

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra mikrobiologie, výživy a dietetiky



**Parametry substrátu po opakované biodegradaci kompozitních
materiálů se škrobem a maltodextriny**

Diplomová práce

Autor práce: Bc. Barbora Šalounová

Vedoucí práce: doc. Ing. Lubomír Růžek, CSc.

2012

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma: Parametry substrátu po opakované biodegradaci kompozitních materiálů se škrobem a maltodextriny vypracovala samostatně a použila jsem jen pramenů, které cituji a uvádím v příložené bibliografii.

V Praze dne:

Poděkování:

Tímto bych chtěla poděkovat vedoucímu diplomové práce doc. Ing. Lubomíru Růžkovi, CSc. za pomoc při laboratorním měření, při psaní diplomové práce a za konzultace. A Ing. Martinu Koudelovi, Ph.D. za pomoc při měření a statistickém vyhodnocení charakteristik rostlin.

Abstrakt:

V této práci byly hodnoceny mikrobiologické parametry substrátu po opakovaném vkládání kompozit ze škrobů a maltodextrinů. Kompozita vznikla za spolupráce VŠCHT a Ústavu makromolekulární chemie AV ČR. Substrát byl připraven ze zeleného odpadu z areálu ČZU a z bílé litevské rašeliny, ještě před založením našeho pokusu, mi jsme provedli pouze homogenizaci. U substrátu z kompostérů po vkládání kompozit byly měřeny parametry jako je pH, objemová hmotnost kompostu, stanoven uhlíku půdní organické hmoty a respirometrický test.

Na substrátu z kompostérů se pěstoval salát hlávkový a astra čínská. U salátu hlávkového po 40 dnech a u astry čínské po 60 dnech se provedlo vyhodnocení rostlin. U rostlin se měřil průměr kořenového krčku, výška nadzemní části rostlin, celkový počet listů, hmotnost listů a hmotnost kořenů. Rostliny se zároveň pěstovaly ještě na kontrolním pěstebním rašelinném substrátu RS I a substrátu pro výsev a množení od společnosti Agro CS a.s. Salát hlávkový se vyséval na jaře a v létě a astra čínská pouze na jaře.

U mikrobiologických parametrů nebyly naměřeny žádné výrazné odchylky od kvalitních substrátů. Objemová hmotnost kompostu byla necelých 400 g/l. Půdní reakce po vložení kompozit mírně stoupala. Fyziologická využitelnost půdního dusíku se pohybovala kolem 1,00. Bazální respirace v průběhu času nepatrně klesala a uhlík půdní organické hmoty byl u odebraných vzorků vyrovnaný, jenom u prvního měření byl mírně zvýšený.

Vzcházivost astry čínské byla nízká u substrátu z kompostérů i pěstebního rašelinného substrátu RS I. Salát hlávkový měl velmi dobrou vzcházivost u substrátu z kompostérů okolo 90 %, u substrátu pro množení a výsev měl 77 % a u pěstebního rašelinného substrátu RS I na jaře přes 90 % a v létě necelých 70 %. Parametry měřené u astry čínské byly velmi podobné u substrátu z kompostérů i pěstebního rašelinného substrátu RS I. Salát hlávkový měl podobné parametry u pěstebního rašelinného substrátu RS I a substrátu z kompostérů a o něco nižší u substrátu pro výsev a množení.

Klíčová slova: biodegradace, plasty, polymery, kompostování, škrob, maltodextrin

Abstract:

In this study were evaluated microbiological parameters substrates after repeated insertion composite of starches and maltodextrins. Composite was created in cooperation with The Institute of Chemical Technology Prague and The Instituted of Macromolecular Chemistry of the Academy of Science Czech Republic. The substrate was prepared from green waste from areal Czech University of Life Sciences Prague and white lithuanian peat. Even before the foundation of our experiment we performed only homogenization. The substrate from composters after entering composites was measured by parameters such as pH, bulk density of compost, carbon of soil organic matter and respiration test.

Lettuce and chinese aster were planted in the substrate from composters. Evaluating plants was done for lettuce after 40 days and chinese aster after 60 days. On plants were measured average root neck, plant height, number of leaves, weight roots and weight leaves. Plants are also grown even in the control growing peat substrate RS I and substrate for seeding and proliferation from Agro CS a.s. Lettuce was sown in spring and summer and chinese aster only in the spring.

At microbiological parameters were measured no significant deviations from quality substrates. Bulk density of compost was less than 400 g/l. Soil reaction slightly increased after inserting composite. Physiological utilization of soil nitrogen was about 1,00. Basal respiration slightly decreased over time and carbon soil organic matter was balanced in the samples taken, only at the first measurement was slightly increased.

Chinese aster was emergence low at the substrate from composter and growing peat substrate RS I. Lettuce was emergence very good substrate for composter of about 90 %, at the substrate for seeding and proliferation was 77 % and at growing peat substrate RS I over 90 % in the spring and almost/less than 70 % in the summer. Parameters measured at chinese asters were very similar in substrate from composter and growing peat substrate RS I. Lettuce had similar parameters in growing peat substrate RS I and substrate from composter and slightly lower in the substrate seeding and proliferation.

Keywords: biodegradation, plastics, polymers, composting, starch, maltodextrin

Obsah:

1	ÚVOD	1
2	CÍL PRÁCE	2
3	LITERÁRNÍ REŠERŠE	3
3.1	SACHARIDY	3
3.1.1	Polysacharidy	3
3.2	ŠKROB	4
3.2.1	Modifikované škroby.....	7
3.2.2	Průmyslová hydrolýza jemnozrnného škrobu	7
3.2.3	Druhy škrobů používaných v průmyslu	8
3.3	MALTODEXTRINY	10
3.4	POLYMERY	11
3.4.1	Rozdělení polymerů.....	13
3.4.2	Struktura a vlastnosti polymerů a složení směsí plastů	13
3.4.3	Modifikační reakce polymerů.....	14
3.5	PLASTY	14
3.6	BIODEGRADACE	16
3.6.1	Faktory ovlivňující biodegradaci.....	17
3.6.2	Biodegradabilní polymery	18
3.6.3	Rozdělení biodegradabilních polymerů.....	18
3.6.4	Příklady biodegradabilních plastů	19
3.7	KOMPOSTOVÁNÍ	22
3.7.1	Základní podmínky pro kompostování.....	23
3.7.2	Fáze procesu kompostování	23
3.7.3	Domácí kompostování.....	24
3.7.4	Komerční kompostování	24
3.8	NORMY	25
3.8.1	Značení a certifikace kompostovatelných materiálů	26
4	MATERIÁL A METODY	27
4.1	POUŽITÉ BIOLOGICKÉ TESTY	30
4.1.1	Respirometrický test.....	30
4.1.2	Stanovení uhlíku půdní organické hmoty (C_{org}).....	32
4.1.3	Objemová hmotnost kompostu.....	32
4.1.4	pH (H_2O)	32
5	VÝSLEDKY	34
5.1	MIKROBIOLOGICKÉ CHARAKTERISTIKY	34

5.1.1	Respirometrický test.....	34
5.1.2	Stanovení uhlíku půdní organické hmoty (C_{org}).....	36
5.1.3	Objemová hmotnost kompostu.....	37
5.1.4	pH (H_2O)	38
5.2	PĚSTEBNÍ CHARAKTERISTIKY	39
5.2.1	Vzcházivost salátu hlávkového a astry čínské.....	39
5.2.2	Parametry salátu hlávkového a astry čínské.....	43
6	DISKUSE.....	46
7	ZÁVĚR	49
8	POUŽITÁ LITERATURA.....	50
9	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK	
10	PŘÍLOHY	

1 Úvod

V posledních letech se vědci začínají zabývat, problematikou neustále se zvyšující spotřeby ropy a tím jak nahradit plastové materiály. Zjistili, že vhodným materiálem pro tento účel je škrob a maltodextrin. Jako náhražka plastu se samotný škrob nedá využívat a musí se kombinovat s jinými látkami, aby vznikl použitelný materiál. Aby se mohl škrob používat, dochází k jeho modifikaci. Kodet et Bobar (1991) popsali modifikované škroby jako škroby, které mají zachovanou alespoň jednu původní charakteristickou vlastnost škrobu a jejichž vlastnosti jsou biochemickým, chemickým a fyzikálním nebo kombinovaným vlivem přizpůsobeny určitému účelu. Škrob se u nás získává hlavně z brambor a pšenice. Ve světě se získává dále z kukuřice, rýže a méně známého manioku. Nově je šlechtěn amylovní hrách jako perspektivní plodina pro získávání škrobu. Touto problematikou se zabývala řada autorů, například Šárka et al. (2011) kompozity z pšeničného B-škrobu a polykaprolaktonu (PCL). Leja et Lewandowicz (2010) směsí škrobu a polyvinylalkoholu (PVA) a Wu (2012) polykyselinou mléčnou (PLA).

Plastové materiály na bázi škrobu a maltodextrinu se likvidují kompostováním. Při kompostování dochází k biodegradaci materiálu. Následně se provádí mikrobiologické testy vlivu materiálu na kvalitu kompostu. Při mikrobiologických testech kompostu se zjišťuje například pH, objemová hmotnost, stanovuje se uhlík půdní organické hmoty a provádí se respirometrický test. Dále se zjišťuje, zda je kompost vhodný pro rostliny. Ke zjištění se používají rostliny například salát hlávkový a astra čínská a následně se provádí jejich měření. Testováním kompostu se zabývají různé normy, jako je EN 13 432 a ASTM D6400 a mnoho dalších. Každý kompostovatelný materiál musí být označen logem a mít certifikaci o tom, že je kompostovatelný.

2 Cíl práce

Cílem této práce bylo měření mikrobiologických parametrů substrátů po opakované biodegradaci kompozitů ze škrobů a maltodextrinů v kompostérech, pěstování salátu hlávkového a astry čínské na substrátu z kompostérů a na komerčním substrátu pro porovnání a následné vyhodnocení rostlin.

Hypotéza: Mikrobiologické parametry substrátu a vegetační zkoušky s plodinami citlivými na fytotoxické látky nebudou biodegradací ovlivněny.

3 Literární rešerše

3.1 Sacharidy

Sacharidy se vyskytují ve všech živých organismech. Zelené rostliny syntetizují sacharidy složitým procesem zvaným fotosyntéza, během něhož sluneční světlo poskytuje energii pro přeměnu oxidu uhličitého a vody na glukosu a kyslík. Velký počet glukosových molekul pak rostlina chemicky spojí a uskladní buď jako škrob nebo jako celulosu. (McMurry, 2007).

S přihlédnutím k relativní molekulové hmotnosti dělíme sacharidy na monosacharidy, oligosacharidy a polysacharidy. Monosacharidy jsou nejjednodušší sacharidy, které se kyselou hydrolyzou štěpí na nižší jednotky sacharidové povahy. Oligosacharidy jsou složeny ze dvou až deseti monosacharidů vzájemně spojených glykosidovými (acetalovými) vazbami. Mono- a oligosacharidy označujeme někdy souborným názvem cukry, neboť mají mnoho společných vlastností a často sladkou chuť. Polysacharidy jsou složeny více jak z deseti monosacharidů, zpravidla z jejich velkého počtu a mají relativní molekulovou hmotnost 10^4 až 10^5 .

Sacharidy jsou významnými surovinami v chemickém, textilním, potravinářském a biotechnologickém průmyslu. Neustále roste jejich uplatnění jako meziproducty v organické chemii, neboť cukerné stavební jednotky obsahující skupiny definovaných chirálních center značně usnadňují syntézu složitých chirálních molekul, přírodních i nepřirodních. Po vyčerpání klasických fosilních surovin, ropy, uhlí a zemního plynu, lze s nimi počítat jako s perspektivními a neustále se obnovujícími zdroji chemické energie a surovinami pro chemický průmysl (Černý et al., 2010).

3.1.1 Polysacharidy

Složení polysacharidů se stanovuje po jejich totální kyselé, enzymové nebo kombinované hydrolyze. Jednotlivé vzniklé cukry jsou pak stanoveny kapalinovou nebo plynovou chromatografií (Čopíková, 1997).

Primární struktura polysacharidu je dána sledem monosacharidových jednotek, jejich individuální konformací a typem glykosidových vazeb, které tyto jednotky spojují. Typ

glykosidových vazeb a jejich geometrie v opakujících se strukturních jednotkách polysacharidu předurčují sekundární strukturu polysacharidu. Výpočty ukazují, že lineární polysacharidy mohou vytvářet 4 základní sekundární struktury: natažený pás, šroubovice, cikcak uspořádaný pás a zprohýbaný pás. Například šroubovice je amylosa (Černý et al., 2010).

Polysacharidy jsou přírodní nebo syntetické makromolekuly složené z více než deseti monosacharidů nebo jejich derivátů. Společnou vlastností všech polysacharidů je jejich velká polarita, schopnost vytvářet intra- a inter- molekulární vodíkové vazby a komplexy s kationty. Značně se liší rozpustností ve vodě a často tvoří viskózní roztoky a gely. Právě tyto jejich vlastnosti jsou důležité pro jejich biologické funkce a pro technické využití. V kyselém prostředí, zvláště za vyšších teplot, se hydrolyzují postupně až na monosacharidy, v bazickém prostředí jsou však relativně stálé. Charakteristické skupiny v polysacharidech se z chemického hlediska chovají téměř stejně jako v běžných glykosidech. Polysacharidy patří v přírodě k nejrozšířenějším sloučeninám a mají řadu významných funkcí – stavební (celulosa, chitin), zásobní (glykogen, škrob), ochrannou (slizy, gummy) a jiné specifické funkce (Černý et al., 2010).

Některé polysacharidy na bázi biopolymerů jsou používány jako nátěrové hmoty nebo obalové filmy. Patří sem škrob, pullulan a chitosan. Degradaci syntetických polymerních filmů může urychlit obsah škrobu jako plnidlo (Chandra et Rustgi, 1998).

Klasifikace polysacharidů podle jejich chemické struktury, které se často dává přednost před klasifikací podle jejich výskytu nebo funkce. Názvosloví polysacharidů (glykanů) vychází z názvosloví monosacharidů a vyjadřuje především pořadí monosacharidů v řetězci a způsobu jejich spojení glykosidovými vazbami. Černý et al. (2010) rozděluje polysacharidy na homopolysacharidy (celulosa, škrob, chitin, dextrany), složené z jediného monosacharidu, a heteropolysacharidy (xanthan, mikrobiální polysacharidy), složené z několika různých monosacharidů.

3.2 Škrob

Škrob je zásobním polysacharidem. Představuje zásobu energie, takže se ukládá zejména v semenech, hlízách a oddencích (Konvalina et Holcová, 2006). Škrob je směsí dvou D-glukanů, lineární amylosy a rozvětveného amylopektinu, které vytvářejí charakteristická

škrobová zrna v buňkách rostlin. Škrob vzniká fotosyntézou a je důležitým zásobním polysacharidem rostlin, z něhož si rostlina podle potřeby uvolňuje D-glukany, a je též hlavním zdrojem lidské (popř. živočišné) potravy (Černý et al., 2010).

Škrob je přírodní polymer α -D-glukosy spojené acetalovou (glykosidovou) vazbou, která je citlivá na kyselou a enzymovou hydrolýzu. Kyseliny i enzymy se používají při přípravě škrobových hydrolyzátů. Alfa-amylasy štěpí α -1 \rightarrow 4 glykosidovou vazbu a mají jen malý účinek na α -1 \rightarrow 6 glykosidovou vazbu. Hydrolýza kyselinami i enzymy při zvýšených teplotách vede ke zkapalnění škrobu. Maltosy, trisacharidy a další sacharidy s nízkou molekulární hmotností, zejména ty, které obsahují α -1 \rightarrow 6 glykosidovou vazbu, jsou přítomny v konečném hydrolyzátu (Wang et Wang, 2000).

Po celulose je škrob nejvíce komerčně využívaným polysacharidem: kromě potravinářství má významné použití v papírenství a textilní výrobě. Z obvyklých rostlinných zdrojů (brambory, kukuřice, pšenice, rýže) se snadno izoluje po vypírání vodou ve formě škrobových zrn za studena nerozpustných ve vodě (Černý et al., 2010). Škrob netvoří jednotnou látku (Konvalina et Holcová, 2006). Škrobová zrna obsahují amylosu a amylopektin v různém poměru podle původu škrobu. Některé druhy pšenice obsahují až 80 % amylosy namísto 25 % (Černý et al., 2010). Je složen z 15 – 25 % amylosy a 75 – 85 % amylopektinu a malého množství esterově vázané kyseliny trihydrogenfosforečné a lipidů. Většina škrobů obsahuje podstatně více amylopektinu než amylosy (Konvalina et Holcová, 2006).

Škrob je jedním z nejlevnějších a nejhojnějších přírodních karbohydrátových biopolymerů. Molekula amylopektinu je krystalický komponent v granulích, s krátkým rozvětveným řetězcem. Rozmanitost ve škrobu vzniká množstvím amylosy a amylopektinu, rozměry granulí a vlastnostmi, které se liší v závislosti na zdroji škrobu. Maniok a kukuřice jsou dva hlavní komerční zdroje škrobu. Škrob je používán jako zahušřovadlo v potravinách, želatinové činidlo, pojivo a ve formě filmů. Pro stanovení korelace mezi strukturou a vhodností pro zvláštní aplikace by měl být škrob podroben molekulárním charakteristikám a dalším analýzám, jako je rozpustnost, dispersibilita, tvorba filmu, reologické chování, aplikace v separačních procesech, interakce mezi jinými polymery a nízkomolekulárními látkami (Jyothi, 2010).

V České republice se získává škrob převážně z brambor a pšenice. Ostatní škroby se u nás nevyrábějí, ale je šlechtěn amylosní hrách jako perspektivní plodina pro získávání škrobu. Chemická skladba dřevňového hrachu (vysoký podíl amylosy k amylopektinu ve škrobu), a její

další úprava šlechtěním, vytvářejí z vybraných odrůd vhodnou surovinu pro výrobu škrobu, využitelného k výrobě ekologicky rozložitelných obalů. Ve světě je to např. škrob kukuřičný, maniokový, ječný (Konvalina et Holcová, 2006).

V celosvětovém měřítku stoupá trend spotřeby škrobu jako suroviny pro výrobu derivátů pro potravinářský, textilní, papírenský, chemický a farmaceutický průmysl, i pro průmysl plastových hmot, včetně tzv. bioplastů. Vychází se z poznatků o struktuře a vlastnostech komponentů škrobů, tj. amylosy a amylopektinu. Cennější složka je amylosa s podobnou strukturou jako celulóza. To umožňuje snadné zpracování na obalové materiály pro balení potravin, hotových jídel, polotovarů, hluboce chlazených a mražených potravin apod. (Zimolka et al., 2008).

Vytváření škrobových zrn v rostlinných pletivech se uskutečňuje ve speciálních orgánech buňky, ve kterých musí být přítomny vhodné prekursory a primární sloučeniny, jakož i katalyticky působící enzymy. Biochemická syntéza se uskutečňuje několika alternativními cestami, usměrňovanými přítomností jednotlivých enzymů, jejich poměrem a koncentrací. Tím je určována tvorba amylosy, amylopektinu, jejich specifická struktura a způsob vzájemného splétání řetězců. Procesy a usměrnění enzymové výstavby, chemického složení a krystalického uspořádání jsou geneticky kontrolovány tvorbou enzymů, jejich vzájemným vztahem a poměrem. Struktura škrobového zrna se tedy bezprostředně odvozuje od biologické činnosti buněk a ve vztahu k této struktuře je nezbytné korelovat fyziologické a chemické aspekty (Kodet et Bobar, 1991).

Škrobová zrna jsou částečně krystalická a skládají se z uspořádaných oblastí, které obsahují dvojité šroubovice vytvořené z řetězců amylopektinu a z neuspořádaných amorfních oblastí. Dvojité šroubovice, které vznikají vytvořením vodíkových můstků mezi některými hydroxylovými skupinami koncových řetězců amylopektinu, se podílejí na tvorbě krystalinity škrobových zrn. Informace o krystalinitě se získává sledováním difrakčních obrazců rentgenového záření (Šárka et Bubník, 2010).

Ke sledování velikosti částic lze využít řadu metod, např. optickou nebo elektronovou mikroskopii, případně doplněnou vyhodnocením analýzy obrazu, sedimentační metody, metodu laserové difrakce, měření měrného povrchu atd. Obsah amylosy (jde o podíl amylosy v celkovém obsahu škrobu), může být stanoven několikerym způsobem. Tzv. zdánlivý obsah amylosy se stanovuje měřením jodové afinity škrobů zbavených lipidů pomocí dimethylsulfoxidu s využitím potenciometrického autotitrátu. Tzv. absolutní obsah škrobu amylosy se určí metodou Takedy a spol. odečtením afinity jodu amylopektinu od hodnoty

afinity celkového škrobu zbaveného lipidů. Jinou možností stanovení amylosy je použití enzymových setů (Šárka et Bubník, 2010).

3.2.1 Modifikované škroby

Pro získání konečného použití se specifickými vlastnostmi je škrob často modifikován. Se zvyšujícími se obavami v oblasti životního prostředí a ekologickými otázkami souvisejícími s použitím plastů roste v poslední době zájem o výzkum ekologicky šetrných produktů získaných z levnějších, biodegradabilních a obnovitelných přírodních polymerů pro nahrazení syntetických polymerů na ropné bázi. Škrob je velmi dobrým substrátem pro kopolymerizaci s ostatními monomery a k získání produktů s vlastnostmi potřebnými pro specifické aplikace. Kopolymerace je jedním způsobem, jak zavést biodegradabilitu a zároveň zlepšit vlastnosti polymeru. Kopolymery jsou složeny z přírodních a syntetických polymerů (Jyothi, 2010).

Modifikovanými škroby rozumíme všechny výrobky ze škrobů, které mají zachovanou alespoň jednu původní charakteristickou vlastnost škrobu a jejichž vlastnosti jsou biochemickým, chemickým a fyzikálním nebo kombinovaným vlivem přizpůsobeny určitému účelu. Pod pojmem modifikovaný škrob si tedy představujeme škrobovou látku, která má vlastnosti přizpůsobené cíli použití nebo má vlastnosti obecně nějak cílevědomě pozměněné (Kodet et Bobar, 1991). Během modifikace škrobu se mění jeho vlastnosti, jako je relativní molekulová hmotnost, distribuce molekulových hmotností, schopnost krystalizace a na molekuly škrobu jsou vázány různé deriváty. Tím jsou ovlivněny vlastnosti nativního škrobu a vznikají vlastnosti nové (Čopíková, 1997).

3.2.2 Průmyslová hydrolýza jemnozrnného škrobu

V současnosti jsou ve světě jedním z hlavních výrobků ze škrobu škrobové hydrolyzáty (maltodextriny, glukosové, maltosové a glukoso-fruktosové sirupy). Při hydrolýze dochází působením minerální kyseliny nebo častěji pomocí enzymového zpracování ke zkrácení řetězců amylosy a amylopektinu, výsledkem štěpení je celá řada oligosacharidů (především maltosy) a glukosy (Šárka et Bubník, 2010).

Chemická modifikace škrobu se většinou provádí pod teplotou mazovatění, tedy při zachování struktury původních škrobových zrn. Toto řešení je vhodné pro separaci a další

zpracování suspenze po proběhnuté reakci. Tudiž struktura zrna velmi ovlivňuje složení škrobového derivátu. Chemická činidla pronikají s různou účinností povrchem nebo kanálky dovnitř škrobových zrn. Zpravidla jsou amorfní části zrn substituovány snadněji než krystalické oblasti, přesto lze na škrobová zrna působit rozličnými technikami v závislosti na jejich architektuře, typu krystalové struktury, obsahu amylosy a přítomnosti minoritních složek.

Výhodou jemnozrného škrobu jsou menší zrna v plastu, která lépe dispergují a jsou přístupnější pro mikroorganismy. Bylo zjištěno, že škrobová zrna menší velikosti zlepšují tažné vlastnosti polyethylenových filmů plněných škrobem. Speciální jemné frakce pšeničného škrobu by měly vytvářet podstatně tenčí filmy, než kukuřičný škrob (Šárka et Bubník, 2010).

3.2.3 Druhy škrobů používaných v průmyslu

Bramborový škrob

Brambory průměrně obsahují 23 – 24 % sušiny a zbytek tvoří voda. Obsah škrobu kolísá od 8 % do 29,5 %, přičemž nejnižší obsah mají velmi rané a rané odrůdy. Pro výrobu škrobu se pěstují průmyslové odrůdy s minimálním obsahem škrobu 15 %. Bramborový škrob má zrna oválného až lasturnatého tvaru s výrazným vrstvením, jež vzniklo expozicí nových vrstev, ukládajících se kolem jádra umístěného obvykle excentricky. Velikost zrn je 6 až 140 μm , nejčastěji kolem 70 μm (Konvalina et Holcová, 2006).

Podle FAO (Organizace OSN pro výživu a zemědělství) je 2,8 % světové produkce brambor využíváno na výrobu škrobu (Konvalina et Holcová, 2006). Obsah škrobu je závislý na odrůdě brambor, agrotechnice, ochraně rostlin a počasí v době hlavní vegetace (Kodet et Bobar, 1991). U průmyslových brambor, určených na výrobu škrobu, je rozhodující výběr odrůdy s vysokým obsahem škrobu (Vokál et al., 2004). Výnosy průmyslových brambor se pohybují v rozmezí 20 až 40 tun na jeden hektar, což znamená, že 1 ha zemědělské plochy může dát teoreticky 1,8 až 8,4 tuny absolutního škrobu. Běžně se získává kolem 4 tun škrobu z 1 hektaru (Kodet et Bobar, 1991).

