

**MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ
AGRONOMICKÁ FAKULTA**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

BRNO 2017

Bc. ELIŠKA NOVÁKOVÁ

Mendelova univerzita v Brně
Agronomická fakulta
Ústav lesnické botaniky, dendrologie a geobiocenologie



**Produkce alelopatických látek u vybraných bylin a jejich biologická
účinnost**
Diplomová práce

Vedoucí práce:

doc. Ing. Radomír Řepka, Ph.D.

Vypracovala:

Bc. Eliška Nováková

Brno 2017



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Zpracovatelka: **Bc. Eliška Nováková**
Studijní program: Rostlinolékařství
Obor: Rostlinolékařství
Konzultant: Mgr. Samuel Lvončík
Název tématu: **Produkce alelopatických látek u vybraných bylin a jejich biologická účinnost**
Rozsah práce: 50 str. textu a přílohy

Zásady pro vypracování:

1. Literární rešerše dosavadních poznatků v oblasti alelopatických látek obsažených v biomase *Ambrosia artemisiifolia* a *Festuca rubra*. Vytipování vhodných rostlin pro testování biologické účinnosti jejich alelopatických látek a vhodného experimentálního designu.
2. Pomocí kultivačních pokusů za různých podmínek prokázat vliv *Ambrosia artemisiifolia* na vybrané rostliny a statistické vyhodnocení získaných dat.
3. Pomocí kultivačních pokusů prokázat vliv *Festuca rubra* na klíčivost a růst *Ambrosia artemisiifolia*.
4. Na základě získaných údajů o alelopatických vlastnostech *Ambrosia artemisiifolia* a *Festuca rubra* vyhodnotit možná rizika i praktickou využitelnost pro rostlinnou produkci.




Seznam odborné literatury:

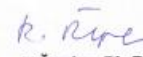
1. VRANOVÁ, V. – REJŠEK, K. – SKENE, K. R. – JANOUŠ, D. – FORMÁNEK, P. Methods of collection of plant root exudates in relation to plant metabolism. J. Plant Nutr. Soil Sci. 2013, 176, 175–199.
2. JEHLÍK, V. a kol. Cizí expanzivní plevely České republiky a Slovenské republiky : Alien expansive weeds of the Czech Republic and the Slovak Republic. 1. vyd. Praha: Academia, 1998. 506 s. ISBN 80-200-0656-7.
3. LHOTSKÁ, M. Kapesní atlas semen plodů a klíčnicích rostlin.
4. PYŠEK, P. – TICHÝ, L. Rostlinné invaze. 1. vyd. Brno: Rezekvítek, 2001. 40 s. ISBN 80-902954-4-4.


Datum zadání diplomové práce: říjen 2015


Termín odevzdání diplomové práce: duben 2017


Bc. Eliška Nováková
Autorka práce




doc. Ing. Radomír Řepka, Ph.D.
Vedoucí práce


doc. Ing. Luboš Úradníček, CSc.
Vedoucí ústavu


doc. Ing. Pavel Ryant, Ph.D.
Děkan AF MENDELU

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci: Produkce alelopatických látek u vybraných bylin a jejich biologická účinnost vypracovala samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a v souladu s platnou Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací.

Jsem si vědoma, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne: 27. 4. 2017

.....
podpis

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji svému vedoucímu práce doc. Ing. Radomíru Řepkovi, Ph.D. a Mgr. Samu-
elu Lvončíkovi za vedení, odborné rady a připomínky při psaní mé diplomové práce.

Dále děkuji Ing. Petru Kalouskovi, Ph.D. za pomoc při tvorbě extraktů, Ing. Matě-
ji Orságovi, Ph.D. za poskytnutí meteorologických dat, Ing. Jindřichu Figalovi za po-
moc při vedení pokusu a pracovním arboreta za poskytnutí pokusné plochy.
V neposlední řadě bych ráda poděkovala všem, kteří se nějakým způsobem na vzniku
této práce podíleli.

ABSTRAKT

Název diplomové práce: Produkce alelopatických látek u vybraných bylin a jejich biologická účinnost

Práce je zaměřena na studium alelopatie a alelopatických projevů ambrozie peřenolisté a kostřavy červené na vybrané byliny. V první části práce jsou popsány vztahy mezi rostlinami a dostupné informace o alelopatii. Druhá část se věnuje vlivu ambrozie peřenolisté na růst jitrocele kopinatého, štírovníku růžkatého, ovsíku vyvýšeného, kostřavy červené, svazenky vratičolisté a hrachu setého ve venkovních podmínkách v různých kultivačních substrátech. Dále je posuzován vliv extraktů z kořenů kostřavy červené a syntetického m-tyrosinu na klíčivost nažek ambrozie peřenolisté. Z dosažených výsledků byl vyhodnocen vliv ambrozie na růst studovaných rostlin a účinek testovaných roztoků na klíčivost nažek.

KLÍČOVÁ SLOVA: rostlinné interakce, ambrozie peřenolistá, kostřava červená, extrakt, inhibice

ABSTRACT

Name of the diploma thesis: Production of allelopathic substances in selected herbs and their biological activity

The thesis is focused on the study of allelopathy and allelopathic effects of *Ambrosia artemisiifolia* and *Festuca rubra* on selected species of herbs. The first theoretical part describes plants relationships and available information about allelopathy. The second part deals with the influence of *Ambrosia artemisiifolia* on the growth of *Plantago lanceolata*, *Lotus corniculatus*, *Arrhenatherum elatius*, *Festuca rubra*, *Phacelia tanacetifolia* and *Pisum sativum* in outdoor conditions in different cultivation substrates. The effect of extracts from roots of *Festuca rubra* and synthetic m-tyrosine on the germination of seeds *Ambrosia artemisiifolia* was evaluated. The obtained results confirmed the effect of *Ambrosia artemisiifolia* on the growth of the studied plants and the effect of the tested solutions on germination seeds of *Ambrosia*.

KAYWORDS: plant interactions, *Ambrosia artemisiifolia*, *Festuca rubra*, extract, inhibition

OBSAH

1	ÚVOD.....	10
2	VZTAHY MEZI ROSTLINAMI	12
2.1	Pozitivní vztahy.....	12
2.1.1	Komenzalizmus.....	12
2.1.2	Mutualismus	12
2.1.3	Neutralismus	12
2.2	Negativní vztahy	13
2.2.1	Konkurence.....	13
2.2.2	Parazitismus	13
2.2.3	Amenzalizmus.....	14
3	ALELOPATICKÉ LÁTKY	15
3.1	Fenolické sloučeniny	17
3.2	Terpeny.....	19
4	MECHANISMUS PŮSOBENÍ ALELOPATICKÝCH LÁTEK.....	20
5	CHARAKTERISTIKA VYBRANÝCH ROSTLINNÝCH DRUHŮ	21
5.1	Ambrozie peřenolistá (<i>Ambrosia artemisiifolia</i> L.).....	21
5.2	Charakteristika studovaných druhů jednoděložných rostlin	23
5.2.1	Bojínek luční (<i>Phleum pratense</i> L.).....	23
5.2.2	Kostřava červená (<i>Festuca rubra</i> L.) 'Viktoria'	23
5.2.3	Ovsík vyvýšený (<i>Arrhenatherum elatius</i> L.) 'Medián'	24
5.3	Charakteristika studovaných druhů dvouděložných rostlin.....	24
5.3.1	Štírovník růžkatý (<i>Lotus corniculatus</i> L.)	24
5.3.2	Hrách setý (<i>Pisum sativum</i> L.) 'Ambrosia'	25
5.3.3	Svazenka vratičolistá (<i>Phacelia tanacetifolia</i> Benth.)	25
5.3.4	Jitrocel kopinatý (<i>Plantago lanceolata</i> L.).....	25
6	CHARAKTERISTIKA MÍSTA EXPERIMENTU	27
7	MATERIÁL A METODIKA	28
7.1	Výběr rostlinného materiálu	28
7.2	Kultivační pokus – BZA.....	28
7.2.1	Rok 2015	28
7.2.2	Rok 2016	30
7.3	Měření a zpracování dat kultivačního pokusu	31

7.3.1	Stanovení výšky a listové plochy.....	31
7.3.2	Stanovení sušiny	32
7.4	Stanovení klíčivosti ambrosie peřenolisté (<i>Ambrosia artemisiifolia</i> L.)	32
7.4.1	Tvorba extraktů.....	33
7.4.1.1	Vodný extrakt	33
7.4.1.2	Ethanolový extrakt.....	34
7.4.1.3	Roztok m-tyrosinu.....	34
7.4.2	Testy klíčivosti.....	34
8	VÝSLEDKY	36
8.1	Meteorologická data.....	36
8.2	Vyhodnocení kultivačního pokusu – BZA	37
8.2.1	Vyhodnocení výšek a listových ploch studovaných rostlin	37
8.2.2	Stanovení celkové sušiny studovaných rostlin	55
8.3	Vliv extraktů z kostřavy červené (<i>Festuca rubra</i> L.) na klíčení semen ambrosie peřenolisté.....	68
8.3.1	Vliv vodného extraktu.....	68
8.3.2	Vliv ethanolového extraktu	69
8.3.3	Vliv roztoku m-tyrosinu	70
9	DISKUZE.....	72
9.1	Vyhodnocení vlivu ambrosie peřenolisté (<i>Ambrosia artemisiifolia</i> L.) na studované rostliny	72
9.2	Vyhodnocení zkoušek klíčivosti ambrosie peřenolisté (<i>Ambrosia artemisiifolia</i> L.)	73
9.3	Stanovení rizik ambrosie peřenolisté (<i>Ambrosia artemisiifolia</i> L.) pro rostlinnou produkci.....	74
10	ZÁVĚR	75
11	POUŽITÁ LITERATURA	76
12	SEZNAM TABULEK	83
13	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	84
14	SEZNAM GRAFŮ	86
15	PŘÍLOHY	87
16	SEZNAM PŘÍLOH	90

1 ÚVOD

Rostliny jsou od svého vyklíčení, až po zánik vázány na jedno stanoviště. Při svém vývinu zvyšují nároky na ekologické faktory (světlo, teplo, vodu, živiny, životní prostor a pod.), kterých je jen omezené množství. Díky tomu je boj o tyto zdroje nevyhnutelný. Různé druhy rostlin si během vývoje dokázaly vytvořit nejrůznější mechanismy, díky kterým mohou efektivně nabízené zdroje využívat. Jedná se o jejich morfologii (postavení listů, výška vzrůstu), fenologii (časné klíčení, rychlý vývin jedince za časový úsek), případně nějakou z biologických interakcí.

Vzájemné vztahy (interakce) mezi rostlinami jsou různého charakteru od vzájemně prospěšných, přes přímo destruktivní. V další části práce jsou tyto vztahy více popsány, avšak cílem práce je zaměřit se především na rostlinnou alelopatii. Vlastní termín alelopatie byl poprvé použit v roce 1937 a to Hansem Molischem, který tak učinil ve své práci *Der Einfluss einer Pflanze auf die andere – Allelopathie* a vznikl spojením dvou latinských slov *alleon* (vzájemně/navzájem) *pathos* (trpět; Qasem & Foy, 2001). Avšak toho, že se rostliny navzájem ovlivňují si všimli již staří Řekové – dílo Theophrasta *Peri fyton historial a Peri fyton aitiai* zhruba 400 let př. n. l. (Möllerová, 2008), či později o této skutečnosti pojednává římský přírodovědec Gaius Plinius Secundus ve svých spisech (Möllerová, 2009). Pokud se ale zaměříme pouze na dobu ne příliš vzdálenou, můžeme za průlom považovat počátek 18. století, kdy se vědci začali intenzivněji zabývat vlastnostmi kořenových exudátů a jejich vlivem na okolní rostliny (Willis, 1996). V následujícím století se tomuto problému usilovně věnoval především Švýcarský botanik Augustin Pyramus de Candolle, který v knize *Flore française* (1803–1815) uveřejnil *Principes élémentaires de botanique* – své vlastní systematické řazení rostlin (Willis, 1996, 2002).

Vlastní pojem alelopatie lze definovat různě. Může mít pozitivní, většinou však negativní charakter (Rice, 1984). Obecně ho tedy lze definovat tak, že slabší jedinec (recipient) je negativně ovlivněn jedincem silnějším (donorem), přičemž silnější jedinec není jakkoli dotčen. Příčinou této interakce je vylučování komplexu chemických látek donorem do prostředí (vzduchu, půdy), které ovlivňují růst a vývoj recipienta (Fomsgaard *et al.*, 2004, Kruse *et al.*, 2000).

V našem konkrétním případě byl posuzován alelopatický vliv ambrozie přenosité (*Ambrosia artemisiifolia* L.) na klíčení a růst vybraných druhů jednoděložných a dvouděložných rostlin v půdách s rozdílnými chemickými vlastnostmi. A dále pak alelopatický vliv dvou typů extraktů z kořenů kostřavy červené (*Festuca rubra* L.) a m-tyrosinu na průběh klíčení nažek ambrozie.

2 VZTAHY MEZI ROSTLINAMI

Vzájemné vztahy mezi rostlinami jsou značně různorodé, mohou mít jak oboustranně nebo jednostranně pozitivní, tak i negativní charakter. Případně se může jednat o vztah neutrální, čemuž však v literatuře není věnována příliš velká pozornost.

Tab. 1. Typy vztahů mezi rostlinami (Moutelíková, 2013)

Typ vztahu	rostlina 1	rostlina 2
komenzalizmus	0	+
mutualismus	+	+
neutralismus	0	0
konkurence	-	-
parasitismus	+	-
amenzalizmus	0	-

2.1 Pozitivní vztahy

2.1.1 Komenzalizmus

Jedná se o vztah, při kterém jedna rostlina využívá druhou, ale nijak ji negativně neovlivňuje. Například epifytické rostliny z rodu *Tillandsia* jsou vzdušnými kořeny uchyceny na jiných rostlinách. Ty fungují pouze jako médium (biotop), na kterém probíhá jejich růst a vývin, nikoli však pro jejich výživu (Moutelíková, 2013).

2.1.2 Mutualismus

Jako příklad mutualismu, tedy vzájemně prospěšného vztahu, lze uvést soužití hlízkových bakterií rodu *Rhizobium* na kořenech bobovitých rostlin (*Fabaceae*). Výsledkem této koexistence je fixace vzdušného dusíku (Möllerová, 2006). Mutualismem ovšem rozumíme všechny známé druhy symbiózy (např. lichenizované houby vs. zelené řasy/ sinice).

2.1.3 Neutralismus

Neutralismus je vztahem mezi jednotlivými populacemi, při kterém nedochází ke vzájemnému ovlivnění. U rostlin není dobře pozorovatelný, naopak u živočichů je patrný velmi dobře.

2.2 Negativní vztahy

2.2.1 Konkurence

Jedná se o oboustranně negativní vztah mezi druhy. Konkurencí, nebo také kompeticí označujeme jev, při kterém mezi sebou jednotlivé rostlinné druhy soutěží o zdroje prostředí. Rozlišujeme mezidruhovou konkurenci (interspecifickou), která propuká v prostředí, kde vzájemně působí populace minimálně dvou odlišných druhů a vnitrodruhovou konkurenci, neboli intraspecifickou, která může nastat mezi jedinci populace jednoho druhu (Milulka, 1999).

Míra konkurence je přímo závislá na dostupnosti zdrojů (ve stinném prostředí bude dříve docházet k vzájemnému boji o světlo, než na slunném stanovišti, kde naopak může dojít k dřívějšímu nedostatku vláhy). K této interakci dochází především tehdy, pokud oba rostlinné druhy mají podobné nároky, tj. shodnou hloubku kořenění, přibližně stejný termín vzcházení apod. Je-li tedy jeden jedinec výrazně schopnější využívat zdroje než ostatní, dochází u konkurenčně slabých rostlin ke snížení produkce biomasy, deformaci růstových orgánů, oddálení generativní fáze potažmo ke snížení výnosů. V krajním případě může dojít i k úhynu slabšího jedince (Mikulka, 1999).

2.2.2 Parazitismus

Parazitismem rozumíme soužití dvou rostlin, z nichž jedna profituje na úkor druhé. Parazit je plně, nebo částečně závislý na druhé rostlině (hostiteli) a tuto rostlinu oslabuje. Rostlinné parazity dělíme jednak dle místa působení (stonkové, kořenové) a mechanismu napojení na hostitelskou rostlinu a dále podle toho, zda jsou schopné fotosyntetického procesu (Štech *et al.*, 2010).

Můžeme tedy mít parazity obligátní tj. plně závislé na hostiteli, nebo fakultativní. To jsou rostliny, které mají chlorofyl a umí si tak základní živiny (cukry) produkovat sami pomocí fotosyntézy. Od hostitele pak odebírají „pouze“ vodu a minerální látky. U fakultativních parazitů jsou známy i případy, kdy rostlina za určitých podmínek projde celým vývojem za úplné absence hostitele. V praxi to ovšem není častý jev (Štech *et al.*, 2010).

Každá parazitická rostlina má svůj okruh hostitelů. Buď může být vázána na jeden specifický druh, nebo může být naopak schopna parazitovat na různých druzích rostlin z odlišných čeledí, příkladem je poloparazitický kokrhel (*Rhinanthus*; Štech *et al.*, 2010).

2.2.3 Amenzalismus

Synonymem tohoto termínu je již zmíněná alelopatie, která byla popsána v úvodu textu. Jedná se o vztah, při němž jeden organismus vylučuje do okolí biochemické sloučeniny, kterými ovlivňuje organismus jiný. Příkladem alelopaticky působící rostliny může být mimo ambrosii peřenolistou i trnovník akát (*Robinia pseudoakacia* L.), nebo ořešák královský (*Juglans regia* L.). Tento strom vylučuje kořenovým aparátem do půdního profilu látku zvanou juglon. Jedná se o látku patřící do skupiny naftochinonů (5 hydroxy-1,4 naphthochinon), která má fungicidní, antibakteriální a cytotoxické vlastnosti. Výsledkem je absence jiných rostlin v jeho bezprostředním okolí. Výjimkou jsou některé druhy z čeledi lipnicovitých (*Poaceae*), na které má juglon pouze minimální nežádoucí efekt (Babula *et al.*, 2004).

Opačnou situaci, kdy dojde k příznivému ovlivnění jedinců (zvýšení výnosů, zlepšení růstu, apod.), popsal Kahl (1987) a to při použití vodných extraktů z listů dvouzubce chlupatého (*Bidens pilosa* L.) a řeřichy virginské (*Lepidium virginicum* L.) na kukuřici setou (*Zea mays* L.).

Známa, avšak ne příliš podrobně prostudovaná, je autotoxicita rostlin. Při tomto jevu rostlina uvolňuje alelopatické látky do okolního prostředí, přičemž tyto látky jsou toxické pro ni samotnou. Příkladem takovýchto rostlin mohou být různé druhy jetelů (*Trifolium* spp.; Kruse *et al.*, 2000; Wu *et al.*, 2007), vojtěška setá (*Medicago sativa* L.), ale i hospodářsky velmi významné zemědělské plodiny. Například studie Al-Kaisima *et al.* (2003) pojednává o autotoxicitě u kukuřice.

3 ALELOPATICKÉ LÁTKY

Alelopatické látky (alelopatika) jsou sekundární metabolity amenzálů způsobující zpomalení růstu a vývinu organismů, které se nacházejí v jejich bezprostředním okolí. Účinky těchto biochemických látek se mohou výrazně lišit s ohledem na to, o jakou látku se jedná a na jaký organismus působí. Může jít o inhibici klíčení, snížení fotosyntézy, o ovlivnění příjmu živin vlivem změny struktur a vlastností buněčných membrán, nebo o zásah do enzymatických, případně dělicích procesů buňky (Klejdus & Kubáň, 1999). Právě tyto mechanismy účinku umožňují expanzi takto působícímu druhu a zároveň vytlačení druhů citlivých k daným alelopatickým látkám. Výsledkem tohoto procesu je ochuzení ekosystému o citlivé rostlinné druhy.

Produkce alelopatických látek je proces probíhající v různých rostlinných částech v rozdílném množství a koncentraci. Následně jsou tyto látky ukládány do specifických orgánů. Ani k jejich distribuci nedochází stejným způsobem, záleží jednak na druhu a aktuálním stavu rostliny a dále pak na vlastnostech alelopatika. Například se může jednat o uvolňování do půdního profilu vlivem rozkladu rostlinné hmoty, nebo o šíření kořenovými výměšky (Klejdus & Kubáň, 1999), případně o těkání aromatických látek do vzduchu. Známý jsou i další mechanismy, avšak výsledkem všech procesů je bezprostřední interakce s ostatními rostlinami (Friedman, 1995).

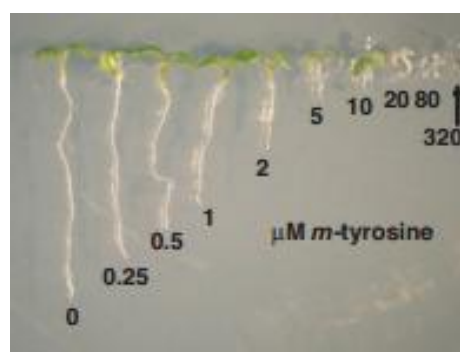
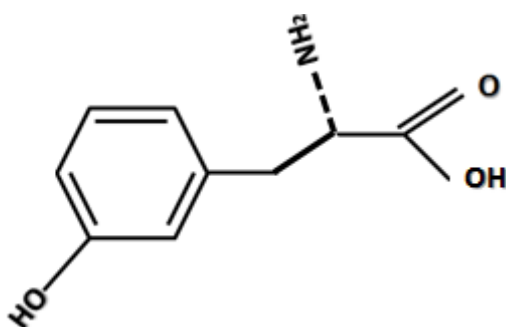
Množství látek vylučovaných do prostředí se odvíjí od stáří rostliny, způsobu jejího života (jednoletá/vytrvalá) a vnějších podmínkách. Jedinci, kteří rostou na místech s nedostatkem základních zdrojů produkují větší množství alelopatik. Výsledným efektem pro rostlinu je maximální využití potenciálu prostředí (Aerts & Chapin, 2000).

