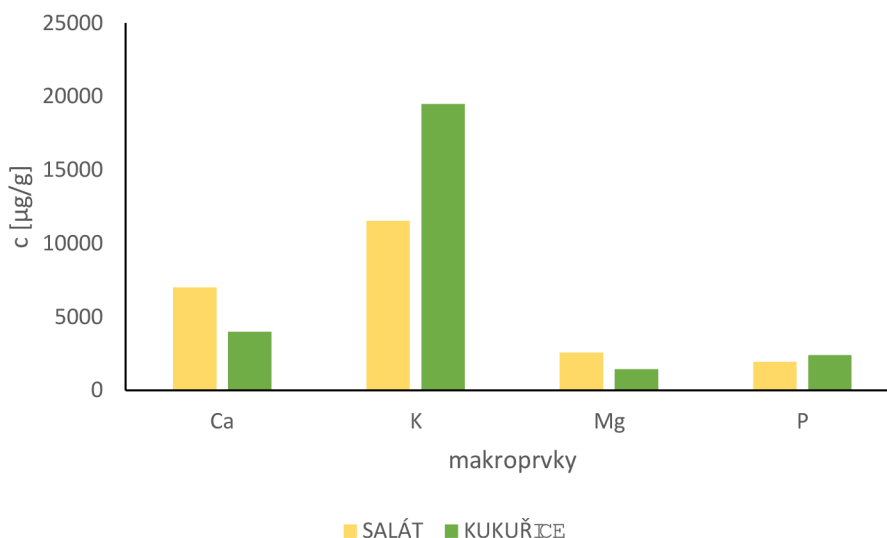


Obrázek 35: Přehled mikroprvků, které obsahovaly salát a kukuřice v ze směsi obsahující odtučněnou kávovou sedlinu

U makroprvků došlo k malému poklesu koncentrací než u většiny jiných směsí půdy. U kukuřice je tedy opět dominantním prvkem draslík a u salátů taky, ovšem v menší koncentraci než u kukuřice. Vyšší koncentrace byly u salátů vápník.

Kukuřice měla menší koncentrace makroprvků než kukuřice v hlíně, ale přesto tyto dvě rostliny byly srovnatelné po vizuální stránce. Zejména obsah draslíku byl 3x menší než v hlíně a přesto rostlina zvládla rostlinu zásobovat vodou. U salátů byly rostliny velmi malé a byl prokázán

evidentní vliv fytooxidačních látek. Rostlina se tak mohla bránit vyšším příjmem vápníku z půdy.

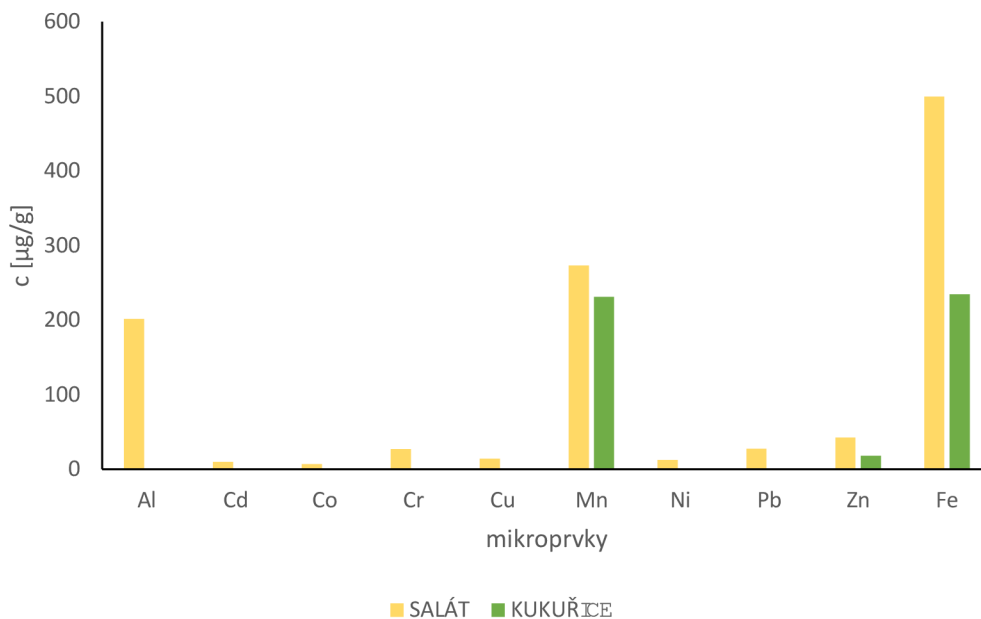


Obrázek 36: Přehled makro prvků, které obsahovaly salát a kukuřice v ze mě obsahující od účněnou kávovou sedl nu

3.2.6.5 Oxidovaná od účněná

U poslední s měsi ze měny nastala velká změna v podobě vyšších koncentrací u prvků v salátech. Všechny prvky kukuřice měly menší koncentrace a mangan s železem je měly velmi podobné. Třetí m dotekový m prvkem byl zinek. U salátu byl do měnantní m prvke m železo a z mění m byl mangan a hli ní k. Zbylé prvky měly velmi malé koncentrace a to pod 100 µg g⁻¹.