Výroba bramborového škrobu spočívá v izolaci škrobových zrn od ostatních látek obsažených v bramborové hlíze. Děje se tak vypíráním škrobu vodou a jeho rafinací, tj. čištěním od nerozpustných a rozpustných nečistot, a docílení finálního výrobku (škrobu) v maximální čistotě (Konvalina et Holcová, 2006).

Pšeničný škrob

Pšenice je nejvýznamnější obilovina v České republice. Obilka průměrně obsahuje 85,4 % sušiny a 14,6 % vody. Obsah škrobu se pohybuje okolo 65,3 %. Průmyslově se pšenice využívá k výrobě škrobu s následným využitím v papírenském a textilním průmyslu, výrobě plastů, lepidel a celé škály dalších produktů. Zrna pšeničného škrobu jsou čočkovitého až kulatého tvaru s méně patrným vrstvením. Jeho zvláštností je dělení na frakce malých zrn (2 – 7 μm) a velkých zrn (15 – 30 μm), mezi nimiž není plynulý přechod (Konvalina et Holcová, 2006).

Pšeničný škrob se získává z pšeničné mouky vyráběné běžným nebo speciálním mlýnským procesem. Speciální mletí využívají pouze pšeničné škrobárny, které mají vlastní mlecí zařízení. Běžné škrobárny nakupují mouku z mlýnů (Kodet et Bobar, 1991).

Pšeničná mouka se smísí s teplou vodou v poměru 1 : 0,6 – 0,7 v těsto a po odležení se vypírá v protiproudých vypíracích bubnech vodou. Surové škrobové mléko bez obsahu lepku se vede do odlučovače. Velkozrnný škrob se po rozmíchání s vodou rafinuje a po zahuštění se usuší (Konvalina et Holcová, 2006).

Cereální škroby, pšeničný, ječný nebo žitný, mají ve srovnání s hlízovými škroby dva odlišné typy škrobových zrn. Větší zrna jsou též označovaná jako A-škrob, a menší zrna jako B-škrob. Tato zrna se liší chemickým složením, ultrastrukturou amylopektinu, způsobem jeho uložení ve škrobovém zrně a dalšími z toho vyplývajícími vlastnostmi. Při zpracování pšeničné mouky na škrob se dvě velikostní skupiny škrobových zrn při ratifikaci oddělují, takže výsledným produktem je komerční škrob s hlavní frakcí zrn 10 – 40 μm a vedlejší produkt s menšími škrobovými zrny. Obsah lipidů v cereálních škrobech je úměrný obsahu amylosy (Šárka et Bubník, 2010).

Kukuřičný škrob

Zrno průměrně obsahuje 88 % sušiny a 12 % vody. Obsah škrobu se pohybuje okolo 72 %. Jeho obsah v zrně se mění v závislosti na mnoha faktorech (hybrid, lokalita, hnojení, ročník apod.). Na jeho množství a kvalitu má v našich podmínkách vliv také posklizňové ošetření (Konvalina et Holcová, 2006). Obsah škrobu kolísá v závislosti na řadě činitelů. Všechny faktory snižující fotosyntézu jsou příčinou menšího nalévání zrna a nižšího hromadění škrobu. Stupeň zralosti ovlivňuje složení komplexu sacharidů z hlediska jeho složení i celkového obsahu. Na začátku nalévání zrna je vyšší zastoupení rozpustných cukrů a méně škrobu, naopak ve zralém zrně převažuje obsah škrobu (Zimolka et al., 2008).

Průmyslově se kukuřice využívá k výrobě škrobu s následným využitím v papírenském, textilním průmyslu, při výrobě plastů a dalších produktů. Zrna kukuřičného škrobu jsou hranatá, bez vrstvení a podobně jako některé obilné škroby tvoří často zrna složená. Jednoduchá zrna dosahují velikosti 5 – 25 μm (Konvalina et Holcová, 2006). Během skladování probíhají v zrně obdobné procesy jako v jiných obilovinách. Zvyšuje se obsah redukujících cukrů a snižují se cukry neredukující.

Část zrna kukuřice slouží jako surovina pro škrobárenský průmysl k výrobě škrobu, škrobových sirupů a dextrinu, menšího množství glukosy a modifikovaných škrobů (Zimolka et al., 2008).

3.3 Maltodextriny

Maltodextrin je hydrolyzovaný škrob široce používán v potravinářském průmyslu. Komerční produkty jsou obecně charakterizovány hodnotou dextrózního ekvivalentu (DE). Hodnota dextrózního ekvivalentu je nejčastější parametr používaný k charakterizaci molekulové hmotnosti maltodextrinů. Je to teoretická hodnota. Je nepřímo úměrná průměrné molekulové hmotnosti (Rong et al., 2009).

Maltodextriny jsou z hydrolyzovaného škrobu sestaveny z jednotek α -D-glukosy, spojených (1 \rightarrow 4) glykosidickou vazbou s obecným vzorcem $[(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n \text{H}_2\text{O}]$. Hydrolyzované výrobky ze škrobu, se skládají ze směsi sacharidů, hlavně D-glukosy, maltosy, maltotriosy a maltotetraosy a dalších s širokou molekulární hmotností. Komerčně jsou vyrobeny z nativního škrobu částečnou hydrolýzou, čištěním a sušením. Uvedené úpravy vedou ke ztrátě granulární škrobové struktury. Na rozdíl od přírodních škrobů, maltodextriny jsou rozpustné ve vodě, což pomáhá jejich zhodnocení v potravinářském průmyslu, kde se používají jako texturní modifikátory, želatinová činidla, náhražky tuků s cílem prodloužení trvanlivosti. Maltodextriny jsou levnější než jiné jedlé hydrokoloidy a jejich vodné roztoky jsou chuťově jemnější. Zdroj škrobu (kukuřice, oves, maniok, rýže, brambory) má vliv na molekulární segmenty distribuce maltodextrinu (Takeiti et al., 2010). Maltodextrin je k dispozici jako sušený prášek nebo tekutý koncentrát. Čím vyšší je DE, tím vyšší je rozsah hydrolýzy škrobu (Wang et Wang, 2000).

Maltodextriny se připravují enzymovou hydrolýzou škrobu a jejich střední relativní molekulová hmotnost se pohybuje kolem 100 000. Maltodextriny tvoří gely, které se při

teplotě 50 až 80 °C taví, přičemž vzniká čirá tavenina. Ochlazením se znovu tvoří gel. Čirá tavenina se chová jako roztavený tuk, takže maltodextriny se používají jako náhrada tuku, která není křehká ani při teplotách v chladicím zařízení (Čopíková, 1997). Obchodní maltodextriny pochází z obilného, bramborového a rýžového škrobu. Jsou charakteristické chemickou strukturou a fyzikálně-chemickými vlastnostmi. U rýžových maltodextrinů převažují sacharidy s nízkou molekulovou hmotností, u bramborových maltodextrinů sacharidy s vysokou molekulovou hmotností. Maltodextriny z různých rostlinných zdrojů mají různé vlastnosti vzhledem k rozdílům v chemické struktuře (Wang et Wang, 2000).

Funkční vlastnosti maltodextrinů souvisejí se stupněm DE. Například maltodextriny s DE vyšším než 10 jsou obvykle aplikovány na vůně do aut, do instantních omáček a dietních produktů. Maltodextriny s DE vyšším než 15 jsou používány do izotonických nápojů a dehydratovaných polévek, s DE vyšším než 20 u čokoládových prášků, mléčných dezertů a práškových nápojů (Takeiti et al., 2010).

Je možné vyrobit maltodextrin, který má podobnou hodnotu DE, ale s různými rozměry sacharidů, které mají vysoké a nízké molekulové hmotnosti, pomocí změny podmínek hydrolýzy. Tyto kombinace produkují maltodextriny s různými fyzikálně-chemickými vlastnostmi. Zvláště stabilita a rozpustnost jsou ovlivněny vysokou molekulovou hmotností složek, naproti tomu viskozita a krystalinita závisí především na převaze nízkomolekulárních složek. V důsledku toho studie prokázaly, že ekvivalent dextransy z maltodextrinů není sám o sobě vhodný pro předvídaní výkonu produktu v některých aplikacích, jako je sprejové sušení produktů a nátěry. Technologický pokrok umožňuje kontrolu hydrolýzy především díky enzymatickým procesům za účelem vytvoření maltodextrinu s lepším definovaným sacharidovým složením (Takeiti et al., 2010).

3.4 Polymery

Polymer je látka s velkými molekulami, které obsahují většinou atomy uhlíku, vodíku a kyslíku, často dusíku, chloru a jiných prvků. V určitém stádiu zpracování se nachází v kapalném stavu, který umožňuje udělit tvar budoucímu výrobku, jenž slouží v prakticky tuhém stavu. Kopolymer je polymer, jehož makromolekuly se skládají z merů dvou nebo více druhů. Kopolymerace je řetězová chemická reakce, při níž ze dvou nebo více

nízkomolekulárních látek (monomerů) vznikne makromolekulární látka (kopolymer) (Ducháček, 2006).

Polymerace je řetězová reakce velkého počtu jednoduchých organických nenasycených látek (monomerů), při nichž vznikají dlouhé makromolekuly polymerů. Při této reakci se netvoří vedlejší produkty, ale v makromolekulách jsou zabudovány všechny nebo téměř všechny molekuly výchozího polymeru, přičemž procentové chemické složení monomeru i polymeru zůstává stejné. Lze tedy říct, že při polymeraci v podstatě nedochází ke změně chemického složení. Produktem polymerace je řetězec vysokomolekulární látky. Tento řetězec narůstá do své konečné délky ihned ve velmi krátké době, závislé na podmínkách reakce, takže v každém stádiu reakce se v reakční hmotě vedle sebe vyskytují nezreagované monomery a makromolekuly hotového polymeru ve své konečné délce, což je důsledek řetězového charakteru této reakce (Štěpek et al., 1981).

Celková rychlost polymerace a velikost vznikajících makromolekul je dána rychlostí jednotlivých dílčích kinetických dějů, ze kterých se proces polymerace skládá ze zahájení (iniciace), růstu (propagace) a ukončení (terminace). Aby došlo k polymeračnímu procesu, je nutné molekuly monomeru nějakým způsobem aktivovat. Lze to provést působením tepla, světla, záření nebo snadno se aktivující látkou, tzv. iniciátorem nebo katalyzátorem. O polymerační schopnosti monomerů rozhoduje jejich chemická struktura, tj. základní složení skeletu molekuly (zda má jednu, nebo více dvojných vazeb), povaha vázaných substituentů a jejich uspořádání ve vztahu k dvojně vazbě (Štěpek et al., 1981).

Znalost struktury polymerů je výchozím a podstatným poznatkem k určování jejich fyzikálních a chemických vlastností. Aby bylo možné určit jejich strukturu, musí se zjišťovat, z jakých atomů či molekul jsou složeny, jak jsou tyto nejzákladnější stavební částice rozloženy a uspořádány a jakými silami jsou vzájemně vázány (Machek et Sodomka, 2008).

Nový způsob jak zlepšit a řídit morfologii a vlastnosti biopolymerů je nano-strukturní modifikace bez přítomnosti fázového separačního rozhraní. Nová nano-struktura může být tvořena hydrofilními molekulami, které se vzájemně ovlivňují ve stejné fázi matrice. Dlouhé řetězce rekrystalizované amylosy jsou důležitou rovnováhou procesu vedoucí k polymernímu stárnutí v biopolymeru škrobu a anizotropních vlastností škrobových polymerních filmů. Nano-morfologií v biopolymeru škrobu může být dosaženo až 8% hmotnostního přídatku glycerolu a xylitolu (Chaudhary et Gupta, 2010).

3.4.1 Rozdělení polymerů

Polymery mohou být rozděleny na přírodní biologické polymery, syntetické biologické polymery a syntetické polymery na bázi fosilních materiálů:

Přírodní biologické polymery

Tyto polymery jsou syntetizovány živými organismy, především ve formě, v které jsou nakonec použity. Příklady přirozeně produkovaných biologicky založených polymerů obsahují polysacharidy, celulosu, škrob, bílkoviny a bakteriální polyhydroxyalkanoáty. Po extrakci a čištění je možné přímé průmyslové využití. Kale et al. (2007) uvádějí, že většina přírodních biologických polymerů je biologicky rozložitelná a kompostovatelná, např. polysacharidy a polyhydroxyalkanoáty.

Syntetické biologické polymery

Syntetické biologické polymery jsou polymery, jejichž monomery pocházejí z obnovitelných zdrojů, ale které vyžadují chemickou přeměnu pro změnu na polymer. Mnoho běžných (konvenčních) polymerů může být v zásadě syntetizováno z obnovitelných surovin. Přestože původ polymerů je obnovitelný, nemohou být považovány za přírodní. Co se týče biologické rozložitelnosti, ne všechny syntetické biologické polymery jsou biologicky rozložitelné a kompostovatelné (Kale et al., 2007).

Syntetické polymery na bázi fosilních materiálů

Většina běžných polymerů je založena na neobnovitelných zdrojích, vyrobené hlavně z dobře známých zdrojů fosilních paliv, ropy, uhlí a plynu. Většina polymerů na bázi fosilních materiálů není biologicky rozložitelná ani kompostovatelná (Kale et al., 2007).

3.4.2 Struktura a vlastnosti polymerů a složení směsí plastů

Mezi plasty náleží velké množství látek různých vlastností, takže je velmi obtížné rozdělit je přísně schematicky podle jejich rozdílného chování. V důsledku velké relativní molekulové hmotnosti polymerů je jejich bod varu neobyčejně vysoký a ve všech případech leží značně nad jejich teplotou rozkladu. Plynný stav u těchto látek tedy neexistuje. Polymery mohou být pouze ve stavu kapalném nebo tuhém. Podle pravidelnosti prostorového

uspořádání makromolekul v tuhém stavu rozlišujeme stav krystalický – vysoce uspořádaný a stav sklovitý – neuspořádaný.

Tepelné chování amorfního polymeru lze charakterizovat tzv. teplotním skelným přechodem (T_g) a krystalického polymeru teplotou tání (T_m). Teplota T_g tedy charakterizuje oblast, ve které při ochlazení amorfní polymery náhle tuhnou (Štěpek et al., 1981).

3.4.3 Modifikační reakce polymerů

Modifikace polymerů je velmi široký pojem, který zahrnuje velký počet způsobů fyzikálních a mechanických přeměn polymerů. Jedná se především o záměrnou přeměnu polymerů prováděnou za účelem získání nového polymerního materiálu s odlišnými vlastnostmi. K získání modifikovaných polymerů se používá fyzikální, mechanochemická a chemická modifikace (Ducháček, 2006).

Fyzikální modifikace

Tento nejjednodušší způsob nabývá stále širšího uplatnění. Mechanickým smíšením dvou nebo více polymerů se často získají směsi s vynikajícími mechanickými vlastnostmi.

Mechanochemická modifikace

K mechanochemické modifikaci polymerů dochází reakcí aktivních částic, které vznikají při mechanické destrukci makromolekulárních řetězců.

Chemická modifikace polymerů

Chemickou modifikací polymerů rozumíme úmyslnou přeměnu chemické struktury působením účinných chemických látek nebo reakčních podmínek (Ducháček, 2006).

3.5 Plasty

Plasty se staly synonymem moderního života, ale většina z nich je nezníitelná a hromadí se na skládkách po celém světě. Proto se staly významným zdrojem znečišťování životního prostředí. Tuny plastových odpadů jsou uloženy na skládkách a jsou spojeny s možným zdravotním rizikem z uvolňovaných toxinů. S nárůstem cen ropy se také zvyšují

náklady na výrobu plastů. Tyto skutečnosti vedou k poptávce po bioplastech, které nejsou vázány na fosilní paliva a nepoškozují životní prostředí (Jyothi, 2010). Použití biodegradabilních a kompostovatelných plastů může snížit množství skládkovaných plastů (Leja et Lewandowicz, 2010). Použití biodegradabilních plastů sníží závislost na dodávce ropy a zmírní problémy spojené s manipulací odpadů v oblasti životního prostředí (Bandyopadhyay-Ghosh et al., 2010).

Plasty jsou zcela nebo zčásti syntetické organické látky a minerály. Jejich hlavní složkou jsou vysokomolekulární sloučeniny – polymery, jejichž molekuly se skládají z velkého počtu základních stavebních jednotek – merů – navzájem chemicky vázaných. Strukturálně vytvářejí buď řetězce, nebo prostorovou síť, složené převážně z atomů uhlíku a z menší části z atomů kyslíku, křemíku, dusíku a síry.

Plasty se většinou nezpracovávají samotné, v čistém stavu, nýbrž za přídavku různých přísad, jako jsou plnidla, maziva, změkčovadla, tepelné a světelné stabilizátory, antioxidanty, pigmenty aj., které buď usnadňují jejich zpracování, nebo je chrání proti škodlivým atmosférickým vlivům, popř. různě mění jejich základní vlastnosti.

Vedle masově vyráběných základních syntetických materiálů se začínají stále více uplatňovat tzv. modifikované typy plastů. Získávají se chemickou nebo fyzikální modifikací základních typů polymerů a mají vlastnosti zásadně odlišné od vlastností výchozího polymeru, použitého jako surovina pro modifikační proces.

O množství napadení plastu mikroorganismy rozhoduje především jeho chemické složení (zda pro ně může být zdrojem uhlíku, dusíku nebo jiných biogenních prvků) a samozřejmě aplikační podmínky a prostředí. Korozi vyvolávají metabolity, popř. enzymy, produkované mikroorganismy. Dochází přímo k naleptávání povrchu a u tenkých fólií i k proděravění. Některé mikroorganismy napadají jen změkčovadla, zbytky emulgátorů nebo plnidla obsažená v polymerech. Zatímco přírodní polymery, např. celulóza, podléhají biologické degradaci poměrně snadno, syntetické polymery jsou po této stránce značně odolné. Obecně tím více, čím větší je jejich relativní molekulová hmotnost (Štěpek et al., 1981).

3.6 Biodegradace

Biologický rozklad je chemická degradace materiálů vyvolaná působením mikroorganismů, jako jsou bakterie, houby a řasy. Nejběžnější definice pro biologicky rozložitelné polymery je taková, že u rozložitelných polymerů probíhá primární mechanismus odbourávání přes působení metabolismu mikroorganismů. Biodegradace je považována za druh degradace zahrnující biologickou činnost. Přírodní polymery (bílkoviny, polysacharidy, nukleové kyseliny) jsou degradovány v biologickém systému oxidací a hydrolýzou. Biologicky odbouratelné materiály degradují na biomasu, oxid uhličitý a metan. Teplota je jedním z nejdůležitějších faktorů ovlivňující růst mikroorganismů. Důležitý je i zdroj uhlíku a dusíku, dále i pH. Biologický proces může být rozdělen na aerobní a anaerobní rozklad (Leja et Lewandowicz, 2010).

Biodegradabilní materiály mají osvědčenou schopnost rozkládat se v nejběžnějším prostředí, ve kterém je materiál likvidován, do jednoho roku, díky přirozeným biologickým procesům na netoxické karbonátové soli, vodu a oxid uhličitý. Chemická struktura je nejdůležitějším faktorem ovlivňujícím biologickou rozložitelnost polymerních materiálů. Jiné důležité faktory jsou fyzikální a fyzikálně-chemické vlastnosti, například molekulová hmotnost, pórovitost, pružnost a morfologie (Leja et Lewandowicz, 2010).

Biologická rozložitelnost plastů závisí na surovinách a chemickém složení a struktuře konečného produktu, stejně jako na životním prostředí, ve kterém je výrobek biologicky rozkládán. Některé plasty mohou být biologicky rozložitelné, ostatní nikoli vzhledem k jejich specifické polymerní struktuře. Navíc některé polymery se rozkládají v několika týdnech, zatímco u jiných degradace ve stejném prostředí trvá několik měsíců. Pokud jde o pevné prostředí, pod kterým jsou biodegradovatelné polymery biologicky rozložitelné, jsou dvě hlavní kategorie zvažované v odborné literatuře, v normách a na trhu. Jsou to materiály, které jsou biologicky rozložitelné při kompostování (kompostovatelné materiály), a materiály, které jsou biologicky rozložitelné v půdě. V mnoha případech kompostovatelné materiály nejsou biologicky rozložitelné v půdě (Briassoulis et Dejean, 2010).

3.6.1 Faktory ovlivňující biodegradaci

Vlhkost

Vlhkost může mít vliv na biodegradaci polymerů dvěma způsoby. Za prvé, voda je potřebná pro růst a rozmnožování mikroorganismů. Proto, když je dostatek vlhkosti, mělo by být více mikrobů a polymery by měly degradovat rychleji. Za druhé, hydrolýza má zásadní roli při biodegradaci pro některé polymery v prostředí bohatého na vlhkost by se reakce hydrolýzy měla zvýšit. Lze očekávat, že polymery se rozloží rychleji ve vlhčím prostředí než v suchém (Kale et al., 2007).

Kyselost

Pro hydrolyzované polymery, rychlost reakce hydrolýzy může být ovlivněna pH, jelikož reakce může být buď kyselina, nebo na bázi katalýzy. Změny v pH ovlivní nejen rychlost hydrolýzy, ale také růst mikroorganismů (Kale et al., 2007).

Teplota

Teplota je významným faktorem při řízení biodegradace polymerů. Poměr hydrolýzy a mikrobiální aktivity roste se vzrůstající teplotou. Pokud je teplota příliš vysoká, mikrobiální aktivita se snižuje nebo dokonce zastaví. Kromě toho různé mikroorganismy mohou růst a rozmnožovat se při různých teplotách. Obecně platí, že rychlost biologického rozkladu se zvyšuje s teplotou, pokud není příliš vysoká pro mikroorganismy (Kale et al., 2007).

Aerobní nebo anaerobní podmínky

V aerobním biologickém rozkladu mikroorganismy využívají kyslík a spotřebovávají uhlík z polymerů jako zdroj výživy. Důsledkem je uvolňování oxidu uhličitého a vody. To odpovídá enzymatické biologické oxidaci. Je-li zdroj kyslíku vyčerpán, aerobním mikroorganismům se změní rychlost metabolismu, a snižuje se rychlost biologického rozkladu. Na druhou stranu, v anaerobním biologickém rozkladu, anaerobní mikroorganismy spotřebovávají uhlík z polymerů a uvolňují metan a oxid uhličitý. Každý druh mikroorganismu může spotřebovat uhlík z polymerů jinou rychlostí, a proto biodegradace polymerů v aerobních podmínkách může být úplně jiná, než v anaerobních podmínkách (Kale et al., 2007).

Specifičnost enzymů

Různé enzymy mohou mít různě tvarovaná aktivní místa, od kterých se odvíjí schopnost biologicky rozložit určité polymery. Například houby *Aspergillus niger* a *Aspergillus flavus* produkují enzymy, které snadněji degradují alifatické polyestery (Kale et al., 2007).

3.6.2 Biodegradabilní polymery

Biodegradabilní materiály lze rozdělit do 3 skupin: směsi syntetických polymerů a látek, které jsou snadno využitelné mikroorganismy. Například upravené přírodní polymery, škrob a celulóza, a syntetické materiály se skupinami, které snadno podléhají hydrolyze, polykaprolakton a biopolyestery z bakteriálních zdrojů. Nejvíce oblíbenými a zajímavými biodegradabilními polymery jsou alifatické polyestery a termoplastické proteiny. Hlavními výhodami biodegradabilních plastů je jejich možné kompostování s organickými odpady. Jejich použití snižuje možná rizika ohrožení volně žijících živočichů, způsobené ukládáním běžných plastů, a rovněž se snižuje ekonomické náklady na odstranění plastových odpadů. Jejich rozklad pomůže zvýšit životnost a stabilitu skládek snížením objemu odpadu, který může být recyklován na užitečné monomery a oligomery mikrobiální a enzymatickou úpravou (Leja et Lewandowicz, 2010).

Fyzikální vlastnosti obalových polymerů jsou ovlivněny chemickou strukturou, molekulovou hmotností, krystalinitou a podmínkami zpracování použitých polymerů. Požadované fyzikální vlastnosti u obalových materiálů závisí na tom, jaký předmět bude balen a v jakém prostředí bude ukládán. Předměty, které je nutno uchovávat zmrazené, vyžadují speciální balení. Potraviný obecně mají přísnější požadavky na obalové materiály (Chandra et Rustgi, 1998).

3.6.3 Rozdělení biodegradabilních polymerů

Mnoho polymerů, které jsou prohlašovány za biologicky odbouratelné jsou ve skutečnosti odbouratelné za různých fyzikálních podmínek, jako je hydro-rozložitelnost, foto-rozložitelnost nebo oxo-rozložitelnost. Tyto různé polymerní třídy spadají do širší kategorie ekologicky odbouratelných polymerů. Podle ASTM (American Society for Testing

and Materials) a ISO (International Organization for Standardization) jsou definovány následujícím způsobem:

Rozložitelné plasty

Plast je navržen tak, aby podstoupil výraznou změnu v jeho chemické struktuře za specifických environmentálních podmínek.

Biodegradabilní plasty

Rozložitelné plasty, u kterých rozklad zabezpečují přirozeně se vyskytující mikroorganismy, bakterie, houby a řasy.

Foto-rozložitelné plasty

Rozložitelné plasty, u kterých rozklad zabezpečuje působení přirozeného denního světla.

Oxidačně rozložitelné plasty

Rozložitelné plasty, u kterých rozklad vyplývá z oxidace.

Hydrolytický rozložitelné plasty

Rozložitelné plasty, u kterých rozklad vyplývá z hydrolýzy.