Projevy u postižených rostlin mohou být přímé, tedy takové, kdy se zpomalí, případně zastaví proces klíčení (Slavíková, 1986), nebo dochází ke snížené tvorbě nadzemní či podzemní biomasy případně se dostatečně netvoří generativní orgány. Stejně tak se ale může jednat i o projevy nepřímé. Ty nejsou na první pohled na rostlině patrné. Jedná se především o negativní vliv na půdní edafon, kdy v konečném důsledku může dojít k úplné změně druhové struktury půdních mikroorganismů a tím jsou ovlivněny rostliny (Klironomos, 2002). Často se též mění počet mikroorganismů ať už pod tímto pojmem uvažujeme bakterie nebo mykorhizní houby (Callaway *et al.* 2008).

Mezi alelopatika řadíme: alkaloidy, fenoly a jejich deriváty, flavony, fytoalexiny, fytoosteroly, isoflavony, mastné kyseliny, polyacetyleny, saponiny, taniny, terpeny a mnohé další látky (Klejdus & Kubáň, 1999).

V ambrozii peřenolisté byl v hojné míře zjištěn výskyt některých fenolických sloučenin, především pak kyseliny skořicové, kyseliny 3-hydroxybenzoové a některých seskviterpenů. Bylo zjištěno, že fenolické sloučeniny se vyskytují ve větší míře spíše v podzemní biomase a seskviterpeny naopak ve biomase nadzemní (Lu *et al.*, 1993).

Alelopatický efekt kostřavovitých trav (*Festuca* spp.) je znám již delší dobu; v roce 2011 bylo De Bertoldim *et al.* studováno alelopatické působení biomasy kostřavy rákosovité (*F. arundinacea* Schreb.). Podle některých dalších studií (Bertin *et al.*, 2007; Huang *et al.*, 2012) má velký alelopatický efekt i kostřava červená (*Festuca rubra* L.), která ve svém těle, především v kořenové části, obsahuje m-tyrosin. Jedná se o fytotoxickou neproteinovou aminokyselinu, která se svojí strukturou velice podobá klasickým proteinovým aminokyselinám p-tyrosinu a fenylalaninu. Biosyntéza m-tyrosinu probíhá pravděpodobně přímo hydroxylací fenylalaninu v koncových částech kořenového systému. K jeho tvorbě začíná docházet ihned po vyklíčení. Mechanismus účinku není přesně objasněn, avšak předpokládá se, že by mohl zasahovat do syntézy růstových hormonů, především pak auxinů Bertin *et al.* (2007).



Obr. 1. Strukturální vzorec m-tyrosinu (zdroj: Bertin *et al.*, 2007; upraveno)

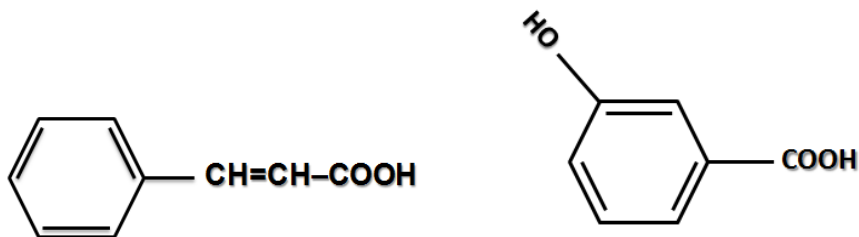
Obr. 2. Klíčící rostliny huseničky rolního (*Arabidopsis thaliana* L.; vpravo) ovlivněné roztokem m-tyrosinu (zdroj: Bertin *et al.*, 2007)

3.1 Fenolické sloučeniny

Jak již bylo zmíněno, fenolické sloučeniny se významně podílejí na alelopatických vlastnostech rostlin. Jejich struktura je charakteristická. Základem je benzenové jádro, na které se vážou hydroxylové složky (Nováček, 2008). Tyto látky, podobně jako i jiné produkty sekundárního metabolismu jsou vytvářeny velice specifickými metabolickými dráhami. V tomto konkrétním případě se jedná o šikimátovu cestu, která je charakteristická pouze pro rostliny a mikroorganismy. Stejným procesem vznikají i tři významné aromatické aminokyseliny - tryptofan, fenylalanin a tyrosin a další látky jako například kyselina skořicová, či benzoová, které se dále podílí na metabolismu (Dewick, 2008).

Výsledný efekt těchto látek je závislý na mnoha faktorech, patří mezi ně jak vlastnosti porostu (hustota, jeho momentální vývojová fáze a vitalita), tak i samotné vlastnosti půdy (mikrobiální aktivita, pH půdy, obsah půdní vody a vzduchu, případně množství přístupných živin a organické hmoty; Klejdus & Kubáň, 1999). V půdním profilu se látky přeměňují, transportují, případně se mohou vázat, nebo degradovat. Obecně lze tedy říci, že na chudších půdách je alelopatický účinek vyšší, než na půdách bohatých na živiny a organickou hmotu, kde se fenolické kyseliny rychleji transformují a degradují. A dále pak, že čím je množství jedinců na jednotku plochy vyšší, tím opět alelopatický efekt na jednotlivé rostliny klesá (Martinak, 2011).

Dle výzkumu Choi *et al.* (2010) se v kořenech ambrozie nachází kyselina (E)-3-fenylprop-2-enová, neboli kyselina skořicová, která vzniká z esenciální aminokyseliny – fenylalaninu za pomoci enzymu, obsaženém v pletivech příslušných rostlin, ten katalyzuje reakci, při níž dochází k odbourání amoniaku (wikiknihy, 2011). Běžně je obsažena v pryskyřicích a deriváty této kyseliny (kyselina kumarová, kávová, či například ferulová) se nacházejí v listech tropických rostlin. Jsou vázané především na cukry, nebo se vyskytují ve formě esterů kyseliny chinové (Nováček, 2008).

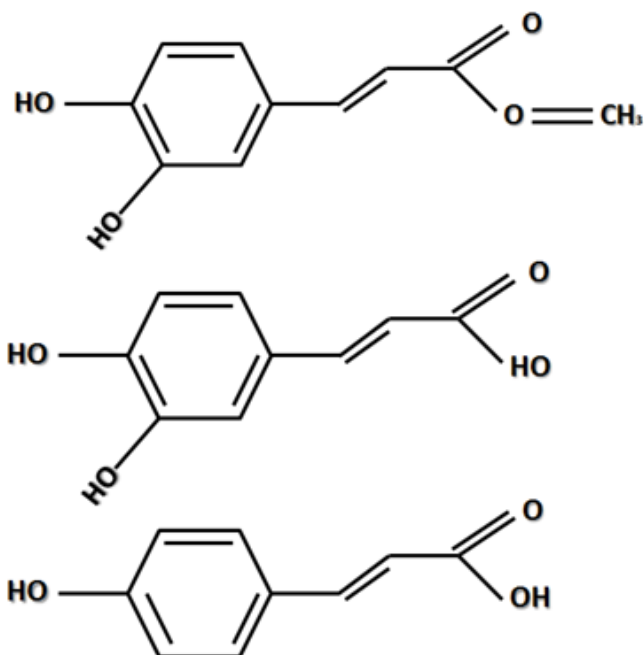


Obr. 3. Strukturní vzorec kyseliny skořicové – napravo (zdroj: Nováček, 2008; upraveno)

Obr. 4. Strukturní vzorec kyseliny 3-hydroxybenzoové – nalevo (Kašparová, 2015; upraveno)

Další identifikovanou látkou je fytotoxická kyselina 3-hydroxybenzoová. Ta patří mezi látky brzdící růst a vývoj rostlin. Jde o derivát kyseliny benzoové, běžně se vyskytuje v různých částech rostlinného těla (Robbins, 2003). V ambrozii byl její výskyt jednoznačně prokázán v podzemní biomase (Kašparová, 2015).

V neposlední řadě byly taktéž v kořenovém systému lokalizovány tři deriváty kyseliny skořicové, konkrétně šlo o kyselinu kávovou, p-kumarovou a ferulovou (Choi *et al.*, 2010).



Obr. 5. Strukturní vzorce derivátů kyseliny skořicové – první odshora je kys. ferulová, dále kys. kávová a poslední je kys. p-kumarová (zdroj: Velíšek & Hajšlová, 2009; upraveno)

Kyselina ferulová se vyskytuje především jako ester glykosidů a organických kyselin. Pojí se vazbou na různé jednotky polysacharidů (ligninu, suberinu či pektinu).

Podobně jako kyselina ferulová se i další z výše uvedených kyselin – kávová – podílí na tvorbě ligninu, tudíž v organismu plní obrannou funkci. Poslední látkou je kyselina kumarová, ta je součástí buněčných stěn rostlin a její lakton, zvaný kumarin je znám jako látka s výrazným inhibičním účinkem (Nováček, 2008).

3.2 Terpeny

Podobně jako fenolické sloučeniny se i terpeny řadí mezi alelopatika. Jsou to přírodní látky syntetizované acetát-mevalonátovou cestou a vycházející z acetyl koenzymu A. Mohou mít acyklickou i cyklickou strukturu a bezkyslíkatý i kyslíkatý charakter. Řadíme sem: aldehydy, ketony, alkoholy, étery, oxidy a karbonové kyseliny (Nováček, 2008).

Terpeny pokládáme za izoprénové polymery. Dle množství izoprenových jednotek je můžeme dále rozdělovat do jednotlivých skupin a to na hemiterpeny, které jsou tvořeny jen jednou izopropénovou jednotkou. Příkladem monoterpenu (dvě jednotky) může být myrcen obsažený v rostlinných silicích, podobně jsou na tom i seskviterpeny se třemi izopropénovými jednotkami, které jsou taktéž hojně zastoupeny v silicích (citrón, chmel, jehličnany). Čtyřmi jednotkami jsou tvořeny diterpeny a šesti triterpeny, obě tyto skupiny jsou povětšinou látky netěkavé povahy. Další skupinou jsou tetraterpeny s osmi jednotkami izopropenů (karotenoidy). Poslední skupinou jsou polyterpeny. Jsou to vysokomolekulární nenasycené látky, skládající se z mnoha jednotek, příkladem těchto látek je kaučuk či gutaperča (Nováček, 2008).

Především dvě z výše uvedených skupin se vyskytují v rostlinné biomase ambrozie peřenolisté a to monoterpeny, jejichž zastoupení je necelých 33 % a seskviterpeny, které mají o něco větší procentuální obsah, necelých 50 %. Konkrétně se jedná o tyto sloučeniny: α -guaien, bergamoten, β -patchoulin, β -bisabolen, borneol, borneol acetát (Wang *et al.*, 2005) a kafr (Miranda *et al.*, 2014). Další samostatnou skupinou, která má vliv na buněčné dělení a enzymatické pochody rostlin jsou nízkomolekulární cyklické seskviterpeny nazývané seskviterpenoidní laktony. Z této skupiny se v ambrozii podařilo identifikovat cumanin, dihydrocumanin, paulitin, isopaulitin, peruvín, 3a-acetoxy-11a/H,13-dihydrodamsin, 3a acetoxy 11a/H,13-dihydrodamsin (Błoszyk *et al.*, 1992).

4 MECHANISMUS PŮSOBENÍ ALELOPATICKÝCH LÁTEK

Jak již vyplývá z předchozích kapitol práce, mechanismy účinku alelopatik jsou komplikované. Avšak pro lepší orientaci je lze rozdělit dle Weira *et al.* (2004) do pěti základních skupin.

1. inhibice fotosystému II
2. inhibice dýchacího řetězce
3. inhibice pentózového cyklu
4. tvorba kyslíkových radikálů
5. jiné mechanismy.

Omezení funkčnosti fotosystému II je nejlépe popsáný mechanismus působení alelopatických látek. Velmi známou látkou, která má tyto účinky je sorgoleon; jedná se o lipofilní derivát p-benzochinonu, do půdy je vylučován čirokem (*Sorghum* sp.) a to v podobě olejovitého exudátu (Patočka, 2013). Působením této látky dochází k inhibici přenosu elektronů ve fotosystému II, což vede k přerušení přenosu elektronů i ve fotosystému I nedochází tedy k tvorbě ATP. Výsledkem je výrazné zpomalení růstu inhibované rostliny (Weir *et al.*, 2004).

Dalším možným mechanismem účinku je narušení některé fáze respirace rostlin. Samotná podstata ovšem není ještě přesně určena (Weir *et al.*, 2004). Obecně při respiraci dochází k tvorbě ATP z redukovaných koenzymů a to pomocí procesů glykolýzy a Krebsova cyklu. Pokud je tedy narušena jakákoli část tohoto složitého procesu, dochází ke zpomalení syntézy ATP a tím dojde k omezení klíčení a růstu rostlin. Především přeměna glukózy na pyruvát je dle Muscola *et al.* (2001) náchylným procesem na působení alelopatik fenolického charakteru, kdy dojde pomocí těchto látek k zamezení katalytických reakcí a tím k zbrzdění syntézy ATP.

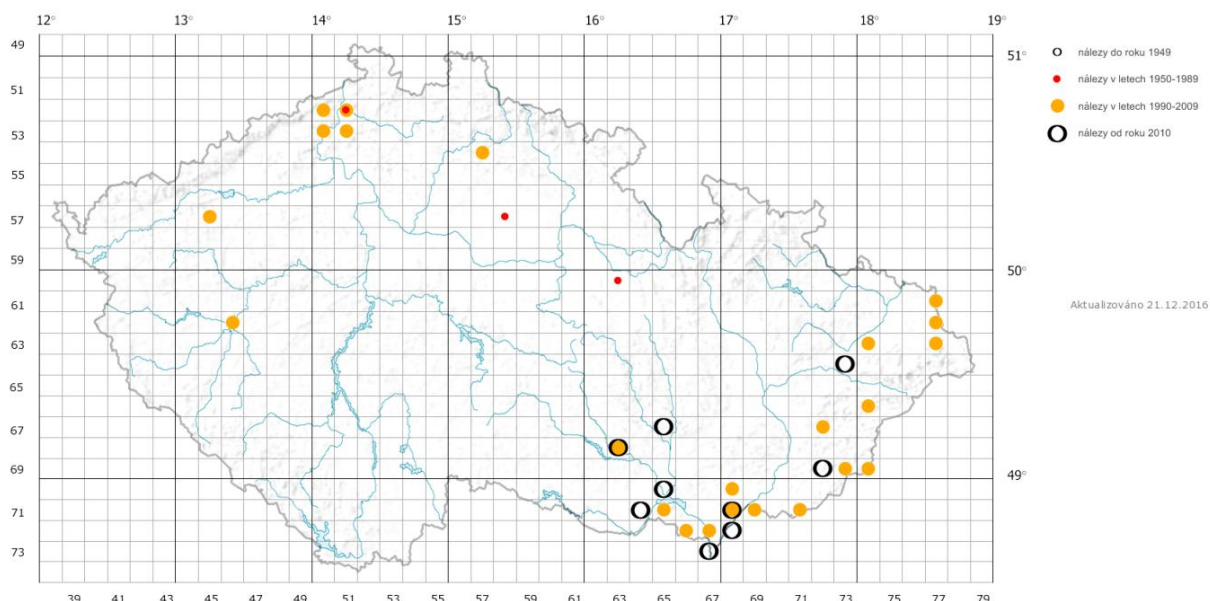
Na tvorbě kyslíkových radikálů mohou mít alelopatika taktéž významný podíl. Pokus provedený Yu *et al.* (2003) na semenech okurky seté (*Cucumis sativus*) ukazuje, že jsou-li semena vystavena působení kyseliny benzoové či skořicové, dochází u nich ke zvýšení aktivity enzymů peroxidázy a superoxiddismutázy. Z této skutečnosti lze vyvodit i zvětšenou tvorbu kyslíkových radikálů. Výsledkem procesu je stresová situace. Rostlinný organismus musí vynaložit velké množství energie na eliminaci kyslíkových radikálů a tím dochází ke zpomalení klíčení.

5 CHARAKTERISTIKA VYBRANÝCH ROSTLINNÝCH DRUHŮ

V této kapitole jsou podrobněji charakterizovány a popsány jednotlivé druhy rostlin, které byly ve venkovních pokusech použity pro ověření alelopatického účinku ambrozie peřenolisté. Jedná se o druhy rostlin ze skupiny píceň – bojínek luční (*Phleum pratense* L.), kostřava červená 'Viktoria', ovsík vyvýšený (*Arrhenatherum elatius* L.) 'Medián', štírovník růžkatý (*Lotus corniculatus* L.), hrách setý (*Pisum sativum* L.) 'Ambrosia', svazenka vratičolistá (*Phacelia tanacetifolia* Benth.) a jitrocel kopinatý (*Plantago lanceolata* L.).

5.1 Ambrozie peřenolistá (*Ambrosia artemisiifolia* L.)

Tato jednoletá, jednodomá rostlina patřící do čeledi hvězdnicovitých (*Asteraceae*), pochází ze Severní Ameriky. Do Evropy byla zavlčena přibližně v polovině 19. století (1863). Na naše území se dostala labskou cestou společně se sójou a jejím odpadem. První zmínka o jejím výskytu na našem území pochází z roku 1883 (Pyšek *et al.*, 2012a, b). Daří se jí v teplejších částech ČR (Polabí, jižní Morava). Hojně se vyskytuje v oblastech jižního Slovenska, odkud k nám může invadovat. Roste převážně na ruderalních stanovištích (železniční násypy, okraje cest a polí; Jehlík, 1998). U železničních násypů se jedná o zhruba 49 % z celkového výskytu této rostliny na území ČR a dalších 11 % roste kolem lidských sídel. Orná půda není dosud v našich oblastech téměř zasažena (Skálová *et al.*, 2017) na rozdíl od jiných států.



Obr. 6. Aktuální výskyt ambrosie peřenolisté na území ČR (zdroj: AOPKČR, 2016)

Legenda: malý černý kroužek – nálezy do roku 1949; červené kolečko – nálezy v letech 1950–1989; oranžové kolečko – nálezy v letech 1990 - 2009; velký černý kroužek – nálezy od roku 2010

Celá rostlina je slabě šedozeleně zbarvená, dorůstá výšky mezi 10–150 cm. Má přímou rozvětvenou, či pouze jednoduchou lodyhu, mírně, až silně ochlupenou, na průřezu čtyřhrannou. Listy jsou zpravidla velké, ochlupené na delším řapíku. Mohou být jednou až třikrát peřenosečné. Květy jsou uspořádány do drobných jednopohlavných úborů. Samčí žluté úbory tvoří úžlabní nebo vrcholové hrozny. Naopak samičí úbory jsou malé, schované v úžlabí vrcholových listů. Rostlina má velice agresivní pyl, který vyvolává prudké alergické reakce. Plodem je charakteristická ostnitá nažka (Jehlík, 1998). Takovýchto nažek je jedna rostlina v našich podmínkách schopna vyprodukovat kolem 1200, což je podstatně méně než v okolních státech. Například v Maďarsku se může jednat až o 18000–49000 nažek z jedné mateřské rostliny (Essl *et al.*, 2015). Nejvíce nažek zůstává do vzdálenosti jednoho metru od mateřské rostliny a jejich klíčivost je až 40 let (Skálová *et al.*, 2017).



Obr. 7. Mladá rostlina ambrozie peřenolisté (zdroj: autorka, 2016)

Obr. 8. Ambrozie v květu (zdroj: Kocián; upraveno 2013)

5.2 Charakteristika studovaných druhů jednoděložných rostlin

Tyto rostliny řadíme do čeledi lipnicovité (*Poaceae*), svojí stavbou i růstem jsou přizpůsobeny sežínání či spásání. Tvoří zpravidla rozsáhlé porosty přirozeného či polo-přirozeného charakteru a využívají se pro produkci píce k silážování, či senáži (Hopkins *et al.*, 2000).

5.2.1 Bojínek luční (*Phleum pratense* L.)

Jedná se o vytrvalou pícninu ze skupiny volně trsnatých trav. Rostlina obvykle dosahuje výšky mezi 20–30 cm (měřeno bez stébla s lichoklasem), listová vernace je stočená. Barva čepele je většinou šedozelená. Vlastní délka stébla dosahuje výšky kolem 100 cm, květenstvím je lichoklas válcovitého tvaru (Skládanka *et al.*, 2004).

Vzcházivost je zhruba 14 dní od zasetí osiva. Listy jsou v časném stádiu vývoje velice jemné. Je schopný vytvořit velice kvalitní píci, která je velmi dobře zkrmovatelná zvířaty. Jeho vytrvalost v porostu se pohybuje v rozmezí 6–10 let (Skládanka *et al.*, 2004).

5.2.2 Kostřava červená (*Festuca rubra* L.) 'Viktoria'

Opět vytrvalá pící tráva tvořící výběžkatou i trsnatou formu. Vernace listů je v tomto případě složená (Skládanka *et al.*, 2004). Listy jsou na lící straně hrubě rýhované a mají sytě zelenou, případně šedozelenou barvu, jejich délka je zpravidla mezi

30–60 cm. Stébla jsou přímá, dorůstají do výšky 20–100 cm. Květenstvím je dvoustranně uspořádaná, mírně rozkladitá lata (Skládanka *et al.*, 2004).