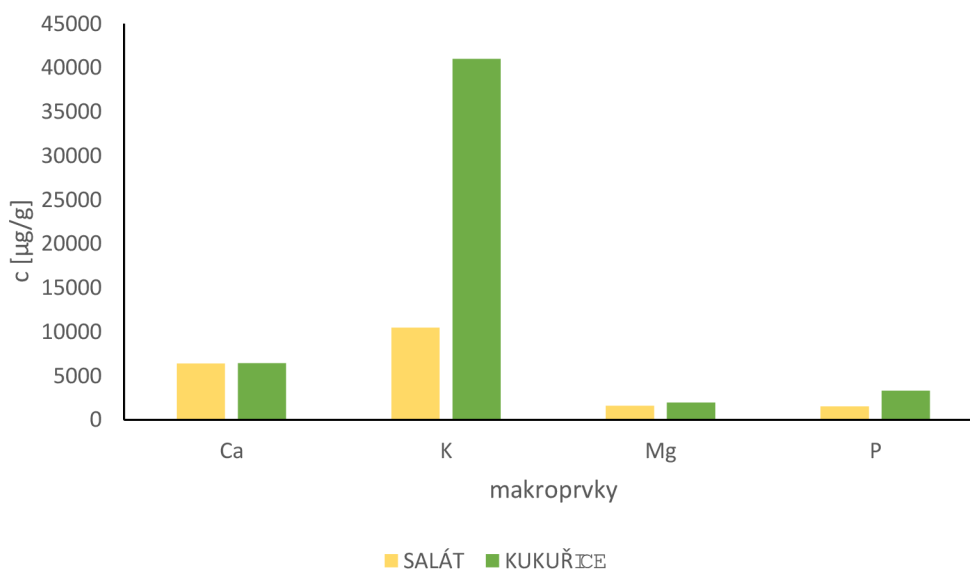
U salátu se množství železa odráží v množství chlorofylu, kdy u tohoto typu s měsi měly rostliny nejvyšší obsah chlorofylu. U kukuřice je to naopak. Množství chlorofylu bylo nejvyšší, ale koncentrace železa byly ve srovnání s jinými s měsi téměř podmi ční. Zajímavý je také vysoký obsah manganu, který byl ve vyšších koncentracích než u jiných s měsi a při vyšším obsahu způsobuje nedostatek chlorofylu v listech.



Obrázek 37: Přehled mikro prvků, které obsahovaly salát a kukuřice v ze m ně obsahující oxidovanou od účněnou kávovou sedli nu

U makro prvků byla opět nej více zast oupena koncentrace draslí ku u kukuřice. Vápni k měl podobné zast oupení v salát u i kukuřici, stej ně jako hořčí k, kterého byl o nej méně.

Podle poměru všech prvků byly rostli ny prospí vající, ale podle vizuál ní ho sl ožení byly saláty spíše neprosperující. Vzárost byl menší a barva listů byla spíše žlutá než zelená. Vyšší koncentrace mohly souviset s vyrovnání mnevhodných vlast ností upravené sedliny na rostli ny.



Obrázek 38: Přehled makro prvků, které obsahovaly, ale salát a kukuřice v ze m ně obsahující oxidovanou od účněnou kávovou sedli nu

4 ZÁVĚR

Cílem této diplomové práce bylo provést růstové experimenty, které byly aplikovány na salátě a kukuřici. Pěstování probíhalo na substrátech, kde srovnávací substrát byl čistá hlína a ta byla srovnávána se 4 dalšími půdami s hlínou, kde byl 2,5% přídavek kávové sedliny, oxidované kávové sedliny, odtučené a oxidované odtučené.

Půda byla podrobována fyzikálně chemickým analýzám. Nejprve byla stanovena vodní kapacita půdy, aby mohlo docházet k hydrataci na 60% u salátů a 50% u kukuřice. Nejlepší schopnost vázat vodu měla směs s oxidovanou odtučenou kávovou sedlinou. U měření pH bylo zjištěno, že se jednalo o mírně kyslou až zásaditou půdu a nedocházelo k jinak markantním změnám pH před a po pěstování. Nejvyšší byla hlína a odtučená směs po pěstování salátu a nejzákladnější oxidovaná odtučená po pěstování kukuřice. Konduktivita byla nejvyšší u oxidované směsi před pěstování a poté u oxidované odtučené také před růstovým experimentem. Obsah fenolických látek byl zaznamenán pouze u 3 směsí, u odtučené byl pouze v půdě před pěstování stejně tak u oxidované odtučené a u půdy s kávovou sedlinou byly jak před tak i po pěstování, kde po experimentu klesla jejich koncentrace na více jak polovinu původní.