Kompostovatelné plasty

Plasty, které podléhají degradaci při kompostování za vzniku oxidu uhličitého, vody, anorganických sloučenin a mikrobiální biomasy, a neponechávají žádná vizuálně odlišitelná nebo toxická rezidua (Briassoulis et Dejean, 2010). Kompostování je slibný způsob nakládání s odpady, hlavně rozložitelnými plasty (Leja et Lewandowicz, 2010).

3.6.4 Příklady biodegradabilních plastů

Polyetylen se škrobem

Polyetylen (PE) není biologicky odbouratelný hlavně proto, že má velkou molekulovou hmotnost a jeho velké molekuly nemohou snadno vstoupit do buněk mikroorganismů. (Reddy et al., 2008). Jsou vytvořeny foto-biologicky rozložitelné

polyetylenové (PE-PBD) filmy, jejichž fyzikální i mechanické vlastnosti se blíží PE filmům a mají dobrou biologickou rozložitelnost. Použité PE-PBD folie v zemědělství mají lepší schopnost zvýšit teplotu, zachovat vlhkost a zvýšit výnos, než běžné polyetylenové fólie a mohou být degradovány v životním prostředí po ukončení jejich funkce (Wang et al., 2004).

Škrob je často používán jako degradabilní přísada v biodegradabilních polyetylenových filmech. Míra biodegradace škrob-polyetylen závisí na obsahu škrobu, je citlivá na podmínky prostředí. Rychlost biodegradace omezuje koncentrace kyslíku na povrchu filmů (Leja et Lewandowicz, 2010). Míchání škrobu s PE nebo dalšími polyestery zlepšuje mechanické vlastnosti škrobu a dělá směs vhodnější pro biodegradaci v podmínkách kompostu (Ruiz et al., 2011).

Polyester

Čtyři hlavní alifatické polyestery, které byly vyvinuty, jako biologicky rozložitelné plasty jsou: poly(3 - hydroxybutyrát) (PHB), poly(ϵ -kaprolakton) (PCL), poly(butylen sukcinát) (PBS) a poly(kyselina mléčná) (PLA). Biologicky rozložitelné polyestery se mohou vyskytovat přirozeně (tj. PHB, kutin, suberin a estolid), mohou být syntetizovány z petrochemických výrobků (tj. PCL, PBS) a mohou být získané z obnovitelných zdrojů (tj. PLA, PHB). (Tokiwa et Calabria, 2007). Směsi škrobu a polyesteru jsou zcela biodegradabilní. Je známo, že přidavek škrobu zvyšuje rychlost rozkladu polyesterů (Leja et Lewandowicz, 2010).

Poly(ϵ -kaprolakton) – (PCL)

Poly (ϵ -kaprolakton) je syntetický alifatický polyester známý pro svou biologickou rozložitelnost a netoxicitu, je rozložitelný v různém biologicky aktivním prostředí. Má vysokou molekulovou hmotnost a krystalinitu, což jsou faktory, které ovlivňují jeho biologickou rozložitelnost (Gonçalves et Martins-Franchetti, 2010). Po vložení do půdy ukázaly testy, že PLC s vysokou molekulovou hmotností zmizí po dvanácti měsících v půdě. Má nízký bod tání okolo 58 – 60 °C (Tokiwa et Calabria, 2007).

Polyhydroxyalkanoát - (PHA)

Polyhydroxyalkanoát je biologicky rozložitelný materiál, který ukládá kumulovaný uhlík a energii v různých mikroorganismech (Wei et al., 2011). PHB je nejčastějším typem PHA a přitahuje velkou pozornost. Materiálové vlastnosti PHB, jako je ztuhlost, křehkost,

vysoký stupeň krystalinity a vysoký bod tání (175 °C) jsou srovnatelné s konvenčními plasty. Může být také degradován na vodu a oxid uhličitý (nebo metan v rámci anaerobních podmínek). Vysoké výrobní náklady a křehkost patří mezi faktory, které brání rozšíření uplatňování PHB (Tokiwa et Calabria, 2007).

Poly(kyselina mléčná) - (PLA)

PLA je nový univerzální kompostovatelný polymer, který je vyroben z obnovitelných zdrojů, jako je kukuřice, cukrová řepa nebo rýže. Na rozdíl od konvenčních plastů jako polypropylen a polyetylen, které vyžadují stovky nebo dokonce tisíce let k degradaci, se může PLA přírodně degradovat během několika let. V současné době roste zájem o využití PLA pro biologicky rozložitelné materiály.

Účelně se PLA používá v kompozicích s jinými polymery jako obalový materiál, výsadbové kelímky, jednorázové kelímky a byl navržen pro použití v zemědělských aplikacích, včetně plastových sáčků, skleníkových fólií, průsvitných fólií pro balení potravin a mulčovací filmy. Nevýhodou PLA je, že je poměrně drahý. Jeden ze způsobů, jak snížit náklady na PLA kompozita je míchání s přírodními biomateriály. Například sisal je bohatý zdroj přírodních vláken s vynikající pevností, která může zlepšit mechanické vlastnosti. Kromě toho, z kompozitů biologicky rozložitelných polymerů a přírodních vláken je prokázána úplná degradace v půdě nebo kompostu bez emisí, jedovatých nebo škodlivých prvků a tím získaly velkou pozornost (Wu, 2012).

Poly(hydroxybutyrát-ko-valerát) – (PHBV)

PHBV je biologicky rozložitelný semikristalický lineární polymer. Má různé vlastnosti, jako je přírodní původ, biologická rozložitelnost, termoplasticita a není toxický. Polyhydroxybutyrát-ko-valerát často vzniká kopolymerizací PHB s PHV. Výroba PHBV byla odhadnuta na více než čtyřikrát dražší než PLA. Nicméně PHBV se lépe degraduje a vyžaduje kratší čas, než PLA za stejných podmínek (Richards et al., 2008).

Poly(vinylalkohol) – PVA

PVA je syntetický polymer, který přitahuje stále větší pozornost. Je netoxický, vodou ředitelný, syntetický polymer, který byl zkoumán pro farmaceutické a biomedicínské využití. Přes syntetický charakter, byl tento polymer nedávno uznán za biologicky rozložitelný. PVA se získává hydrolýzou poly(vinylacetátu) a poté různé typy PVA mohou být vyrobeny v

závislosti na stupni hydrolyzy. Stupeň hydrolyzy PVA může ovlivnit fyzikální vlastnosti tohoto polymeru (Silva et al., 2008). PVA a jeho kompozita mají široké využití v různých průmyslových odvětvích. Patří sem např. vlákna, nátěry, lepidla, emulgátory, koloidní stabilizátory a filmové obaly v potravinách (Nath et al., 2010). PVA je kompatibilní se škrobem. Směsi mají dobré mechanické vlastnosti. Škrob/polyvinylalkoholové směsi jsou jedním z nejpopulárnějších biodegradabilních plastů a jsou široce používány jako obaly a v zemědělství (Leja et Lewandowicz, 2010).

3.7 Kompostování

Kompostování je aerobní biologický rozkladný proces, jehož účelem je co nejrychleji a nejehospodárněji odbourat původní organické substance v odpadu a převést je na stabilní humusové látky, které jsou prospěšné rostlinám. Během tohoto procesu se zhodnocuje organická substance v odpadu pomocí aerobních mikroorganismů za přítomnosti kyslíku, který slouží jako živiny a zdroj energie. Při tom se část uhlíku buněčné tkáně mikroorganismů váže a část se uvolňuje jako oxid uhličitý. Dochází k hydrolyze bílkovin, sacharidů a tuků. Produkty hydrolyzy – aminokyseliny, monosacharidy, alifatické alkoholy se částečně přeměňují za vývinu tepla na organické kyseliny a oxid uhličitý. Za aerobních podmínek dochází ke značné ztrátě uhlíku (Voříšková et al., 2009).

Obalové materiály mohou být rozděleny do čtyř skupin: papír / karton, plasty, kovy a skleněné obaly. Pouze materiály z papíru / kartonu a některé plastové obaly jsou biologicky odbouratelné a tím i kompostovatelné. ASTM definuje kompostovatelné plastové obaly jako plasty, které podléhají degradaci biologických procesů při kompostování s ostatními známými kompostovatelnými materiály. Proto pouze materiály, které jsou biologicky rozložitelné při kompostování za dobu známých kompostovatelných materiálů lze považovat za kompostovatelné. Ne všechny biologicky rozložitelné materiály jsou kompostovatelné. Kompostovací materiál musí být zcela biologicky rozložitelný za standardních kompostovacích podmínek (Kale et al., 2007).

Existují dva hlavní faktory, které dělají materiál kompostovatelný: materiál sám o sobě a mikroorganismy v kompostu. Materiál musí být biologicky rozložitelný, jako je papír / karton a biologicky rozložitelné polymery, které mohou být spotřebovány mikroorganismy jako zdroj potravy. Kompostovací hromada je výborným zdrojem mikrobiální činnosti, má

vysoký obsah vlhkosti a teploty a tím vzniká vhodné prostředí pro řadu mikrobů, jako jsou bakterie a plísňe, k jejich životu a rozmnožování. Na druhé straně obsahují velké množství různorodých organismů schopných napadnout a strávit kompostovatelné materiály. Bakterie mohou být aerobní nebo anaerobní, zatímco houby jsou přísně aerobní (Kale et al., 2007).

3.7.1 Základní podmínky pro kompostování

Vstupní materiál musí obsahovat organické látky v takovém složení, aby byl pro výživu mikroorganismů dodržen potřebný poměr C: N 30 : 1 a dále musí být zastoupeny i biogenní prvky. Vlhkost výchozího materiálu musí být upravena na 50 – 60 %, pH má být neutrální. Musí být dostatečná aerace po celou dobu humifikace zpracovávaného materiálu, čímž dojde k dostatečnému ohřátí veškeré hmoty na požadovanou teplotu a k hygienizaci kompostu (60 – 70 °C). Vstupní suroviny musí být rozmělněny a homogenizovány (Voříšková et al., 2009).

3.7.2 Fáze procesu kompostování

Kompostování je kontinuální proces, a proto nelze přesně vymezit různé úseky tlení.

1. Fáze rozkladu

Tato fáze trvá asi 3 až 4 týdny, teplota stoupá podle výchozího materiálu na 50 až 70 °C. Je to činnost milionů bakterií a hub, které rozkládají lehce rozložitelné sloučeniny, jako jsou například cukry, bílkoviny a škroby. Konečným produktem jsou malé „stavební kameny“, například dusičnany, oxid uhličitý, čpavek, aminokyseliny a polysacharidy. Živiny, které jsou vázány v organické hmotě, se tak uvolňují a z části přecházejí až do původní minerální formy. Tento proces proto nazýváme také mineralizace.

2. Fáze přeměny

Trvá od čtvrtého až do osmého respektive do desátého týdne. Teplota začíná opět klesat, mineralizované živiny jsou jako základní kameny zabudovány do humusového komplexu. Kompost získává stejnoměrně hnědou barvu, drobtovitou strukturu a má lehkou vůni po lesní zemině. V tomto stádiu má nejlepší účinek.

3. Fáze syntézy (zralosti)

Když ponecháme kompost ještě déle, získáme stále více zemitou strukturu. Živný humus se přeměňuje na trvalý humus, živiny jsou stále pevněji vázány, účinnost humusu se však zvyšuje (Kalina, 2004).

3.7.3 Domácí kompostování

Domácí kompostování se provádí v malém měřítku pomocí malých hromad nebo kompostovacích košů. Zakládání se obvykle provádí ručně. Domácí kompostování obvykle zahrnuje nižší teploty než komerční kompostování, většina rozkladu probíhá za mezofilní teploty (10 - 46 °C). U domácího kompostování přeměna organických látek na kompost může trvat až dva roky, ale ručním překopáváním se může snížit tato doba na 3 až 6 měsíců (Kale et al., 2007).

3.7.4 Komerční kompostování

Komerční nebo-li komunální kompostování je činnost ve velkém měřítku, ve které se obvykle používá překopání a aktivní provzdušňování, kromě hromad statických a některých nádobových systémů kompostování. Komerční kompostování je obvykle mnohem rychlejší proces než domácí kompostování, protože jsou zde intenzivně řízené podmínky a jsou zachovány optimální podmínky kompostu. Nakladače hrají velmi univerzální úlohu při kompostovacích činnostech tím, že míchají a formují hromady / řádky. Míchání lze jednoduše provést opakovaně nakladačem.

Po dozrání kompostu se oddělují materiály o různých velikostech a tvaru. Třídění se provádí po dozrání ke zlepšení kvality kompostu. K dispozici jsou odlišné typy třídíčů, například vibrační síta, vibrační třídíče, pohyblivé pásové třídíče, diskové, šnekové, korytové a rotační třídíče (Kale et al., 2007).

3.8 Normy

Mezi normy týkající se testování kompostovatelných plastů patří: ASTM (American society for testing and materials), ISO (International organization for standardization), CEN (European committee for standardization), DIN (Deutsches Institut für Normung), UNI (Italian Unification Agency), JIS (Japan industrial standard) a Belgium standard (Briassoulis et al., 2010).

ASTM D6400 je zavedena pro označování materiálů a výrobků, včetně obalů z umělých hmot, jako kompostovatelné v komunálních a průmyslových kompostovacích zařízeních. Určuje vlastnosti a zajišťuje, že materiál nebude snižovat hodnotu nebo užitek kompostu. ASTM D6400 řeší kompostovatelné plastové materiály, kritéria a terminologii pro rozložitelné plasty, stejně jako pokyny k používání specifických zkušebních metod. Další ASTM, které se zabývají biologickou rozložitelností a kompostováním jsou ASTM D6340, ASTM D6002, ASTM D5338 a doplňkové ASTM D6003, ASTM D5509, ASTM D5512, ASTM D5988, ASTM D5951.

EN 13432:2000 Obaly - Požadavky na obaly využitelné ke kompostování a biodegradaci - Zkušební schéma a kritéria hodnocení pro konečné přijetí obalu. Tato evropská norma podporuje základní požadavky směrnic EU, jako je evropská směrnice O obalech a obalových odpadech (94/62/ES). Je referenčním bodem pro všechny evropské výrobce, úřady, zařízení a spotřebitele. Na rozdíl od ASTM, EN může být aplikována na všechny obaly nebo obalové součásti a není omezena na plastové materiály. Dále mezi Evropské normy patří: EN 14995, EN 14046, EN 14045, EN 14806, EN ISO 14806, EN ISO 20200 (Briassoulis et al., 2010).

Dle EN 13 432 musí být prokázáno, zda testovaný obal má nebo nemá negativní vliv na kvalitu kompostu (Kale et al., 2007). Norma stanovuje, co daný obal musí splňovat. Například po vystavení procesu kompostování po dobu nejvýše dvanácti týdnů nesmí projít více než 10 % původní sušiny zkoušeného materiálu sítem pro frakci $a < 2$ mm. Obaly, obalové materiály a součásti obalů musí obsahovat nejméně 50 % těkavých pevných látek, což do značné míry vylučuje inertní materiály. Těkavé kovy a jiné toxické a nebezpečné látky nesmí překročit hodnotu uvedenou v tabulce (příloha A). A test ekotoxicity, který zahrnuje klíčivost a rostlinnou biomasu dvou rostlinných druhů na vzorcích kompostů má být větší než 90 % odpovídajících hodnot na kompostu ze slepého pokusu (ČSN EN 13432).

Mezi další důležité normy patří Německé normy: DIN V 54900 Testování kompostovatelných polymerních materiálů. Dále DIN EN 13432, DIN EN 14045, DIN EN 14995. Italská norma: UNI EN 14995. Japonská průmyslová norma JIS K 6953 a Belgická standarda – Belgické královské nařízení (9/09/2008).

Mezi hlavní ISO normy patří ISO 17088, ISO 14855-1, ISO 14855-2 a doplňkové ISO normy ISO 16929:2002 a ISO 20200:2004 (Briassoulis et al., 2010).

3.8.1 Značení a certifikace kompostovatelných materiálů

V současné době jsou nejasnosti na trhu o konvenčních, biologicky rozložitelných a kompostovatelných plastech, tyto materiály jsou těžko uživatelem fyzicky rozlišitelné. Mnoho kompostáren je stále skeptických k biologické rozložitelnosti plastů ve svých zařízeních. Kompostovatelné materiály musí být označeny tak, aby se jasně odlišily od běžných materiálů. Aby bylo možné prohlašovat nebo označovat výrobek nebo obal jako kompostovatelný nebo biologicky odbouratelný, měl by projít určitými testy. Kromě toho musí mít certifikaci o kompostovacích podmínkách, protože plastové materiály nebo obaly, které jsou kompostovatelné v konkrétních zařízeních (např. průmyslová zařízení) nemusí být kompostovatelné v domácích kompostérech, vyskytují se tam různé kompostovací podmínky. Organizace, jako BPI (Biodegradable Products Institute) a USCC (the U. S. Composting Council), nabízejí schváleným produktům osvědčení a kompostovatelné logo (Briassoulis et al., 2010).

4 Materiál a metody

Pokus se skládá ze dvou částí. Jednou částí je výsev rostlin na substrátu a jejich hodnocení a druhou částí je rozbor kompostu. Do kompostu byla opakovaně vkládána kompozita. Kompozita byla v kompostu už před založením našeho pokusu. Vznikla za spolupráce VŠCHT a Ústavu makromolekulární chemie AV ČR. Kompozitní materiály jsou ze škrobů a maltodextrinů. Založení pokusu začalo 20. 4. 2011 zhomogenizováním kompostu.

Obrázek č. 1: Použité kompostéry ALKO K390



Rostliny byly vysety dvakrát, na jaře (2. 5. 2011) před vložením kompozit a v létě (10. 8. 2011) po třech biodegradačních cyklech. Při jarním (kontrolním) výsevu byly založeny dvě varianty, výsev na substrát z kompostérů a na pěstební rašelinný substrát RS I. K výsevu se použily sadbovače „160“, na které se vysel salát hlávkový a astra čínská. Do substrátu z kompostérů i pěstebního rašelinného substrátu RS I se vyselo 80 rostlin salátu hlávkového a 80 rostlin astry čínské. Parametry salátu hlávkového byly měřeny po 39 dnech a astry čínské po 60 dnech. U salátu hlávkového bylo odebráno 40 rostlin a u astry čínské pouze 19, pro malý počet vzešlých rostlin. Měřila se výška rostlin, průměr kořenového krčku, hmotnost listů, hmotnost kořenů a celkový počet listů. Pro vyhodnocení dat byl použit program Statistica 10. Hodnoty do tabulek byly zpracovány Fisherovou minimální průkaznou diferencí (Square Difference Least - LSD). Dále se hodnotila vzcházivost rostlin.

Obrázek č. 2: Salát hlávkový a astra čínská, jarní výsev – po 22 dnech, na substrátu z kompostérů



V květnu, v červnu a v červenci se do kompostérů vkládala kompozita na 9 a 18 dní. Po vyjmutí kompozit se do kompostu vždy přidával Kristalon Start na úpravu elektrokonduktivity a dolomitický vápenec na úpravu pH. Půdní reakce se použitím Kristalonu Start může snížit, biodegradace kompozit naopak pH zvyšuje.

Obrázek č. 3: Kompozita v kompostéru po biodegradaci



V srpnu byla z kompostérů vyjmuta poslední kompozita. 10. 8. 2011 se odebral kompost na laboratorní rozbor a zároveň na výsev rostlin, tentokrát na tři substráty (2 kontrolní + substrát z kompostérů po trojnásobné biodegradaci kompozit). Na všechny substráty byl vyséván pouze hlávkový salát, 3 × 160 rostlin. Rostliny byly tentokrát hodnoceny po 41 dnech. Prováděla se stejná měření jako na jaře, z každého substrátu bylo odebráno 80 rostlin. Další kompozita byla vkládána na konci září a opět byl odebrán kompost na rozbor. Kompozita byla v kompostérech 7 a 18 dní. U odebraných půdních vzorků se měřila objemová hmotnost, pH, uhlík půdní organické hmoty a prováděl se respirometrický test.

Obrázek č. 4: Salát hlávkový – letní výsev



Charakteristika použitých substrátů:

Pěstební rašelinový substrát RS I – Agro profi GARDEN CS a.s.

Je vhodný pro pěstování rostlin velmi citlivých na obsah soli a pro rostliny s nižšími nároky na živiny. Substrát je charakterizován jako lehký typ pěstebního substrátu s vysokou poutací schopností pro vodu, neslévavostí, nezaplevelenost, nezasolenost, se středně hrubou strukturou (0 – 20 mm) a pH (H₂O) 5,5 – 6,5. Složený je z nejkvalitnější bílé a černé rašeliny, jemného krystalického NPK hnojiva se stopovými prvky a dolomitického vápence. Obsahuje 100 – 250 mg/l N, 100 – 250 mg/l P₂O₅, 150 – 300 mg/l K₂O a 1 g/l soli.

Substrát pro výsev a množení – Agro profi GARDEN CS a.s.

Substrát je vhodný pro klíčení semen, k přepichování mladých rostlin, zakořeňování řízků, předpěstování sadby květin i zeleniny a také k vegetativnímu množení rostlin. Skládá se z rašeliny a písku jemné struktury. Má jemnou strukturu, nízký obsah živin pro rovnoměrné vzcházení semen a zakořeňování řízků. Obsahuje 80 – 100 mg/l N, 60 – 100 mg/l P₂O₅, 100 až 150 mg/l K₂O a 0,5 g/l soli.

Substrát z kompostérů ALKO K390

Substrát byl připraven ze zeleného odpadu z areálu ČZU a z bílé litevské rašeliny v letech 2007 a 2009. Před založením vegetačního pokusu byl 20. 4. 2011 zhomogenizován.

Charakteristika použitých rostlin

Salát hlávkový – jarní a podzimní, polní - (*Lactuca sativa* L. var. *capitata*); odrůda Maraton, výrobce SEMO a. s.

Astra čínská – (*Callistephus chinensis* (L.) NEES.; odrůda Duchesse silvery rose, Výrobce SEMO a.s.

4.1 Použité biologické testy

Respirometrický test dle Nováka et Apfelthaler (1964) a Růžka et al. (2012)

Stanovení uhlíku půdní organické hmoty (C_{org}) dle Růžka et al. (2012)

Objemová hmotnost kompostu

pH (H₂O)

4.1.1 Respirometrický test

Varianty: B, N, NG

Varianta N: Aplikujeme 0,4 mg N /g v 1 ml deionizované vody na povrch přirozeně vlhkého kompostu. Při navážce 4,5 g bylo aplikováno 1,8 mg N-(NH₄)₂SO₄.

Varianta NG: Aplikujeme 0,4 mg N /g a 4 mg C /g v 1 ml deionizované vody na povrch přirozeně vlhkého kompostu. Při navážce 4,5 g bylo aplikováno 1,8 mg N-(NH₄)₂SO₄ a 18 mg C-glukosy.

Do vedlejší polypropylenové nádoby aplikujeme 2,5 ml (1 mol/l NaOH). Polypropylenové nádoby podložíme houbičkou SÖKE v místě výřezu a hermeticky uzavřeme. Vložíme na 20 hodin do termostatu 29 °C. Před titrací 0,1 mol/l HCl přidáme do hydroxidu sodného 2 ml 1 mol/l roztoku BaCl₂ (24,43 g/100 ml) a 5 kapek fenolftaleinu (150 mg/150 ml etylalkoholu).

Parametry biologických testů

Bazální respirace (B)

Při měření bazální respirace za konstantních vlhkostních a teplotních podmínek závisí množství uvolněného CO₂ z půdy pouze na množství a dostupnosti organických látek v půdním vzorku a na schopnosti přítomných organismů je využívat (Šantrůčková, 1993).

Fyziologická využitelnost půdního dusíku (N/B)

Je dána poměrem mezi variantami N a B. Čím je vypočtená hodnota vyšší, tím větší je nedostatek fyziologicky využitelného dusíku. Pokud je v půdě dostatek využitelného dusíku, přidaný dusík již respiraci nezvyšuje a hodnota poměru N/B se blíží jedné.

Stabilita organických látek v půdě (NG/B)

Čím je hodnota vyšší, tím větší je stabilita organických látek. Tato hodnota udává do jaké míry je využívána potenciální schopnost mikroflóry mineralizovat organické látky v porovnání se skutečnou mineralizací (Pokorný et al., 2007). Zralé kvalitní komposty a zahradní substráty mají hodnotu > 10 a orné půdy mají poměr NG/B obvykle 15 – 40 (Růžek et Voříšek, 2010).

4.1.2 Stanovení uhlíku půdní organické hmoty (C_{org})

Běžně (u orných půd) se používá navážka 0,25 g sušiny, ale pro zahradnické substráty je nutno navážku snížit na 0,03 g sušiny vzorku.

Organický uhlík se stanovuje kolorimetricky. Odebrali jsme ekvivalent odpovídající 0,03g sušiny vzorku, byl dán do Erlenmeyerovy baňky. Přidávali jsme 2 ml 0,34 mol/l $K_2Cr_2O_7$. Dále byly injekční stříkačkou aplikovány 2 ml koncentrované kyseliny sírové (96 %). Následovalo ošetření mikrovlnným zářením (1 000 J/ ml) = (600 W; 60 sekund; 36 ml). Po vychladnutí byla suspenze naředěna 20 ml deionizované vody. Po sedimentaci (přes noc) bylo 5 ml čiré směsi odebráno injekční stříkačkou, naředěno dalšími 20 ml deionizované vody. Obsah C_{org} byl měřen při vlnové délce 590 nm na spektrálním fotometru (Růžek et al., 2012). Byl použit spektrální fotometr Spekol 221 (Carl Zeiss Jena).