Doba vzcházení se oproti bojínku lučnímu prodlužuje zhruba na 20–30 dní od zasetí. Plné produkce píce dosahuje až ve třetím užitkovém roce. Její vytrvalost v porostu je poměrně krátká cca do sedmi let (Skládanka *et al.*, 2004).

5.2.3 Ovsík vyvýšený (*Arrhenatherum elatius* L.) 'Medián'

Jedná se o vysokou volně trsnatou travu s až 40 cm dlouhými žebrovanými listy, které na stéblo přisedají dlouhou pochvou. Vernace je stočená (Skládanka *et al.*, 2004). Stébla mají velmi výrazná kolénka a svým vzrůstem (150 cm) často převyšují veškerý porost vyskytující se kolem. Lata ovsíku mají taktéž nápadnou délku, až 30 cm (Skládanka *et al.*, 2004). Běžně mají obilky ovsíku na bázi stočenou osinu, avšak odrůda použitá pro pokus se vyznačuje bezosinatostí, což umožňuje její snadnější čištění i promísení směsí travního osiva (Skládanka, 2005).

Ovsík má rychlý vývoj a tomu odpovídá i jeho poměrně krátká vzcháživost, která se pohybuje mezi 7–14 dny. Své plné produkce dosahuje již v prvním roce a stabilní kvalitu i výnos si ponechává tři roky. Výskyt v porostu je takřka neomezený, pokud má možnost se pravidelně „vysemeňovat“ (Skládanka *et al.*, 2004).

5.3 Charakteristika studovaných druhů dvouděložných rostlin

Pícniny použité v pokusu této diplomové práce řadíme do několika čeledí, hlavní skupinou zastoupenou v našem případě dvěma druhy je čeleď bobovitých (*Fabaceae*). Její hlavní předností je schopnost poutat atmosférickou formu dusíku N₂ pomocí hlízkových bakterií rodu *Rhizobium* žijících na kořenech rostlin. Tím dochází k obohacování půdy právě o tuto živinu (Skládanka *et al.*, 2004). Další využitou čeledí je čeleď brutnákovité (*Boraginaceae*) a poslední jsou jitrocelovité (*Plantaginaceae*).

5.3.1 Štírovník růžkatý (*Lotus corniculatus* L.)

Štírovník růžkatý je rostlina z čeledi bobovitých (*Fabaceae*) má trsnatý charakter růstu. Dorůstá výšky okolo 15–40 cm, má hranatou poléhavou lodyhu. Listy jsou trojčetné obvejčité, tmavě zelené barvy. Květenstvím je hlávkový okolík složený z 5–8 jednotlivých, žlutkově žlutých květů (Randuška *et al.*, 1983).

Jedná se o vytrvalou pícevinu vhodnou spíše do jetelotravních směsí pro pastevní účely, protože po pastvě i sežínání velmi dobře regeneruje (Fadrný *et al.*, 2002). Vyznačuje se horšími chuťovými vlastnostmi a to především díky vyššímu obsahu tříslovin a kyanogenních glykosidů (Římovský *et al.*, 1989).

5.3.2 Hrách setý (*Pisum sativum* L.) 'Ambrosia'

Jedná se o jednoletou bylinu z čeledi bobovitých (*Fabaceae*). Celá rostlina má chabou lodyhu a pomocí úponků se přichycuje okolních opor. Lodyha může dosahovat výšky 30–120 cm. Listy jsou žlutozelené a skládají se z 1–3 párů vejčitých lístků, které jsou doplněny přeměněným terminálním lístkem – úponkou. Palisty jsou poměrně velké, srdčitého tvaru. Květ zpravidla bílý nevonný (Jašková, 2010).

Pro pícninařské využití se pěstuje hrách setý rolní (*Pisum sativum* subsp. *arvense*), známý též jako „peluška“. Ta se používá pro tzv. „zelené krmení“, nebo k silážování. Hrách setý se dá využít pro „hrachové siláže“ (Skládanka, 2005).

5.3.3 Svazenka vratičolistá (*Phacelia tanacetifolia* Benth.)

Svazenka je bylina patřící do čeledi brutnákovitých (*Boraginaceae*), je zhruba 80 cm vysoká, lodyha je v dolní části lysá a u květenství chlupatá. Listy jsou řapíkaté, případně přisedlé, nepravidelně peřenosečné, sytě zelené, ochlupené z obou stran. Květenstvím jsou fialové dvojevíjany (Möllerová, 2007).

Velmi často se používá v zemědělství jako strnisková meziplodina, přerušuje tedy osevní sledy. Má velmi rychlý vývoj a lze ji sklízet již 60 dnů od výsevu. Svazenka vytváří hodnotnou kořenovou biomasu a tím zlepšuje půdní vlastnosti. Jako pícní plodina se uplatňuje především v suchých letech při nedostatku jiné kvalitnější píce. V tomto případě ji sklízíme zásadně před rozkvětem, protože poté brzy dřevnatí (Skládanka *et al.*, 2004).

5.3.4 Jitrocel kopinatý (*Plantago lanceolata* L.)

Jedná se o vytrvalou bylinu, která vyrůstá z uťatého oddenku s bohatým kořenovým systémem. Vytváří se tak hustá přízemní listová růžice. List je sytě zelený, kopinatý, u báze zúžený. Květenstvím je vejčitý lichoklas, který je nesen na bezlistém stvolu (Randuška *et al.*, 1983).

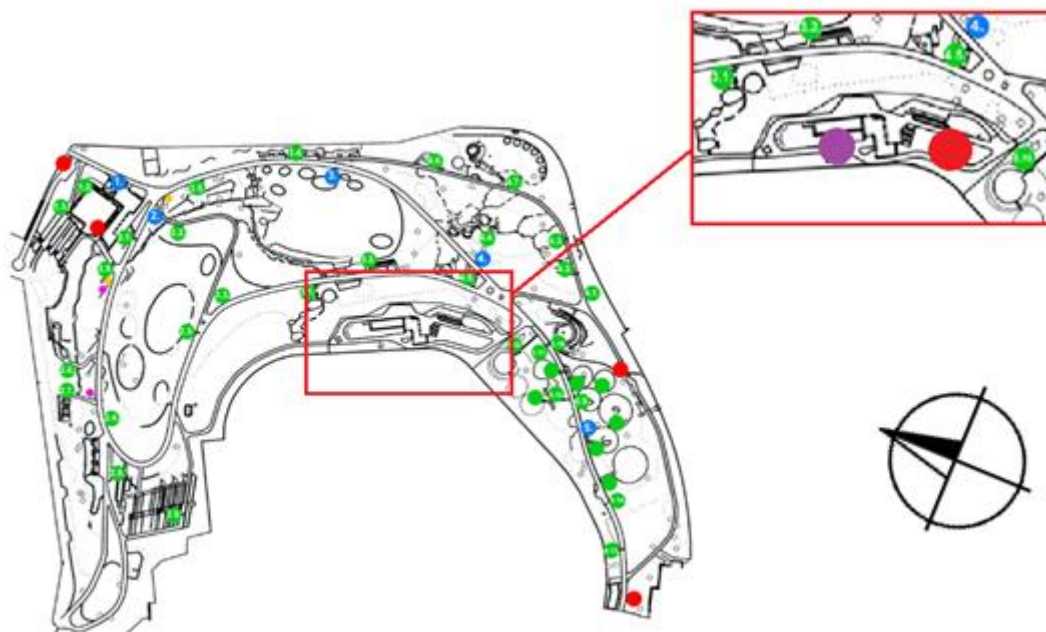
Ačkoli je jitrocel považován za běžně se vyskytující luční rostlinu, dle výzkumu Wortnera (2013) je možné jitrocel uplatnit taktéž v pastevních jetelotravních směsích. List má dobrou kvalitu a jeho přidáním do směsi se zvyšuje přijatelnost píce v čerstvém stavu i po usušení.

6 CHARAKTERISTIKA MÍSTA EXPERIMENTU

Botanická zahrada a Arboretum (BZA) se nachází v bezprostřední blízkosti komplexu Mendelovy univerzity v Brně. Bylo založeno v roce 1938 prof. Dr. A. Bayerem (Pavlík, 2017).

BZA se nachází v nadmořské výšce 220–250 m n. m. Průměrný úhrn srážek se pohybuje okolo 547 mm za rok a průměrná roční teplota je 8,4 °C. Půdní podloží je ze značné části tvořeno slinitým jílem a povrch sprašovými hlínami (Pavlík, 2017). Na území arboreta je i meteorologická stanice ze které byla poskytnuta klimatická data z vegetačního období let 2015 a 2016. Konkrétně se jednalo o úhrn srážek (mm) a teplotu (°C; Orság, 2017).

Pokus byl založen v neveřejné části BZA (Obr. 9). Výřez mapy zobrazuje část BZA kde byly pokusy založeny. Fialový bod označuje umístění pokusu v roce 2015 a červený bod v roce 2016.



Obr. 9. Mapa Botanické zahrady a Arboreta Mendelovy univerzity v Brně (zdroj: Pavlík; upraveno 2017)

7 MATERIÁL A METODIKA

V následující kapitole je popsán materiál a metodický postup, který byl použit při pokusech prováděných v BZA v letech 2015–2016 a dále pak metodika stanovení vlivu extraktů z kostřavy červené na klíčivost semen ambrozie peřenolisté.

7.1 Výběr rostlinného materiálu

V průběhu venkovního pokusu bylo použito celkem sedm rostlinných druhů a ambrozie. Z toho tři studované druhy patří do skupiny jednoděložných a čtyři do skupiny dvouděložných rostlin. Jednotlivé rostlinné druhy byly podrobně popsány v kapitole 5. Latinské názvosloví bylo použito dle Kubáta (2002).

Rostliny ambrozie pro venkovní pokus byly odebrány v blízkosti železničních náspů hlavního nádraží v Brně, ve fázi dvou až čtyř pravých listů. Termín sběru byl v obou letech červen.

Semena studovaných rostlin pro venkovní pokus byla zakoupena u firmy Planta naturalis, Markvartice. V roce 2015 byly požity tyto druhy: jitrocel kopinatý, štírovník růžkatý, bojínek luční, ovsík vyvýšený a kostřava červená.

V roce 2017 bylo spektrum studovaných rostlinných druhů následující: svazenka vratičolistá, hrách setý, ovsík vyvýšený a kostřava červená. Rostliny obou jmenovaných travních druhů byly převzaty z předchozího roku.

Nažky ambrozie pro provedení zkoušek klíčivosti byly sesbírány v říjnu 2015 v BZA. Nažky byly důkladně pročištěny a stratifikovány v chladničce v papírovém sáčku po dobu šesti měsíců. Před vlastním pokusem byly máčeny v teplé vodě (20 °C) po dobu 12 hodin.

7.2 Kultivační pokus – BZA

7.2.1 Rok 2015

Pro kultivační pokus v prvním roce byla vybrána plocha v blízkosti skleníku. Byla mechanicky zbavena vytrvalých plevelných rostlin, následně urovnána a potažena černou netkanou textilií.






Jako kultivační nádoby byly použity plastové truhlíky o rozměru (14 × 40 × 17 cm). Takto velké nádoby byly zvoleny cíleně, aby byl posuzován pouze alelopatický vliv ambrozie a nikoliv konkurence o zdroje. Zhruba 6 cm pod horním okrajem byl do každé nádoby pomocí pájky proražen otvor pro odtok srážkové vody.

Celkem bylo pro nádobový pokus využito 150 truhlíků. Jako substrát byla použita kambizem z okolí Útěchova. Ta byla proseta přes síto s velikostí ok 4 mm. Vzniklá jemnozem byla mletým vápencem (CaCO₃) upravena na požadovanou hodnotu pH (5, 6, 7), pro lepší propustnost substrátu bylo přidáno asi 5 % perlitu.

Bylo získáno 50 kultivačních nádob od každé varianty pH. Každá skupina nádob byla oseta pěti shodnými testovacími druhy (viz kapitola 7.1). Výsledné schéma pokusu bylo deset nádob s jedním testovacím druhem, z nichž polovina byla ovlivněná přísazem ambrozie a druhá polovina byla kontrolní (zůstala bez přísady).

Nádoby byly na pokusné ploše rozmístěny do řad dle hodnot pH. Uspořádání uvnitř řady bylo zcela náhodné (Obr. 10.). Všechny truhlíky byly označeny plastovou jmenovkou s číslem (1–150) a hodnotou pH (5/ 6/ 7).

pH5	pH6	pH7	pH5	pH6	pH7
1 (A)	62 (A)	102 (A)	42	94	118 (A)
3 (A)	80	101 (A)	12 (A)	85	121 (A)
46	93	141	37	76	108 (A)
10 (A)	72 (A)	138	34	96	126
28	53 (A)	140	32	63 (A)	119 (A)
39	60 (A)	150	33	66 (A)	109 (A)
21 (A)	79	113 (A)	31	88	128
4 (A)	90	129	6 (A)	87	137
38	89	122 (A)	40	55 (A)	110 (A)
20 (A)	95	116 (A)	41	82	146
48	71 (A)	142	24 (A)	74 (A)	111 (A)
5 (A)	57 (A)	127	43	56 (A)	124 (A)
19 (A)	92	145	11 (A)	73 (A)	139
50	51 (A)	104 (A)	16 (A)	77	112 (A)
8 (A)	52 (A)	147	26	61 (A)	143
2 (A)	75 (A)	103 (A)	17 (A)	70 (A)	114 (A)
27	54 (A)	106 (A)			
22 (A)	91	125 (A)			
15 (A)	67 (A)	144			
36	98	115 (A)			
47	64 (A)	105 (A)			
35	99	134			
45	65 (A)	132			
14 (A)	86	131			
49	81	149			
29	84	133			
44	97	120 (A)			
18 (A)	69 (A)	117 (A)			
9 (A)	58 (A)	148			
25 (A)	100	130			
30	59 (A)	107 (A)			
23 (A)	78	123 (A)			
7 (A)	68 (A)	136			
13 (A)	83	135			

	bojínek luční (<i>Phleum pratense</i> L.)
	štírovník růžkatý (<i>Lotus corniculatus</i> L.)
	kostřava červená (<i>Festuca rubra</i> L.)
	jitrocel kopinatý (<i>Plantago lanceolata</i> L.)
	ovsík vyvýšený (<i>Arrhenatherum elatius</i> L.)

pozn. pokud je v tabulce za číslem označení: (A), jedná se o variantu ovlivněnou ambrozií peřenolistou (*A. artemisiifolia* L.)

Obr. 10. Schéma venkovního pokusu – BZA 2015

Výsev proběhl 15. 6. 2015. V témže termínu byly k doprovodným druhům přisazeny i rostliny ambrozie peřenolisté. Vlivem nepříznivých klimatických podmínek (nadměrné teplo a rychlé vysychání nádob) nedošlo ke vzejití požadovaného počtu druhů trav. Z tohoto důvodu proběhl v termínu 26. 8. 2015 opravný výsev. Bojínek luční byl pro špatnou klíčivost semen z pokusu vyřazen.

Od vysetí byl pokus udržován standardním způsobem. Rostliny byly pravidelně zavlažovány (dle průběhu počasí), odplevelovány a v případě vzejití více jedinců i jednoceny.

7.2.2 Rok 2016

Ve druhém roce byl kultivační pokus přesunut z původního místa, které se ukázalo jako nepříliš vhodné (otevřené stanoviště s neustálým slunečním svitem), na místo stínoviště. Zde byl předpoklad, že zemina v nádobách nebude při extrémních teplotách v letních měsících nadměrně prosychat a přehřívat se. Pokusná plocha byla taktéž potažena netkanou textilií, zavlažování probíhalo automaticky.

Celkem bylo použito 116 nádob stejných rozměrů jako v předešlém roce. Jako pěstební substrát byla u 28 z nich použita jílovitá půda z BZA (neutrální pH). Rašelina od firmy AGRO byla použita shodně ve 28 nádobách. Do obou typů půdy bylo pro zlepšení jejich vlastností přidáno 5 % perlitu.

Do poloviny nádob s jílovitou půdou byly vysety semena hrachu, do druhé poloviny truhlíků byla vyseta semena svazenky. Dále byla semena hrachu vyseta do poloviny truhlíků s rašelinou. Do druhé poloviny byla vyseta semena svazenky vratičolisté. Skupina jednoděložných rostlin zůstala zachována z minulého roku (60 nádob). Na základě rozborů půdy bylo v těchto truhlících upraveno pH na počáteční hodnoty (5, 6, 7). Bylo tak učiněno pomocí mletého vápence (CaCO_3).

V roce 2016 byly použity čtyři studované druhy (viz kapitola 7.1). Nádoby byly na stanovišti uspořádány do tří řad a 15 cm mezerou byly odděleny jednotlivé typy půdy i pH. Uspořádání truhlíků v každé sekci bylo zcela náhodné (Obr. 11.). Každá nádoba měla vlastní plastovou jmenovkou s číslem, případně hodnotou pH.

Výsev semen dvouděložných druhů proběhl 8. 6. 2016. V termínu 20. 6. 2016 byly ke všem doprovodným druhům přisazeny i rostliny ambrozie. Vedení pokusu bylo






shodné s rokem 2015, tzn. nádoby byly odplevelovány, rostliny dle potřeby jednoceny a zavlažovány.

rašelina		
A	K	G (A)
Y	T	B (A)
X	Ř	M
J (A)	R (A)	U
c (A)	L	H (A)
F (A)	Š (A)	D (A)
Z	E (A)	V
P (A)	Ž	N (A)
I (A)	O (A)	Q
W		

pH 5	pH 6	pH 7
16 (A)	52 (A)	
		104 (A)
2 (A)	66 (A)	110 (A)
	94	130
18 (A)	62 (A)	132
36	78	146
34		
	54 (A)	136
6 (A)		
40	90	138
38		
4 (A)	58 (A)	106 (A)
	80	
30		112 (A)
	56 (A)	128

20 (A)	60 (A)	
	95	118 (A)
8 (A)	82	108 (A)
10 (A)	84	144
		120 (A)
28	64 (A)	
42		134
	88	102 (A)
44		
14 (A)	70 (A)	140
	86	142
32		114 (A)
12 (A)	68 (A)	116 (A)
26	92	

půda z arboreta		
XII	IX (A)	XXII
II (A)	I (A)	XXVI
VII (A)	XV (A)	XIV (A)
XXIII	XIX	X
XVII (A)	IV	XXV
XXI	VIII (A)	XXIV
XI (A)	XIII	XXVIII
III (A)	XVIII (A)	XVI
XX (A)	XXVII	VI (A)
V (A)		

	hrách setý (<i>Pisum sativum</i> L.)
	svazenka vratičolistá (<i>Phacelia tanacetifolia</i> Benth.)
	kostřava červená (<i>Festuca rubra</i> L.)
	ovsík vyvýšený (<i>Arrhenatherum elatius</i> L.)
	bez rostliny

pozn. pokud je v tabulce za číslem, či písmenem označení: (A), jedná se o variantu ovlivněnou ambrozií přemolistou (*A. artemisiifolia* L.)

Obr. 11. Schéma venkovního pokusu – BZA 2016

7.3 Měření a zpracování dat kultivačního pokusu

7.3.1 Stanovení výšky a listové plochy

V obou letech byl postup pro získávání dat shodný. Celkem proběhlo za celé období vedení pokusu 18 měření v různých termínech (Tab. 2). Měření byla prováděna ve zhruba dvoutýdenních intervalech, případně dle aktuálního stavu počasí a růstové fáze rostlin. Po pořízení fotodokumentace pokusu dne 18. 7. 2016 byla všem rostlinám ovsíku vyvýšeného a kostřavy červené odstrižena stébla s latou. Laty byly spočítány. Podobně tomu bylo i v případě lusků u hrachu, ty byly 29. 7. 2016 spočítány a následně odstraněny.

Tab. 2. Termíny hodnocení pokusu v letech 2015–2016

datum měření	07.07.2015	22.07.2015	13.08.2015	20.08.2015	01.09.2015	09.09.2015	22.09.2015	06.10.2015	28.10.2015	23.05.2016	08.06.2016	30.06.2016	08.07.2016	29.07.2016	12.08.2016	25.08.2016	09.09.2016	29.09.2016
jednoděložné						•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
dvouděložné	•	•	•	•	•	•	•	•	•			•	•	•	•	•		

Při každém hodnocení byly rostliny vyfotografovány společně s plastovou destičkou o rozměrech 2 × 3 cm a byla změřena jejich aktuální výška, v případě štírovníku růžkatého délka lodyh. U rostlin jitrocele kopinatého byla měřena délka listů od středu listové růžice po okraj. Ze snímků byla následně v programu ImageJ vypočtena listová plocha v cm². Tato data byla zapsána do tabulkového procesoru - Microsoft Office Excel 2010. Pro jednotlivá měření byly vypočítány aritmetické průměry, ze kterých byly zpracovány přehledné grafy. Statistické vyhodnocení průkaznosti rozdílů výšek a listových ploch mezi kontrolní a ovlivněnou variantou proběhlo v softwaru STATISTICA. U všech měření byl proveden dvouvýběrový T-test. Jako hladina významnosti byla určena hodnota $p < 0,05$ (významný rozdíl – *) a $p < 0,01$ (velmi významný rozdíl – **).