U prvkového složení půdy v porovnání s čistou hlínou, měly prvkové koncentrace většinou stoupající trend, kromě odtučené směsi, kde všechny prvky měly trend klesající. Následně bylo porovnáváno prvkové zastoupení po pěstování, kdy se koncentrace porovnávaly s čistou hlínou po pěstování. Většina prvků měly opět stoupající trend, kromě vápníku, kde u kávové sedliny a oxidované kávové sedliny ve směsi po pěstování salátu koncentrace klesala.

Obsah organické hmoty, kdy byl vzorek navážen na analytických váhách na 1 g po působení vysoké teploty zůstal v kelínku vzorek o hmotnosti od $95,39 \pm 0,45$ do $97,94 \pm 0,02$. Z toho usuzujeme, že uniklý vzorek byly organické spalitelné části, které byly obsaženy v půdě. Zbylé minerální složky zůstaly nezměněny ve vzorku.

Rostliny byly pěstovány po dobu 28 dní a byly zalévány třikrát týdně. U rostlin byly také stanovovány chemické i fyzikální vlastnosti a byly stanovovány germinační testy. U germinačních testů byly sledovány délky kořenů, klíčivost semen, které byly po dobu 7 dní vystavovány 12 hodin svícení a byly položeny na filtrační papír, který byl zalit 5 ml výluhu půdních směsí. Nejlépe se dařilo u kukuřice odtučené směsi. Ukukuřice byly vyklíčeny kořeny, které byly nejdelší, ale jako jediné měli vyklíčeny listy. Délka kořenů mohla souviset s hledáním vody rostlinou.

U rostlin kukuřice měly největší hmotnost rostliny, které rostly v čisté hlíně, stejně tomu bylo u salátů. Po rostlinách z čisté hlíny se nejvíce dařilo rostlinám, které rostly ve směsi odúčněné kávové sedliny a hlíny. Dalo by se tedy přemýšlet o tom, že by mohl být tento typ směsi hnojivem. Rostlin z této směsi dosahovaly dobrých chemických a fyzikálních vlastností. Kukuřice obsahovala více chl α ofyl u_a než salát, u chl α ofyl u_b to bylo přesně obráceně.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] *Kvalita lidského života a životního prostředí* [online]. nedatováno. ISBN 978-92-9213-433-4. Dostupné z: doi: 10.2800/14052
- [2] PFALTZGRAFF, L. A. a J. H. CLARK. 1 - Green chemistry, biorefineries and second generation strategies for re-use of waste: an overview. In: Keith WALDRON, ed. *Advances in Biorefineries* [online]. Bm: Woodhead Publishing, 2014, s. 3–33. ISBN 978-0-85709-521-3. Dostupné z: doi: <https://doi.org/10.1533/9780857097385.1.3>
- [3] FUSION. Estimates of European food waste levels. In: [online]. Bm: European Union, 2016. ISBN 978-91-88319-01-2. Dostupné z: https://www.eufusions.org/phocadownload/Publications/Estimates_of_European_food_waste_levels.pdf
- [4] *Tři dění odpadu* [online]. Dostupné z: <https://www.trideni.odpadu.cz/gastroodpad>
- [5] *Přítváni potravinami: předcházení vzniku, opětovné využití a recyklace potravin*. *Evropská komise* [online]. 2023. Dostupné z: <https://europa.eu/Cv64CU>
- [6] *EUR-Lex* [online]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/homepage.htm>
- [7] NEJ VYŠŠÍ KONTROLNÍ ÚŘAD. *Odpadové hospodářství v ČR: miliardové dotace z němu nepřišly, skládkování stále hraje zásadní roli* [online]. nedatováno. Dostupné z: <https://www.nku.cz/cz/pro-medi-atiskove-zpravy/odpadove-hospodarstvi-v-cr:-miliardove-dotace-z-nu-neprišly--skladkovani-stale-hraje-zasadni-rol-i-d12578/>
- [8] *European Commission* [online]. Dostupné z: https://food.ec.europa.eu/horizontal-topics/farmerk-strategy_en
- [9] *Třetí ruka* [online]. Dostupné z: <https://www.tretiruka.cz/news/kamse-ztraceni-kuchynske-odpady-a-co-s-ni-ni/>
- [10] VESELÁ, Petra Davies. *Velká kniha o kávě*. Bm: Smart Press s.r.o. 2018. ISBN 978-80-88244-05-9.
- [11] TUCKER, Catherine M. *Coffee Culture: Local Experiences, Global Connections*. 2017. ISBN 9781138933026.
- [12] JABLUN. *70 kávových zrn v šálku* [online]. 2018. Dostupné z: <https://banua.cz/svet-kavy/zajímavosti-o-kave/70-kavovych-zrn-v-sal-ku>
- [13] RIDDER, M. *Coffee consumption worldwide from 2012/13 to 2021/22 with a forecast to 2022/23* [online]. 2023. Dostupné