4.1.3 Objemová hmotnost kompostu

Je to hmotnost objemové jednotky půdy v neporušeném stavu, tj. s póry vyplněnými momentálním obsahem vody a vzduchu. Její hodnota je závislá na měrné hmotnosti, na podílu pórů v půdě a míře jejich zaplnění vodou. Je to hodnota nestálá, která se mění během roku v závislosti na vlhkostních poměrech v půdě (Pokorný et al., 2007). Vyjadřuje hustotu uložení půdních částic a vypovídá o stupni zkeypření či utužení půdní vrstvy (Hůla et al., 2008). Závisí na půdních vlastnostech, jako je zrnitost, struktura, vlhkost a pórovitost. Je důležitým parametrem pro hodnocení míry zhutnění (Bičík et al., 2009). Na zjištění objemové hmotnosti byl použit válec o objemu 1 litr, který se po naplnění vážil na vahách Mettler Toledo BD 202.

4.1.4 pH (H_2O)

Půdní reakce se označuje číslem pH, které je záporným logaritmem koncentrace vodíkových iontů. Prakticky se pH půdy stanovuje jako výměnné nebo aktivní. Výměnné pH charakterizuje ionty vázané sorpčním komplexem a stanoví se výluhem neutrálních solí (KCl , $CaCl_2$), označuje se jako pH/ KCl , pH/ $CaCl_2$. Aktivní pH je pH půdního roztoku a stanoví se vodním výluhem. Označuje se jako pH/ H_2O (Bičík et al., 2009). Měření pH se provádělo pH metrem značky Piccolo by Hanna HI 1290 a bylo použito pH/ H_2O .

Tabulka č. 1: Hodnocení půd podle Vyhlášky č. 477/2000 Sb.

Rozpětí pH	Označení
do 4,5	extrémně kyselá
4,6 – 5,0	silně kyselá
5,1 – 5,5	kyselá
5,6 – 6,5	slabě kyselá
6,6 – 7,2	neutrální
7,3 – 7,7	alkalická
nad 7,7	silně alkalická

5 Výsledky

Vzorky pro rozbor substrátu z kompostérů byly odebírány 10. 8. 2011, 29. 9. 2011, 6. 10. 2011 a 17. 10. 2011. Měření vzorků se prováděla se čtyřmi opakováními pro větší přesnost. Opakování je v textu označeno jako A, B, C a D.

5.1 Mikrobiologické charakteristiky

5.1.1 Respirometrický test

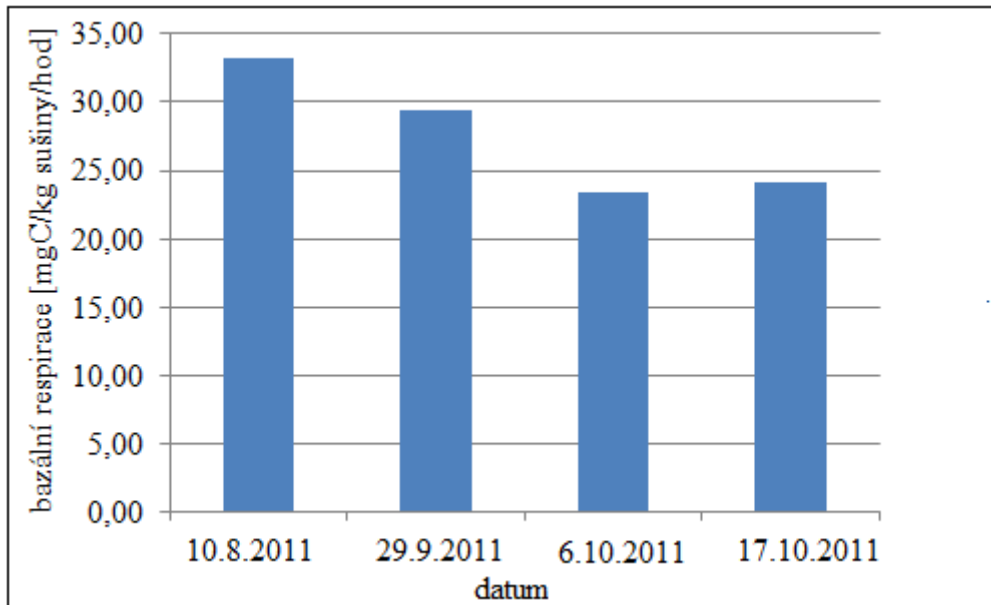
Tabulka č. 2: Výsledky respirometrického testu

	BR	NR/BR	NGR/BR	NR	NGR
10. 8. 2011	33,23	1,02	7,13	33,97	237,04
29. 9. 2011	29,43	1,18	8,25	34,58	242,81
6. 10. 2011	23,35	1,13	10,44	26,27	243,75
17. 10. 2011	24,14	1,00	10,31	24,14	248,89

[mgC/kg sušiny/hod]

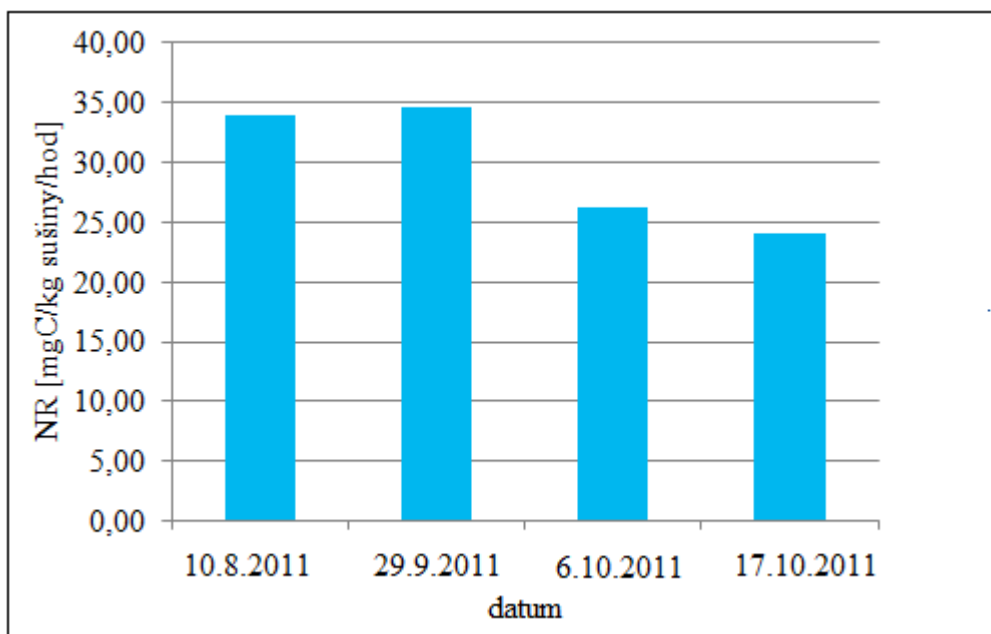
Hodnota fyziologické využitelnosti půdního dusíku (NR/BR) byla u všech vzorků okolo 1,00. Dusíku bylo v půdě dostatek a nemusel se do půdy přidávat. Stabilita organické hmoty v kompostu (NGR/BR) se postupně zvyšovala.

Graf č. 1: Srovnání hodnot bazální respirace – BR



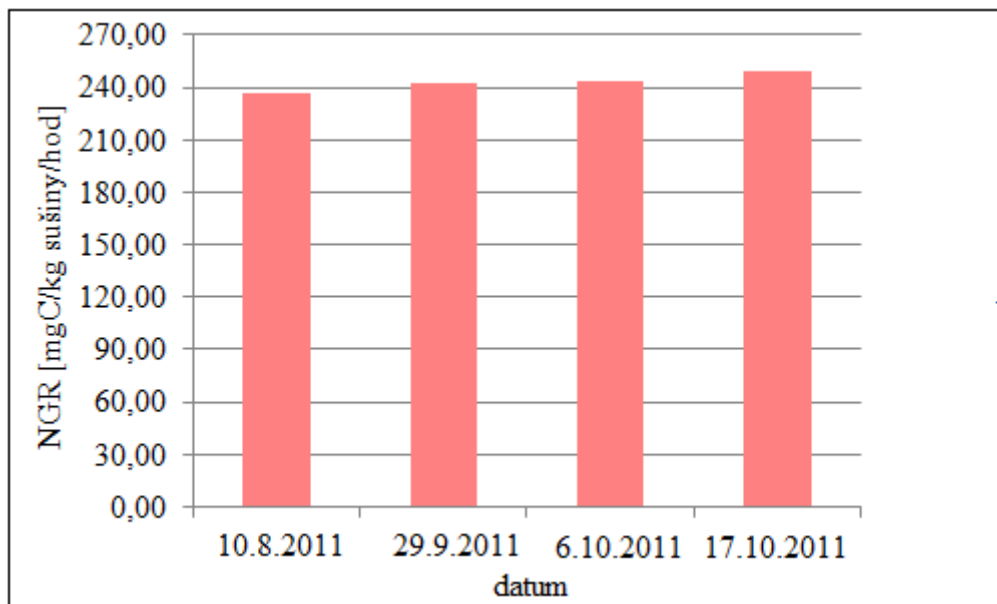
V průběhu času poklesla bazální respirace. Při posledním odběru byla hodnota nepatrně zvýšena. Mezi prvním a třetím měření byla bazální respirace téměř o 10 mgC/kg sušiny/hod nižší.

Graf č. 2: Srovnání hodnot NR



U prvních dvou odběrů byly naměřené hodnoty velmi podobné a v průběhu času poklesly na 26,27 a 24,14 mgC/kg sušiny/hod.

Graf č. 3: Srovnání hodnot NGR



U všech vzorků byly naměřené hodnoty vyrovnané, okolo 240,00 mgC/kg sušiny/hod.

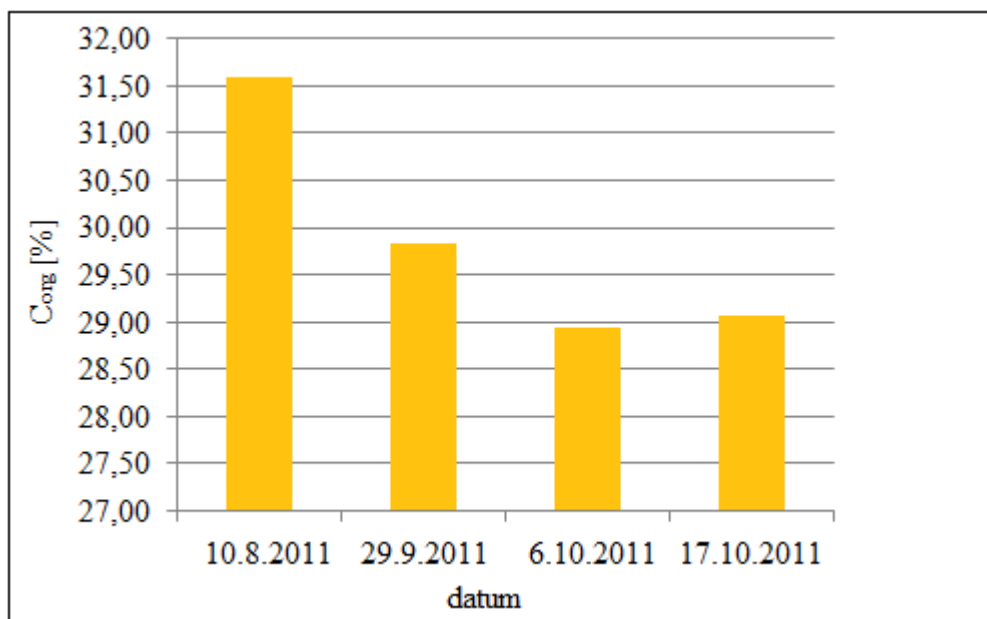
5.1.2 Stanovení uhlíku půdní organické hmoty (C_{org})

Tabulka č. 3: Výsledky měření C_{org}

	A	B	C	D	Průměr
10. 8. 2011	32,88	32,05	29,91	31,50	31,59
29. 9. 2011	27,12	31,33	33,47	27,42	29,84
6. 10. 2011	28,91	24,94	32,83	29,08	28,94
17. 10. 2011	28,84	29,47	30,61	27,36	29,07

[%]

Graf č. 4: Srovnání průměrných naměřených hodnot C_{org}



Uhlík půdní organické hmoty mezi prvním a třetím měření v průměru klesl až o 2,65 %. Při posledním měření nepatrně vzrostl na průměrnou hodnotu 29,07 %.

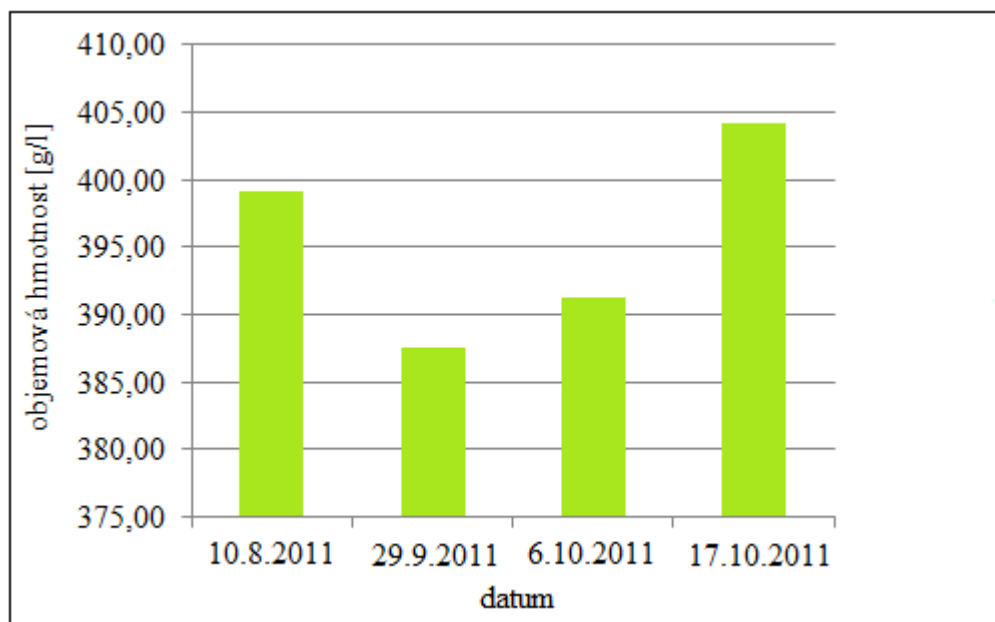
5.1.3 Objemová hmotnost kompostu

Tabulka č. 4: Výsledky měření objemové hmotnosti

	A	B	C	D	Průměr
10. 8. 2011	409,30	389,40	396,30	401,40	399,10
29. 9. 2011	382,30	390,60	387,30	389,90	387,53
6. 10. 2011	388,20	381,80	395,40	399,60	391,25
17. 10. 2011	403,70	405,60	413,70	393,50	404,13

[g/l]

Graf č. 5: Srovnání průměrné objemové hmotnosti substrátu



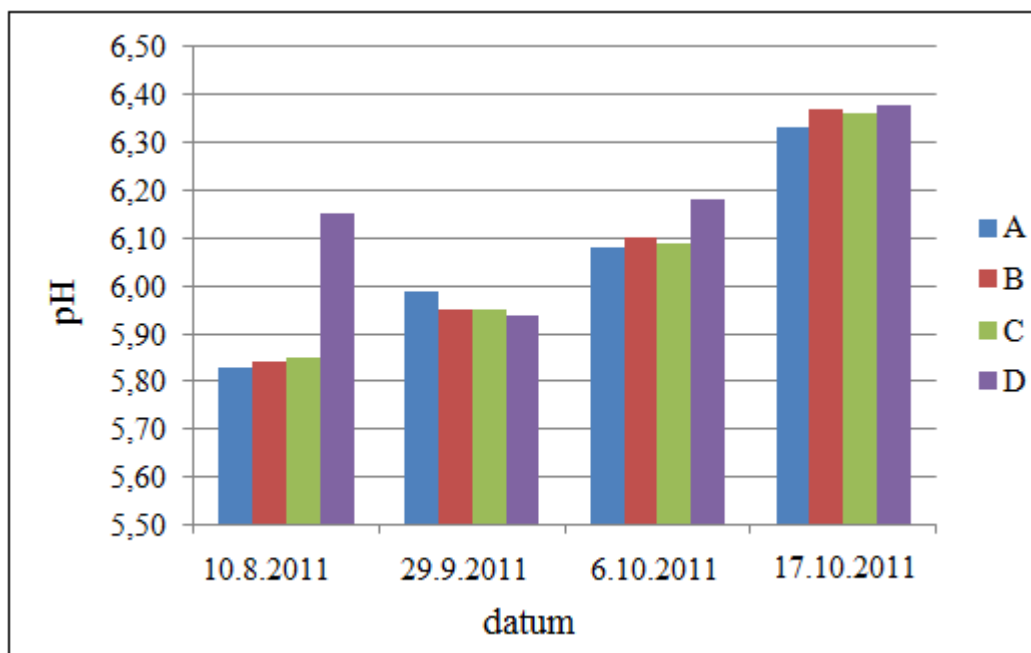
Po vložení kompozit 29.9.2011 průměrná hodnota objemové hmotnosti vzrostla. Největší hodnota byla naměřena po vyndání kompozit z kompostéru, která byla v kompostéru 18 dní.

5.1.4 pH (H₂O)

Tabulka č. 5: Výsledky měření pH

	A	B	C	D
10. 8. 2011	5,83	5,84	5,85	6,15
29. 9. 2011	5,99	5,95	5,95	5,94
6. 10. 2011	6,08	6,1	6,09	6,18
17. 10. 2011	6,33	6,37	6,36	6,38

Graf č. 6: Srovnání naměřených hodnot pH



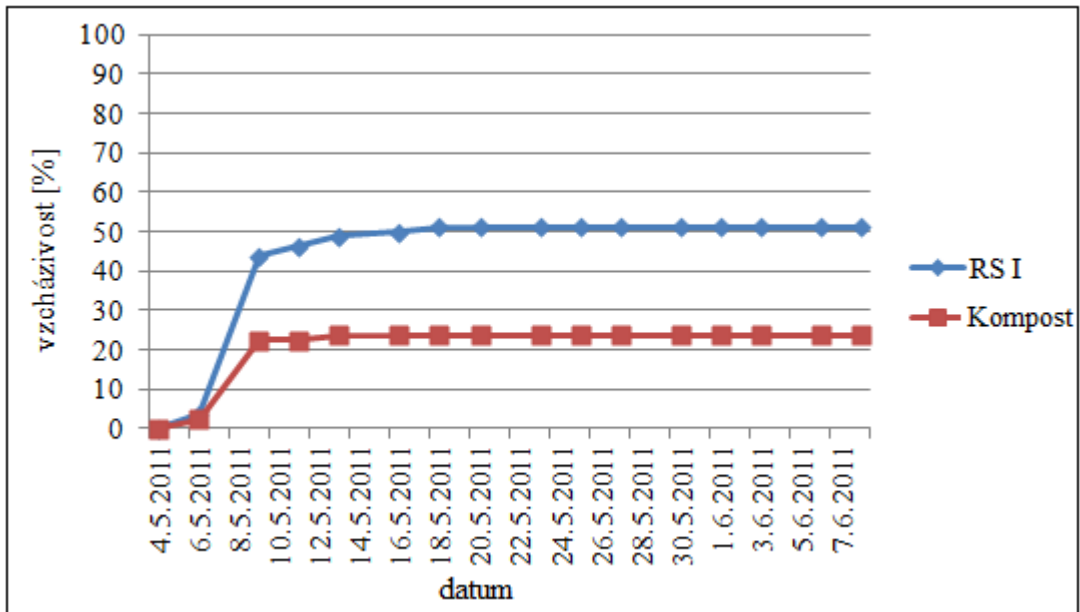
Ve všech případech byla hodnota pH slabě kyselá, postupně rostla. Před vložení kompozit byla hodnota pH menší o 0,4. Z toho důvodu se do kompostu přidával dolomitycký vápenec a Kristalon Start k úpravě pH.

5.2 Pěstební charakteristiky

5.2.1 Vzcházivost salátu hlávkového a astry čínské

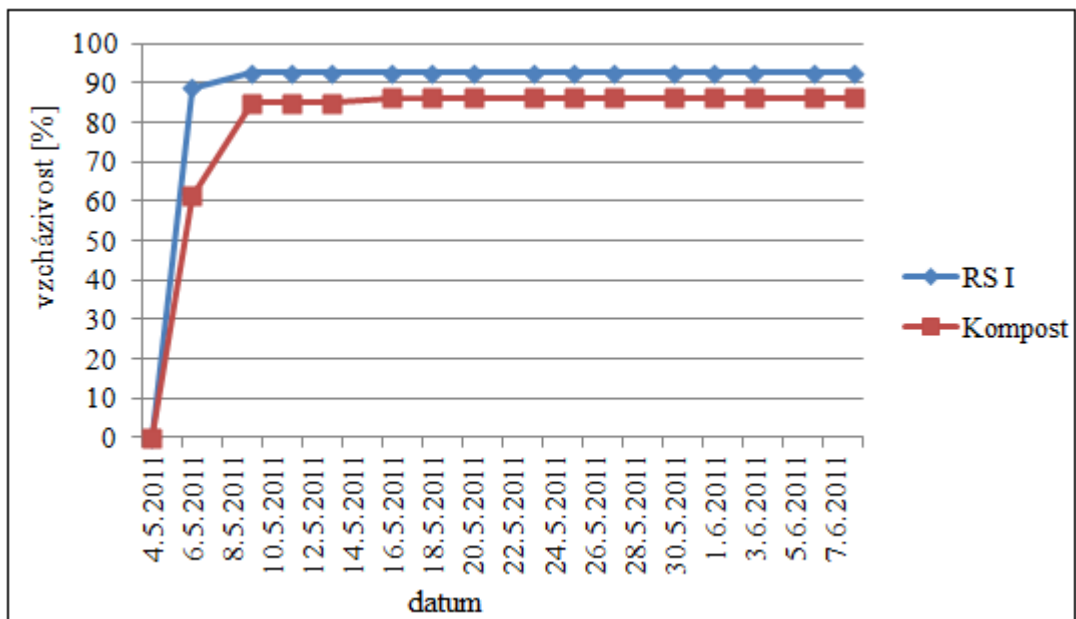
Druhou částí hodnocení je hodnocení vzcházivosti salátu hlávkového a astry čínské při jarním a letním výsevu. Naměřená data jsou v příloze č. 1. a 2.