7.3.2 Stanovení sušiny

Po ukončení všech dílčích variant kultivačního pokusu (Tab. 2.) byly studované rostliny rozděleny na listovou a kořenovou část. Z kořenů byla šetrným odplavením odstraněna zemina. Části rostlin byly vloženy do hliníkových misek s víčky a následně vysušeny v sušárně HS 122A při teplotě 105 °C na jednotné procento vlhkosti. Po procesu sušení byly nadzemní i podzemní části rostlin zváženy na laboratorních vahách (KERN 870) s přesností na tři desetinná místa. Jednotlivé hmotnosti byly zapsány do tabulky a dále hodnoceny v programu STATISTICA, kde byly vypočítány průměry, směrodatné odchylky a hodnoty průměru $\pm 1,96 \times \text{SmCh}$. Výsledky byly zpracovány formou krabicových grafů.

7.4 Stanovení klíčivosti ambrosie peřenolisté (*Ambrosia artemisiifolia* L.)

Pro stanovení zkoušek klíčivosti byly použity nažky ambrosie peřenolisté posbírané z rostlin v BZA (říjen 2015). Aby bylo možné stanovit minimální počet nažek nut-

ných pro posouzení vlivu extraktů z kostřavy červené a roztoku m-tyrosinu, byla nejprve provedena následující zkouška klíčivosti.

Do pěti misek byly na buničinu ovlhčenou destilovanou vodou umístěny do řad (tak aby se nedotýkaly) nažky ambrosie. Počet nažek byl vždy 20 na jednu misku. Po jejich rozmístění byla nádoba vzduchotěsně uzavřena. Kultivace probíhala po dobu pěti dnů za stálé teploty (20–25 °C) bez přístupu světla.

Takovéto množství nažek i zvolený postup kultivace se ukázal jako dostatečný, proto bylo stejným způsobem vedeno i stanovení klíčivosti za přidání extraktů/ roztoku m-tyrosinu. Získaná data byla hodnocena v softwaru STATISTICA. Pro jednotlivé varianty byly zjištěny mediány, rozsahy hodnot, odlehlé a extrémní hodnoty. Výsledky byly zpracovány formou krabicových grafů.

7.4.1 Tvorba extraktů

Rostliny kostřavy červené, z nichž byly extrakty vytvořeny byly získány z lokality Hodonínská Důbrava. Rostliny byly pro potřeby extrakce dále upraveny. Z kořenového systému byly metodou rychlého a šetrného odplavení odstraněny zbytky substrátu. Následně byla odříznuta nadzemní část biomasy, která nebyla k extrakci využita. Kořenová část byla zvážena a rozdělena na dvě zhruba shodné poloviny. Jedna byla využita pro tvorbu vodného extraktu a druhá pro extrakt ethanolový.

7.4.1.1 Vodný extrakt

Polovina kořenové hmoty kostřavy, celkem 180 g byla nejprve nařezána na menší kousky. Dále byla v třecí misce rozmělněna za pomoci mořského písku a následně zchlazena přidáním tekutého dusíku. Tímto postupem byla biomasa homogenizována na přípustnou velikost částic a doplněna destilovanou vodou tak, aby vznikl 36 % vodný extrakt. Roztok bylo nutné dále upravit. Nejprve byl protřepán 25 minut na třepáčce PSU-10i a přefiltrován přes uhelové síto 48 µm. Poté byl extrakt přefiltrován přes vodní vývěvu a čištěn přes filtrační papír. Výsledný roztok extraktu byl odstředěn na centrifuze MR 22i po dobu 15 minut při 5000 ot./min, aby došlo k požadovanému dočištění roztoku. Výsledkem byla tekutina slabě nazelenalé barvy bez nečistot. Výsledný extrakt byl destilovanou vodou rozředěn na dvě další koncentrace (26 % a 16 %), následně zamražen a později použit pro účely testů klíčivosti nažek ambrosie.

7.4.1.2 Ethanolový extrakt

Druhá polovina hmoty kořenů (180 g) získaných z kostravy byla taktéž rozřezána na menší části, rozmělněna v třecí misce a homogenizována po přidání tekutého dusíku. Takto upravené kořeny byly pomocí 96 % ethanolu extrahovány. Vzniklý roztok byl opět protřepán na třepačce po dobu 25 minut a přefiltrován přes uhelon 48 µm. Poté byla směs doplněna 96 % ethanolem na výsledný objem, tak aby konečná koncentrace odpovídala 36 % roztoku. Následně byl extrakt přefiltrován přes filtrační papír a odstředěn na centrifuze při 5000 ot./min po dobu 15 minut, aby byla získána požadovaná čistota extraktu. Čistá forma extraktu 36 % byla naředěna 96 % ethanolem na dvě další koncentrace (26 % a 16 %), uchování a použití bylo shodné s vodným extraktem.

7.4.1.3 Roztok m-tyrosinu

Syntetický m-tyrosin (neproteinová aminokyselina) byl zakoupen u firmy Sigma Aldrich. Jedná se o sypkou bílou látku bez zápachu, kterou je nutno uchovávat při nižších teplotách (v chladničce), aby nedošlo k jejímu poškození. Na laboratorních vahách bylo naváženo patřičné množství m-tyrosinu, které bylo důkladně promíseno s přesně stanoveným objemem destilované vody tak, aby vznikl 3 % roztok, ten byl dále naředěn na koncentrace 1,5 % a 0,75 %.

7.4.2 Testy klíčivosti

Celkem bylo provedeno 20 testů klíčivosti, každý test byl shodně proveden se 100 nažkami (Tab. 3.). Každý kultivační pokus trval pět dní, kvůli postupnému vzcházení nažek. Varianta kontroly proběhla v pěti opakováních, důvodem byla potřeba porovnat každou ovlivněnou variantu se stejným množstvím nažek, které nebyly vystaveny působení roztoků. Variant s ethanolovým extraktem bylo celkem šest, vždy dvě opakování pro každou koncentraci. Shodně bylo variant s vodným extraktem. Dále byly provedeny tři testy klíčivosti s roztokem m-tyrosinu, pro každou koncentraci roztoku jeden. Důvodem bylo malé množství látky, která mohla být pro účely pokusu použita.

Tab. 3. Schéma testů klíčivosti

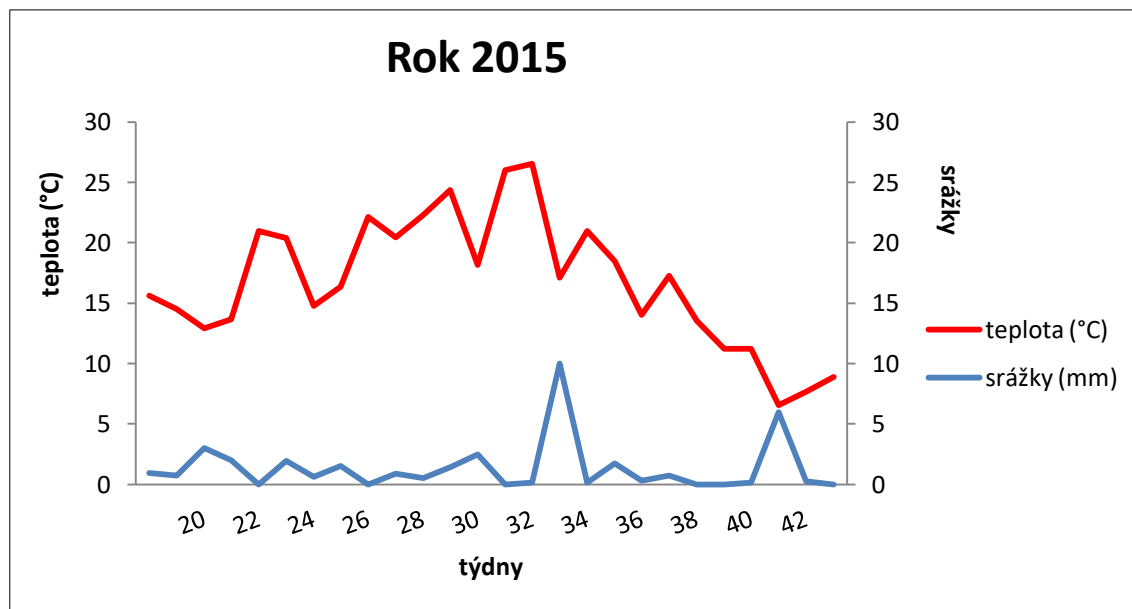
typ	koncentrace (%)	počet opakování
kontrola	-	5
vodný extrakt	36	2
	26	2
	16	2
ethanolový extrakt	36	2
	26	2
	16	2
m-tyrosin	3	1
	1,5	1
	0,75	1

Statisticky hodnoceno bylo pouze množství vyklíčených nažek, tedy těch, u kterých byl patrný klíček. Na základě zjištěných výsledků bylo stanoveno procento klíčivosti u kontroly a ovlivněných variant. Výsledky byly graficky zpracovány. Byl-li patrný rozdíl mezi velikostí klíčnicích rostlin ovlivněné a kontrolní varianty, byl tento rozdíl fotograficky zaznamenán.

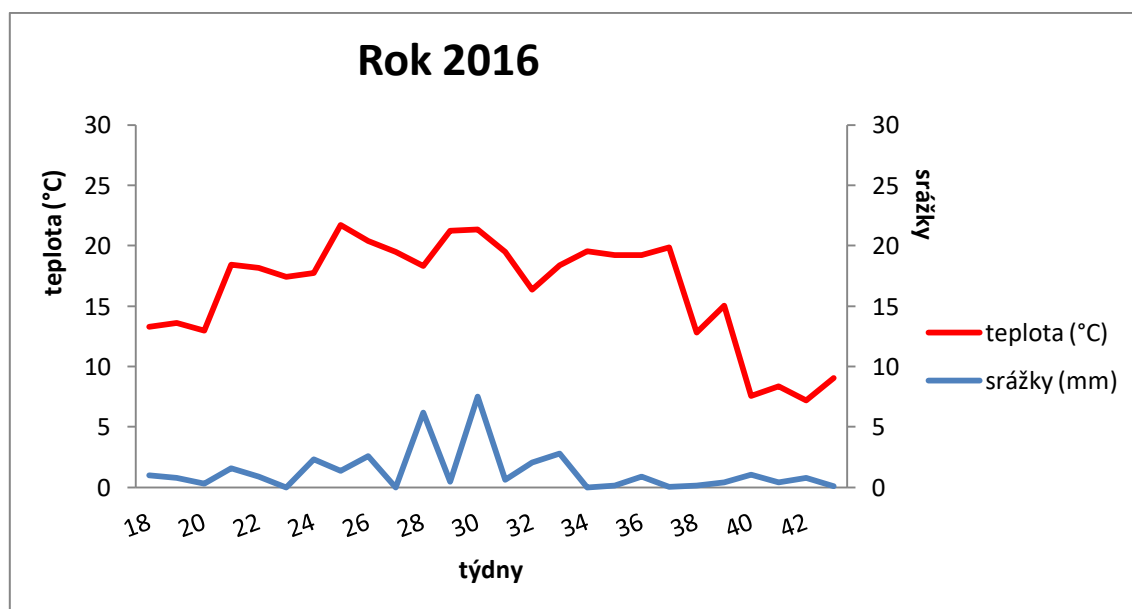
8 VÝSLEDKY

V následující části jsou podrobně popsány výstupy z venkovního pokusu, který proběhl na území BZA Mendelovy univerzity v Brně a také výsledky zkoušek klíčivosti.

8.1 Meteorologická data



Graf. 1. Meteorologická data z roku 2015 (zdroj: Orság, 2017; upraveno)



Graf. 2. Meteorologická data z roku 2016 (zdroj: Orság, 2017; upraveno)

V grafech jsou zobrazeny průměrné týdenní hodnoty teplot (°C) ve 2 m a srážek (mm) v průběhu vegetace: květen 2015–říjen 2015 a květen 2016–říjen 2016.

Z grafů je patrné, že rok 2015 byl podstatně teplejší než rok 2016. V roce 2015 bylo zaznamenáno celkem devět týdnů s průměrnou teplotou vyšší, než 20 °C. V následujícím roce byly týdny se stejnou průměrnou teplotou pouze čtyři. Srážkově byl rok 2015 chudší, než rok 2016. V prvním sledovaném roce bylo šest týdnů bez srážek, naproti tomu v roce 2016 byly bez srážek pouze tři týdny. Lze tedy říci, že rok 2015 byl celkově extrémnější na průběh počasí ve sledovaném období. Tato skutečnost pravděpodobně vedla i ke špatné klíčivosti semen testovaných druhů jednoděložných rostlin a nutnosti opakování výsevu v opravném termínu.

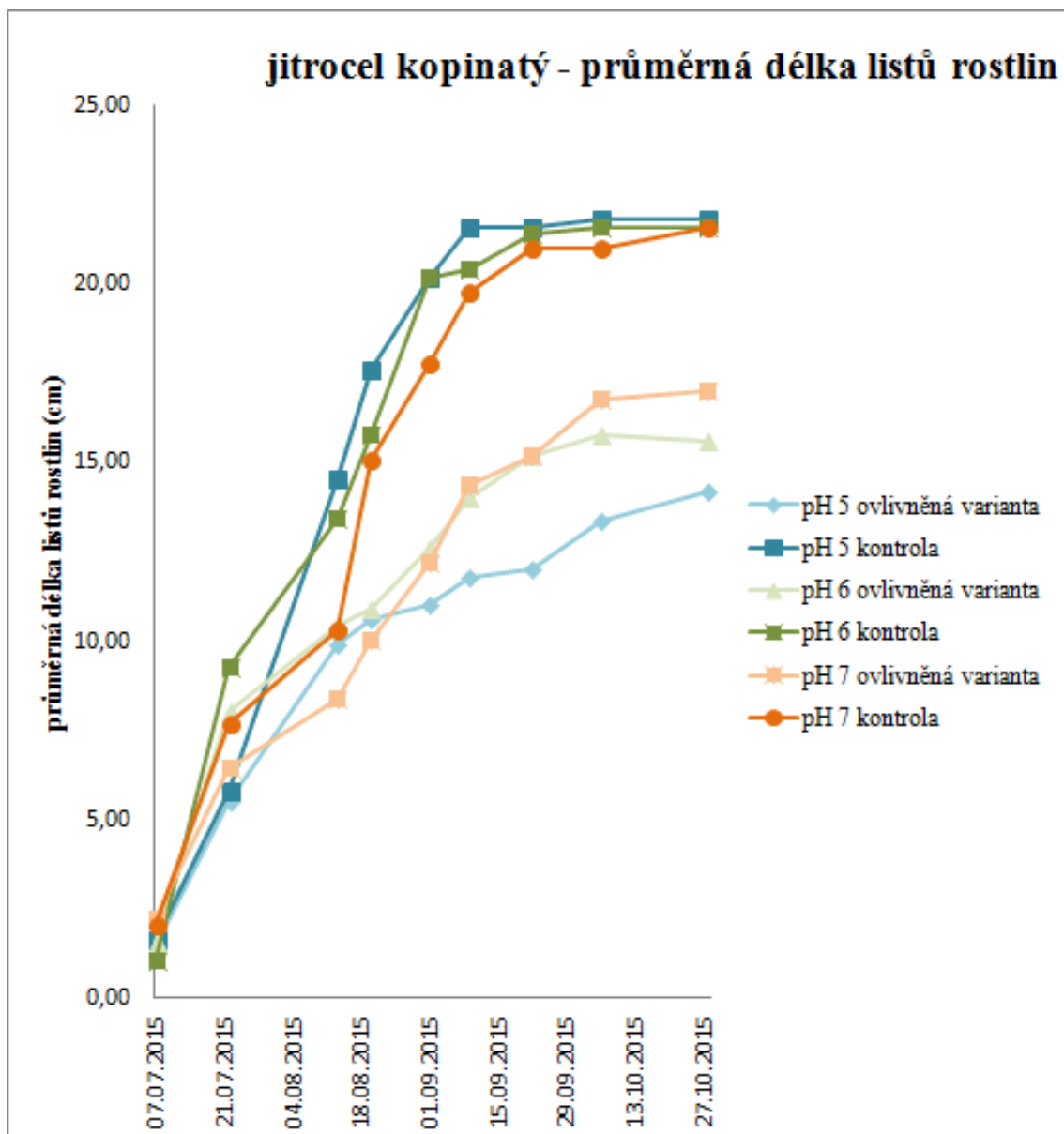
8.2 Vyhodnocení kultivačního pokusu – BZA

8.2.1 Vyhodnocení výšek a listových ploch studovaných rostlin

V následující kapitole jsou uvedeny přehledné grafy, které znázorňují vždy průměrnou výšku a listovou plochu příslušného rostlinného druhu. V každém grafu je zobrazena křivka kontrolních i ovlivněných variant pro jednotlivé úrovně pH nebo typy půdy. Statistická průkaznost je znázorněna pomocí hvězdiček v tabulkách pod grafem.

- Vliv ambrosie peřenolisté na růst jitrocele kopinatého

Následující grafy zobrazují průměrnou délku listu (Graf. 3.) a listovou (Graf. 4.) jitrocele kopinatého v průběhu kultivačního pokusu. Statistická průkaznost posuzovaných parametrů je znázorněna v tabulkách pod grafy (Tab. 4., 5.).



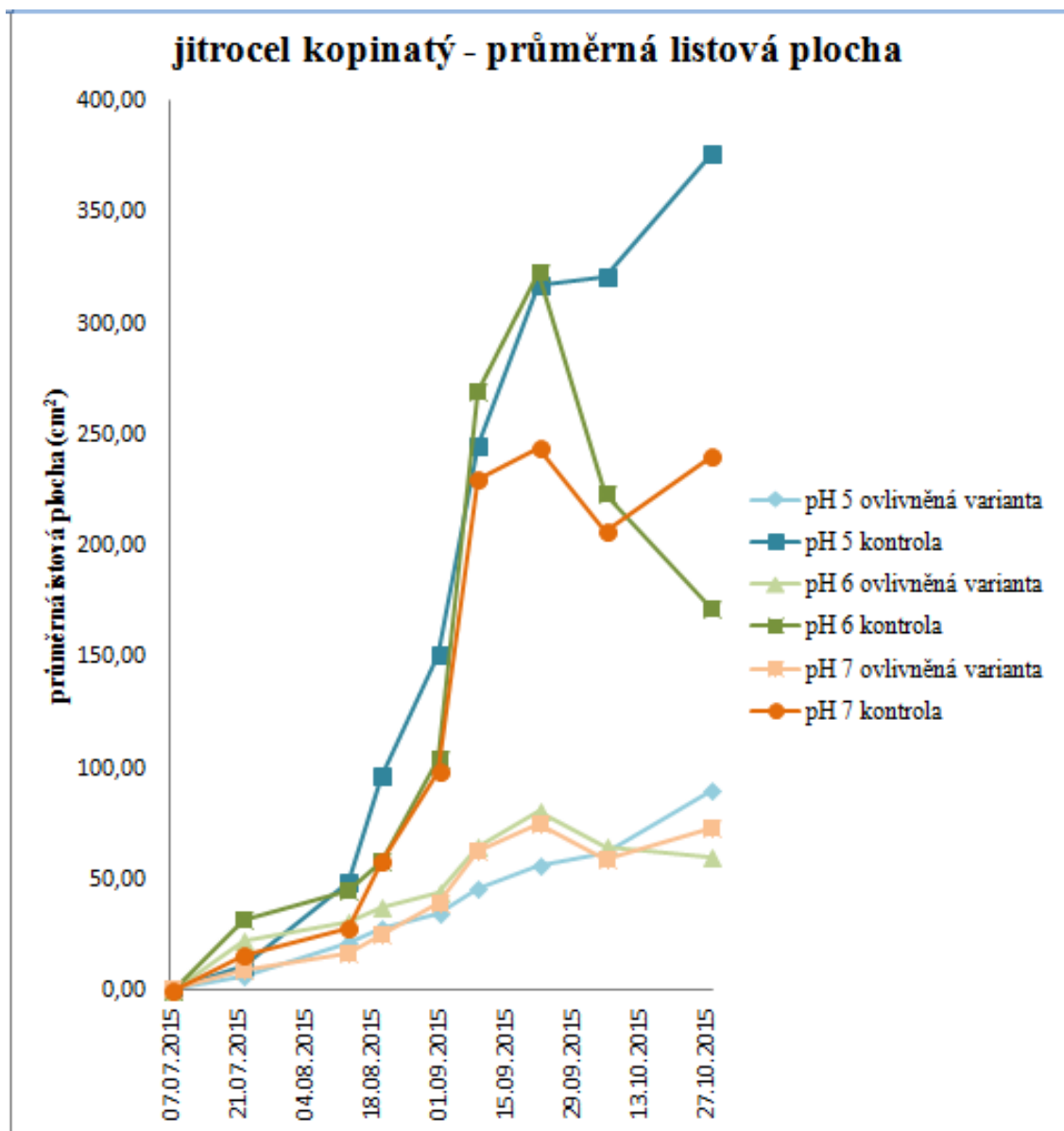
Graf. 3. Průměrná délka listů rostlin jitrocele kopinatého (cm)

Tab. 4. Statistické vyhodnocení průkaznosti rozdílů průměrných délek listů jitrocele kopinatého

	07.07.2015	22.07.2015	13.08.2015	20.08.2015	01.09.2015	09.09.2015	22.09.2015	06.10.2015	28.10.2015
pH 5	-	-	-	**	**	**	**	**	**
pH 6	-	-	-	*	**	**	**	**	**
pH 7	-	-	-	*	*	*	**	-	-

Z grafu číslo 3 je patrné, že u všech variant půdní reakce kontrola převyšovala hodnoty naměřené u rostlin kultivovaných společně s ambrozií. Z těchto výsledků lze usuzovat, že ambrozie prokazatelně negativně ovlivňuje růst jitrocele kopinatého. Z

tabulky číslo 4 je zřejmé, že statisticky vysoce průkazný rozdíl byl zjištěn u varianty s pH 5 a 6. U varianty kultivované při pH 7 se v posledních dvou termínech měření statistickou průkaznost potvrdit nepodařilo.