- z: <https://www.statista.com/statistics/292595/global-coffee-consumption/>
- [14] LIU Ka G WPRICE Evaluation of three composting systems for the management of spent coffee grounds. *Bioresource Technology* [online]. 2011, **102**(17), 7966–7974. ISSN 0960-8524. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2011.05.073>
- [15] MUSSATTO Sdange I, Fécilia M S MACHADO Silvia MARTINS a José A TEIXEIRA Production, Composition, and Application of Coffee and Its Industrial Residues. *Food and Bioprocess Technology* [online]. 2011, **4**(5), 661–672. ISSN 1935-5149. Dostupné z: doi:10.1007/s11947-011-0565-z
- [16] CORRÊA Jefferson Luiz Gomes, Johnson Clay Pereira SANTOS, Bruno Hyezer FONSECA a Ana Gabriela da Silva CARVALHO. Drying of spent coffee grounds in a cyclonic dryer. 2014. ISSN 1984-3909.
- [17] AL-HAMAMRE, Zayed, Sascha FOERSTER, Franziska HARTMANN, Michael KRÖGER a Martin KALTSCHMITT. Oil extracted from spent coffee grounds as a renewable source for fatty acid methyl ester manufacturing. *Fuel* [online]. 2012, **96** 70–76. ISSN 0016-2361. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1016/j.fuel.2012.01.023>
- [18] TIAN Tian, Samara FREEMAN, Mark COREY, J Bruce GERMAN a Daniela BARILO Chemical Characterization of Potentially Prebiotic Oligosaccharides in Brewed Coffee and Spent Coffee Grounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* [online]. 2017, **65**(13), 2784–2792. ISSN 0021-8561. Dostupné z: doi:10.1021/acs.jafc.6b04716
- [19] LÓPEZ-BARRERA, Dania Mariá, Kenia VÁZQUEZ-SÁNCHEZ, M. Guadalupe Flavia LOARCA-PIÑA a Rocio CAMPOS-VEGA. Spent coffee grounds, an innovative source of colonic fermentable compounds, inhibit inflammatory mediators in vitro. *Food Chemistry* [online]. 2016, **212** 282–290. ISSN 0308-8146. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.05.175>
- [20] ERSKINE, Ezgi, Büşra GÜLTEKİN SUBAŞI, Beyza VAHAPOĞLU a Esra CAPANOĞLU Coffee Phenolics and Their Interaction with Other Food Phenolics: Antagonistic and Synergistic Effects. *ACS omega* [online]. 2022, **7**(2), 1595–1601. ISSN 2470-1343 (Electronic). Dostupné z: doi:10.1021/acso.1c06085
- [21] KOVALCIK, Adriana, Stanislav OBRUCA a Ivana MAROVA Valorization of spent coffee grounds: A review. *Food and Bioprocess Technology* [online]. 2018, **110** 104–

119. ISSN 0960-3085. Dostupné z: doi: <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2018.05.002>
- [22] CRUZ, Rebeca, Maria MCARDOSO Luana FERNANDES, Marta OLIVEIRA, Eulália MENDES, Paula BAPTISTA, Simone MORAIS a Susana CASAL Espresso Coffee Residues: A Valuable Source of Unextracted Compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* [online]. 2012, **60**(32), 7777–7784. ISSN 0021-8561. Dostupné z: doi: [10.1021/jf3018854](https://doi.org/10.1021/jf3018854)
- [23] KASONGO, R K, A VERDOODT, P KANYANKAGOTE, G BAERT a E Van RANST. Coffee waste as an alternative fertilizer with soil improving properties for sandy soils in humid tropical environments. *Soil Use and Management* [online]. 2011, **27**(1), 94–102. ISSN 0266-0032. Dostupné z: doi: <https://doi.org/10.1111/j.1475-2743.2010.00315.x>
- [24] BRUST, Gerald E Chapter 9 - Management Strategies for Organic Vegetable Fertility. In: Debabrata BISWAS a Shirley A B T - Safety and Practice for Organic Food M CALLEF, ed [online]. Bm: Academic Press, 2019, s. 193–212. ISBN 978-0-12-812060-6. Dostupné z: doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812060-6.00009-X>
- [25] HIROOKA, Yoshihiro, Shintaro KURASHIGE, Koji YAMANE, Yoshinori WATANABE, Misako KAKIUCHI, Daisuke ISHIKAWA, Taku MIYAGAWA, Kazuya IWAI a Miori IJIMA Effectiveness of direct application of top dressing with spent coffee grounds for soil improvement and weed control in wheat-soybean double cropping system *Hant Production Science* [online]. 2022, **25**(2), 148–156. ISSN 1343-943 X. Dostupné z: doi: [10.1080/1343943X.2021.2007142](https://doi.org/10.1080/1343943X.2021.2007142)
- [26] BALLESTEROS, Lina F, José A TEIXEIRA a Solange I MUSSATTO Chemical, Functional, and Structural Properties of Spent Coffee Grounds and Coffee Silverskin *Food and Bioprocess Technology* [online]. 2014, **7**(12), 3493–3503. ISSN 1935-5149. Dostupné z: doi: [10.1007/s11947-014-1349-z](https://doi.org/10.1007/s11947-014-1349-z)
- [27] ANDRADE, Cardina, Rosa PERESTRELO a José S CÂMARA Bioactive Compounds and Antioxidant Activity from Spent Coffee Grounds as a Powerful Approach for Its Valorization. *Molecules (Basel, Switzerland)* [online]. 2022, **27**(21). ISSN 1420-3049 (Electronic). Dostupné z: doi: [10.3390/molecules27217504](https://doi.org/10.3390/molecules27217504)
- [28] CAMPOS-VEGA, Rocio, Guadalupe LOARCA-PIÑA, Haydée A VERGARA-CASTAÑEDA a B Dave OOMAH Spent coffee grounds: A review on current research and future prospects. *Trends in Food Science & Technology* [online]. 2015, **45**(1), 24–36. ISSN 0924-2244. Dostupné z: doi: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2015.04.012>