Graf č. 7: Vzházivost Astry čínské – jarní výsev



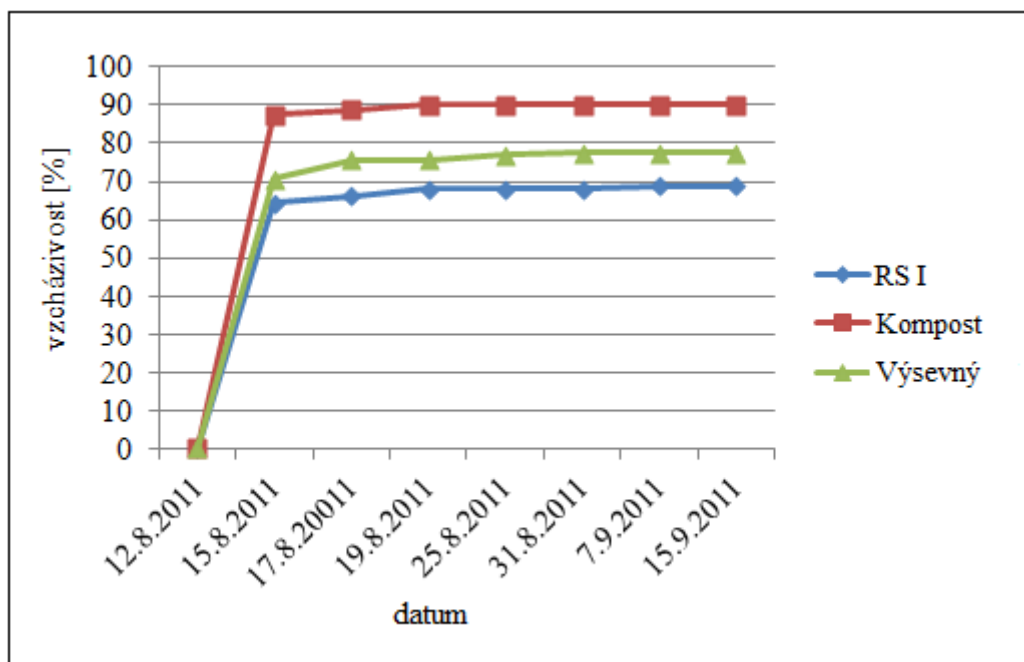
RS I - pěstební rašelinný substrát RS I, Kompost - substrát z kompostérů

Graf č. 8: Vzházivost salátu hlávkového - jarní výsev



RS I - pěstební rašelinný substrát RS I, Kompost - substrát z kompostérů

Graf č. 9: Vzházivost salátu hlávkového – letní výsev



RS I - pěstební rašelinný substrát RS I, Kompost - substrát z kompostérů, Výsevní - substrát pro výsev a množení

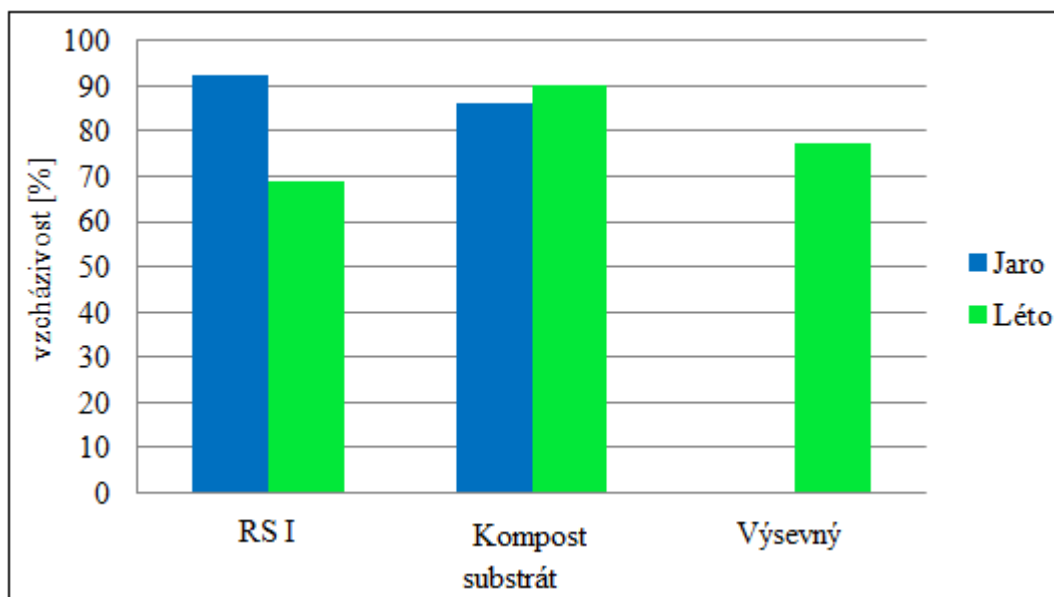
Procentuální porovnání vzházivosti u astry čínské a u salátu hlávkového:

Tabulka č. 6: Procento vzházivosti astry čínské a salátu hlávkového

Substrát	Jaro astra čínská	Jaro salát hlávkový	Léto salát hlávkový
RS I	51,25	92,50	68,75
Kompost	23,75	86,36	90,00
Výsevní	-	-	77,50

RS I - pěstební rašelinný substrát RS I, Kompost - substrát z kompostérů, Výsevní - substrát pro výsev a množení

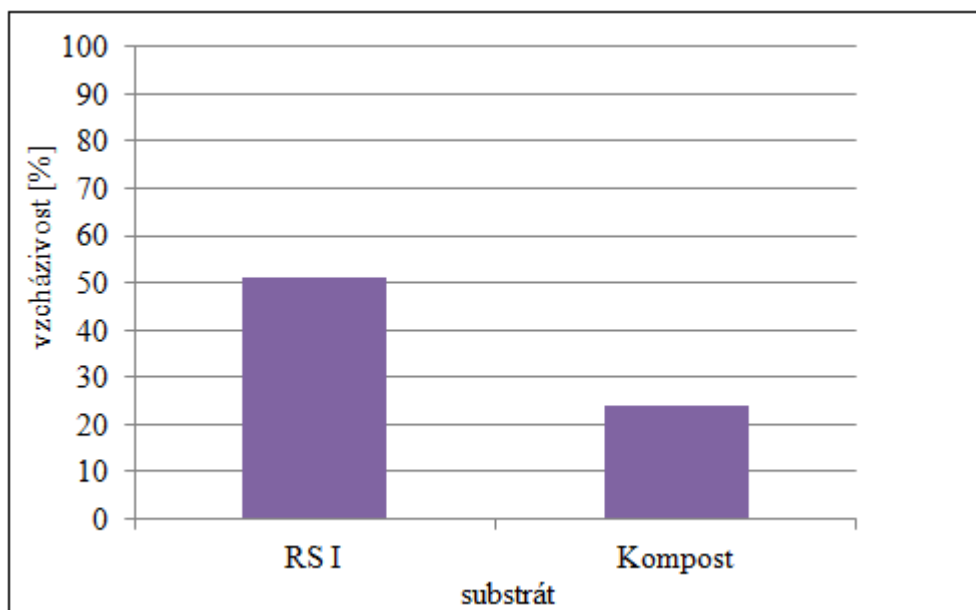
Graf č. 10: Procento vzcházivosti salátu hlávkového



RS I - pěstební rašelinný substrát RS I, Kompost - substrát z kompostérů, Výsevný - substrát pro výsev a množení

Salát hlávkový měl dobrou vzcházivost. Při jarním výsevu na pěstebním rašelinném substrátu RS I měl přes 90 % a na substrátu z kompostérů o něco méně, necelých 90 %. Při letním výsevu měl salát hlávkový na substrátu z kompostérů 90 % vzcházivost, téměř o 29 % větší než na pěstebním rašelinném substrátu RS I. Při letním výsevu byl přidán substrát pro výsev a množení a na tom měl salát hlávkový 77,5 % vzcházivost, což bylo něco mezi pěstebním rašelinným substrátem RS I a substrátem z kompostérů. Zde je vidět, že kompozita na klíčivost neměla průkazný vliv.

Graf č. 11: Procento vzcházivosti astry čínské



RS I - pěstební rašelinný substrát RS I, Kompost - substrát z kompostérů

Astra čínská měla velmi nízkou vzcházivost. Na substrátu z kompostérů měla necelých 24 % a na pěstebním rašelinném substrátu RS I téměř 52 %. S porovnáním se salátem hlávkovým měla astra čínská podstatně nižší vzcházivost.

5.2.2 Parametry salátu hlávkového a astry čínské

Poslední částí jsou naměřené hodnoty u salátu hlávkového a astry čínské: výška rostlin, průměr kořenového krčku, hmotnost listů, hmotnost kořenů a celkový počet listů. Grafické vyhodnocení je v příloze č. 3. – 22.

Tabulka č. 7: Statistické vyhodnocení naměřených parametrů u astry čínské a salátu hlávkového – jarní výsev

Rostlina	Substrát	Průměr kořenového krčku [mm]	Průměrná výška rostliny [mm]	Průměrná hmotnost listů [g]	Průměrná hmotnost kořenů [g]	Průměrný počet listů
astra čínská	Substrát z kompostérů	1,900 ^a	93,103 ^a	0,981 ^a	0,310 ^a	10,526 ^a
	Pěstební rašelinný substrát RS I	2,052 ^b	95,138 ^a	1,220 ^b	0,594 ^b	10,375 ^a
salát hlávkový	Substrát z kompostérů	2,477 ^a	48,905 ^a	0,949 ^a	0,338 ^a	9,250 ^a
	Pěstební rašelinný substrát RS I	3,408 ^b	75,310 ^b	1,61 ^b	0,436 ^b	9,450 ^a

($P < 0,05$), rozdílná písmena značí statisticky významný rozdíl.

U astry čínské pěstované na substrátu z kompostérů a na pěstebním rašelinném substrátu RS I měla statisticky neprůkazně odlišnou průměrnou výšku rostliny a průměrný počet listů. Statisticky průkazné byly u astry čínské průměr kořenového krčku, průměrná hmotnost listů a hmotnost kořenů. Salát hlávkový pěstovaný na substrátu z kompostérů a na pěstebním rašelinném substrátu RS I měl statisticky neprůkazně odlišný průměrný počet listů. Ostatní hodnoty u salátu hlávkového byly statisticky průkazné.

Tabulka č. 8: Statistické vyhodnocení naměřených parametrů u salátu hlávkového – letní výsev

Substrát	Průměr kořenového krčku [mm]	Průměrná výška rostliny [mm]	Průměrná hmotnost listů [g]	Průměrná hmotnost kořenů [g]	Průměrný počet listů
Substrát z kompostérů	3,252 ^b	112,789 ^c	2,746 ^c	0,559 ^c	11,575 ^a
Pěstební rašelinný substrát RS I	3,15 ^{a,b}	89,558 ^b	2,277 ^b	0,510 ^b	11,300 ^a
Substrát pro výsev a množení	2,934 ^a	77,946 ^a	1,274 ^a	0,442 ^a	9,375 ^b

($P < 0,05$), rozdílná písmena značí statisticky významný rozdíl.

Rozdíl mezi průměrnou výškou rostliny, hmotností listů a hmotností kořenů byl statisticky průkazně odlišný. Statisticky neprůkazný vliv substrátů byl zaznamenán u průměru kořenového krčku. Statisticky neprůkazně odlišný byl mezi substrátem z kompostérů a pěstebním rašelinným substrátem RS I počet listů.

Tabulka č. 9: Statistické vyhodnocení naměřených parametrů u salátu hlávkového - jarní a letní výsev

Termín	Substrát	Průměr kořenového krčku [mm]	Průměrná výška rostliny [mm]	Průměrná hmotnost listů [g]	Průměrná hmotnost kořenů [g]	Průměrný počet listů
Jaro	Substrát z kompostérů	2,477 ^c	48,905 ^a	0,949 ^a	0,337 ^a	9,250 ^a
Jaro	Pěstební rašelinný substrát RS I	3,408 ^b	75,310 ^b	1,611 ^b	0,436 ^b	9,450 ^a
Léto	Substrát z kompostérů	3,252 ^{a,b}	112,789 ^d	2,746 ^d	0,559 ^d	11,575 ^b
Léto	Pěstební rašelinný substrát RS I	3,151 ^a	89,558 ^c	2,277 ^c	0,510 ^c	11,300 ^b

($P < 0,05$), rozdílná písmena značí statisticky významný rozdíl.

Průměrná výška rostliny, hmotnost listů a hmotnost kořenů u salátu hlávkového byly statisticky průkazně odlišné. Statisticky neprůkazně odlišný byl průměr kořenového krčku na pěstebním rašelinném substrátu RS I (jaro) a substrátu z kompostérů (léto).

6 Diskuse

Průměrná objemová hmotnost odebraných vzorků byla 395,50 g/l. Největší hodnota byla naměřena u posledního odběru ze dne 17. 10. 2011 (po 18 dnech), který měl až 413,70 g/l a nejmenší objemová hmotnost byla 381,80 g/l u vzorku ze dne 6. 10. 2011 (po 7 dnech). Šárka et al. (2011) uvádí ve své studii parametry objemové hmotnosti kvalitního substrátu 240 – 400 g/l. V porovnání s kvalitním substrátem byla průměrná objemová hmotnost substrátu z kompostérů dobrá. Sánka et Materna (2004) uvádějí u orné půdy průměrnou objemovou hmotnost 1,46 t/m³. Růžek et al. (2011) uvádí u substrátu A, kde byl použit B-škrob s PCL a EVA hodnotu objemové hmotnosti 378,5 ± 21,1 g/l a u substrátu B, kde byla použita část substrátu A a zbytky B-škrobu a PCL 468,6 ± 23,3 g/l. Šárka et al. (2011) ve své studii použili kompozita ze škrobu a PCL, u kterých objemová hmotnost po 63 dnech byla 417 ± 13 g/l, po dalších 63 dnech 392 ± 9 g/l a po 189 dnech 422 ± 16 g/l. Substrátu z kompostérů byl velmi podobný porovnávaným substrátům.

Další podobnou studií se zabývali Roy et al. (2010), kteří uvedli kompost složený z 50 % trávy a 50 % listí, jako středně lehký s objemovou hmotností 685 kg/m³, u kompostu složeného ze 40 % trávy, 40 % listí a 20 % chlévské mrvy, jako těžký s objemovou hmotností 798,1 kg/m³ a u kompostu z 33 % trávy, 33 % listí a 33 % slámy, jako lehký kompost s objemovou hmotností 510 kg/m³.

V prezentované studii byla průměrná bazální respirace odebraných vzorků 27,54 mgC/kg sušiny/hod. V porovnání s kvalitním substrátem Profi RM (Agro CS, a.s.) Šárky et al. (2011), kteří uvádějí < 34 mgC/hod/kg sušiny se substrát z kompostérů vešel do limitu. Největší naměřenou hodnotou bylo 33,23 mgC/kg sušiny/hod a nejmenší 23,35 mgC/kg sušiny/hod. Při porovnání hodnot substrátu z kompostérů a substrátu Šárka et al. (2011) se škrobem a PCL, kteří měli velmi nízkou hodnotu u substrátu po 63 dnech (5,2 mgC/hod/kg sušiny) a vysokou hodnotu po 126 dnech (40,15 mgC/hod/kg sušiny), měl substrát z kompostérů vyrovnanější bazální respiraci. Nejvíce podobné substrátu z kompostérů bylo 26,3 mgC/hod/kg sušiny po 189 dnech.

Pokorný et al. (2007) zjistili, že pokud je v půdě dostatek využitelného dusíku, přidaný dusík již respiraci nevyžaduje a hodnota poměru N/B se blíží 1,00. Substrát z kompostérů měl hodnotu N/B velmi vyrovnanou, průměrná naměřená hodnota byla 1,08. Šárka et al. (2011) měli průměrnou hodnotu NR/BR substrátu 1,16, což bylo srovnatelné se substrátem z kompostérů.

Šárka et al. (2011) uvádí u stability organických látek v půdě hodnotu kvalitního substrátu $> 10,00$. Dle tohoto byly vzorky substrátu z kompostérů ze dne 10. 8. 2011 a 29. 9. 2011 pod průměrné s hodnotou 7,13 a 8,25. A vzorky substrátu z kompostérů ze dne 6. 10. 2011 a 17. 10. 2011 měly 10,44 a 10,31. Pokorný et al. (2007) uvádí, že čím je hodnota NG/B vyšší, tím větší je stabilita organických látek. Dle parametrů Pokorného et al (2007) měl substrát z kompostérů největší stabilitu organických látek u vzorku odebraného 6. 10. 2011 s hodnotou 10,44. V porovnání se studií Šárky et al. (2011), kteří uvádějí u substrátu hodnotu NG/B až 29,24, byly hodnoty substrátu z kompostérů nízké.

Průměrná hodnota uhlíku půdní organické hmoty u substrátu z kompostérů byla 30,2 %. Šárka et al. (2011) uvádí u kvalitního substrátu více jak 28 % uhlíku půdní organické hmoty. Při srovnání substrátu z kompostérů a substrátu Šárky et al. (2011) byly naše naměřené hodnoty velmi podobné. Průměrné hodnoty u substrátu z kompostérů byly 32,9 %, 29,8 %, 28,9 % a 29,1 %. Šárka et al. (2011) uvádí průměrné hodnoty 28,0 %, 26,2 %, 29,5 % a 30,7 %. Velmi podobné hodnoty substrátu z kompostérů měli Růžek et al. (2011), kteří uvádějí jako průměrné hodnoty 26,9 % a 31,6 %.

Šárka et al. (2011) uvádí průměrnou hodnotu pH od 5,4 do 6,4. V tomto rozmezí jsou splněny všechny fyziologické požadavky většiny rostlin a mikroorganismů. Půdní reakce substrátu z kompostérů byly slabě kyselé. Pohybovala se v rozmezí od 5,83 do 6,38, pH pomalu rostlo. Růžek et al. (2011) uvádí ve své studii u substrátu A a B vzrůstající pH z 5,72 na 6,34 a Šárka et al. (2011) také uvádějí u naměřených hodnot vzrůstající pH, po 189 dnech dosáhlo pH hodnoty až 6,91. Pro všechny uvedené substráty bylo stejné pomalu se zvyšující pH. Na úpravu pH byl do kompostu přidáván Kristalon Start a dolomitický vápenec.

Podle Koudeli et Svozilové (2009) je vhodná půdní reakce pro zeleninu v rozmezí od 6 do 7,5. Rozmezí vhodného pH pro zeleninu ovlivňuje půdní druh. Substrát z kompostérů s hodnotou 5,83 do 6,38 byl vhodný pro pěstování salátu hlávkového.

Pro porovnání statistických parametrů salátu hlávkového a astry čínské byla použita studii Růžka et al. (2011), kteří pěstovali rostliny na substrátu A, B a na kontrolním substrátu Profi RM (Agro CS, a.s.). Do substrátu A byla vkládána kompozita z B-škrobu s PCL a EVA a substrát B byl složen z části substrátu A, zbytky B-škrobu a PCL. Astra čínská měla na substrátu z kompostérů průměrnou výšku nadzemní části rostliny 93,103 mm, což bylo o 9,503 mm více v porovnání s Růžkem et al. (2011), kteří uvádí u substrátu B 83,6 mm a o 48,103 mm více oproti substrátu A, u kterého uváděli 45,0 mm. Když byl porovnán pěstební rašelinný substrát RS I, který byl použit v naší studii jako kontrolní substrát, se substrátem Profi RM, který použili jako kontrolní substrát Růžek et al. (2011). U astry čínské měl pěstební rašelinný substrát RS I vyšší naměřené hodnoty u kořenového krčku, výšky nadzemní části rostliny a celkového počtu listů.

Při porovnání kontrolních vzorků pěstebního rašelinného substrátu RS I a substrátu pro výsev a množení, které byly použity při našem pokusu a substrát Profi RM (Agro CS, a.s.), který použili Růžek et al. (2011) ve své studii jako kontrolní substrát. Vyšší naměřené hodnoty u salátu hlávkového byly u našeho pokusu. Když porovnáme pouze pěstební rašelinný substrát RS I a substrát pro výsev a množení, větší naměřené hodnoty měl salát hlávkový u všech parametrů na pěstebním rašelinném substrátu RS I. Při porovnání substrátu z kompostérů u jarního a letního výsevu salátu hlávkového, byl ve všech naměřených parametrech lepší salát hlávkový vysetý v létě. Při porovnání salátu hlávkového (letní výsev) s Růžkem et al. (2011), měl substrát z kompostérů vyšší naměřené hodnoty u kořenového krčku, hmotnosti listů, hmotnosti kořenů a celkového počtu listů. Růžek et al. (2011) uvádějí u substrátu A výšku nadzemní části rostliny 117,6 mm, což bylo o 5 mm více než u našeho substrátu z kompostérů v letním výsevu.

7 Závěr

Založení pokusu začalo zhomogenizováním kompostu. Do kompostu se opakovaně vkládala kompozita ze škrobu a maltodextrinů. Škrob a maltodextrin je druh polysacharidu. Po vyndání kompozit se odebral substrát na mikrobiologický rozbor. Hodnotilo se pH, objemová hmotnost substrátu, uhlík půdní organické hmoty a provedl se respirometrický test. Na substrátu se pěstoval salát hlávkový a astra čínská, u kterých se měřil průměr kořenového krčku, výška rostliny, celkový počet listů, hmotnost listů a kořenů. Rostliny se zároveň pěstovaly na kontrolním pěstebním rašelinném substrátu RS I a substrátu pro výsev a množení od společnosti Agro CS a.s. Astra čínská a salát hlávkový se vysévali na jaře, salát hlávkový se vyséval ještě v létě.

Objemová hmotnost půdy u kvalitního substrátu by měla být mezi 240 až 400 g/l. Substrát z kompostérů měl průměrné hodnoty něco málo pod 400 g/l. Půdní reakce substrátu se postupně zvyšovala z 5,83 až na 6,38. Ve srovnání s podobnými studii, docházelo také ke zvyšování pH. Pro úpravu zvýšeného pH byl do kompostu přidáván Kristalon Start a dolomitický vápenec. Fyziologická využitelnost půdního dusíku by se měla přibližovat 1,00. Substrát z kompostérů měl průměrnou hodnotu 1,08. To znamená, že dusíku bylo v půdě dostatek a nemusel se do půdy přidávat. Stabilita organické hmoty u substrátu z kompostérů se postupně zvyšovala. Bazální respirace u kvalitního substrátu by měla být pod 37,00 mgC/h/kg sušiny. U substrátu z kompostérů docházelo ke snižování bazální respirace z 33,23 mgC/h/kg sušiny na 24,14 mgC/h/kg sušiny.

Astra čínská měla na substrátu z kompostérů vzcházivost necelých 30 % a na kontrolním pěstebním rašelinném substrátu RS I 50 %. Salát hlávkový na tom byl mnohem lépe. Na substrátu z kompostérů měl na jaře vzcházivost necelých 90 % a v létě měl 90 %. U pěstebního rašelinného substrátu RS I měl na jaře přes 90 % a v létě necelých 70 % a u substrátu pro výsev a množení měl 77,50 %.

Vyhodnocením výsledků jsem došla k závěru, že substrát z kompostérů měl průměrné hodnoty a kompozita nemají průkazný vliv na růst rostlin. Hypotéza diplomové práce: Mikrobiologické parametry substrátu a vegetační zkoušky s plodinami citlivými na fytotoxické látky nebudou biodegradací ovlivněny, byla prokázána.

8 Použitá literatura

- 1) Bandyopadhyay-Ghosh, S., Jeng, R., Mukherjee, J., Sain, M. 2010. In Vitro Cytotoxicity of Amylose-Based Bioplastic for Packaging Applications. *Journal of Polymers and the Environment*. 18 (3). 231 – 234.
- 2) Bičík, I., Hauptman, I., Kukul, Z., Pošmourný, K., Cibulka, J. 2009. *Půda v České republice*. Consult. Praha. 250 s. ISBN: 80-903482-4-6.
- 3) Briassoulis, D., Dejean, C. 2010. Critical Review of Norms and Standards for Biodegradable Agricultural Plastics Part I (TM). *Biodegradation in Soil*. *Journal of Polymers and the Environment*. 18 (3). 384 – 400.
- 4) Briassoulis, D., Dejean, C., Picuno, P. 2010. Critical Review of Norms and Standards for Biodegradable Agricultural Plastics Part II: Composting. *Journal of Polymers and the Environment*. 18 (3). 364 – 383.
- 5) Černý, M., Trnka, T., Buděšínský, M. 2010. *Sacharidy*. Česká společnost chemická. Praha. 184 s. ISBN: 978-80-86238-81-4.
- 6) Čopíková, J. 1997. *Chemie a analytika sacharidů*. VŠCHT. Praha. 104 s. ISBN: 80-7080-306-1.
- 7) ČSN EN 13432. *Obaly – Požadavky na obaly využitelné ke kompostování a biodegradaci – Zkušební schéma a kritéria hodnocení pro konečné přijetí obalu*. 2001. Český normalizační institut. Praha. 24s.
- 8) Ducháček, V. 2006. *Polymery – výroba, vlastnosti, zpracování, použití*. VŠCHT. Praha. 278 s. ISBN: 80-7080-617-6.
- 9) Gonçalves, S. P. C., Martins-Franchetti, S. M. 2010. Action of soil microorganisms on PCL and PHBV blend and films. *Journal of Polymers ant the Environment*. 18 (4). 714 – 719.
- 10) Hůla, J., Procházková, B., (eds.). 2008. *Minimalizace zpracování půdy*. Profí Press. Praha. 246 s. ISBN: 978-80-86726-28-1.
- 11) Chandra, R., Rustgi, R. 1998. Biodegradable polymers. *Polymer Science*. 23 (7). 1273 - 1335.
- 12) Chaudhary, D. S., Gupta, R. K. 2010. Nano-morphological modification of amylose biopolymer with hydrocolloids for low humidity and thin film applications. *Journal of Polymer Engineering*. 30 (5-7). 413 – 428.

- 13) Jyothi, A. N. 2010. Starch Graft Copolymers: Novel Applications in Industry. *Composite Interfaces*. 17 (2 – 3). 165 – 174.
- 14) Kale, G., Kijchavengkul, T., Auras, R., Rubino, M., Selke, S. E., Singh, S. P. 2007. Compostability of bioplastic packaging materials: An overview. *Macromolecular Bioscience*. 7 (3). 255 – 277.
- 15) Kalina, M. 2004. *Kompostování a péče o půdu*. Grada Publishing a.s. Praha. 116 s. ISBN: 80-247-0907-4.
- 16) Kodet, J., Babor, K. 1991. *Modifikované škroby, dextriny a lepidla*. SNTL – Nakladatelství technické literatury. Praha. 326 s. ISBN: 80-03-00554-X.
- 17) Konvalina, P., Holcová, V. 2006. *Škrob: nepotravinářské využití v průmyslové výrobě*. Výzkumný ústav zemědělské ekonomie a Jihočeská universita. 8 s.
- 18) Koudela, M., Svozilová, L. 2009. *Základy ekologické produkce zeleniny*. [CD-ROM]. ISBN: 978-80-213-2150-2.
- 19) Leja, K., Lewandowicz, G. 2010. Polymer Biodegradation and Biodegradable Polymers a Review. *Polish Journal of Environmental Studies*. 19 (2). 255 – 266.
- 20) Machek, V., Sodomka, J. 2008. *Polymery a kompozita s polymerní matricí*. ČVUT. Praha. 86 s. ISBN: 978-80-01-03927-4.
- 21) McMurry, J. 2007. *Organická chemie*. VŠCHT. Praha. 1260. ISBN: 978-80-7080-637-1.
- 22) Nath, D. C. D., Bandyopadhyay, S., Boughton, P., Yu, A. B., Blackburn, D., White, C. 2010. Chemically modified fly ash for fabricating super-strong biodegradable poly(vinyl alcohol) composite films. *Journal of Materials Science*. 45 (10). 2625 – 2632 .
- 23) Novák, B., Apfelthaler, R. 1964. A contribution to method of determining respiration as an indicator of microbiological processes in soil. *Rostlinná výroba*. 10. 145 – 150.
- 24) Pokorný, E., Šarapota, B., Hejátková, K. 2007. *Hodnocení kvality půdy v ekologicky hospodařícím podniku*. ZERA . Náměšť nad Oslavou. 28 s. ISBN: 80-903548-5-8.
- 25) Reddy, M. M., Gupta, R. K., Gupta, R. K., Bhattacharya, S. N., Parthasarathy, R. 2008. Abiotic Oxidation Studies of Oxo-biodegradable Polyethylene. *Journal of Polymers and the Environment*. 16 (1). 27 – 34.
- 26) Richards, E., Rizva, R., Chow, A., Naguib, H. 2008. Biodegradable Composite Foams of PLA and PHBV Using Subcritical CO₂. *Journal of Polymers ant the Environment*. 16 (4). 258 – 266.