Graf. 4. Průměrná listová plocha rostlin jitrocele kopinatého (cm²)

Tab. 5. Statistické vyhodnocení průkaznosti rozdílů průměrných listových ploch jitrocele kopinatého

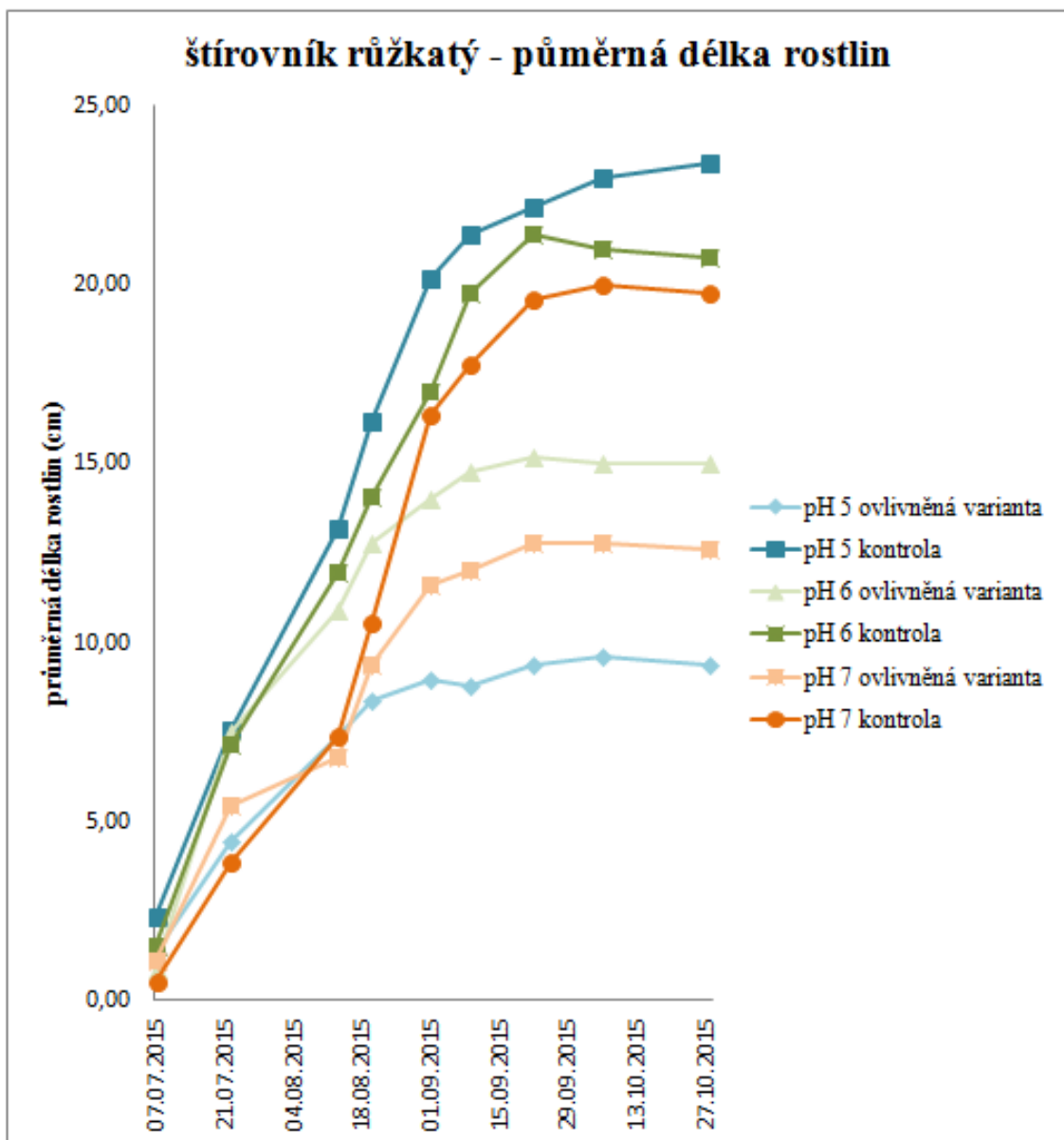
	07.07.2015	22.07.2015	13.08.2015	20.08.2015	01.09.2015	09.09.2015	22.09.2015	06.10.2015	28.10.2015
pH 5	-	-	-	**	**	**	**	**	**
pH 6	-	-	-	-	**	**	**	**	**
pH 7	-	-	-	-	**	**	**	**	**

Z grafu číslo 4 lze vyčíst vysoce významný rozdíl mezi velikostí listové plochy u kontrolní varianty a varianty ovlivněné působením ambrosie přenolisté. Ve všech typech pH měla kontrolní varianta výrazně větší listovou plochu. Statisticky vysoce průkazný rozdíl byl zjištěn jak je patrné z tabulky 5 u všech testovaných variant.

Lze tedy tvrdit, že ambrosie má prokazatelně negativní vliv jak na výšku rostlin, tak i na velikost listové plochy u jitrocele kopinatého.

- Vliv ambrosie přenolisté na růst štírovníku růžkatého

Následující grafy zobrazují průměrnou délku (Graf. 5.) a listovou plochu (Graf. 6.) štírovníku růžkatého v průběhu pokusu. Statistická průkaznost posuzovaných parametrů je znázorněna v tabulkách pod grafy (Tab. 6., 7.).



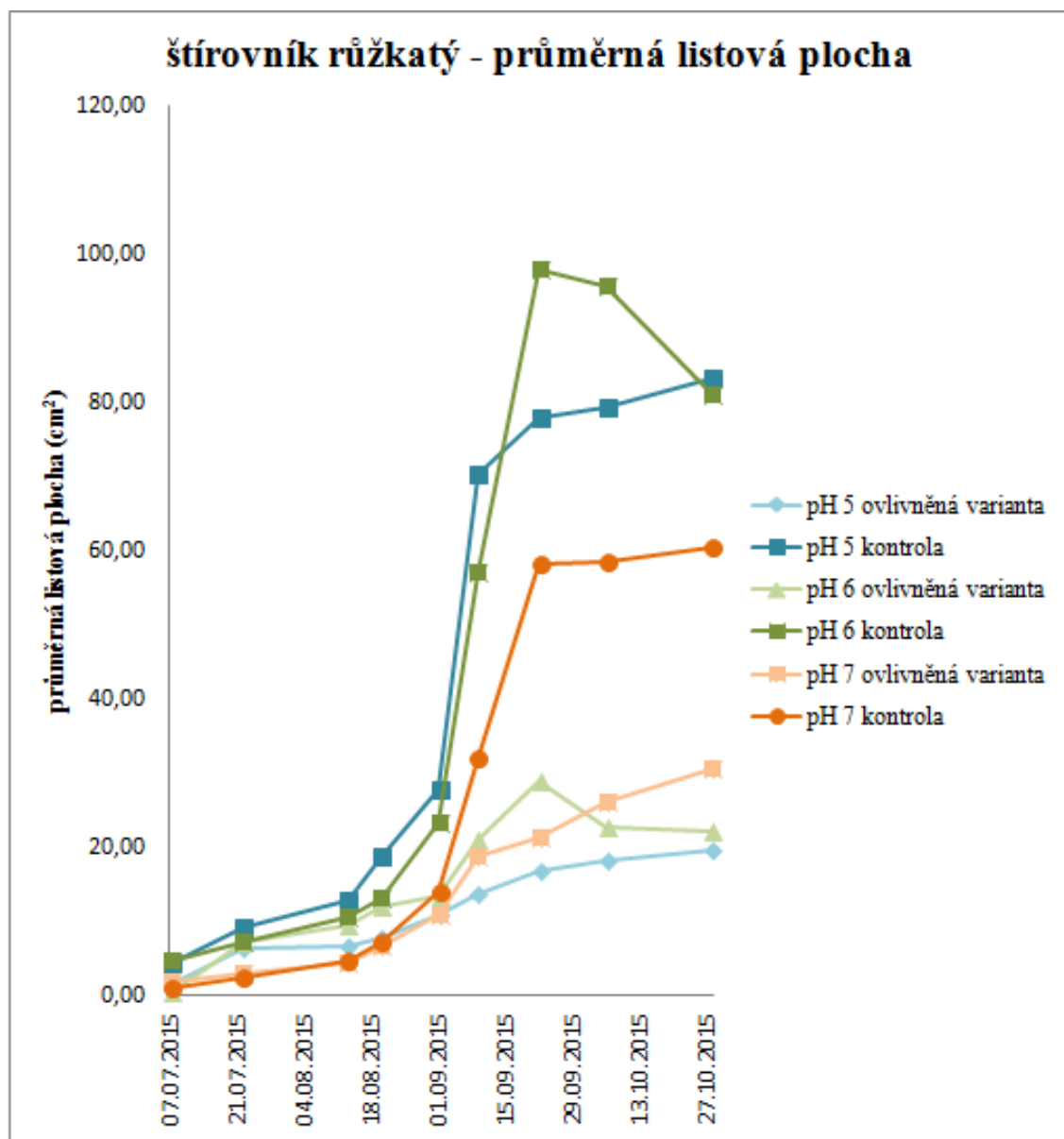
Graf. 5. Průměrná délka rostlin štírovníku růžkatého (cm)

Tab. 6. Statistické vyhodnocení průkaznosti rozdílů průměrných délek štírovníku růžkatého

	07.07.2015	22.07.2015	13.08.2015	20.08.2015	01.09.2015	09.09.2015	22.09.2015	06.10.2015	28.10.2015
pH 5	-	-	**	**	**	**	**	**	**
pH 6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
pH 7	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Z grafu 5 je patrné, že ve všech variantách pH měly rostliny kontroly větší délku, než rostliny ovlivněné ambrosií peřenolistou. Z výsledků pokusu lze vyvodit, že ambrosie negativně ovlivnila růst štírovníku růžkatého. Z tabulky číslo 6 je zřejmé,

že statisticky vysoce průkazný rozdíl byl zjištěn pouze u varianty s pH 5, je tedy možné, že kyselá půdní reakce v tomto případě posílila vliv alelopatického účinku.



Graf. 6. Průměrná listová plocha rostlin štírovníku růžkatého (cm²)

Tab. 7. Statistické vyhodnocení průkaznosti rozdílů průměrných listových ploch štírovníku růžkatého

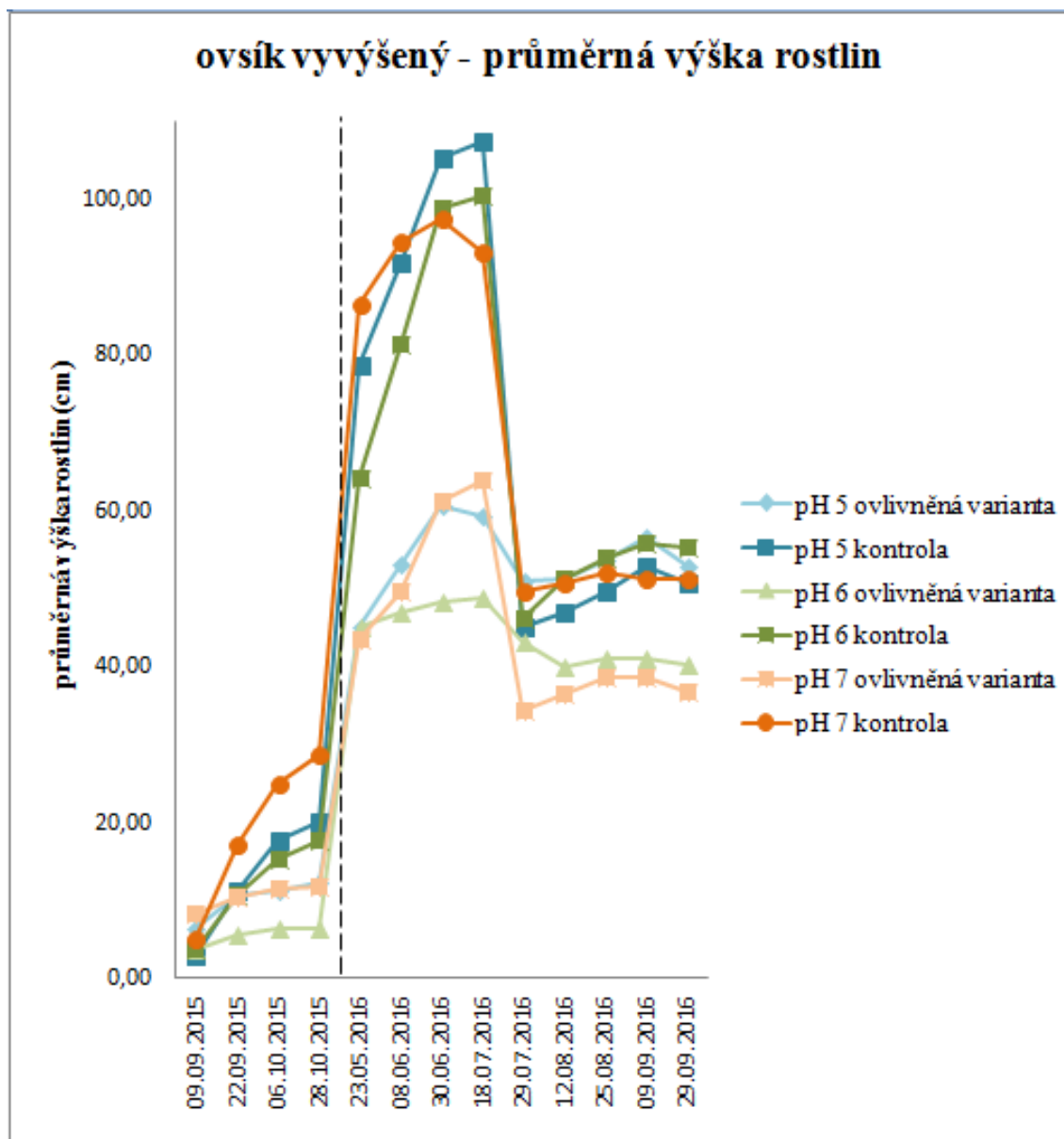
	07.07.2015	22.07.2015	13.08.2015	20.08.2015	01.09.2015	09.09.2015	22.09.2015	06.10.2015	28.10.2015
pH 5	-	-	*	*	**	**	**	*	*
pH 6	-	-	-	-	-	*	*	**	*
pH 7	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Z grafu číslo 6 je zřejmé, že všechny kontrolní rostliny dosahovaly vyšších průměrných velikostí listových ploch než rostliny kultivované společně s ambrozií. Z tabulky číslo 7 je zřejmé, že statisticky průkazný rozdíl byl zjištěn u varianty pH 5 a 6. Lze tedy vyvodit, že ambrosie peřenolistá záporně ovlivňuje tvorbu listové plochy štírovníku růžkatého.

Z výše uvedených grafů (Graf. 5. a 6.) lze usuzovat, že na snížený růst štírovníku nemá pravděpodobně vliv pouze samotná přítomnost ambrosie, ale i nízká hodnota půdní reakce. Je tedy možné, že při neutrálním pH jsou rostliny štírovníku růžkatého schopny alelopatickým látkám lépe odolávat. Toto tvrzení je ovšem nutné blíže zkoumat.

- Vliv ambrosie peřenolisté na růst ovsíku vyvýšeného

Následující grafy zobrazují průměrnou výšku (Graf. 7.) a listovou plochu (Graf. 8.) ovsíku vyvýšeného v průběhu dvouletého pokusu. Statistická průkaznost posuzovaných parametrů je znázorněna v tabulkách pod grafy (Tab. 8., 9.).



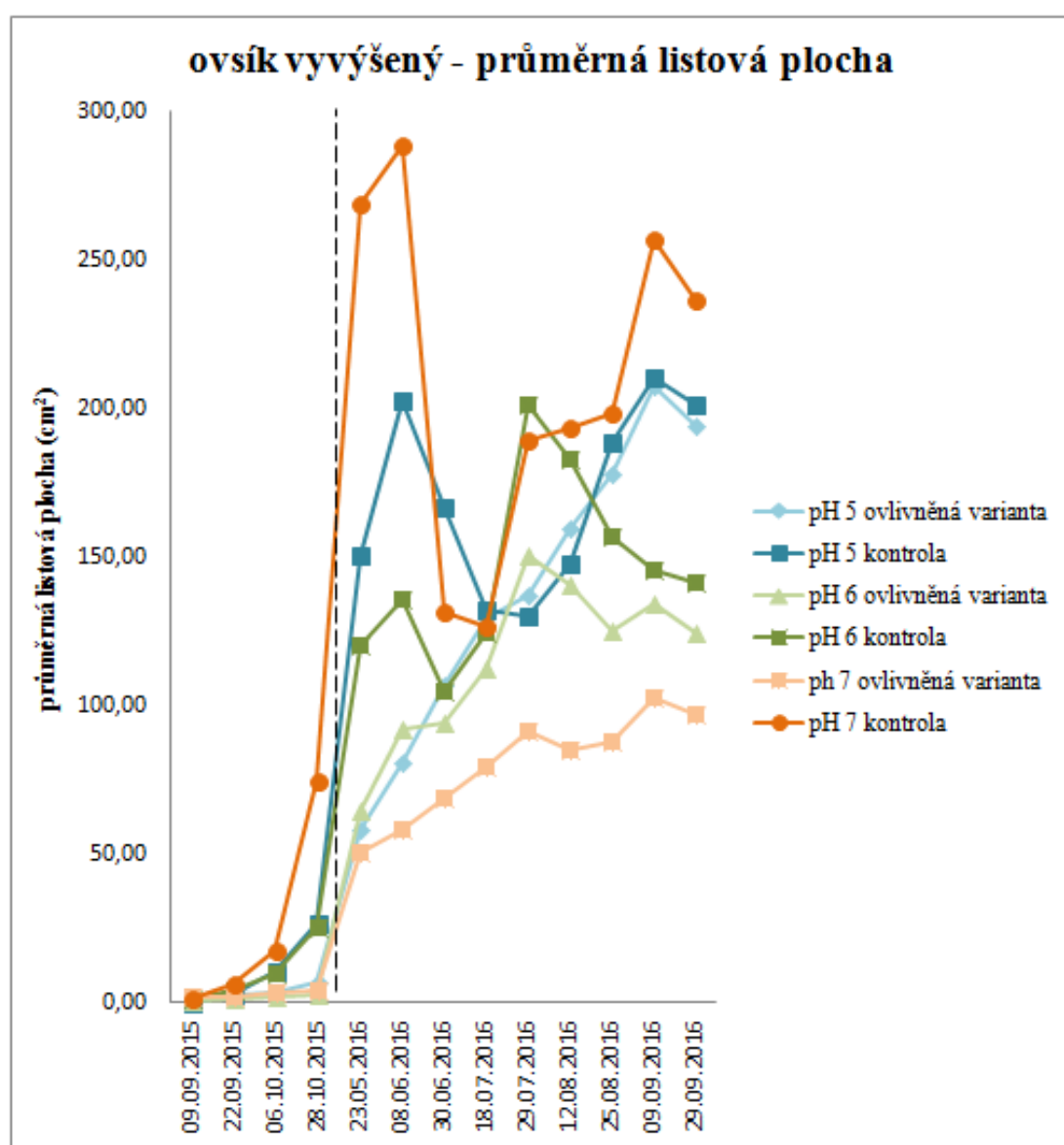
Graf. 7. Průměrná výška rostlin ovsíku vyvýšeného (cm)

Tab. 8. Statistické vyhodnocení průkaznosti rozdílů průměrných výšek ovsíku vyvýšeného

	09.09.2015	22.09.2015	06.10.2015	28.10.2015	23.05.2016	08.06.2016	30.06.2016	18.07.2016	29.07.2016	12.08.2016	25.08.2016	09.09.2016	29.09.2016
pH 5	-	-	-	-	*	*	-	*	-	-	-	-	-
pH 6	-	-	-	-	-	**	**	**	-	-	-	-	-
pH 7	**	**	**	**	**	**	**	-	**	*	*	-	*

Z grafu číslo 7 je dobře viditelné, že u kontrolních rostlin ovsíku byla průměrná výška do termínu 18. 7. 2016 (termín odstranění květenství a stébel) podstatně větší než u ovlivněné varianty. Avšak po odstranění této části rostlin došlo k většímu poklesu

výšek rostlin kontroly. Výsledkem je statistická průkaznost rozdílnosti hodnot u varianty pH 5 a 6 pouze od května do poloviny července roku 2016. Varianta s půdní reakcí 7 vykazovala v raném stádiu růstu opačný trend. Rostliny kontroly byly statisticky vyhodnoceny jako prokazatelně menší než rostliny ovlivněné varianty. V žádném dalším měření se ovšem tento jev neopakoval. Varianta pH 7 byla vyhodnocena jako statisticky vysoce průkazná/ průkazná, ve většině sledovaných termínů. Celkem bylo u neovlivněných variant napočítáno 17 plodných stébel, u ovlivněných variant bylo stébel pouze 8. Lze tedy tvrdit, že alelopatické působení ambrosie peřenolisté prokazatelně negativně ovlivňuje růst a plodnost ovsíku vyvýšeného.