- [29] SABERIAN, Mohammad, Jie LI, Anita DONNOLI, Ehan BONDERENKO, Paolo OLIVATI, Bailey GILL, Simon LOCKREY a Rafat SIDDIQUE. Recycling of spent coffee grounds in construction materials: A review *Journal of Cleaner Production* [online]. 2021, **289**, 125837. ISSN 0959-6526. Dostupné z: [doi:https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.125837](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.125837)
- [30] MAHMOUD, Eyas, AEATABANI a Irfan Anjum BADRUDDIN. Valorization of spent coffee grounds for biogas production: A circular bioeconomy approach for a biorefinery. *Fuel* [online]. 2022, **328**, 125296. ISSN 0016-2361. Dostupné z: [doi:https://doi.org/10.1016/j.fuel.2022.125296](https://doi.org/10.1016/j.fuel.2022.125296)
- [31] COLANTONI, A. E. PARIŠ, L. BIANCHINI, S. FERRI, V. MARCANTONIO, M. CARNEVALE, A. PALMA, V. DIMITARESE a F. GALLUCCI. Spent coffee ground characterization, pelletization test and emissions assessment in the combustion process. *Scientific Reports* [online]. 2021, **11**(1), 5119. ISSN 2045-2322. Dostupné z: [doi:10.1038/s41598-021-84772-y](https://doi.org/10.1038/s41598-021-84772-y)
- [32] CRUZ, Rebeca, Paula BAPTISTA, Sara CUNHA, José Aberto PEREIRA a Susana CASAL. Carotenoids of lettuce (*Lactuca sativa* L.) grown on soil enriched with spent coffee grounds. *Molecules (Basel, Switzerland)* [online]. 2012, **17**(2), 1535–1547. ISSN 1420-3049 (Electronic). Dostupné z: [doi:10.3390/molecules17021535](https://doi.org/10.3390/molecules17021535)
- [33] CERVERA-MATA, Ana, Miguel NAVARRO-ALARCÓN, Gabriel DELGADO, Silvia PASTORIZA, Javier MONTILLA-GÓMEZ, Juan LLOPIS, Gristina SÁNCHEZ-GONZÁLEZ a José Ángel RUIFÁN-HENARES. Spent coffee grounds improve the nutritional value in elements of lettuce (*Lactuca sativa* L.) and are an ecological alternative to inorganic fertilizers. *Food Chemistry* [online]. 2019, **282**, 1–8. ISSN 0308-8146. Dostupné z: [doi:https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.12.101](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.12.101)
- [34] HECHM, Sarra, Mokhtar GUZAN, Anjad KALLEL, rahma ines ZOGHLAM, Emma ZRIG, Zeineb LOUATI, Naceur JEDDI a Ismail TRABELSI. Impact of raw and pre-treated spent coffee grounds on soil properties and plant growth: a mini-review *Clean Technologies and Environmental Policy* [online]. 2023, **25**, 1–13. Dostupné z: [doi:10.1007/s10098-023-02544-w](https://doi.org/10.1007/s10098-023-02544-w)
- [35] YOUSSEFIAN, S. J. E. JAKES a N. RAHBAR. Variation of Nanostructures, Molecular Interactions, and Anisotropic Elastic Moduli of Lignocellulosic Cell Walls with Moisture. *Scientific Reports* [online]. 2017, **7**(1). Dostupné z: [doi:10.1038/s41598-017-](https://doi.org/10.1038/s41598-017-)