- 27) Rong, Y., Sillick, M., Gregson, C. M. 2009. Determination of Dextrose Equivalent Value and Number Average Molecular Weight of Maltodextrin by Osmometry. *Journal of Food Science*. 74 (1). 33 – 40.
- 28) Roy, A., Laurik, S., Plíva, P. 2010. Výroba kompostu s různou objemovou hmotností. *Metodika pro praxi VÚZT*. Praha – Ruzyně. 20s.
- 29) Ruiz, H. V., Martinez, E. S., Mendez, M. A. A. 2011. Biodegradability of polyethylene-starch blends prepared by extrusion and molded by injection: Evaluated by response surface methodology. *Starch – Starke*. 63 (1). 42 – 51.
- 30) Růžek, L., Růžková, M., Šárka, E., Kruliš, Z., Koudela, M., Ledvina, Š. 2011. Kvalita substrátu po biodegradaci kompozit se škrobem, PCL a EVA. *Odpadové fórum. Konference Kouty nad Desnou*.
- 31) Růžek, L., Růžková, M., Voříšek, K., Vráblíková, J., Vráblík, P. 2012. Slit seeded grass-legume mixture improves coal mine reclamation. *Plant, Soil and Environment*. 58 (2). 68-75.
- 32) Růžek, L., Voříšek, K. 2010. *Pedobiologie a mikrobiologie*. Powerprint. Praha. 184 s. ISBN: 978-80-213-2126-7.
- 33) Sářka, M., Materna, J. 2004. *Indikátor kvality zemědělských a lesních půd ČR. Planeta 2004. Ministerstvo životního prostředí*. Praha. 12 (11).
- 34) Sbírká zákonů č. 477/2000. Vyhláška Ministerstva zemědělství, kterou se mění vyhláška Ministerstva zemědělství č. 275/1998 Sb., o agronomickém zkoušení zemědělských půd a zjišťování půdních vlastností lesních pozemků. <<http://aplikace.mvcr.cz/archiv2008/sbirka/2000/sb137-00.pdf>>.
- 35) Silva, G. G. D., Sobral, P. J. A., Carvalho, R. A., Bergo, P. V. A., Mendieta-Taboada, O., Habitante, A. M. Q. B. 2008. Biodegradable Films Based on Blends of Gelatin and Poly (Vinyl Alcohol): Effect of PVA Type or Concentration on Some Physical Properties of Films. *Journal of Polymers and the Environment*. 16 (4). 276 – 285.
- 36) Šantrůčková, H. 1993. Respirace půdy jako ukazatel její biologické aktivity. *Rostlinná výroba*. 39 (9). 769 – 778.
- 37) Šárka, E., Bubník, Z. 2010. Morfologie, chemická struktura, vlastnosti a možnost využití pšeničného B-škrobu. *Chemické listy*. 104 (5). 318-325.
- 38) Šárka, E., Kruliš, Z., Kotek, J., Růžek, L., Korbářová, A., Bubník, Z., Růžková, M. 2011. Application of Wheat B-Starch in Biodegradable Plastic Materials. *Czech Journal Food Science*. 29 (3). 232 – 242.

- 39) Štěpek, J., Čurda, D., Doležal, V., Ducháček, V., Horáček, J., Šípek, M., Šípková, J. 1981. *Polymery v obalové technice*. SNTL – Nakladatelství technické literatury. Praha. 532 s.
- 40) Takeiti, C. Y., Kieckbusch, T. G., Collares-Queiroz, F. P. 2010. Morphological and physicochemical Characterization of commercial Maltodextrins with different degrees of dextrose-equivalent. *International Journal of Food Properties*. 13 (2). 411–425.
- 41) Tokiwa, Y., Calabia, B. 2007. Biodegradability and biodegradation of polyesters. *Journal of Polymers and the Environment*. 15 (4). 259 – 267.
- 42) Vokál, B. (eds.). 2004. *Pěstování brambor*. Agrospoj. Praha. 261 s.
- 43) Voříšková, V., Altman, V., Fries, J., Jeřábek, K. 2009. *Logistika odpadového hospodářství*. ČVUT. Praha. 349 s. ISBN: 978-80-01-04426-1.
- 44) Wang, Y. J., Wang, L. 2000. Structures and properties of commercial maltodextrins from corn, potato, and rice starches. *Starch – Starke*. 52 (8 – 9). 296 – 304.
- 45) Wang, Y. Z., Yang, K. K., Wang, X. L., Zhou, Q., Zheng, C. Y., Chen, Z. F. 2004. Agricultural application and environmental degradation of photo-biodegradable polyethylene mulching films. *Journal of Polymers and the Environment*. 12 (1). 7 – 10.
- 46) Wei, Y. H., Chen, W. C., Wu, H. S., Janarthanan, O. M. 2011. Biodegradable and Biocompatible Biomaterial, Polyhydroxybutyrate, Produced by an Indigenous *Vibrio* sp. BM-1 Isolated from Marine Environment. *Marine Drugs*. 9 (4). 615 – 624.
- 47) Wu, C. S. 2012. Preparation, Characterization, and Biodegradability of Renewable Resource-Based Composites from Recycled Polylactide Bioplastic and Sisal Fibers. *Journal of Applied Polymer Science*. 123 (1). 347-355.
- 48) Zimolka, J. (eds.). 2008. *Kukuřice - hlavní a alternativní užitkové směry*. Profí Press. Praha. 200 s. ISBN: 987-80-86726-31-1.

9 Seznam použitých zkratek

ASTM – American society for testing and materials

BPI - Biodegradable Products Institute

CEN - European committee for standardization

DE – Dextrózní ekvivalent

DIN - Deutsches Institut für Normung

EVA – Etylen-vinyl acetát

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations

ISO - International organization for standardization

JIS - Japan industrial standard

LDPE – Nízkohustotní polyetylen

PBS - Poly(butylensukcinát)

PCL - Poly(ϵ -kaprolakton)

PLA – Poly(kyselina mléčná)

PE – Polyetylen

PE-PBD – Foto-biologicky rozložitelný polyetylen

PHA – Poly(hydroxyalkanoát)

PHB – Poly(3 – hydroxybutyrát)

PHBV – Poly(hydroxybutyrát-ko-valerát)

PVA – Poly(vinylalkohol)

T_g – Teplotní skelný přechod

T_m – Teplota tání

UNI - Italian Unification Agency

USCC - the U. S. Composting Council

10 Přílohy

Příloha č. 1: Vzcházivost astry čínské a salátu hlávkového – jarní výsev

Datum	Substrát	Výchozí	10	10	10	10	10	10	10	10
4. 5. 2011	Pěstební rašelinný substrát RS I	<i>Salát hlávkový 'Maraton'</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
		<i>Astra čínská 'Duchesse Silvery Rose'</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
	Substrát z kompostérů 2. 5. 2011	<i>Salát hlávkový 'Maraton'</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
		<i>Astra čínská 'Duchesse Silvery Rose'</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
6. 5. 2011	Pěstební rašelinný substrát RS I	<i>Salát hlávkový 'Maraton'</i>	8	9	8	9	9	9	10	9
		<i>Astra čínská 'Duchesse Silvery Rose'</i>	0	0	0	0	1	1	0	1
	Substrát z kompostérů 2. 5. 2011	<i>Salát hlávkový 'Maraton'</i>	6	6	8	7	7	6	3	6
		<i>Astra čínská 'Duchesse Silvery Rose'</i>	0	0	0	1	0	0	0	1
9. 5. 2011	Pěstební rašelinný substrát RS I	<i>Salát hlávkový 'Maraton'</i>	8	10	9	9	9	9	10	10
		<i>Astra čínská 'Duchesse Silvery Rose'</i>	4	3	5	7	3	5	4	4
	Substrát z kompostérů 2. 5. 2011	<i>Salát hlávkový 'Maraton'</i>	7	9	10	10	8	8	7	9
		<i>Astra čínská 'Duchesse Silvery Rose'</i>	2	2	2	4	4	3	0	1
11. 5. 2011	Pěstební rašelinný substrát RS I	<i>Salát hlávkový 'Maraton'</i>	8	10	9	9	9	9	10	10
		<i>Astra čínská 'Duchesse Silvery Rose'</i>	4	3	5	7	4	6	4	4
	Substrát z kompostérů 2. 5. 2011	<i>Salát hlávkový 'Maraton'</i>	7	9	10	10	8	8	7	9
		<i>Astra čínská 'Duchesse Silvery Rose'</i>	2	3	2	3	4	3	0	1

13. 5. 2011	Pěstební rašelinný substrát RS I	<i>Salát hlávkový 'Maraton'</i>	8	10	9	9	9	9	10	10
		<i>Astra čínská 'Duchesse Silvery Rose'</i>	4	3	5	8	4	7	4	4
	Substrát z kompostérů 2. 5. 2011	<i>Salát hlávkový 'Maraton'</i>	7	9	10	10	8	8	7	9
		<i>Astra čínská 'Duchesse Silvery Rose'</i>	2	3	2	4	4	3	0	1
16. 5. 2011	Pěstební rašelinný substrát RS I	<i>Salát hlávkový 'Maraton'</i>	8	10	9	9	9	9	10	10
		<i>Astra čínská 'Duchesse Silvery Rose'</i>	5	3	5	8	4	7	4	4
	Substrát z kompostérů 2. 5. 2011	<i>Salát hlávkový 'Maraton'</i>	8	9	10	10	8	8	7	9
		<i>Astra čínská 'Duchesse Silvery Rose'</i>	2	3	2	4	4	3	0	1
18. 5. 2011	Pěstební rašelinný substrát RS I	<i>Salát hlávkový 'Maraton'</i>	8	10	9	9	9	9	10	10
		<i>Astra čínská 'Duchesse Silvery Rose'</i>	5	3	5	8	4	7	5	4
	Substrát z kompostérů 2. 5. 2011	<i>Salát hlávkový 'Maraton'</i>	8	9	10	10	8	8	7	9
		<i>Astra čínská 'Duchesse Silvery Rose'</i>	2	3	2	4	4	3	0	1
20. 5. 2011	Pěstební rašelinný substrát RS I	<i>Salát hlávkový 'Maraton'</i>	8	10	9	9	9	9	10	10
		<i>Astra čínská 'Duchesse Silvery Rose'</i>	5	3	5	8	4	7	5	4
	Substrát z kompostérů 2. 5. 2011	<i>Salát hlávkový 'Maraton'</i>	8	9	10	10	8	8	7	9
		<i>Astra čínská 'Duchesse Silvery Rose'</i>	2	3	2	4	4	3	0	1

23. 5. 2011	Pěstební rašelinný substrát RS I	<i>Salát hlávkový 'Maraton'</i>	8	10	9	9	9	9	10	10
		<i>Astra čínská 'Duchesse Silvery Rose'</i>	5	3	5	8	4	7	5	4
	Substrát z kompostérů 2. 5. 2011	<i>Salát hlávkový 'Maraton'</i>	8	9	10	10	8	8	7	9
		<i>Astra čínská 'Duchesse Silvery Rose'</i>	2	3	2	4	4	3	0	1
25. 5. 2011	Pěstební rašelinný substrát RS I	<i>Salát hlávkový 'Maraton'</i>	8	10	9	9	9	9	10	10
		<i>Astra čínská 'Duchesse Silvery Rose'</i>	5	3	5	8	4	7	5	4
	Substrát z kompostérů 2. 5. 2011	<i>Salát hlávkový 'Maraton'</i>	8	9	10	10	8	8	7	9
		<i>Astra čínská 'Duchesse Silvery Rose'</i>	2	3	2	4	4	3	0	1
27. 5. 2011	Pěstební rašelinný substrát RS I	<i>Salát hlávkový 'Maraton'</i>	8	10	9	9	9	9	10	10
		<i>Astra čínská 'Duchesse Silvery Rose'</i>	5	3	5	8	4	7	5	4
	Substrát z kompostérů 2. 5. 2011	<i>Salát hlávkový 'Maraton'</i>	8	9	10	10	8	8	7	9
		<i>Astra čínská 'Duchesse Silvery Rose'</i>	2	3	2	4	4	3	0	1
30. 5. 2011	Pěstební rašelinný substrát RS I	<i>Salát hlávkový 'Maraton'</i>	8	10	9	9	9	9	10	10
		<i>Astra čínská 'Duchesse Silvery Rose'</i>	5	3	5	8	4	7	5	4
	Substrát z kompostérů 2. 5. 2011	<i>Salát hlávkový 'Maraton'</i>	8	9	10	10	8	8	7	9
		<i>Astra čínská 'Duchesse Silvery Rose'</i>	2	3	2	4	4	3	0	1

1. 6. 2011	Pěstební rašelinný substrát RS I	<i>Salát hlávkový 'Maraton'</i>	8	10	9	9	9	9	10	10
		<i>Astra čínská 'Duchesse Silvery Rose'</i>	5	3	5	8	4	7	5	4
	Substrát z kompostérů 2. 5. 2011	<i>Salát hlávkový 'Maraton'</i>	8	9	10	10	8	8	7	9
		<i>Astra čínská 'Duchesse Silvery Rose'</i>	2	3	2	4	4	3	0	1
3. 6. 2011	Pěstební rašelinný substrát RS I	<i>Salát hlávkový 'Maraton'</i>	8	10	9	9	9	9	10	10
		<i>Astra čínská 'Duchesse Silvery Rose'</i>	5	3	5	8	4	7	5	4
	Substrát z kompostérů 2. 5. 2011	<i>Salát hlávkový 'Maraton'</i>	8	9	10	10	8	8	7	9
		<i>Astra čínská 'Duchesse Silvery Rose'</i>	2	3	2	4	4	3	0	1
6. 6. 2011	Pěstební rašelinný substrát RS I	<i>Salát hlávkový 'Maraton'</i>	8	10	9	9	9	9	10	10
		<i>Astra čínská 'Duchesse Silvery Rose'</i>	5	3	5	8	4	7	5	4
	Substrát z kompostérů 2. 5. 2011	<i>Salát hlávkový 'Maraton'</i>	8	9	10	10	8	8	7	9
		<i>Astra čínská 'Duchesse Silvery Rose'</i>	2	3	2	4	4	3	0	1
8. 6. 2011	Pěstební rašelinný substrát RS I	<i>Salát hlávkový 'Maraton'</i>	8	10	9	9	9	9	10	10
		<i>Astra čínská 'Duchesse Silvery Rose'</i>	5	3	5	8	4	7	5	4
	Substrát z kompostérů 2. 5. 2011	<i>Salát hlávkový 'Maraton'</i>	8	9	10	10	8	8	7	9
		<i>Astra čínská 'Duchesse Silvery Rose'</i>	2	3	2	4	4	3	0	1

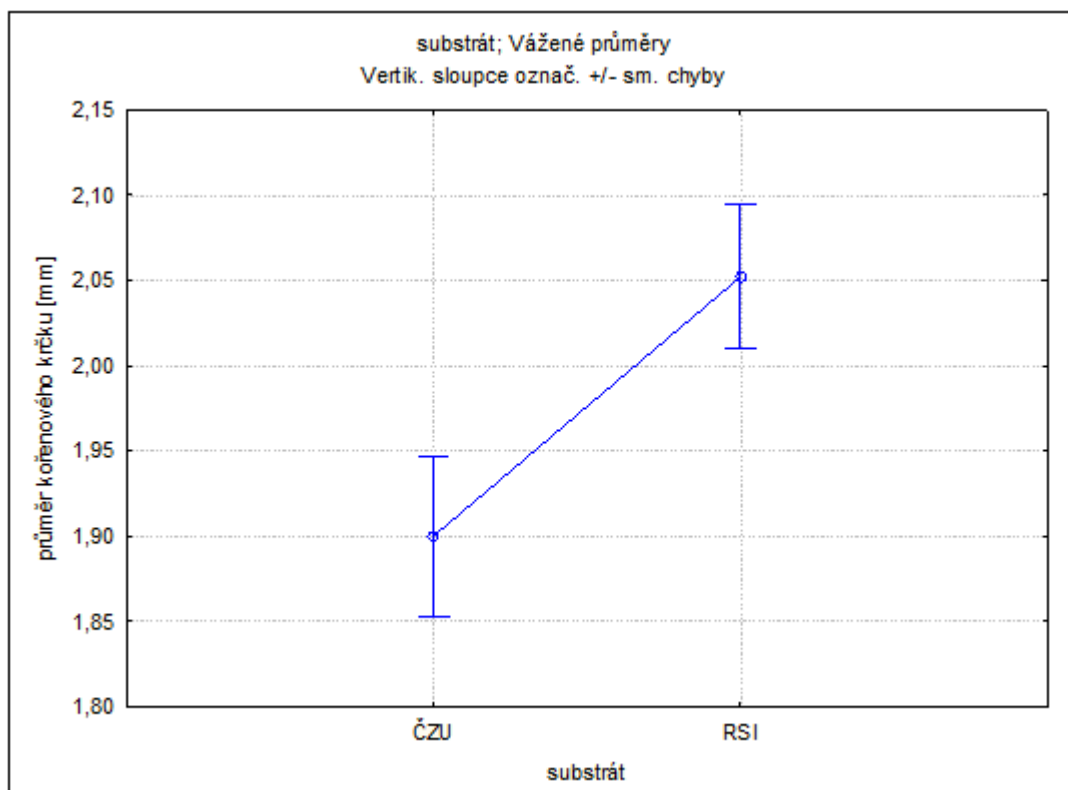
Příloha č. 2: Vzcházivost salátu hlávkového – letní výsev

Datum	Substrát	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	
12. 8. 2011	Pěstební rašelinný substrát RS I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Substrát pro výsev a množení	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Substrát z kompos – térů	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
15. 8. 2011	Pěstební rašelinný substrát RS I	9	8	6	7	7	6	7	7	6	6	7	4	6	4	7	6
	Substrát pro výsev a množení	7	6	8	7	8	5	8	8	9	7	8	8	8	5	5	6
	Substrát z kompos – térů	9	10	6	10	9	10	9	8	10	8	6	9	10	9	7	10
17. 8. 2011	Pěstební rašelinný substrát RS I	9	8	7	7	6	6	7	7	6	7	8	6	6	4	7	5
	Substrát pro výsev a množení	9	7	9	8	8	5	8	8	9	7	9	9	8	5	5	7
	Substrát z kompos - térů	9	10	6	10	9	10	9	8	10	9	7	9	10	9	7	10

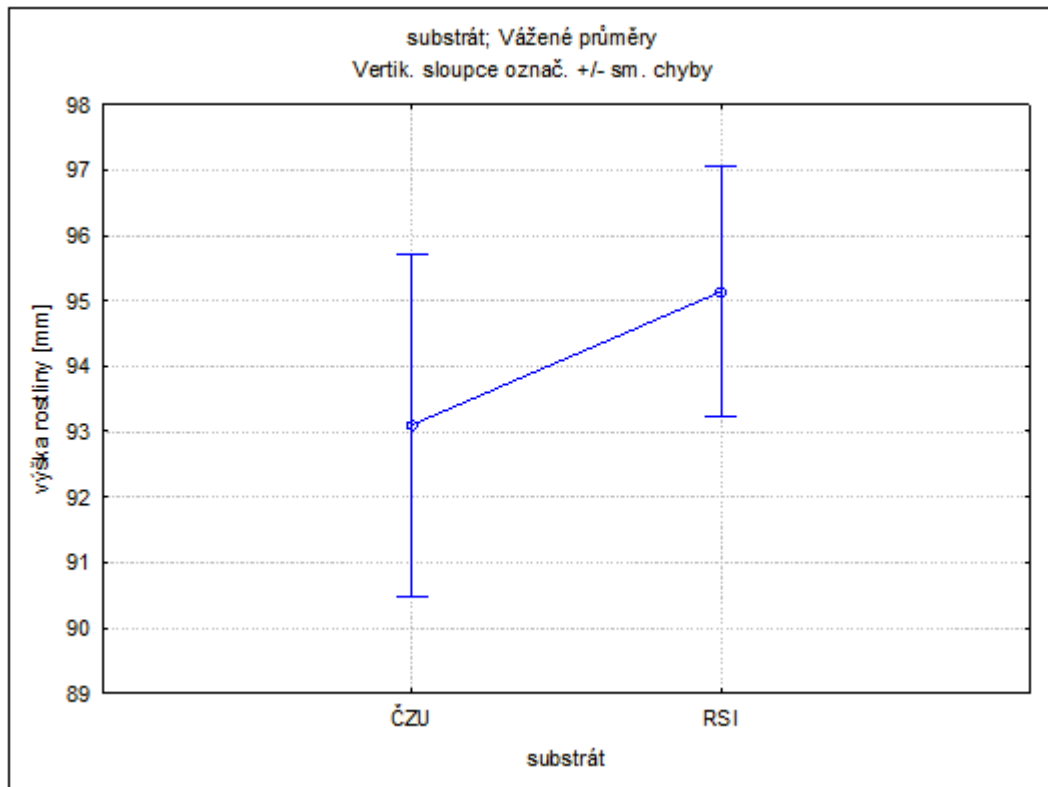
19. 8. 2011	Pěstební rašelinný substrát RS I	9	8	7	7	7	6	7	7	7	7	8	6	6	4	7	6
	Substrát pro výsev a množení	9	7	9	9	8	5	8	8	9	7	9	8	8	5	5	7
	Substrát z kompos – térů	9	10	6	10	10	10	9	8	10	9	8	9	10	9	7	10
25. 8. 2011	Pěstební rašelinný substrát RS I	9	8	7	7	7	6	7	7	7	7	8	6	6	4	7	6
	Substrát pro výsev a množení	9	9	9	9	8	5	8	8	9	7	9	8	8	5	5	7
	Substrát z kompos – térů	9	10	6	10	10	10	9	8	10	9	8	9	10	9	7	10
31. 8. 2011	Pěstební rašelinný substrát RS I	9	8	7	7	7	6	7	7	7	7	8	6	6	4	7	6
	Substrát pro výsev a množení	9	9	9	9	8	6	8	8	9	7	9	8	8	5	5	7
	Substrát z kompos – térů	9	10	6	10	10	10	9	8	10	9	8	9	10	9	7	10

7. 9. 2011	Pěstební rašelinný substrát RS I	9	8	7	7	7	6	7	7	7	7	8	6	6	4	8	6
	Substrát pro výsev a množení	9	9	9	9	8	6	8	8	9	7	9	8	8	5	5	7
	Substrát z kompos – térů	9	10	6	10	10	10	9	8	10	9	8	9	10	9	7	10
15. 9. 2011	Pěstební rašelinný substrát RS I	9	8	7	7	7	6	7	7	7	7	8	6	6	4	8	6
	Substrát pro výsev a množení	9	9	9	9	8	6	8	8	9	7	9	8	8	5	5	7
	Substrát z kompos – térů	9	10	6	10	10	10	9	8	10	9	8	9	10	9	7	10

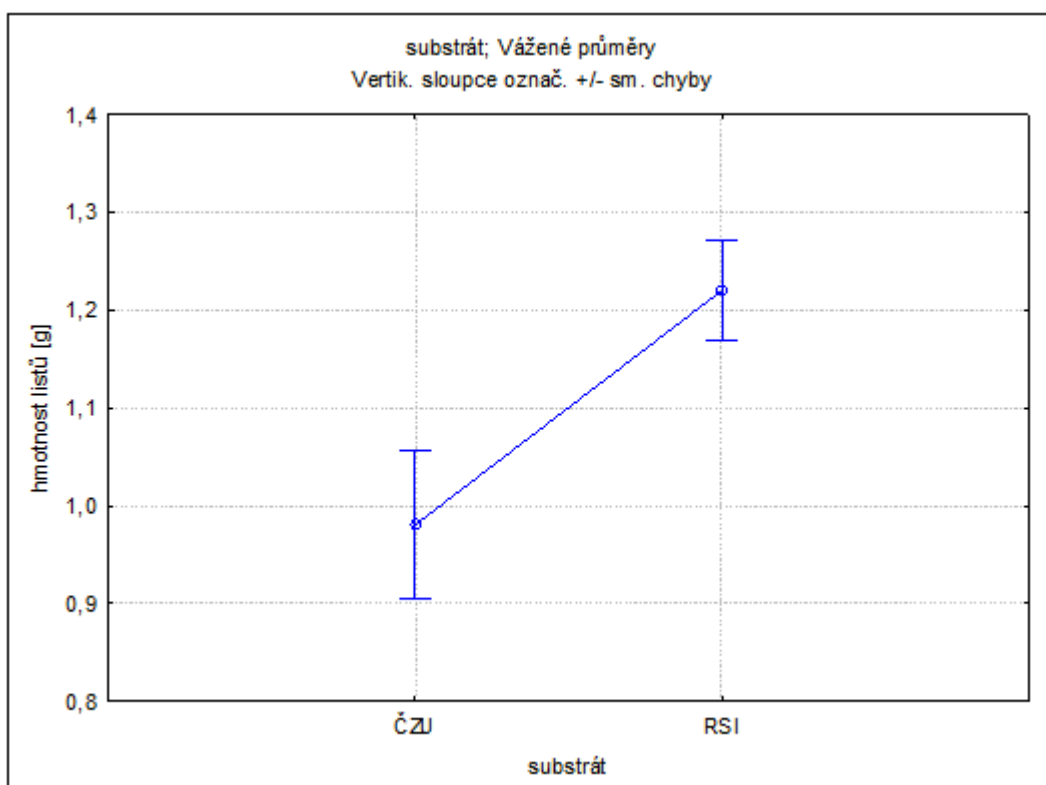
Příloha č. 3: Astra čínská, jarní výsev – průměr kořenového krčku