Graf. 8. Průměrná listová plocha rostlin ovsíku vyvýšeného (cm²)

Tab. 9. Statistické vyhodnocení průkaznosti rozdílů průměrných listových ploch ovsíku vyvýšeného

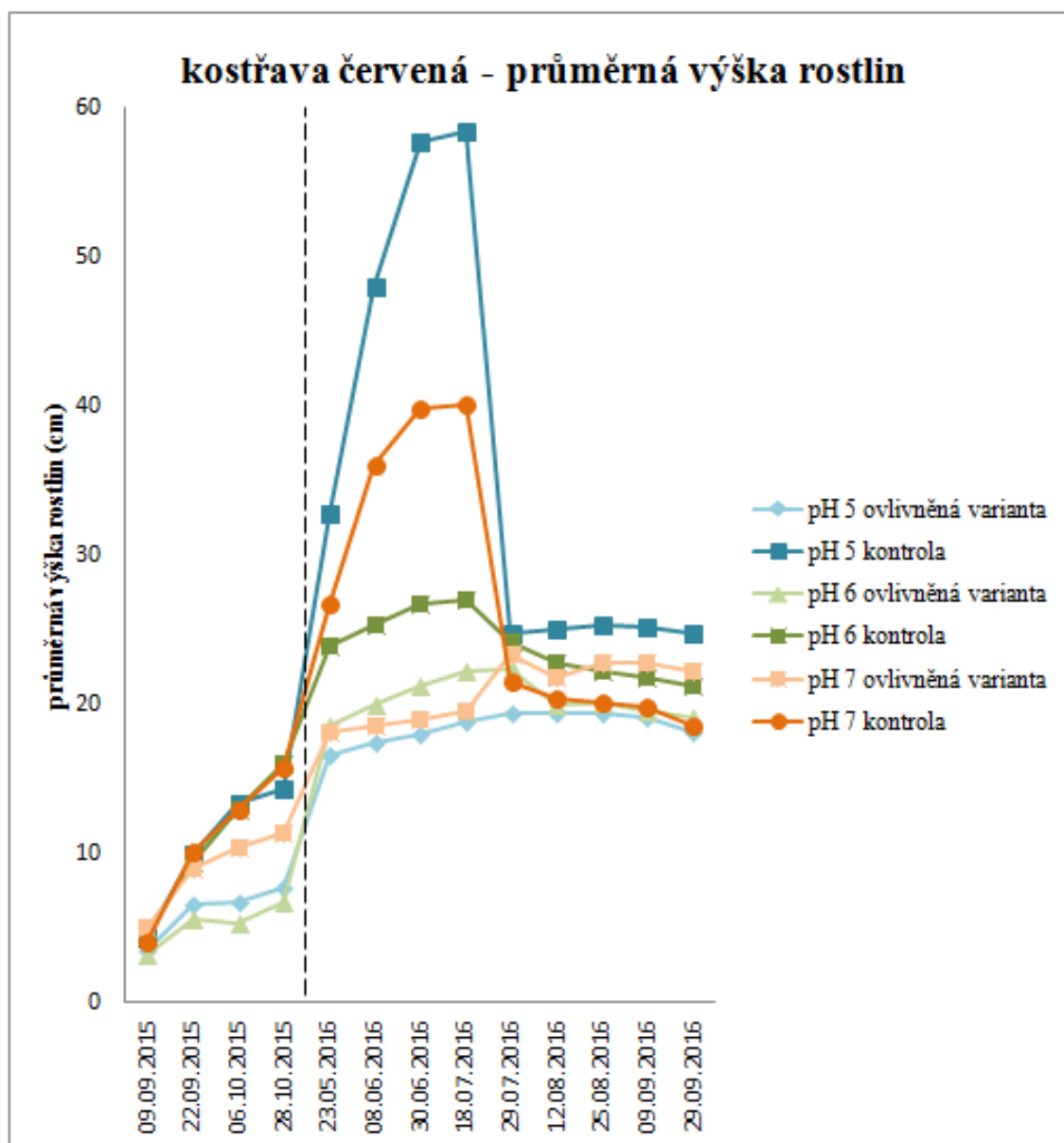
	09.09.2015	22.09.2015	06.10.2015	28.10.2015	23.05.2016	08.06.2016	30.06.2016	18.07.2016	29.07.2016	12.08.2016	25.08.2016	09.09.2016	29.09.2016
pH 5	-	-	-	-	-	*	-	-	-	-	-	-	-
pH 6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
pH 7	-	*	**	**	**	*	-	-	*	*	*	**	**

Z grafu zobrazujícího průměrnou listovou plochu ovsíku je zřejmé, že kontrolní varianty během prvních měření v roce 2016 vykazovaly podstatně větší velikost listové plochy než varianty ovlivněné. Trend nárůstu velikosti listové plochy byl 30. 6. 2016 zastaven. Rostlina pravděpodobně začala investovat energii do tvorby kořenových částí. V grafu číslo 8 je vidět razantní pokles křivek znázorňující varianty kontroly v tomto období. Statistické vyhodnocení listové plochy se tedy projevilo, podobně jako u průměrné výšky, jako neprůkazné u varianty pH 5 a 6. Za statisticky průkaznou lze považovat variantu s neutrální půdní reakcí, která mimo dva termíny měření prokazatelně převýšila ovlivněnou variantu.

Z výše uvedených výsledků vyplývá, že ambrosie peřenolistá negativně ovlivnila růst ovsíku vyvýšeného. Avšak pouze ve variantě s neutrální půdní reakcí byl prokázán statisticky průkazný rozdíl měření. Při reakci mírně kyselá až kyselá, se statistická průkaznost nepotvrdila.

- Vliv ambrosie peřenolisté na růst kostřavy červené

Následující grafy zobrazují průměrnou výšku (Graf. 9.) a listovou plochu (Graf. 10.) kostřavy červené během dvouletého pokusu. Statistická průkaznost posuzovaných parametrů je znázorněna v tabulkách pod grafy (Tab. 10., 11.).



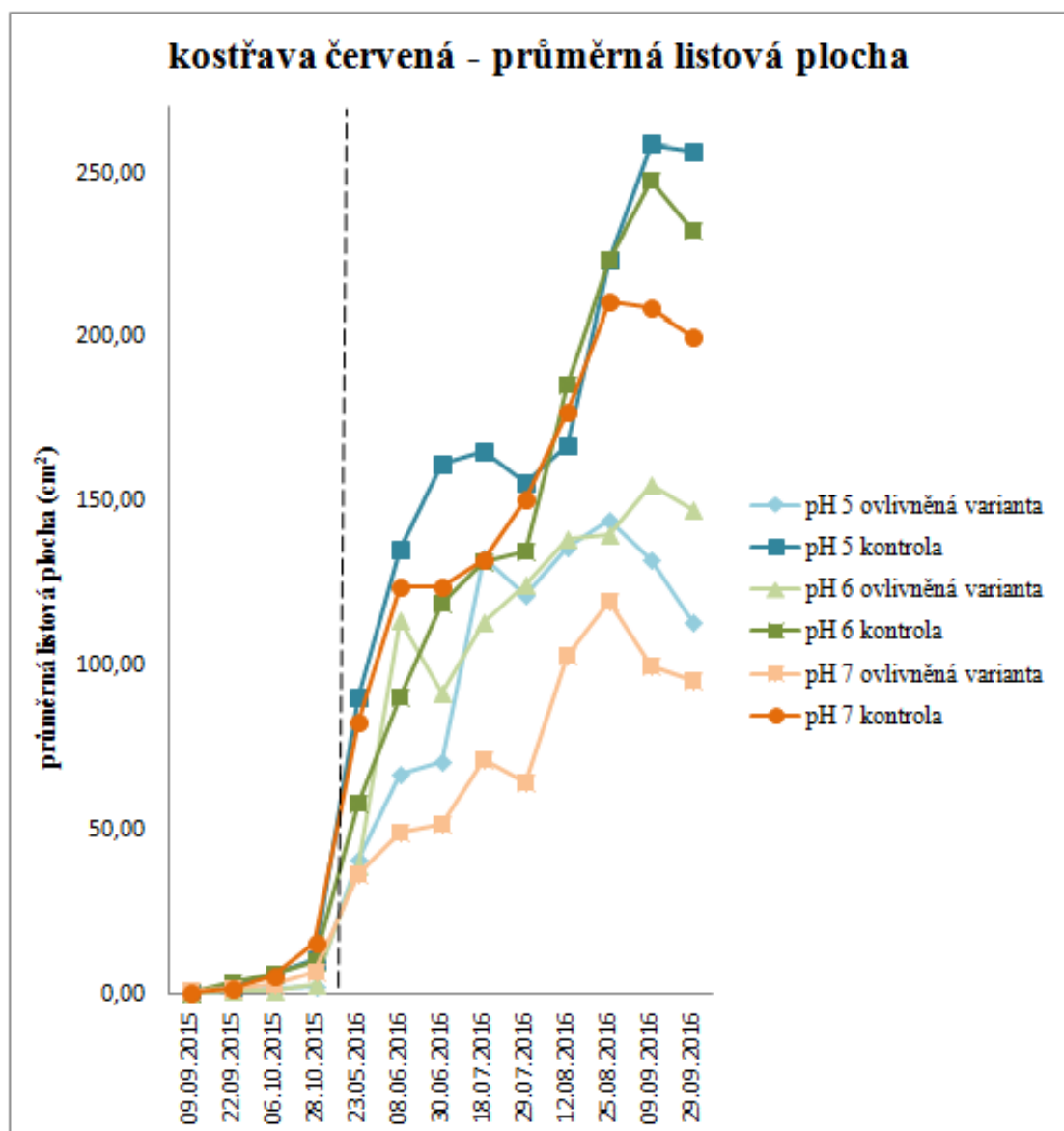
Graf. 9. Průměrná výška rostlin kostravy červené (cm)

Tab. 10. Statistické vyhodnocení průkaznosti rozdílů průměrných výšek kostravy červené

	09.09.2015	22.09.2015	06.10.2015	28.10.2015	23.05.2016	08.06.2016	30.06.2016	18.07.2016	29.07.2016	12.08.2016	25.08.2016	09.09.2016	29.09.2016
pH 5	-	-	*	*	**	**	**	**	*	*	**	*	**
pH 6	-	-	*	*	*	-	-	-	-	-	-	-	-
pH 7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Z grafu číslo 9 je zřejmé, že rostliny kontrolní varianty převyšovaly svojí průměrnou výškou ovlivněnou variantu. Nejvýraznější rozdíl byl zaznamenán při kultivaci v půdě s velmi kyselou půdní reakcí (pH 5). V tomto případě, jak je patrné i z tabulky

10, byla zjištěna statistická průkaznost v pěti hodnocených termínech a vysoká statistická průkaznost v šesti termínech. Zde se potvrdil jednoznačně alelopatický vliv ambrozie. Ve zbývajících dvou variantách pH byly sice kontrolní rostliny do 18. 7. 2016 vyšší, avšak statistická průkaznost hodnot se nepotvrdila. Po odstranění odkvetlých stébel došlo k prudkému poklesu průměrných výšek u kontrolních variant a hodnoty se vyrovnaly výškám variant ovlivněných. V případě ovlivněné varianty kultivované při pH 7 byla dokonce zaznamenána její větší průměrná výška, než tomu bylo u varianty kontroly. Stébel s latami bylo v tomto případě u neovlivněných variant napočítáno celkem 41, na ovlivněných variantách 0. Lze tedy usuzovat, že i zde se potvrdil záporný vliv ambrozie přenoslivé na tvorbu generativních orgánů kostravy červené.



Graf. 10. Průměrná listová plocha rostlin kostravy červené (cm²)

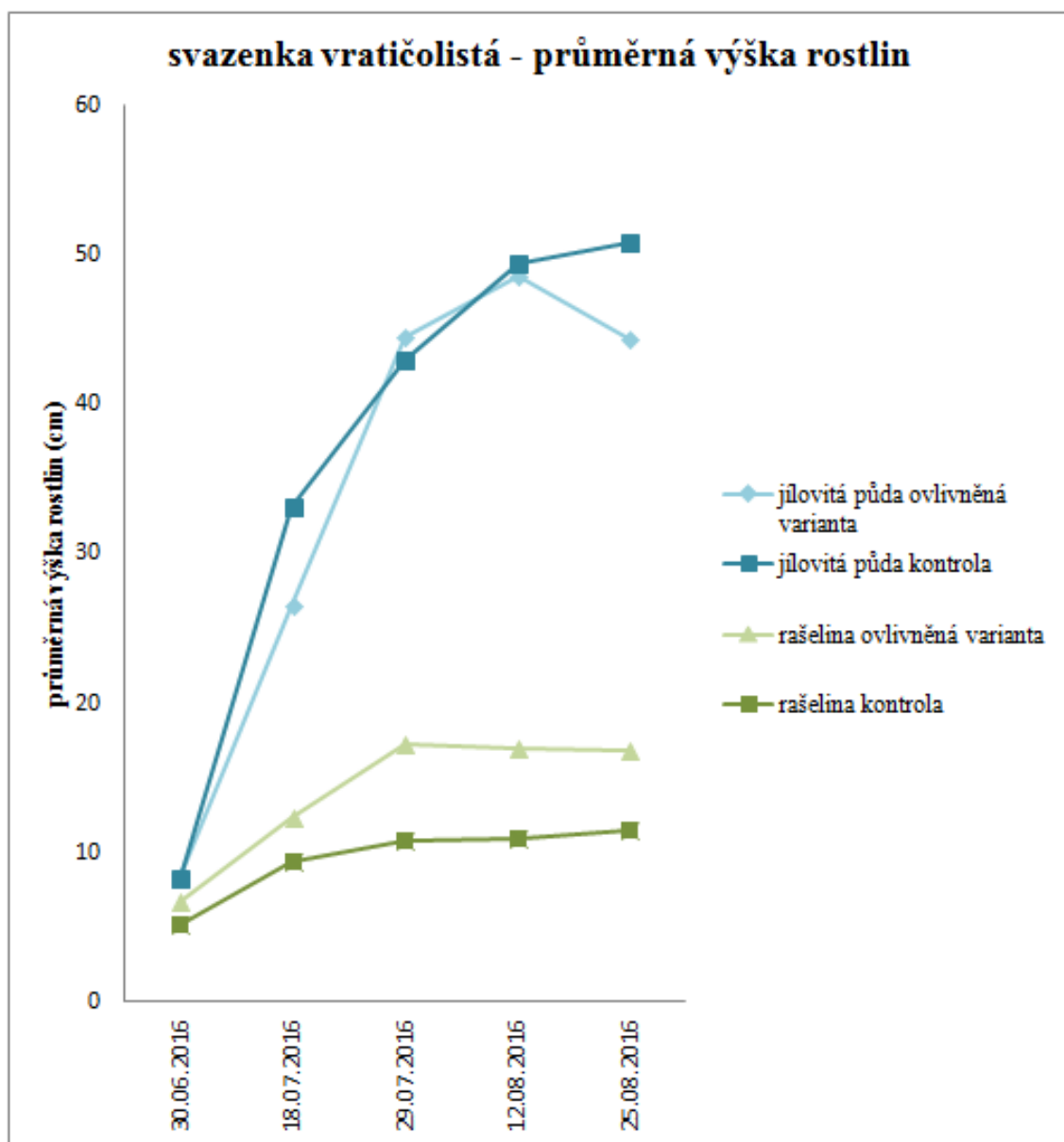
Tab. 11. Statistické vyhodnocení průkaznosti rozdílů průměrných listových ploch košťavy červené

	09.09.2015	22.09.2015	06.10.2015	28.10.2015	23.05.2016	08.06.2016	30.06.2016	18.07.2016	29.07.2016	12.08.2016	25.08.2016	09.09.2016	29.09.2016
pH 5	-	-	-	**	-	-	*	-	-	-	-	**	**
pH 6	-	-	-	*	-	-	-	-	-	-	*	-	-
pH 7	-	-	*	**	-	-	-	**	*	-	-	*	*

Z vývoje křivek v grafu číslo 10 je zřejmé, že kontrolní varianty převyšovaly svoji velikostí listové plochy varianty ovlivněné. Tento trend je dobře patrný především v pozdních termínech pokusu, což dokazuje i statistické vyhodnocení v tabulce 11. Zde bylo jako statisticky vysoce průkazné vyhodnoceno měření z 9. 9. 2016 a 29. 9. 2016 pro variantu pH 5 a jako statisticky průkazné měření ze stejných termínů pro pH 7. Je tedy zřejmé, že ambrosie peřenolistá negativně ovlivnila velikost listové plochy košťavy červené.

- Vliv ambrosie peřenolisté na růst svazenky vratičolisté

Následující grafy zobrazují průměrnou výšku (Graf. 11.) a listovou plochu (Graf. 12.) svazenky vratičolisté v průběhu kultivačního pokusu v roce 2016. Statistická průkaznost posuzovaných parametrů je znázorněna v tabulkách pod grafy (Tab. 12., 13.).



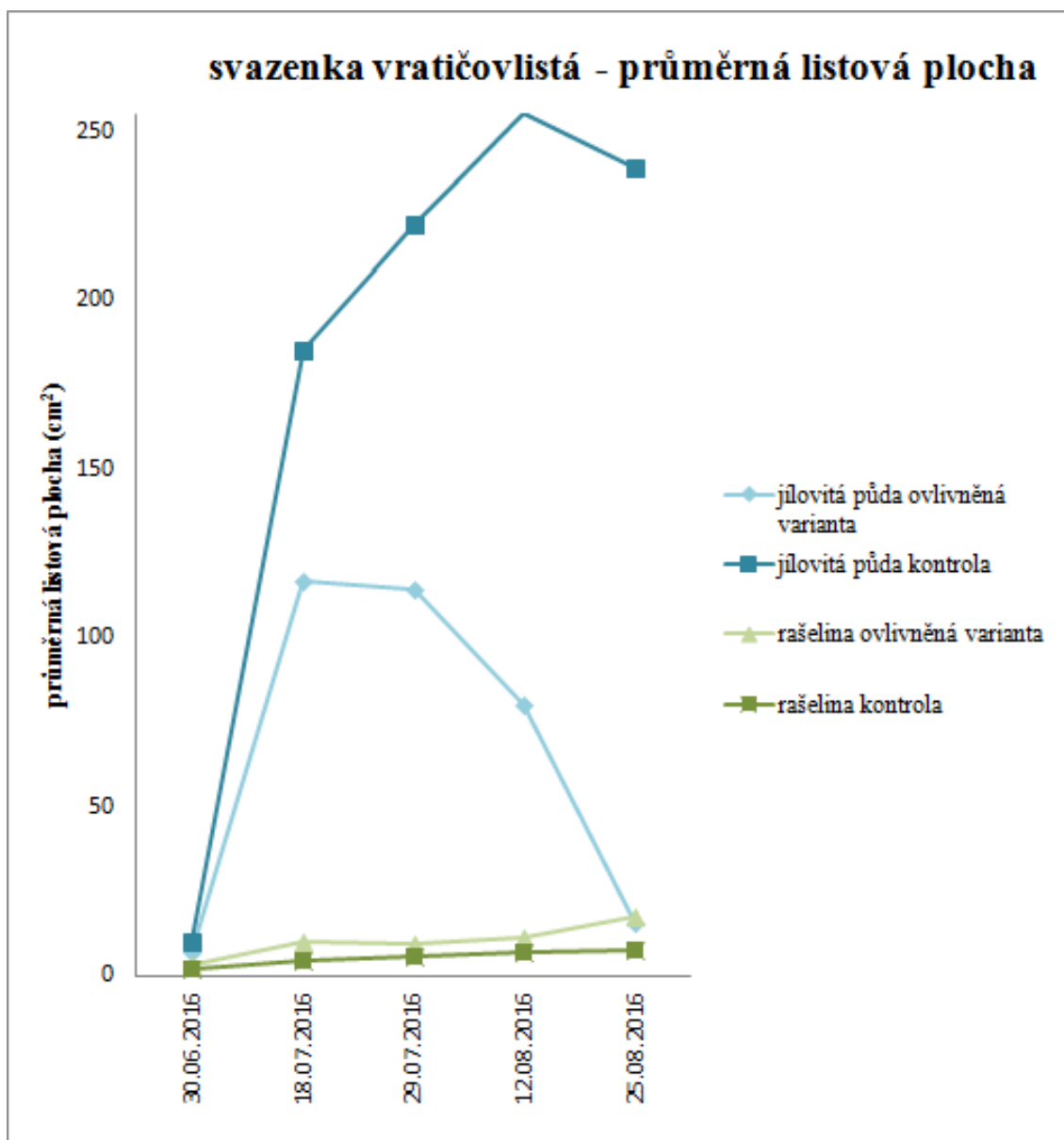
Graf. 11. Průměrná výška rostlin svazenky vratičolisté (cm)

Tab. 12. Statistické vyhodnocení průkaznosti rozdílů průměrných výšek svazenky vratičolisté

	30.06.2016	18.07.2016	29.07.2016	12.08.2016	25.08.2016
jilovitá půda	-	-	-	-	-
rašelina	-	-	-	-	-

Jak je patrné z výše uvedeného grafu (Graf. 11.) rozdíly výšek ani u jednoho ze sledovaných typů půdy nevykazovaly velké rozdíly hodnot mezi kontrolní a ovlivněnou variantou. V případě varianty rašeliny převyšovala ovlivněná varianta kontrolu. Lze tedy říci, že rostliny svazenky vratičolisté kultivované v rašelíně společně s ambrozií

peřenolistou byly vyšší než rostliny svazenky rostoucí samostatně. Statistická průkaznost rozdílů výšek se nepotvrdila ani v jednom typu půdy v žádném z termínů měření.