- [36] CHARLES, Jérémie, Bertrand SANCEY, Nàdia MORIN CRIN, Herre-Marie BADOT, François DEGORG, Giuseppe TRUNFIO a Gregorio CRIN. Evaluation of the phytotoxicity of polycontaminated industrial effluents using the lettuce plant (*Lactuca sativa*) as a bioindicator. *Ecotoxicology and Environmental Safety* [online]. 2011, **74**(7), 2057–2064. ISSN 0147-6513. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2011.07.025>
- [37] HOLLINGS WORTH, Robert G John WARMSTRONG a Earl CAMPBELL. Caffeine as a repellent for slugs and snails. *Nature* [online]. 2002, **417**(6892), 915–916. ISSN 1476-4687. Dostupné z: doi:[10.1038/417915a](https://doi.org/10.1038/417915a)
- [38] GEHRING, C A Chapter 13 - Introduction: Mycorrhizas and Soil Structure, Moisture, and Salinity. In Nancy Collins JOHNSON, Catherine GEHRING a Jan B T - Mycorrhizal Mediation of Soil JANSÁ ed [online]. Bm: Elsevier, 2017, s. 235–240. ISBN 978-0-12-804312-7. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804312-7.00013-9>
- [39] ŠIMEK, Ml oslav. *Žvá pida* 2019. ISBN 978-80-200-2976-8
- [40] JANSSON, Janet K Soil viruses: Understudied agents of soil ecology. *Environmental microbiology* [online]. 2023, **25**(1), 143–146. ISSN 1462-2920 (Electronic). Dostupné z: doi:[10.1111/1462-2920.16258](https://doi.org/10.1111/1462-2920.16258)
- [41] PAUL, E A a F E CLARK *Soil Microbiology and Biochemistry* [online]. Bm: Academic Press, 1989. ISBN 9780125468053. Dostupné z: <https://books.google.cz/books?id=gLrwAAAAMAAJ>
- [42] GOBBETTI, Ma C G RIZZELLO *Archobacter*. In Carl A BATT a Mary Lou B T - Encyclopedia of Food Microbiology (Second Edition) TORTORELLO ed [online]. Oxford: Academic Press, 2014, s. 69–76. ISBN 978-0-12-384733-1. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384730-0.00009-4>
- [43] OLANREWAJU, Ouwaseyi Samuel a Oubukola Quranti BABALOLA *Streptomyces: implications and interactions in plant growth promotion*. *Applied microbiology and biotechnology* [online]. 2019, **103**(3), 1179–1188. ISSN 1432-0614 (Electronic). Dostupné z: doi:[10.1007/s00253-018-09577-y](https://doi.org/10.1007/s00253-018-09577-y)
- [44] SAH, Stuti a Rajni SINGH *Phylogenetical coherence of Pseudomonas in unexplored*

- soils of H malayan region. *3 Btech* [online]. 2016, **6**(2), 170. ISSN 2190-572 X (Print).
Dostupné z: doi: 10.1007/s13205-016-0493-8
- [45] SHAHZAD, F., SHAFEE, M a kol. *ISOLATION AND BIOCHEMICAL CHARACTERIZATION OF RHIZOBIUM MELILOTI FROM ROOT NODULES OF ALFALFA (MEDICOSATIVA)* [online]. nedatováno. Dostupné z: <https://www.cabi.org/doi/pdf/10.5555/20133226578>
- [46] SUMBUL, Asha, Rizwan Ali ANSARI, Rose RIZM a Irshad MAHMOOD. Azotobacter: A potential bio-fertilizer for soil and plant health management. *Saudi journal of biological sciences* [online]. 2020, **27**(12), 3634–3640. ISSN 1319-562 X (Print). Dostupné z: doi: 10.1016/j.sjbs.2020.08.004
- [47] NIEGO, Alen Grace, Sylvie RAPIOR, Naritsada THONGKLANG, Olivier RASPÉ, Kevin HYDE a Peter MORTIMER. Reviewing the contributions of macrofungi to forest ecosystem processes and services. *Fungal Biology Reviews* [online]. 2022, **44**, 100294. Dostupné z: doi: 10.1016/j.fbr.2022.11.002
- [48] PATOVA, Hena, Irina NOVAKOVSKAYA, Evgeniy GUSEV a Nikita MARTYNENKO. *Diversity of Cyanobacteria and Algae in Biological Soil Crusts of the Northern Ural Mountain Region Assessed through Morphological and Metabarcoding Approaches* [online]. 2023. ISBN 1424-2818. Dostupné z: doi: 10.3390/d15101080
- [49] PUSHKAREVA, Ekaterina, Jeffrey RJOHANSEN a Josef ELSTER. A review of the ecology, ecophysiology and biodiversity of microalgae in Arctic soil crusts. *Polar Biology*. 2016, **39**, 2227–2240. ISSN 0722-4060.
- [50] OLIVER, D P, R G V BRAMLEY, D RICHES, I PORTER a J EDWARDS. Review soil physical and chemical properties as indicators of soil quality in Australian viticulture. *Australian Journal of Grape and Wine Research* [online]. 2013, **19**(2), 129–139. Dostupné z: doi: <https://doi.org/10.1111/ajgw.12016>
- [51] KEKANE, Assistant Professor. Shrikant. A review on physico-chemical properties of soil. 2015, 29–32
- [52] MAATHUIS, Frans J M. Physiological functions of mineral macronutrients. *Current Opinion in Plant Biology* [online]. 2009, **12**(3), 250–258. ISSN 1369-5266. Dostupné z: doi: <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2009.04.003>
- [53] CANELLAS, Luciano P, Fábio L OLIVARES, Natália O AGUIAR, Davey L JONES,