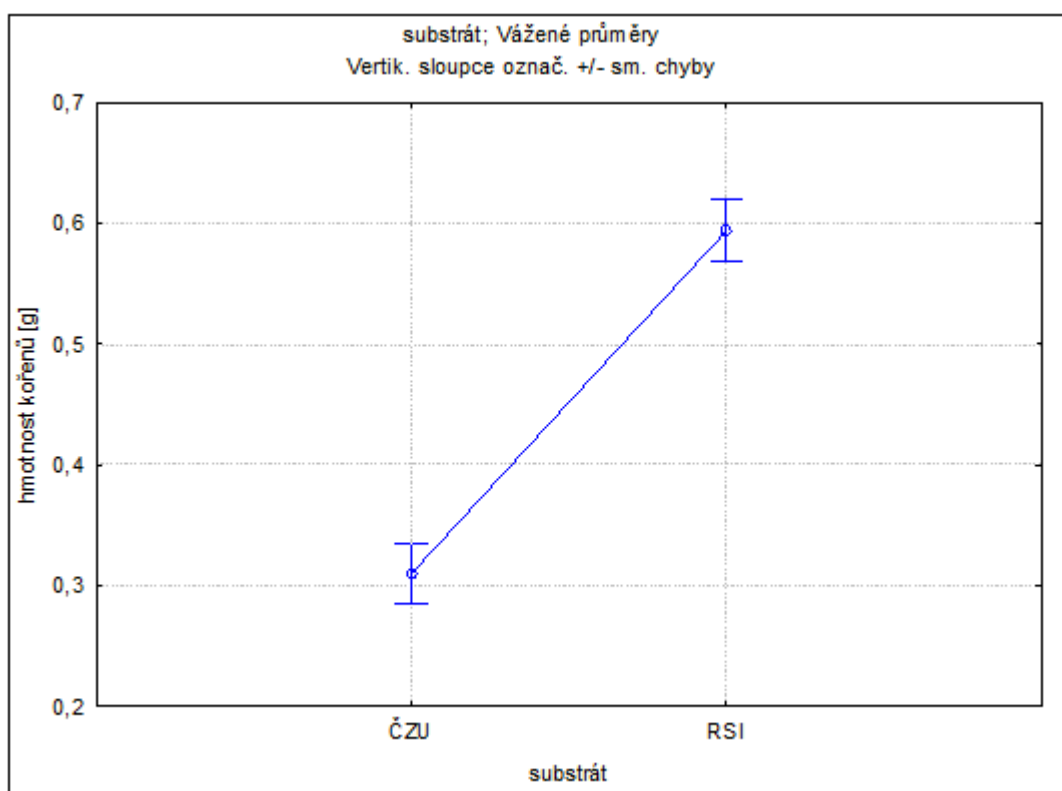
Příloha č. 4: Astra čínská, jarní výsev – výška rostlin



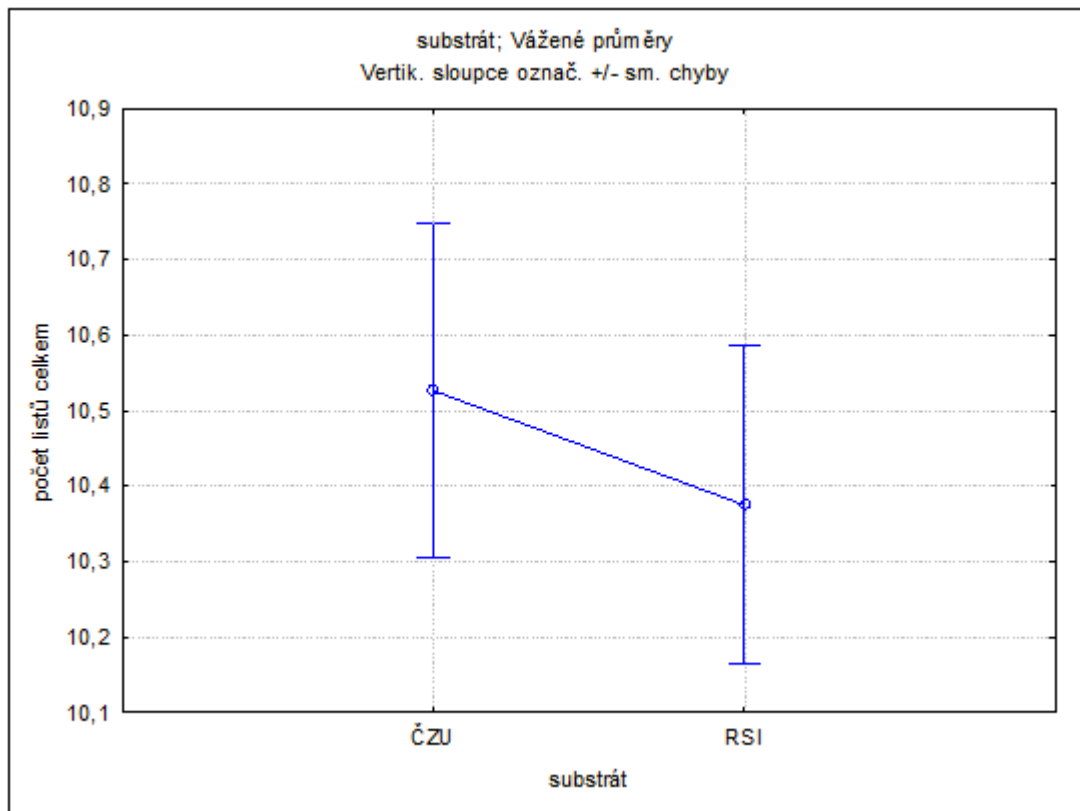
Příloha č. 5: Astra čínská, jarní výsev – hmotnost listů



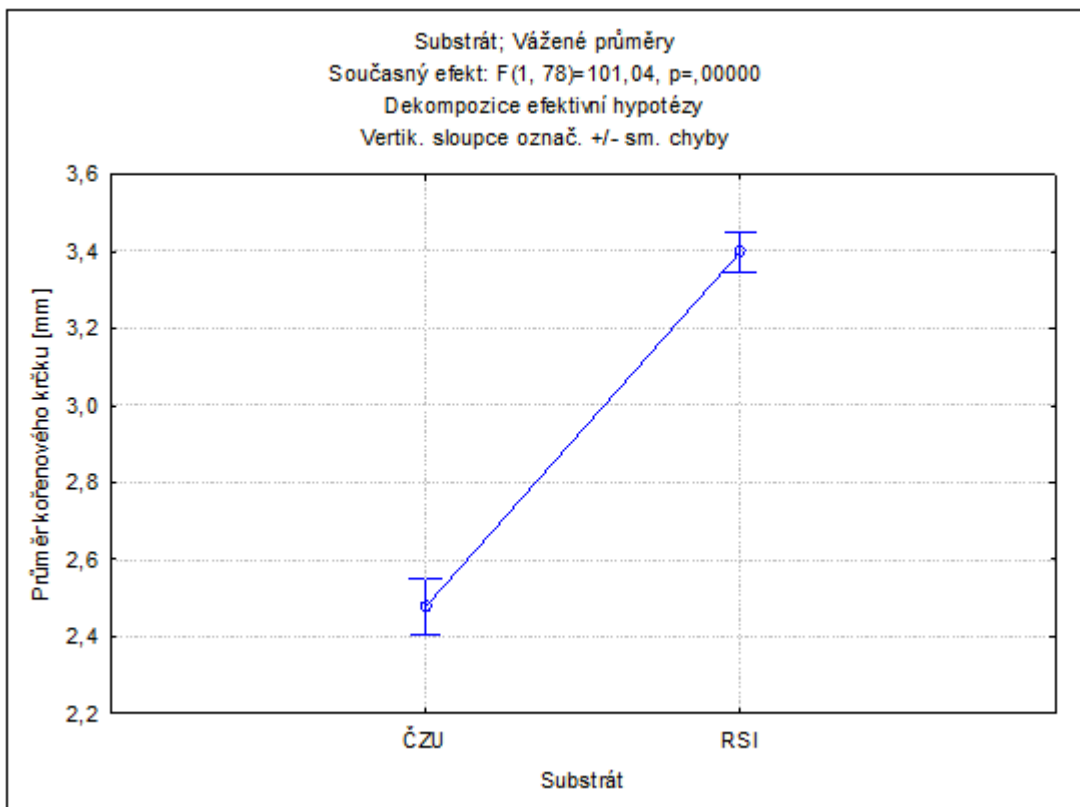
Příloha č. 6: Astra čínská, jarní výsev – hmotnost kořenů



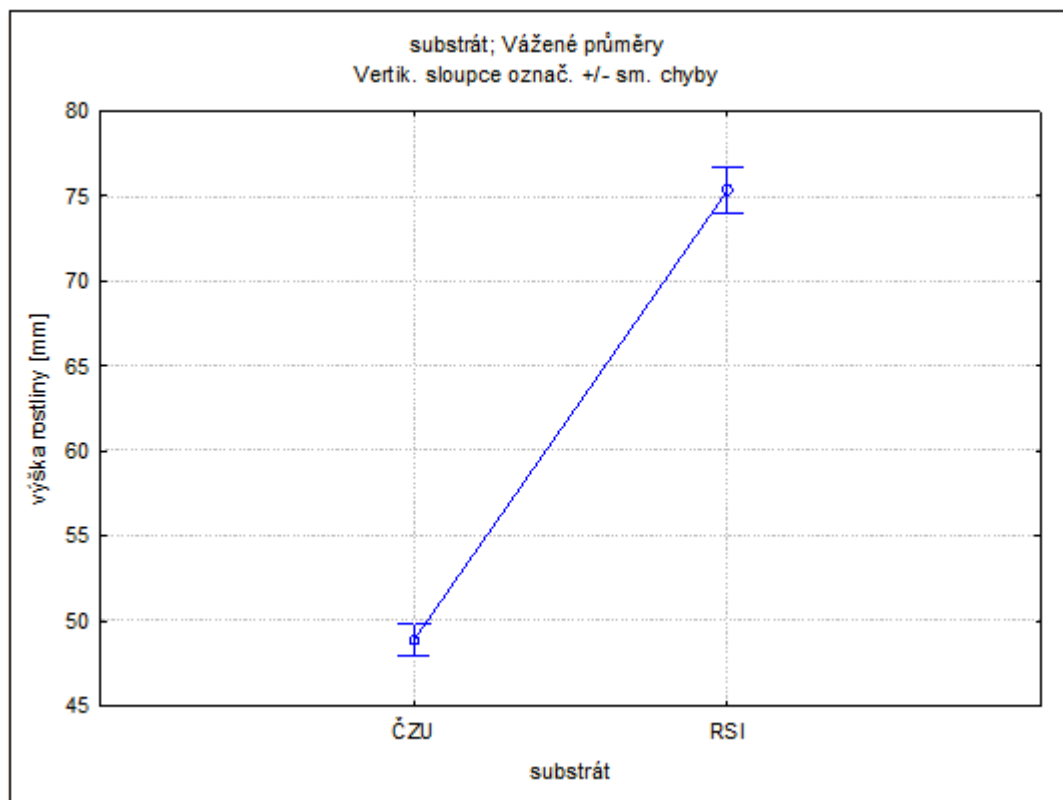
Příloha č. 7: Astra čínská, jarní výsev – celkový počet listů



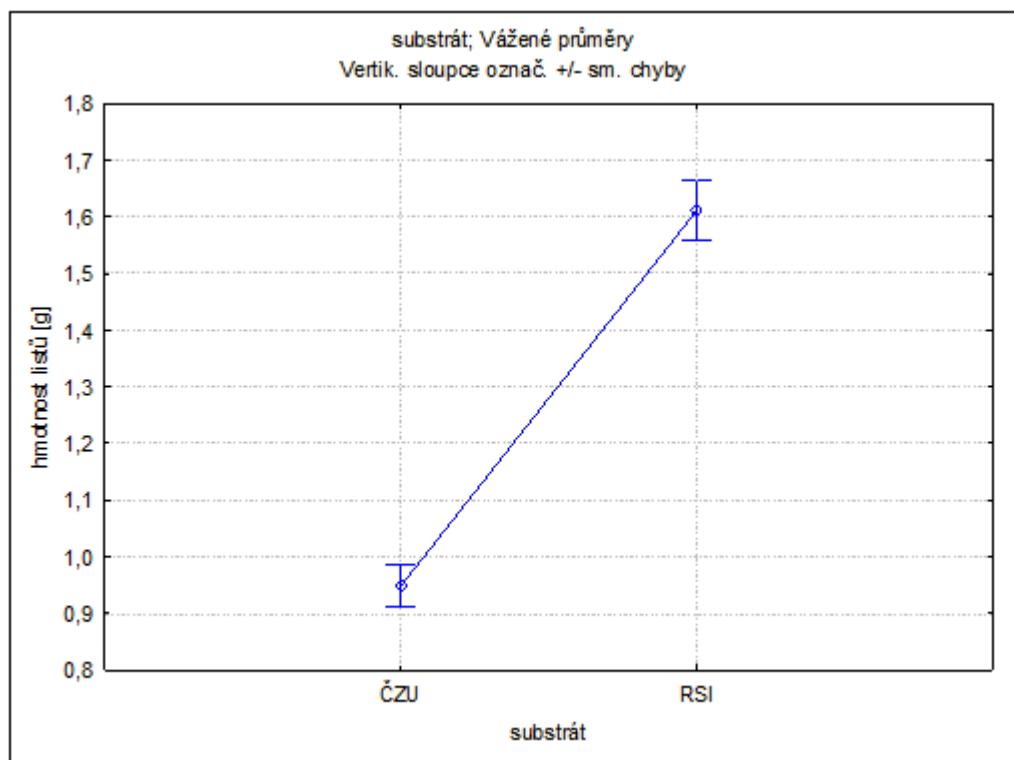
Příloha č. 8: Salát hlavkový, jarní výsev – průměr kořenového krčku



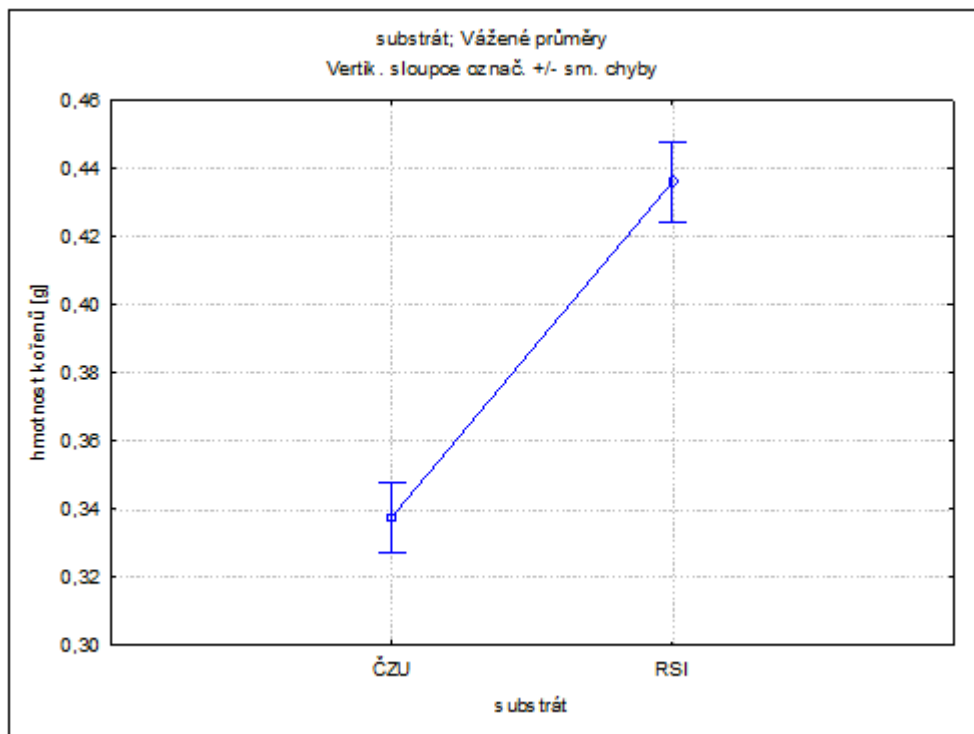
Příloha č. 9: Salát hlavkový, jarní výsev – výška rostlin



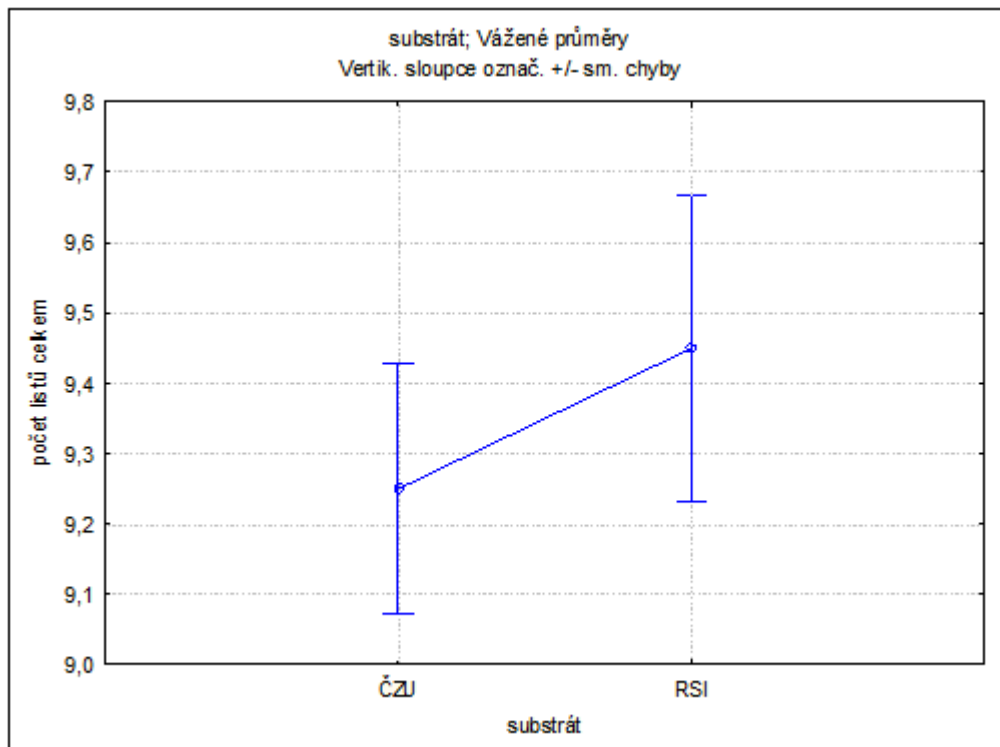
Příloha č. 10: Salát hlavkový, jarní výsev – hmotnost listů



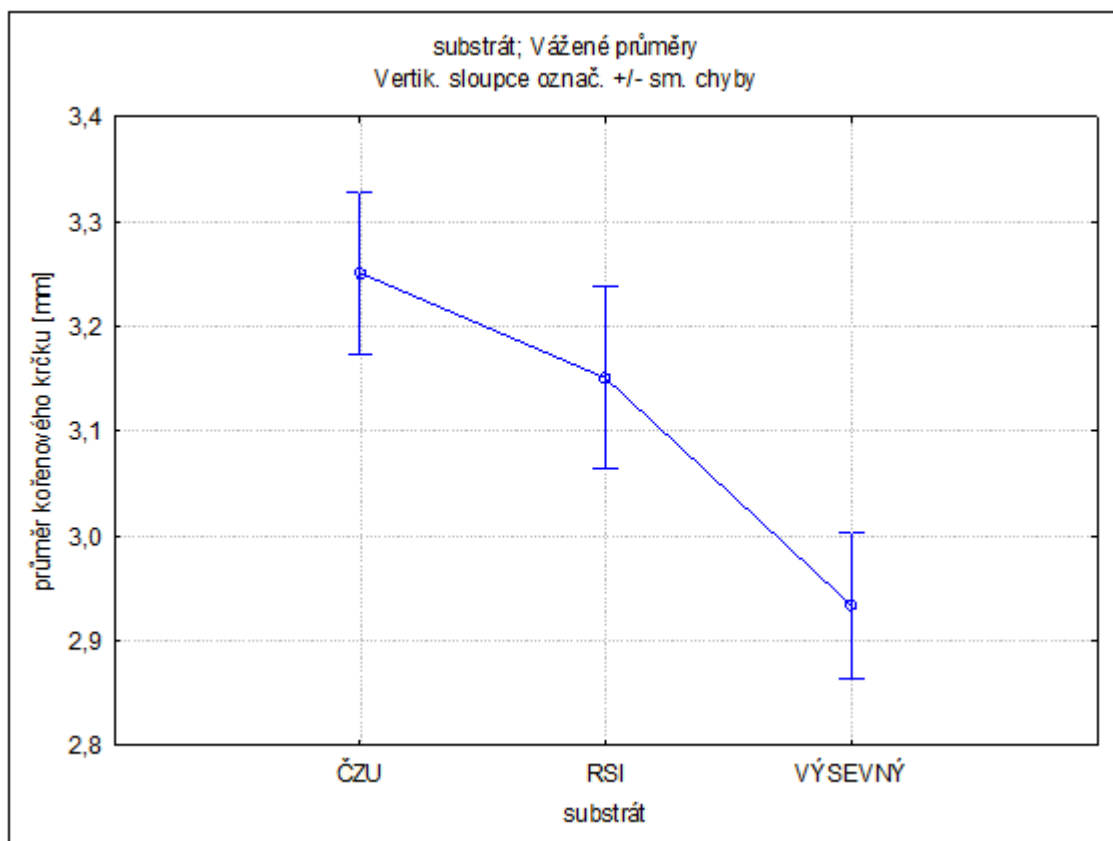
Příloha č. 11: Salát hlavkový, jarní výsev – hmotnost kořenů



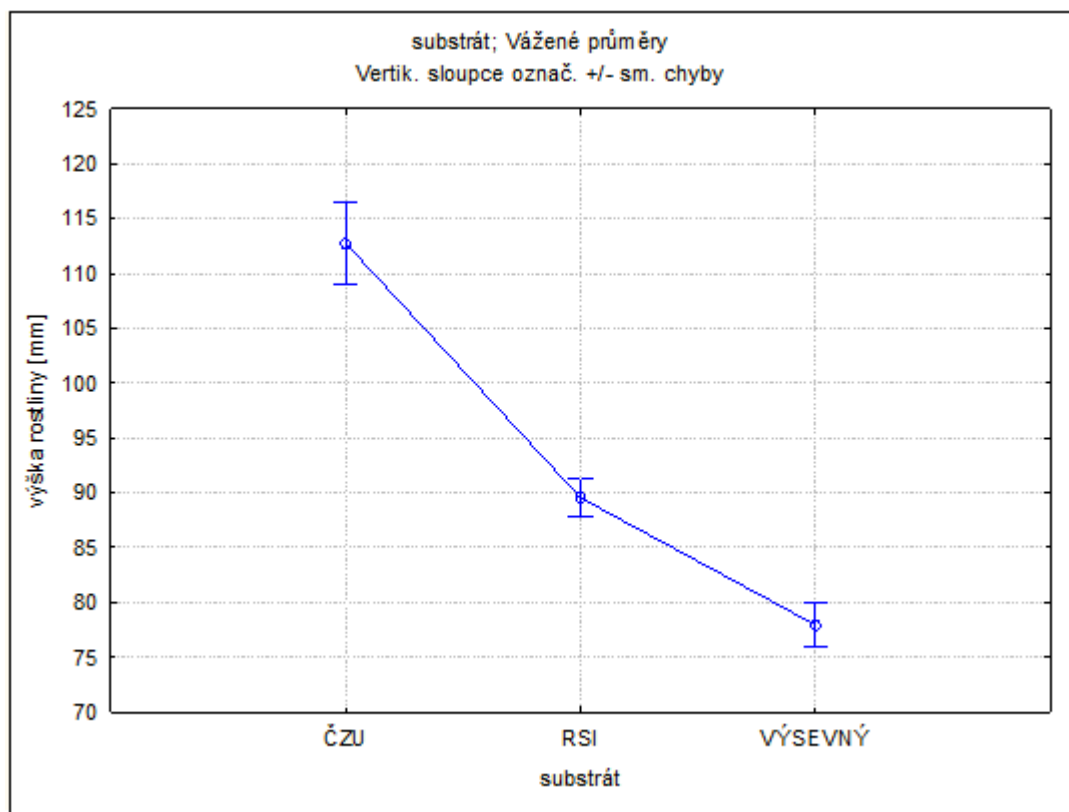
Příloha č. 12: Salát hlavkový, jarní výsev – celkový počet listů