Graf. 12. Průměrná listová plocha rostlin svazenky vratičovlisté (cm²)

Tab. 13. Statistické vyhodnocení průkaznosti rozdílů průměrné listové plochy svazenky vratičovlisté

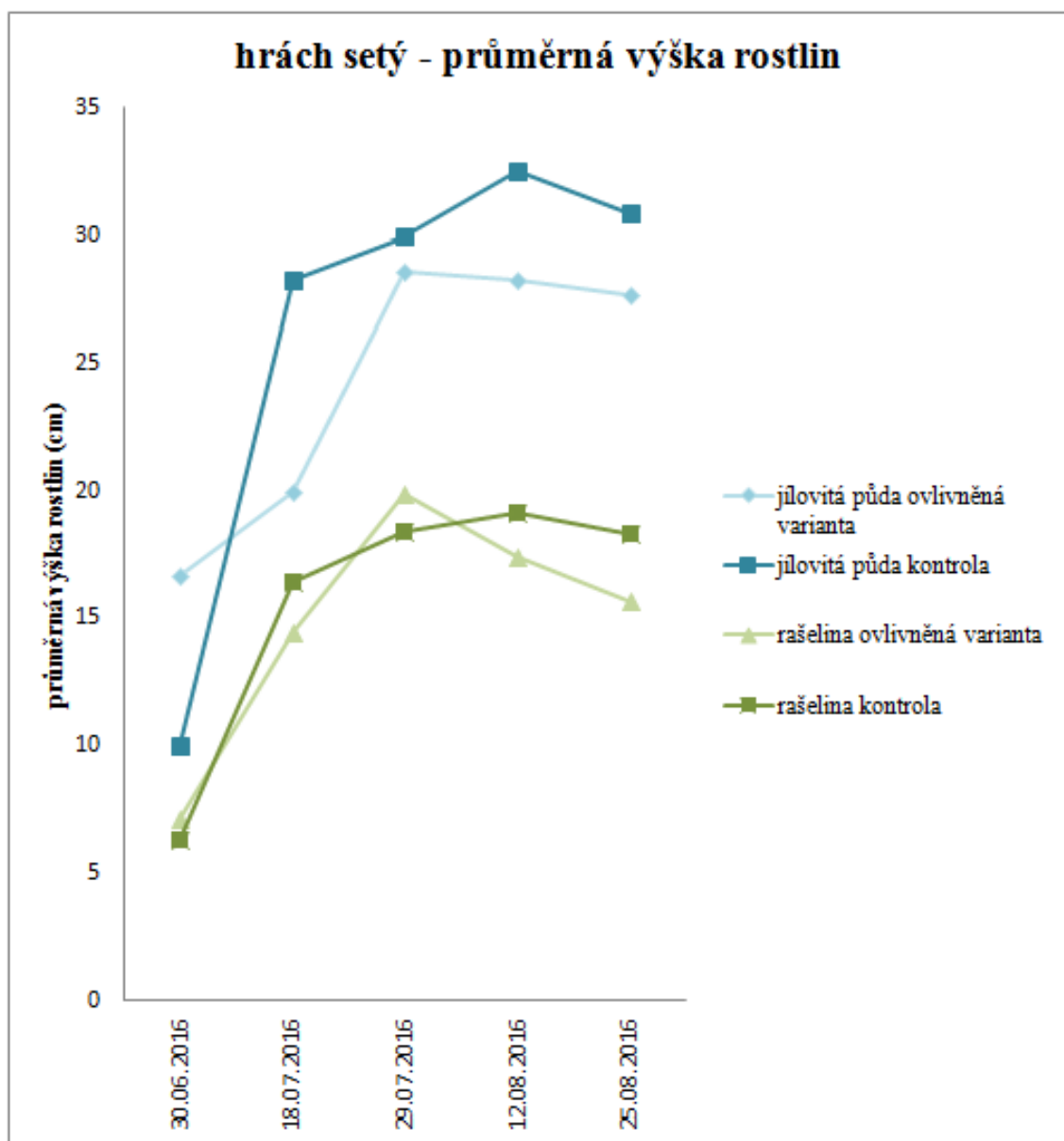
	30.06.2016	18.07.2016	29.07.2016	12.08.2016	25.08.2016
jílovitá půda	-	-	*	*	*
rašelina	-	-	-	-	-

Jak je patrné z grafu 12, kontrolní varianta pěstovaná v jílovité půdě z BZA měla mnohonásobně větší listovou plochu, než varianta ovlivněná (kultivovaná ve shodném substrátu). Tabulka 13 zobrazuje statisticky průkazné rozdíly u posledních tří měření. Lze tedy říci, že na velikost listové plochy svazenky měla ambrosie průkazně negativní vliv. V rašelině opět lépe prospívala ovlivněná varianta, která ve většině termínů měření převyšovala kontrolu.

Výsledkem je prokazatelný alelopatický efekt na rostliny svazenky vratičolisté rostoucí v jílovité půdě. Vliv ambrosie peřenolisté se spíše projevil na snížení tvorby listové plochy a změně charakteru růstu než na výšce rostlin.

- Vliv ambrosie peřenolisté na růst hrachu setého

Následující grafy zobrazují průměrnou výšku (Graf. 13.) a listovou plochu (Graf. 14.) hrachu setého během kultivačního pokusu. Statistická průkaznost posuzovaných parametrů je znázorněna v tabulkách pod grafy (Tab. 14., 15.).



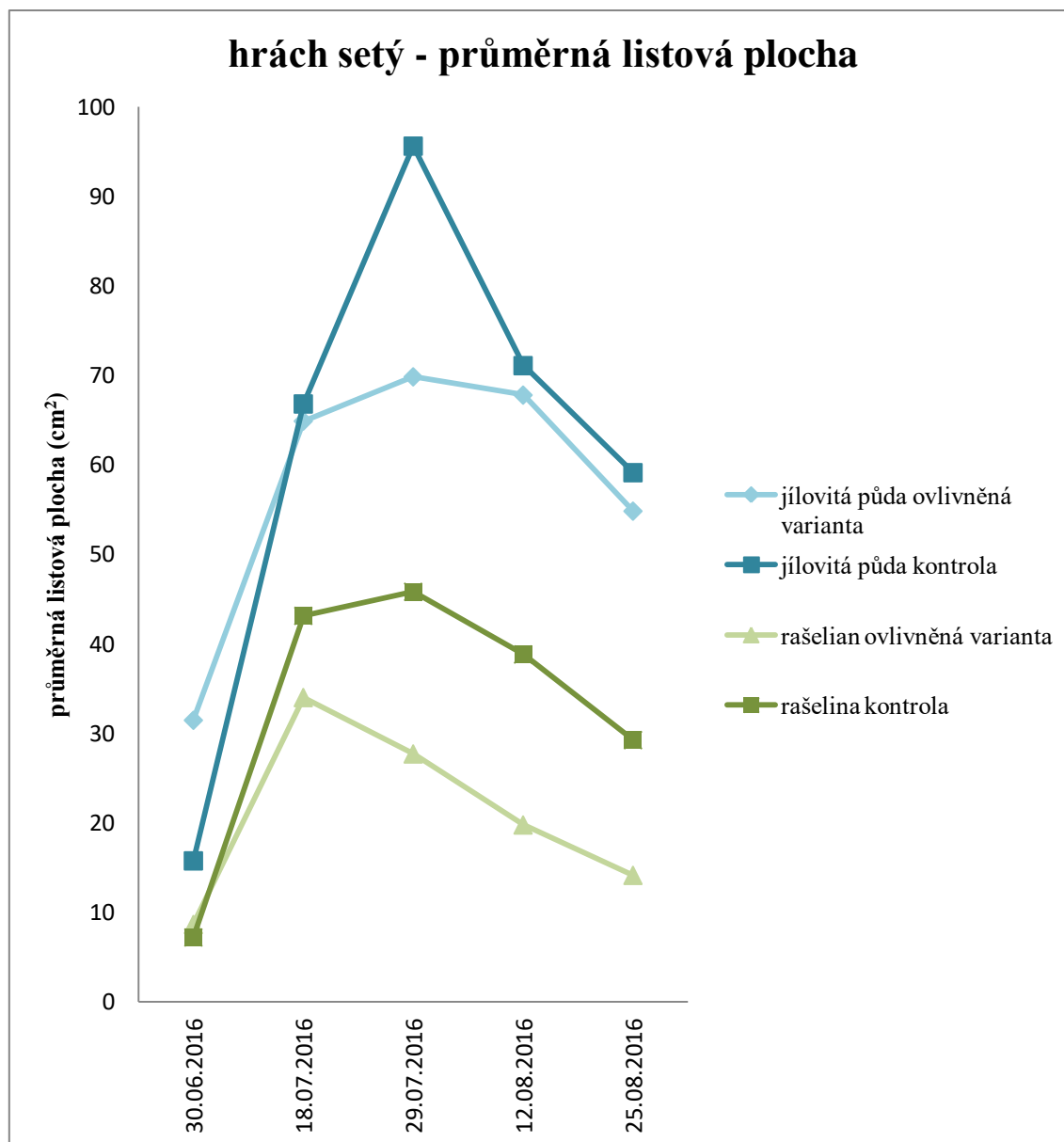
Graf. 13. Průměrná výška rostlin hrachu setého (cm)

Tab. 14. Statistické vyhodnocení průkaznosti rozdílů průměrných výšek hrachu setého

	30.06.2016	18.07.2016	29.07.2016	12.08.2016	25.08.2016
jílovitá půda	**	-	-	-	-
rašelina	-	-	-	-	-

Dle grafu 13 je zřejmé, že kontrolní varianty hrachu setého převyšovaly svojí velikostí varianty ovlivněné téměř ve všech sledovaných termínech. Z výše uvedené tabulky (Tab. 14.) je patrné, že jako statisticky průkazné však nebylo vyhodnoceno ani

jedno měření průměrné výšky kontrolních rostlin. V případě jílovité půdy bylo dokonce první měření vyhodnoceno jako průkazné v převýšení kontroly oproti ovlivněné variantě. Je tedy zřejmé, že ambrozie negativně ovlivňuje růst hrachu setého, avšak jednoznačné závěry ze získaných dat nelze vyvodit.



Graf. 14. Průměrná listová plocha rostlin hrachu setého (cm²)

Tab. 15. Statistické vyhodnocení průkaznosti rozdílů průměrné listové plochy hrachu setého

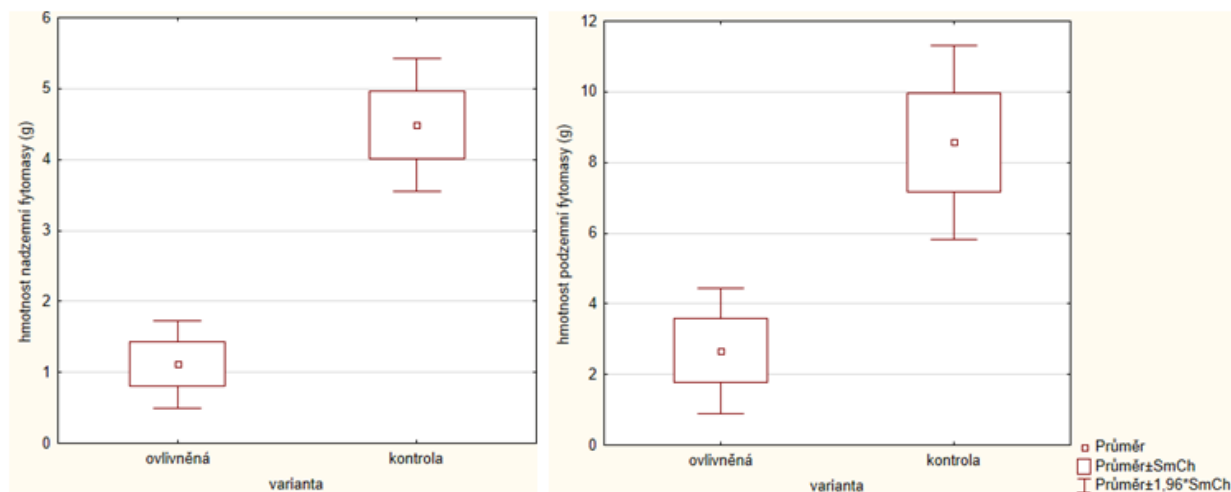
	30.06.2016	18.07.2016	29.07.2016	12.08.2016	25.08.2016
jíllovitá půda	**	-	-	-	-
rašelina	-	-	-	-	-

Podobně byly vyhodnoceny i průměrné velikosti listových ploch. Jak je patrné z grafu 14. rostliny obou kontrolních variant dosahovaly vyšších hodnot, avšak statistická průkaznost rozdílů nebyla potvrzena. Jediný statisticky průkazný rozdíl, byl opět zjištěn u jílovité půdy v prvním termínu hodnocení, kdy ovlivněná varianta hrachu převyšovala velikostí listové plochy kontrolu. Nelze tedy tvrdit, že by ambrozie peřenolistá prokazatelně negativně ovlivnila růst hrachu setého.

8.2.2 Stanovení celkové sušiny studovaných rostlin

V níže uvedených krabicových grafech jsou znázorněny výsledky stanovení sušiny nadzemní a podzemní biomasy pro jednotlivé varianty kultivačního pokusu.

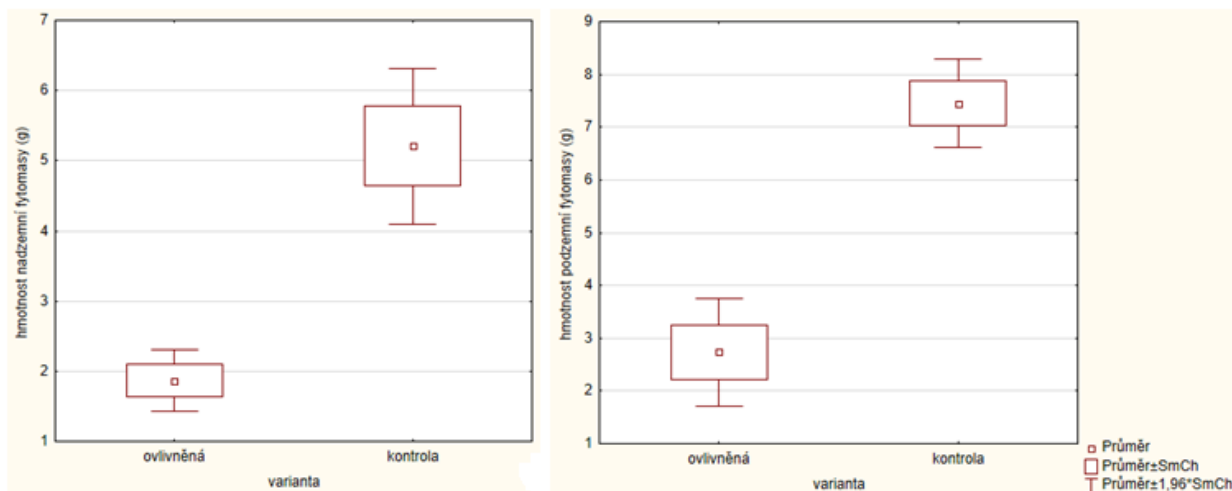
- Výsledná sušina jitrocele kopinatého



Obr. 12. Hmotnost sušiny biomasy jitrocele kopinatého – varianta pH 5; vlevo hmotnost nadzemních částí, vpravo hmotnost kořenů

Legenda: malý čtvereček – průměr, větší čtverec – směrodatná odchylka od průměru, chybové úsečky – průměr $\pm 1,96 \times \text{SmCh}$

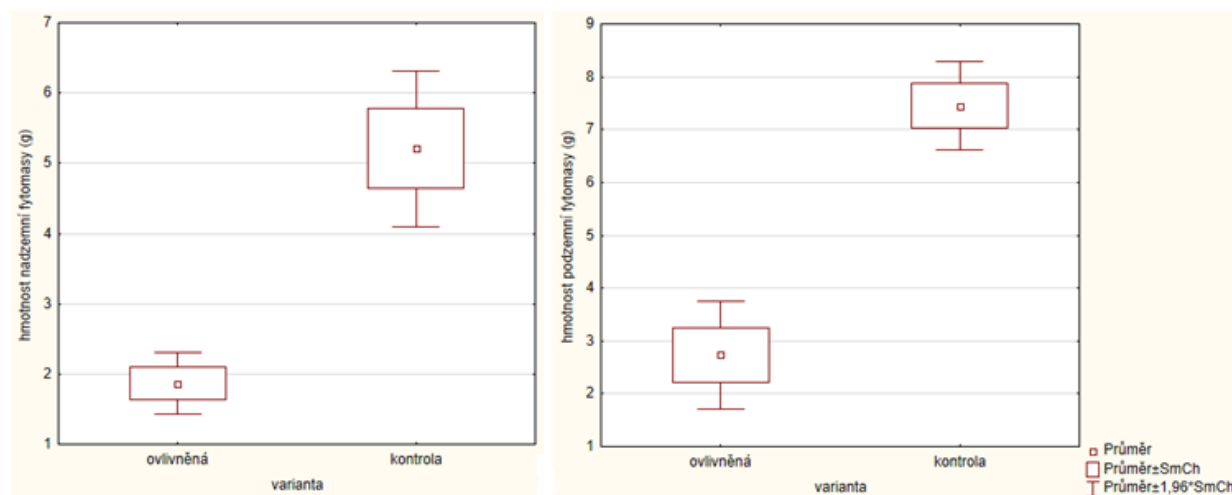
U varianty kultivované při hodnotě půdní reakce 5 byl zjištěn statisticky průkazný rozdíl u nadzemní biomasy, kde hodnoty kontrolní varianty výrazně převýšily variantu ovlivněnou ambrozií peřenolistou (Obr. 12.; vlevo). Maximální zjištěná hodnota u ovlivněné varianty byla 2 g. U kontroly bylo naměřeno 5,19 g. Statisticky průkazný rozdíl se potvrdil i u podzemních částí jitrocele (Obr. 12.; vpravo.). Nejvyšší naměřená hodnota u ovlivněné varianty činila 5,23 g, u kontroly 11,83 g. Lze tedy říci, že ambrozie peřenolistá výrazně ovlivnila nadzemní i podzemní část jitrocele kopinatého.



Obr. 13. Hmotnost sušiny biomasy jitrocele kopinatého – varianta pH 6; vlevo hmotnost nadzemních částí, vpravo hmotnost kořenů

Legenda: malý čtvereček – průměr, větší čtverec – směrodatná odchylka od průměru, chybové úsečky – průměr $\pm 1,96 \times \text{SmCh}$

Z obrázku číslo 13 je patrné, že hmotnost sušiny nadzemní části jitrocele kultivovaného při hodnotě pH 6 byla statisticky průkazně negativně ovlivněna ambrozií přenosnou. Maximální hmotnost sušiny ovlivněné varianty byla 2,54 g a u kontroly bylo naměřeno 6,5 g. Statisticky průkazně byly vyhodnoceny i hmotnosti kořenů jitrocele kopinatého (Obr. 13.; vpravo). Maximální hmotnost u ovlivněné varianty byla 4,15 g, u kontroly 8,88 g. Lze tedy tvrdit, že alelopatický efekt se výrazně projevil na hmotnosti nadzemních i podzemních částí jitrocele kopinatého.

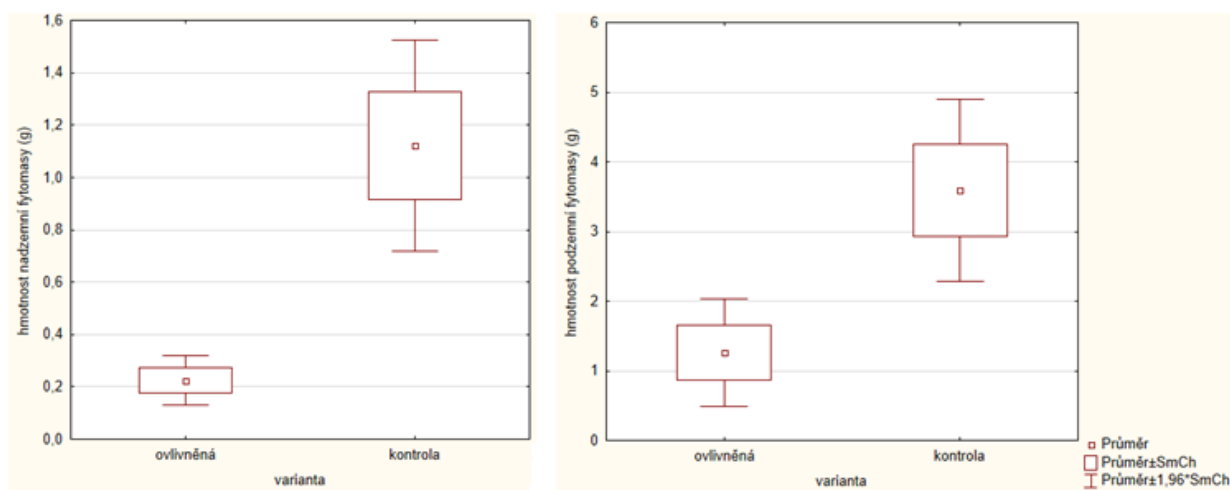


Obr. 14. Hmotnost sušiny biomasy jitrocele kopinatého – varianta pH 7; vlevo hmotnost nadzemních částí, vpravo hmotnost kořenů

Legenda: malý čtvereček – průměr, větší čtverec – směrodatná odchylka od průměru, chybové úsečky – průměr $\pm 1,96 \times \text{SmCh}$

V levé části obrázku 14 je znázorněna sušina nadzemní hmoty jitrocele kultivovaná při pH 7. Hmotnosti kontroly se pohybovaly vysoce nad hodnotami ovlivněné varianty. Maximální hodnota u varianty kultivované společně s ambrozií peřenolistou byla 4,24 g, u kontroly 9,36 g. Byl tedy prokázán statisticky významný negativní vliv na celkovou hmotnost nadzemních částí jitrocele kopinatého. U hmotnosti kořenů (Obr. 14.; vpravo) se taktéž potvrdil statisticky průkazný rozdíl. Maximální hodnota ovlivněné varianty byla 6,90 g a 10,97 g u kontroly. Je tedy zřejmé, že alelopatický efekt se výrazně projevil na hmotnosti nadzemních i podzemních částí jitrocele kopinatého.