- Antonio NEBBIOSO, Herlugi MAZZEI a Alessandro PICCOLO Humic and fulvic acids as biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulturae* [online]. 2015, **196** 15–27. ISSN 0304-4238. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.013>
- [54] RICE, Charles W, Carlos B PIRES a Marcos V M SARTO Carbon cycle in soils: Dynamics and management. In: Michael J GOSS a Margaret B T- *Encyclopedia of Soils in the Environment (Second Edition)* OLIVER, ed. [online]. Oxford: Academic Press, 2023, s. 219–227. ISBN 978-0-323-95133-3. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822974-3.00154-3>
- [55] GRACE, John. Carbon Cycle. In: Simon A B T- *Encyclopedia of Biodiversity (Second Edition)* LEMN, ed. [online]. Waltham: Academic Press, 2013, s. 674–684. ISBN 978-0-12-384720-1. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384719-5.00306-3>
- [56] Carbon cycle. *Science Learning Hub Pokapū Akoranga Pūtaiao* [online]. Dostupné z: https://www.sciencelearn.org.nz/manage_maps/3-carbon-cycle
- [57] WARING, Richard Ha Steven WRUNNING CHAPTER 3 - Carbon Cycle. In: Richard H WARING a Steven W B T - *Forest Ecosystems (Third Edition)* RUNNING, ed. [online]. San Diego: Academic Press, 2007, s. 59–98. ISBN 978-0-12-370605-8. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1016/B978-012370605-8.50008-6>
- [58] ZHANG Yanli, Zhiyu HAN, Xinyi LI, Hongliang ZHANG, Xiangyang YUAN, Zhaozhong FENG, Peng WANG, Zhaobin MU, Wei SONG, Donald R BLAKE, QI YI NG, Christian GEORGE, Guoying SHENG, Ping'an PENG a Xinning WANG Plants and related carbon cycling under elevated ground-level ozone: A mini review *Applied Geochemistry* [online]. 2022, **144** 105400. ISSN 0883-2927. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2022.105400>
- [59] ABBAS, Farhat, Hafiz Mohkum HAMMAD, Wajid ISHAQ, Atazaz Ahsan FAROOQUE, Hafiz Faiq BAKHAT, Zaida ZIA, Shah FAHAD, Wajid FARHAD a Arteni CERDÀ A review of soil carbon dynamics resulting from agricultural practices. *Journal of Environmental Management* [online]. 2020, **268** 110319. ISSN 0301-4797. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110319>
- [60] WHITE, P J a P H BROWN Plant nutrition for sustainable development and global health *Annals of botany* [online]. 2010, **105** (7), 1073–1080. ISSN 1095-8290 (Electronic). Dostupné z: doi:[10.1093/aob/nq085](https://doi.org/10.1093/aob/nq085)

- [61] MURATORE, Chiara, Luca ESPEN a Bhakti PRINSI. Nitrogen Uptake in Plants: The Plasma Membrane Root Transport Systems from a Physiological and Proteomic Perspective. *Plants (Basel, Switzerland)* [online]. 2021, **10**(4). ISSN 2223-7747 (Print). Dostupné z: doi: 10.3390/plants10040681
- [62] TI CHÝ, Radek. *Magazin speciální zahradnictví* [online]. 2015. Dostupné z: <https://magazin.specalni.zahradnictvi.cz/jak-na-rostlinach-poznat-e-prebytek-nebo-nedostatek-nekterych-latek-prakticke-ukazky-uvnitri-clanku/>
- [63] KHAN, Fahad, Abu Bakar SIDDIQUE, Sergey SHABALA, Meixue ZHOU a Chenchen ZHAO. Phosphorus Plays Key Roles in Regulating Plants' Physiological Responses to Abiotic Stresses. *Plants* [online]. 2023, **12**(15). ISSN 2223-7747. Dostupné z: doi: 10.3390/plants12152861
- [64] SARDANS, Jordi a Josep PEÑUELAS. Potassium Control of Plant Functions: Ecological and Agricultural Implications. *Plants (Basel, Switzerland)* [online]. 2021, **10**(2). ISSN 2223-7747 (Print). Dostupné z: doi: 10.3390/plants10020419
- [65] WHITE, Philip J a Martin R BROADLEY. Calcium in plants. *Annals of botany* [online]. 2003, **92**(4), 487–511. ISSN 0305-7364 (Print). Dostupné z: doi: 10.1093/aob/plg164
- [66] ISHFAQ, Muhammad, Yongqi WANG, Minwen YAN, Zheng WANG, Liangquan WU, Chunjian LI a Xuexian LI. Physiological Essence of Magnesium in Plants and Its Widespread Deficiency in the Farming System of China. *Frontiers in plant science* [online]. 2022, **13**, 802274. ISSN 1664-462X (Print). Dostupné z: doi: 10.3389/fpls.2022.802274
- [67] LI, Qian, Yan GAO a An YANG. Sulfur Homeostasis in Plants. *International journal of molecular sciences* [online]. 2020, **21**(23). ISSN 1422-0067 (Electronic). Dostupné z: doi: 10.3390/ijms21238926
- [68] SILVA, J A R S UCHIDA, University OF HAWAII AT MANOA COLLEGE OF TROPICAL AGRICULTURE a Human RESOURCES. *Plant Nutrient Management in Hawaii's Soils: Approaches for Tropical and Subtropical Agriculture* [online]. Bm: College of Tropical Agriculture & Human Resources, University of Hawaii at Manoa, 2000. Dostupné z: <https://books.google.cz/books?id=Q6LSGwAACAAJ>
- [69] HLUŠEK, Jaroslav. *Multi mediální učební texty z výživy rostlin* [online]. Dostupné z: https://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyzi_va_rostlin/htm/hnojiva/a_index_hnoj