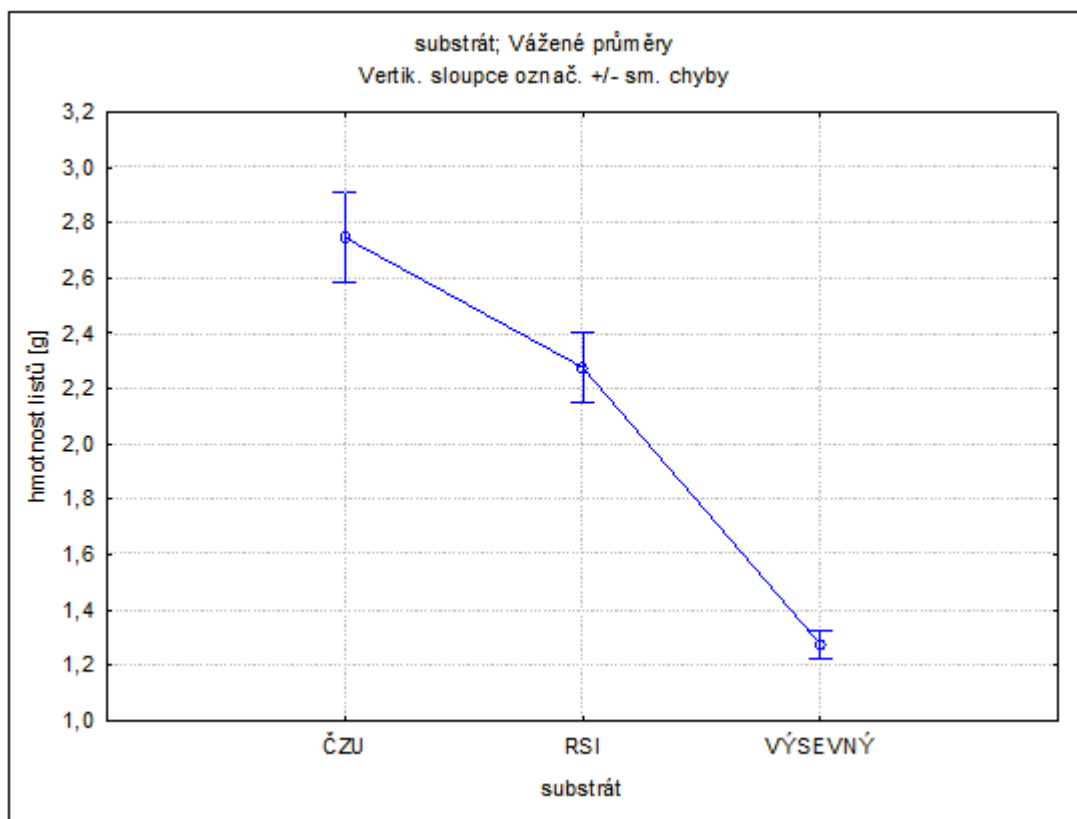
Příloha č. 13: Salát hlavkový, letní výsev – průměr kořenového krčku



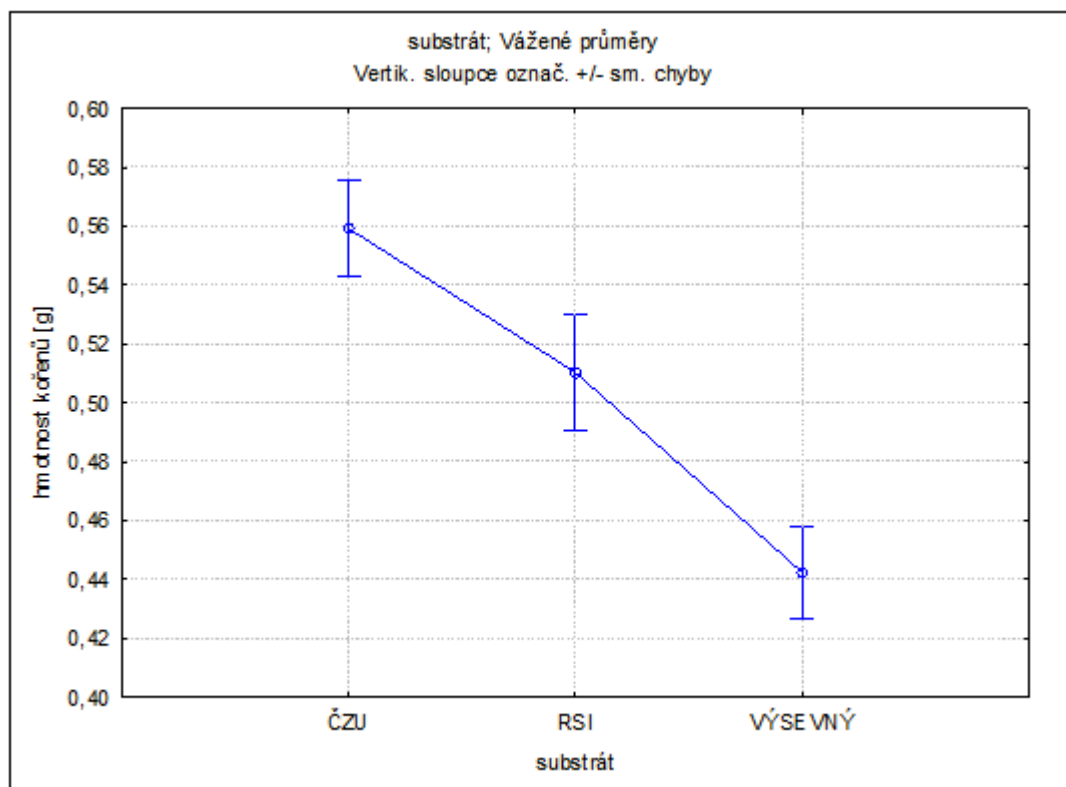
Příloha č. 14: Salát hlavkový, letní výsev – výška rostliny



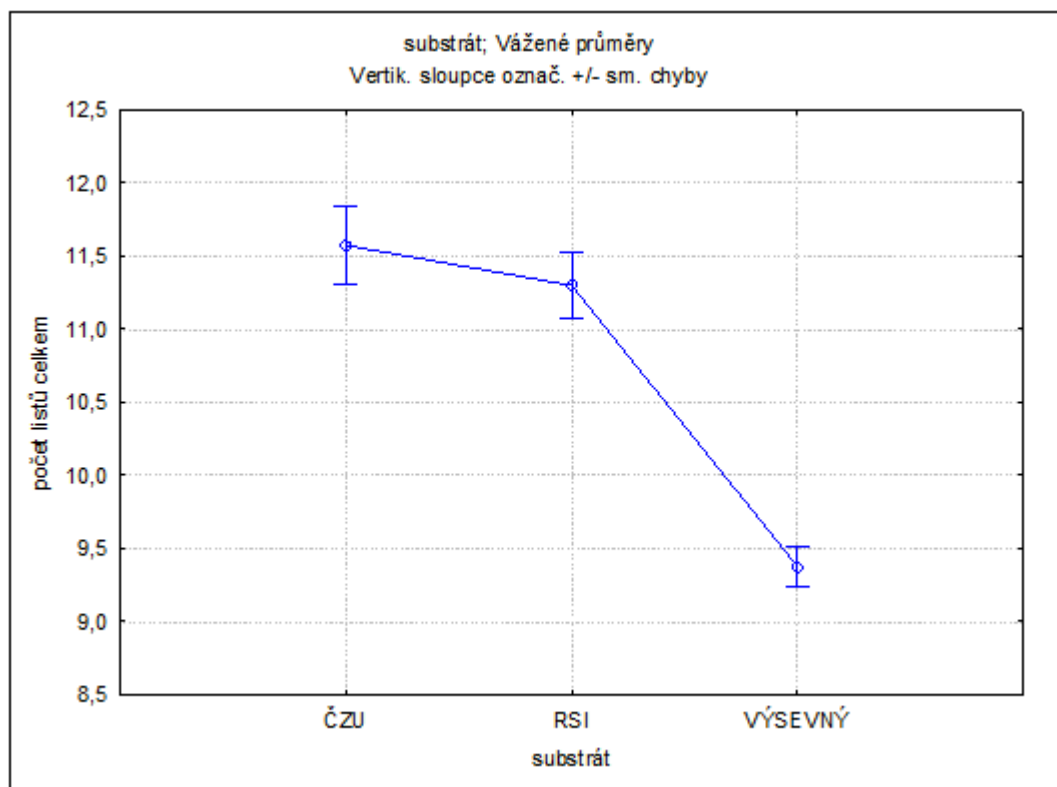
Příloha č. 15: Salát hlavkový, letní výsev – hmotnost listů



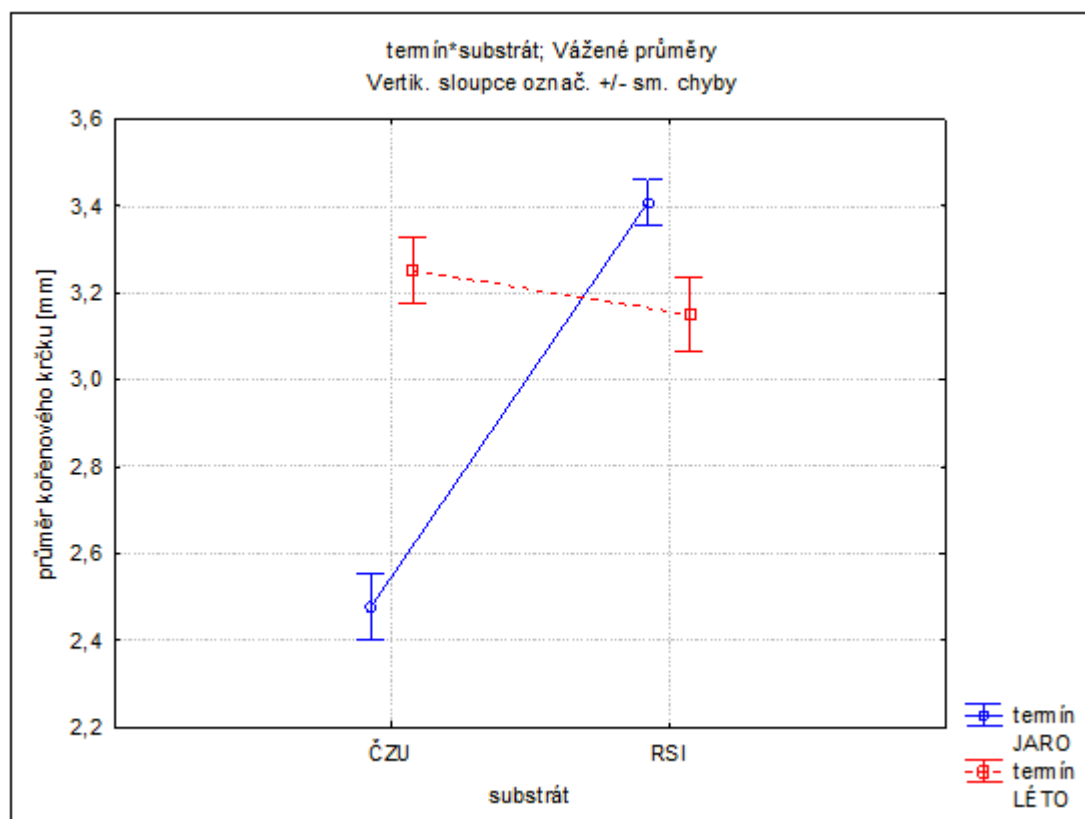
Příloha č. 16: Salát hlavkový, letní výsev – hmotnost kořenů



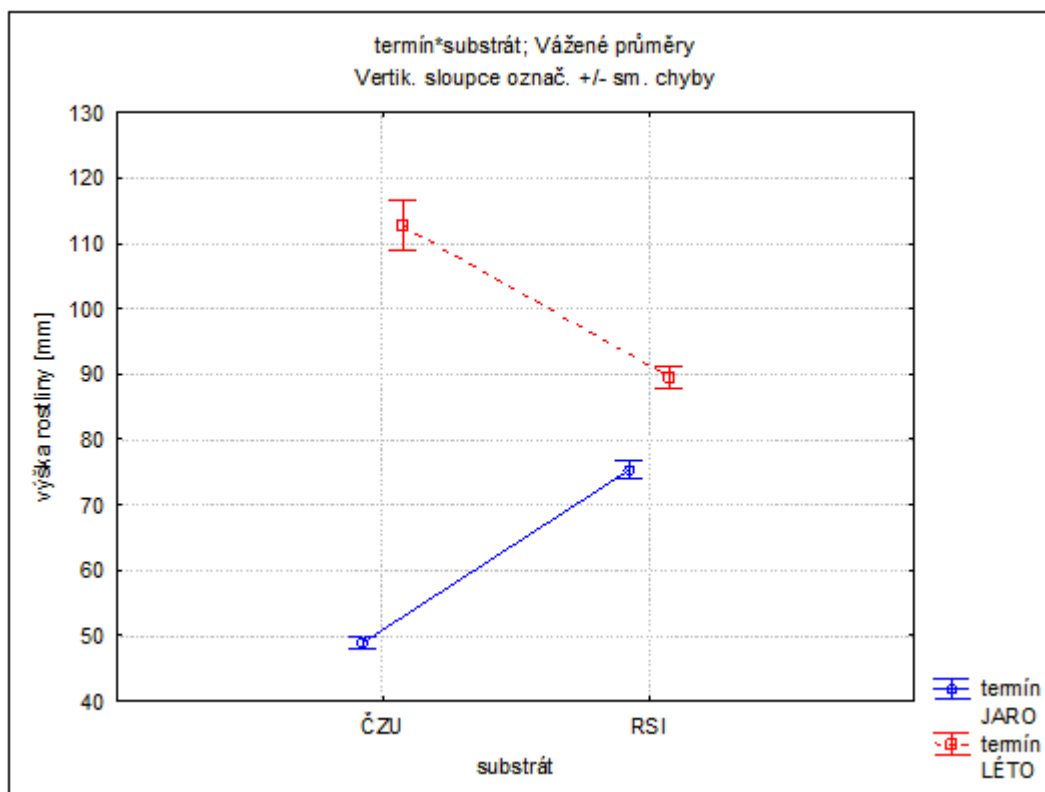
Příloha č. 17: Salát hlavkový, letní výsev – celkový počet listů



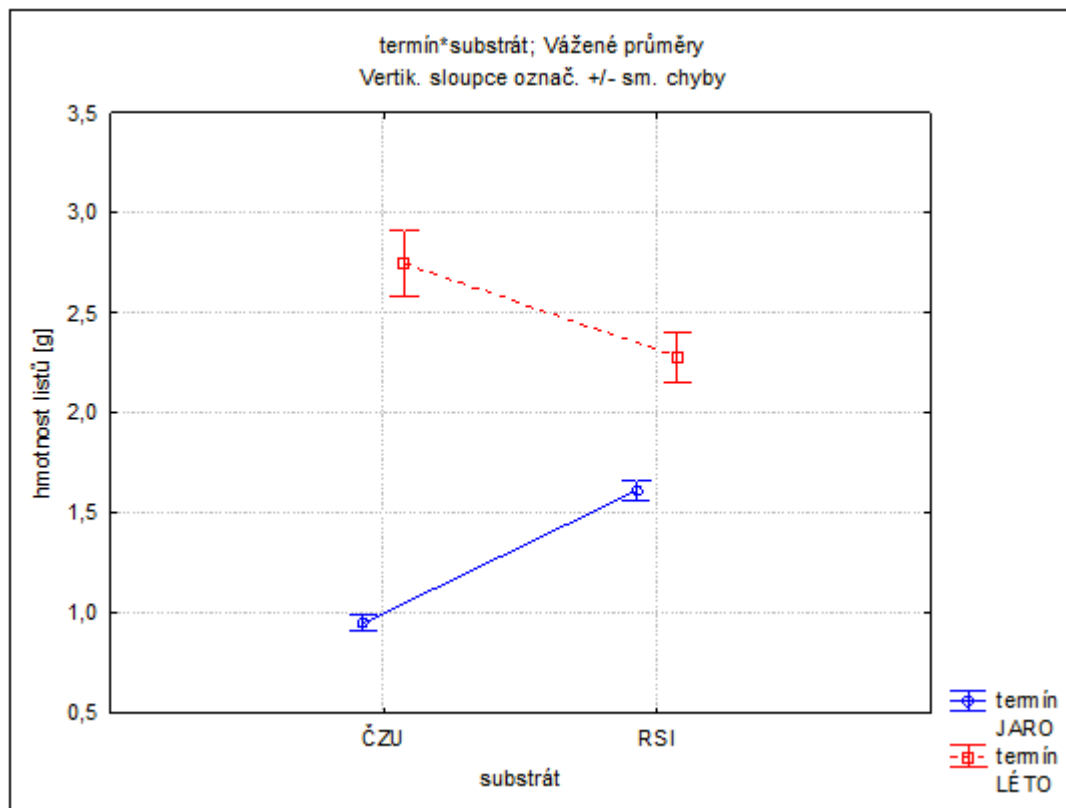
Příloha č. 18: Salát hlavkový, porovnání jarního a letního výsevu – průměr kořenového krčku



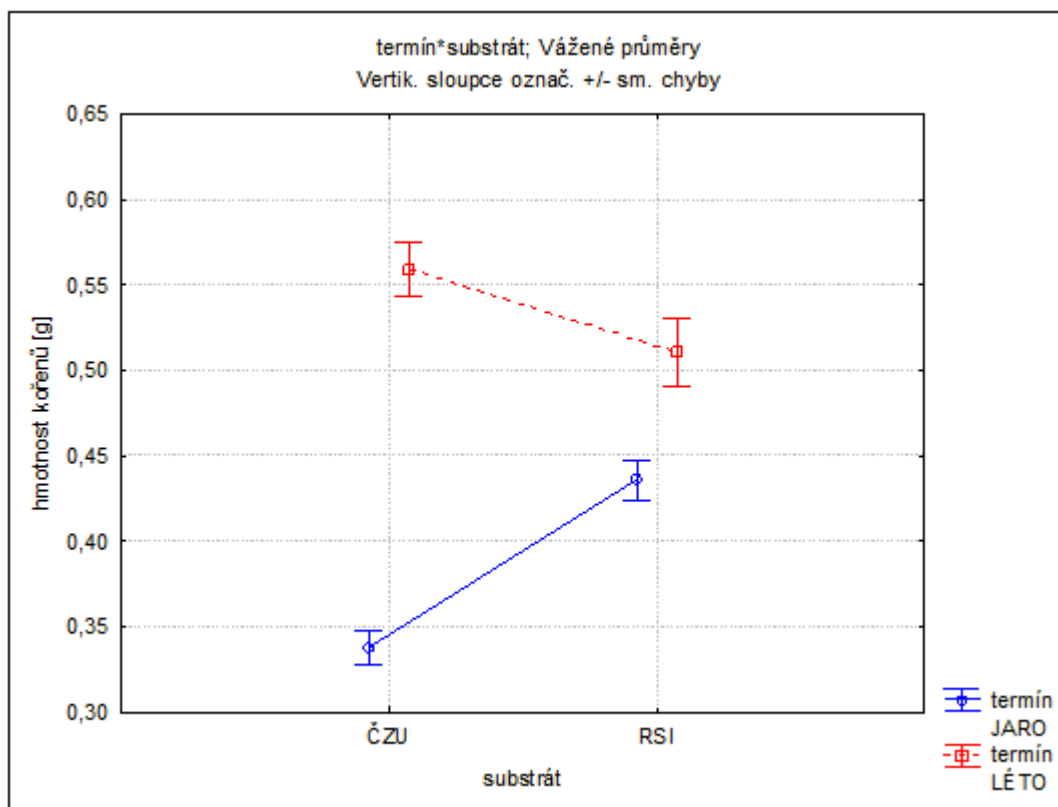
Příloha č. 19: Salát hlavkový, porovnání jarního a letního výsevu - výška rostliny



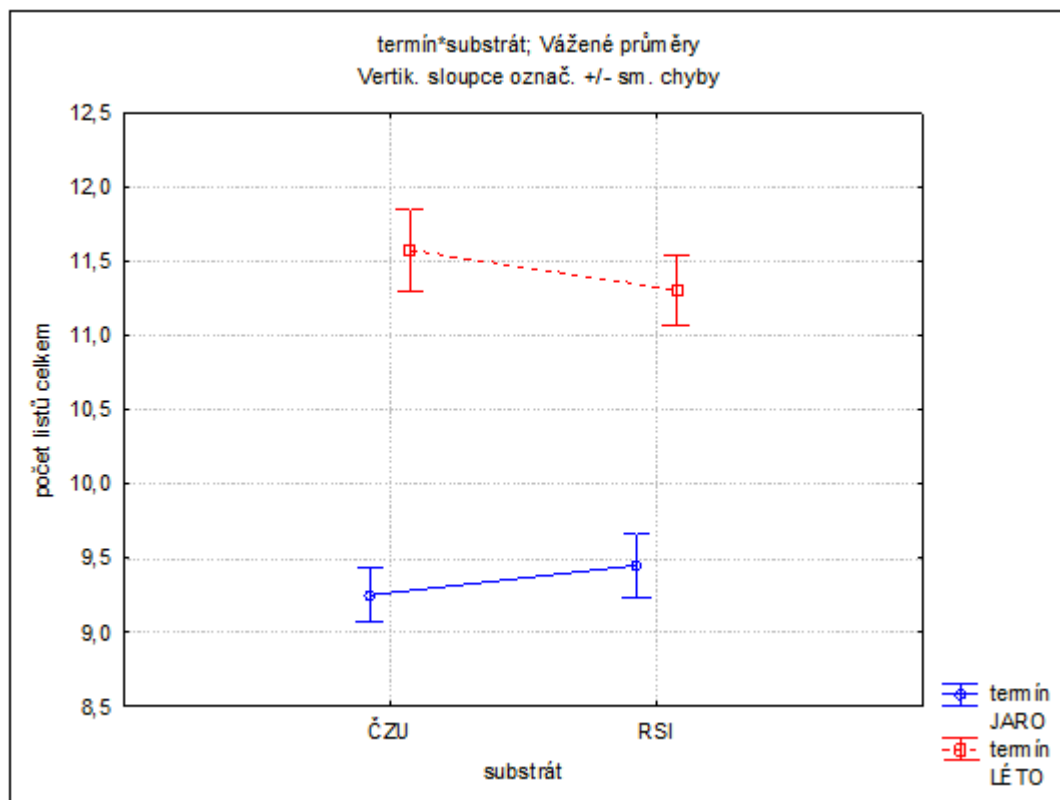
Příloha č. 20: Salát hlavkový, porovnání jarního a letního výsevu – hmotnost listů



Příloha č. 21: Salát hlavkový, porovnání jarního a letního výsevu – hmotnost kořenů



Příloha č. 22: Salát hlavkový, porovnání jarního a letního výsevu – celkový počet listů



Seznam příloh:

- Příloha č. 1:** Vzcházivost astry čínská a salátu hlávkového – jarní výsev
- Příloha č. 2:** Vzcházivost salátu hlávkového – letní výsev
- Příloha č. 3:** Astra čínská, jarní výsev – průměr kořenového krčku
- Příloha č. 4:** Astra čínská, jarní výsev – výška rostlin
- Příloha č. 5:** Astra čínská, jarní výsev – hmotnost listů
- Příloha č. 6:** Astra čínská, jarní výsev – hmotnost kořenů
- Příloha č. 7:** Astra čínská, jarní výsev – celkový počet listů
- Příloha č. 8:** Salát hlavkový, jarní výsev – průměr kořenového krčku
- Příloha č. 9:** Salát hlavkový, jarní výsev – výška rostlin
- Příloha č. 10:** Salát hlavkový, jarní výsev – hmotnost listů
- Příloha č. 11:** Salát hlavkový, jarní výsev – hmotnost kořenů
- Příloha č. 12:** Salát hlavkový, jarní výsev – celkový počet listů
- Příloha č. 13:** Salát hlavkový, letní výsev – průměr kořenového krčku
- Příloha č. 14:** Salát hlavkový, letní výsev – výška rostliny
- Příloha č. 15:** Salát hlavkový, letní výsev – hmotnost listů
- Příloha č. 16:** Salát hlavkový, letní výsev – hmotnost kořenů
- Příloha č. 17:** Salát hlavkový, letní výsev – celkový počet listů
- Příloha č. 18:** Salát hlavkový, porovnání jarního a letního výsevu – průměr kořenového krčku
- Příloha č. 19:** Salát hlavkový, porovnání jarního a letního výsevu - výška rostlin
- Příloha č. 20:** Salát hlavkový, porovnání jarního a letního výsevu – hmotnost listů
- Příloha č. 21:** Salát hlavkový, porovnání jarního a letního výsevu – hmotnost kořenů
- Příloha č. 22:** Salát hlavkový, porovnání jarního a letního výsevu – celkový počet listů

Seznam tabulek:

- Tabulka č. 1:** Hodnocení půd podle Vyhlášky č. 477/2000 Sb. 33
- Tabulka č. 2:** Výsledky respirometrického testu 34
- Tabulka č. 3:** Výsledky měření C_{org} 36
- Tabulka č. 4:** Výsledky měření objemové hmotnosti 37
- Tabulka č. 5:** Výsledky měření pH 38

Tabulka č. 6: Procento vzcházivosti astry čínské a salátu hlávkového	41
Tabulka č. 7: Statistické vyhodnocení naměřených parametrů u astry čínské a salátu hlávkového – jarní výsev	44
Tabulka č. 8: Statistické vyhodnocení naměřených parametrů u salátu hlávkového – letní výsev	44
Tabulka č. 9: Statistické vyhodnocení naměřených parametrů u salátu hlávkového - jarní a letní výsev	45

Seznam grafů:

Graf č. 1: Srovnání hodnot bazální respirace – BR	35
Graf č. 2: Srovnání hodnot NR	35
Graf č. 3: Srovnání hodnot NGR	36
Graf č. 4: Srovnání průměrných naměřených hodnot C_{org}	37
Graf č. 5: Srovnání průměrné objemové hmotnosti substrátu	38
Graf č. 6: Srovnání naměřených hodnot pH	39
Graf č. 7: Vzcházivost Astry čínské – jarní výsev	40
Graf č. 8: Vzcházivost salátu hlávkového - jarní výsev	40
Graf č. 9: Vzcházivost salátu hlávkového – letní výsev	41
Graf č. 10: Procento vzcházivosti salátu hlávkového	42
Graf č. 11: Procento vzcházivosti astry čínské	43

Seznam obrázků:

Obrázek č. 1: Použité kompostéry ALKO K390	27
Obrázek č. 2: Salát hlávkový a astra čínská, jarní výsev – po 22 dnech, na substrátu z kompostérů	28
Obrázek č. 3: Kompozita v kompostéru po biodegradaci	28
Obrázek č. 4: Salát hlávkový – letní výsev	29