- [70] MARTÍ NEZ- DAL MAU, Javier, Julio BERBEL a Rafaela ORDÓÑEZ- FERNÁNDEZ. Nitrogen Fertilization: A Review of the Risks Associated with the Inefficiency of Its Use and Policy Responses. *Sustainability* [online]. 2021, **13**(10). ISSN 2071-1050. Dostupné z: doi:10.3390/su13105625
- [71] MULLA, David J. Twenty five years of remote sensing in precision agriculture: Key advances and remaining knowledge gaps. *Biosystems Engineering* [online]. 2013, **114**(4), 358–371. ISSN 1537-5110. Dostupné z: doi:https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2012.08.009
- [72] VANĚK, Václav. *Výživa a hnojení polních a zahradních plodin*. B m: Martin Sedláček, 2002. ISBN 80-902413-7-9.
- [73] ZÖRB, Christian, Mehmet SENBAYRAM a Edgar PEITER. Potassium in agriculture – Status and perspectives. *Journal of Plant Physiology* [online]. 2014, **171**(9), 656–669. ISSN 0176-1617. Dostupné z: doi:https://doi.org/10.1016/j.jplph.2013.08.008
- [74] CHEW, Kit Wayne, Shir Reen CHA, Hong-Wei YEN, Saifuddin NOMANBHAY, Yeek-Chia HO a Pau Loke SHOW. Transformation of Biomass Waste into Sustainable Organic Fertilizers. *Sustainability* [online]. 2019, **11**(8). ISSN 2071-1050. Dostupné z: doi:10.3390/su11082266
- [75] MAÑAS, P a J DE LAS HERAS. Phytotoxicity test applied to sewage sludge using *Lactuca sativa* L. and *Lepidium sativum* L. seeds. *International Journal of Environmental Science and Technology* [online]. 2018, **15**(2), 273–280. ISSN 1735-2630. Dostupné z: doi:10.1007/s13762-017-1386-z
- [76] WELLBURN, Alan R. The Spectral Determination of Chlorophylls a and b, as well as Total Carotenoids, Using Various Solvents with Spectrophotometers of Different Resolution. *Journal of Plant Physiology* [online]. 1994, **144**(3), 307–313. ISSN 0176-1617. Dostupné z: doi:https://doi.org/10.1016/S0176-1617(11)81192-2
- [77] HERNÁNDEZ, Rocío, Z PÁSZTI, Melo DE a Idalina AOKI. Chemical characterization and anticorrosion properties of corrosion products formed on pure copper in synthetic rainwater of Rio de Janeiro and São Paulo. *Corrosion Science* [online]. 2010, **52**, 826–837. Dostupné z: doi:10.1016/j.corsci.2009.11.003

SEZNAM ZKRATEK

KS	.....	k ávová sedl i na + hl í na
OX ODT	.....	o xi dovaná odt učněná kávová sedl i na + hl í na
OX	.....	oxi dovaná kávová sedl i na + hl í na
ODT	.....	o dt učněná kávová sedl i na + hl í na
HL	.....	h lí na
S HL	.....	s ál át, kt erý byl pěst ovaný v čist é hl í ně
S KS	.....	sal át, kt erý byl pěst ovaný ve s něsi kávové sedl i ny a hl í ny
S OX	.....	s ál át, kt erý byl pěst ovaný ve s něsi oxi dované kávové sedl i ny a hl í ny
S ODT	.....	sal át, kt erý byl pěst ovaný ve s něsi odt učněné kávové sedl i ny a hl í ny
S OX ODT	.....	s ál át, kt erý byl pěst ovaný ve s něsi oxi dované odt učněné sedl i ny a hl í ny
K HL	.....	kukuř i ce, kt erá byl a pěst ována v čist é hl í ně
K KS	.....	kukuř i ce, kt erá byl a pěst ována ve s něsi kávové sedl i ny a hl í ny
K OX	.....	kukuř i ce, kt erá byl a pěst ována ve s něsi oxi dované sedl i ny a hl í ny
K ODT	.....	kukuř i ce, kt erá byl a pěst ována ve s něsi odt učněné sedl i ny a hl í ny
K OX ODT	.....	kukuř i ce, kt erá byl a pěst ována ve s něsi oxi dované odt učněné sedl i ny a hl í ny