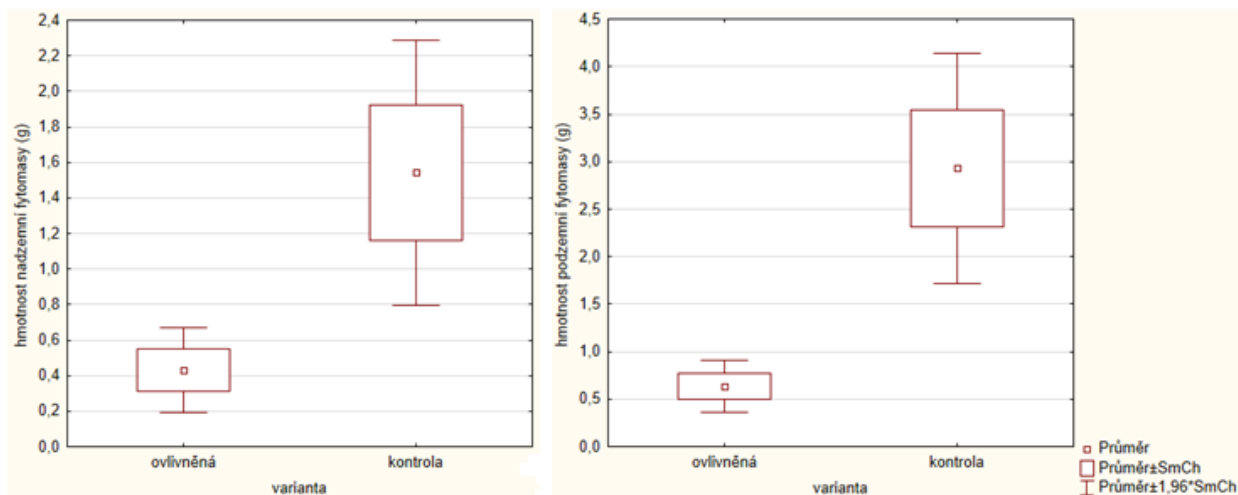
- Výsledná sušina štírovníku růžkatého



Obr. 15. Hmotnost sušiny biomasy štírovníku růžkatého – varianta pH 5; vlevo hmotnost nadzemních částí, vpravo hmotnost kořenů

Legenda: malý čtvereček – průměr, větší čtverec – směrodatná odchylka od průměru, chybové úsečky – průměr $\pm 1,96 \times \text{SmCh}$

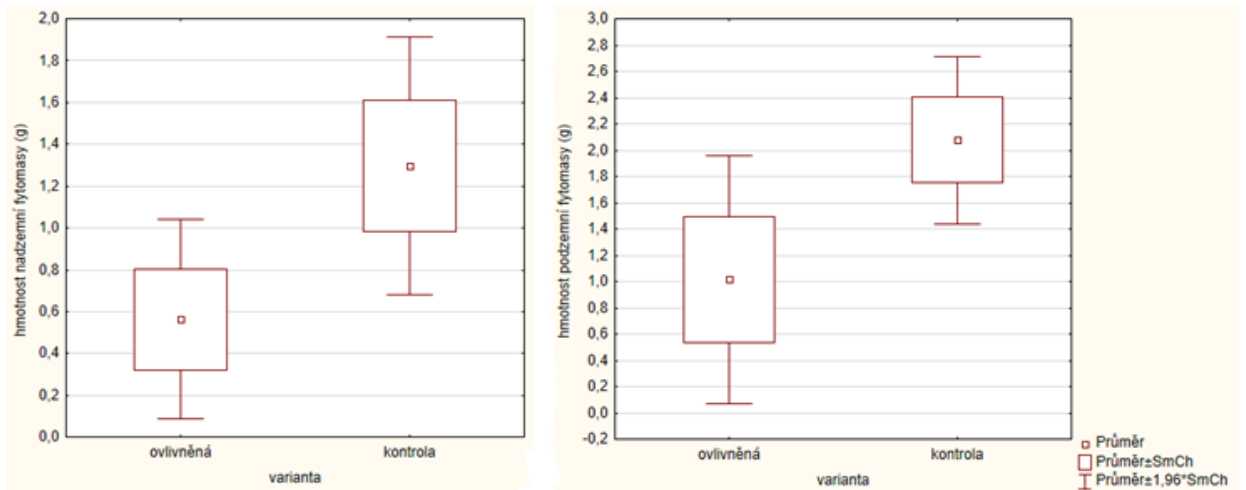
Hmotnost sušiny nadzemní biomasy štírovníku růžkatého kultivovaného při hodnotě pH 5 byla vyhodnocena jako statisticky vysoce průkazná. Jak je patrné z obrázku 15 (vlevo) hodnoty sušiny u kontroly se pohybovaly výrazně výše než u varianty ovlivněné ambrozií. Maximální naměřená hmotnost u ovlivněné varianty byla 0,37 g, u varianty kontroly 1,82 g. Z grafického znázornění hmotností podzemních částí (Obr. 15.; vpravo) je zřejmé, že i zde se projevil statisticky průkazný rozdíl. Lze tedy usuzovat, že ambrozie negativně ovlivnila více nadzemní část rostliny štírovníku.



Obr. 16. Hmotnost sušiny biomasy štirovníku růžkatého – varianta pH 6; vlevo hmotnost nadzemních částí, vpravo hmotnost kořenů

Legenda: malý čtvereček – průměr, větší čtverec – směrodatná odchylka od průměru, chybové úsečky – průměr $\pm 1,96 \times \text{SmCh}$

Obrázek 16 zobrazuje výsledné hodnoty sušiny nadzemních částí štirovníku růžkatého (vlevo). Z hodnot je patrné, že i u této varianty byl prokázán statisticky významný rozdíl mezi kontrolní a ovlivněnou variantou. Maximální hmotnost ovlivněné varianty byla 0,82 g, u kontroly 2,43 g. Statisticky průkazný rozdíl byl prokázán i u hmotností kořenových částí (Obr. 16.; vpravo). Maximální hmotnost varianty s ambrozií byla 0,91 g, v případě kontroly byla maximální hmotnost podstatně vyšší 4,94 g. Lze říci, že ambrozie peřenolistá v tomto případě ovlivnila, jak růst kořenové, tak i nadzemní hmoty štirovníku růžkatého. Vlivem menšího množství kořenů lze dále předpokládat sníženou tvorbu hlízek a tím i tedy nižší fixaci atmosférického dusíku symbiotickými bakteriemi rodu (*Rhizobium*).

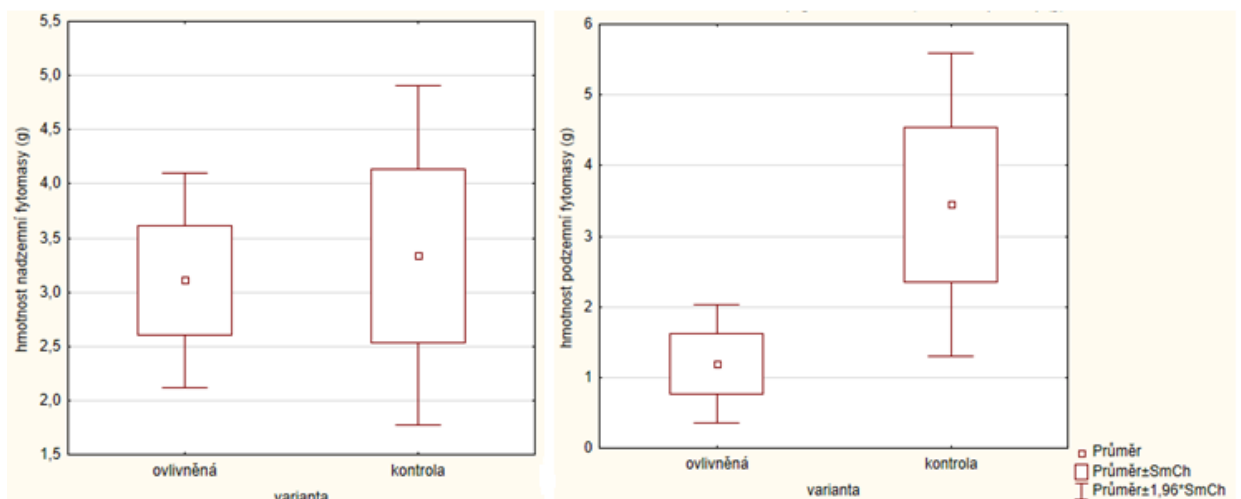


Obr. 17. Hmotnost sušiny biomasy štírovníku růžkatého – varianta pH 7; vlevo hmotnost nadzemních částí, vpravo hmotnost kořenů

Legenda: malý čtvereček – průměr, větší čtverec – směrodatná odchylka od průměru, chybové úsečky – průměr $\pm 1,96 \times \text{SmCh}$

V případě varianty štírovníku růžkatého, který byl kultivován při hodnotě pH 7 nebyl jako statisticky průkazný vyhodnocen ani jeden parametr celkové sušiny (Obr. 17.). V obou případech se ovšem hodnoty kontroly pohybovaly nad hodnotami ovlivněné varianty. Lze tedy usuzovat, že ambrozie peřenolistá ovlivnila růst rostlin štírovníku růžkatého. Podobně jako u varianty pH 6 lze tedy předpokládat i nižší schopnost fixace atmosférického dusíku symbiotickými bakteriemi.

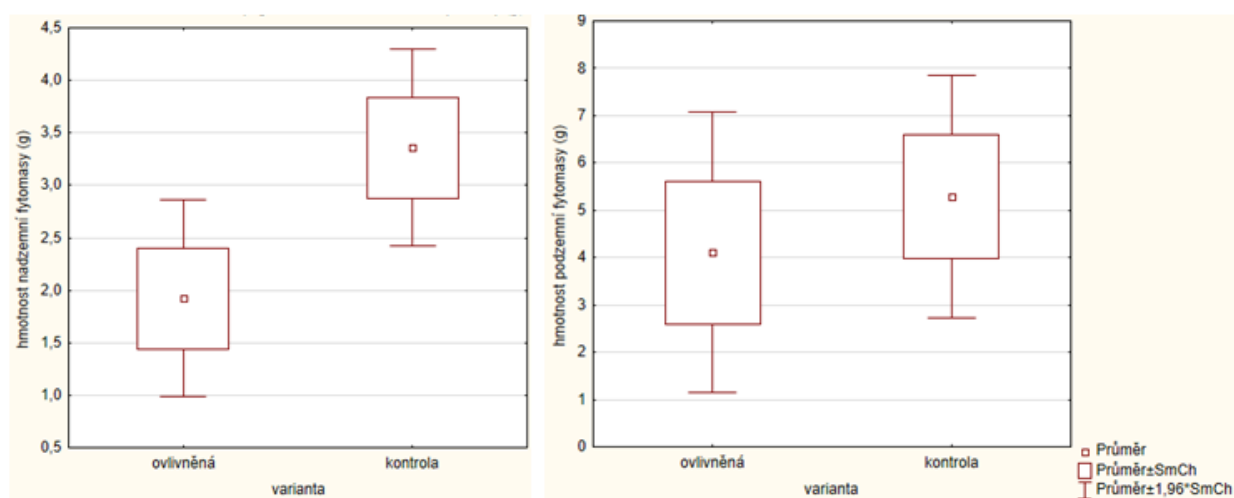
- Výsledná sušina ovsíku vyvýšeného



Obr. 18. Hmotnost sušiny biomasy ovsíku vyvýšeného – varianta pH 5; vlevo hmotnost nadzemních částí, vpravo hmotnost kořenů

Legenda: malý čtvereček – průměr, větší čtverec – směrodatná odchylka od průměru, chybové úsečky – průměr $\pm 1,96 \times \text{SmCh}$

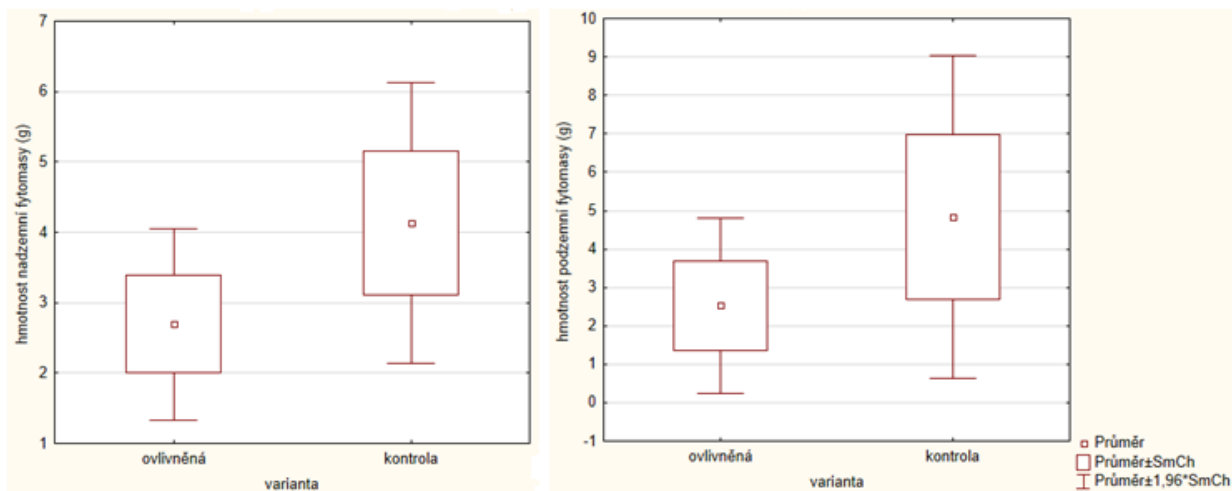
Hmotnost sušiny nadzemní i podzemní biomasy ovsíku vyvýšeného, který byl kultivován při pH 5 byla vyhodnocena jako statisticky neprůkazná. Jak je patrné z obrázku 18, hodnoty sušiny nadzemní části u kontroly byly sice vyšší, ale nepříliš výrazně. Ve většině sledovaných termínů se hodnoty obou variant překrývaly. Maximální naměřená hmotnost u ovlivněné varianty byla 4,34 g, u kontroly 6,11 g. V případě kořenových částí byl rozdíl mezi variantami výraznější, avšak ani zde nebyl statisticky prokazatelný. Maximální naměřená hmotnost u ovlivněné varianty byla 1,60 g a u kontroly 7,17 g. Lze tedy usuzovat, že ambrozie peřenolistá ovlivnila více podzemní část rostliny.



Obr. 19. Hmotnost sušiny biomasy ovsíku vyvýšeného – varianta pH 6; vlevo hmotnost nadzemních částí, vpravo hmotnost kořenů

Legenda: malý čtvereček – průměr, větší čtverec – směrodatná odchylka od průměru, chybové úsečky – průměr $\pm 1,96 \times \text{SmCh}$

Jak je patrné z obrázku výše (Obr. 19.), rozdíly hmotnosti sušiny nadzemní biomasy ovsíku vyvýšeného, který byl kultivován při pH 6 byly vyhodnoceny jako statisticky neprůkazné (chybové úsečky obou variant se překrývaly). Avšak hmotnosti sušiny nadzemních částí byly u kontrolní varianty výrazně větší. Maximální naměřená hmotnost u ovlivněné varianty byla 3,12 g, u kontroly 4,49 g. U biomasy z kořenových částí byl rozdíl mezi variantami ještě menší (Obr. 19.; vpravo). Jak je patrné, opět nebyl prokázán statisticky průkazný rozdíl. Maximální naměřená hmotnost u ovlivněné varianty byla 7,91 g a u kontrolní 9,61 g. Lze tedy usuzovat, že ambrozie peřenolistá ovlivnila více nadzemní část rostliny ovsíku.

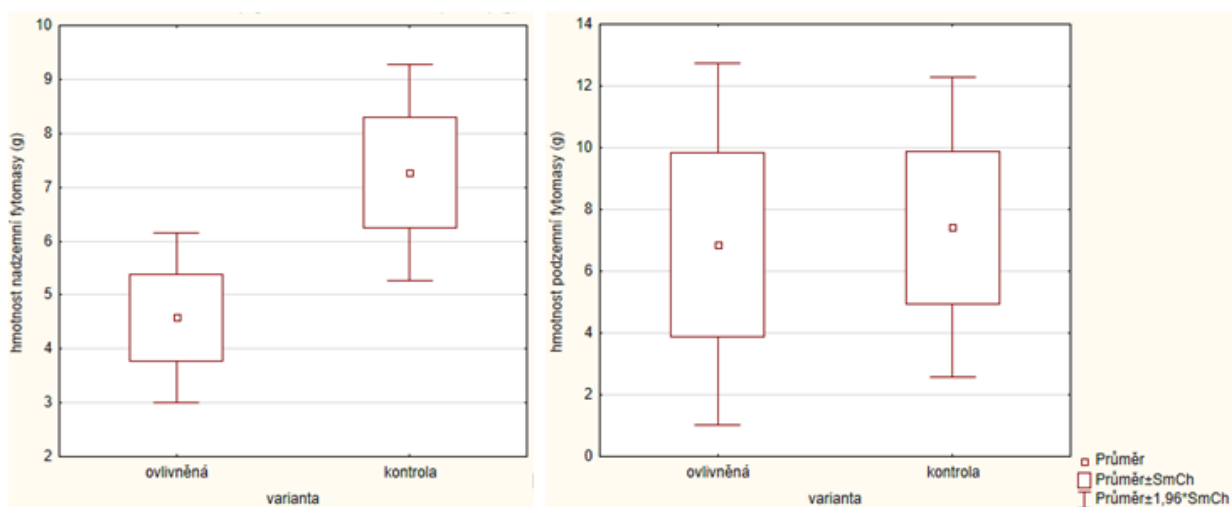


Obr. 20. Hmotnost sušiny biomasy ovsíku vyvýšeného – varianta pH 7; vlevo hmotnost nadzemních částí, vpravo hmotnost kořenů

Legenda: malý čtvereček – průměr, větší čtverec – směrodatná odchylka od průměru, chybové úsečky – průměr $\pm 1,96 \times \text{SmCh}$

Z obrázku 20 je zřejmé, že hmotnost sušiny nadzemní i podzemní biomasy ovsíku vyvýšeného, jež byl kultivován v půdě s neutrální půdní reakcí (pH 7), byla vyhodnocena jako statisticky neprůkazná. Maximální naměřená hmotnost sušiny nadzemní biomasy u ovlivněné varianty byla 4,58 g, u kontroly 6,94 g. Maximální naměřená hmotnost sušiny podzemní biomasy u ovlivněné varianty byla 6,80 g a u varianty kontroly 13,38 g. Můžeme říci, že ambrozie peřenolistá měla přibližně stejný vliv na tvorbu nadzemních i podzemních orgánů ovsíku vyvýšeného u ovlivněné i kontrolní varianty.

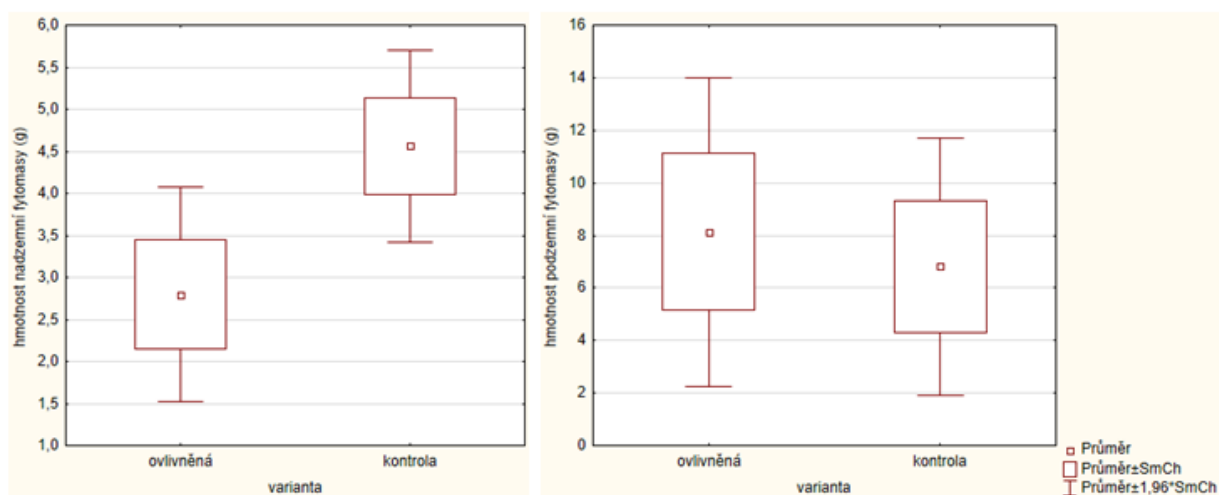
- Výsledná sušina košťavy červené



Obr. 21. Hmotnost sušiny biomasy košťavy červené – varianta pH 5; vlevo hmotnost nadzemních částí, vpravo hmotnost kořenů

Legenda: malý čtvereček – průměr, větší čtverec – směrodatná odchylka od průměru, chybové úsečky – průměr $\pm 1,96 \times \text{SmCh}$

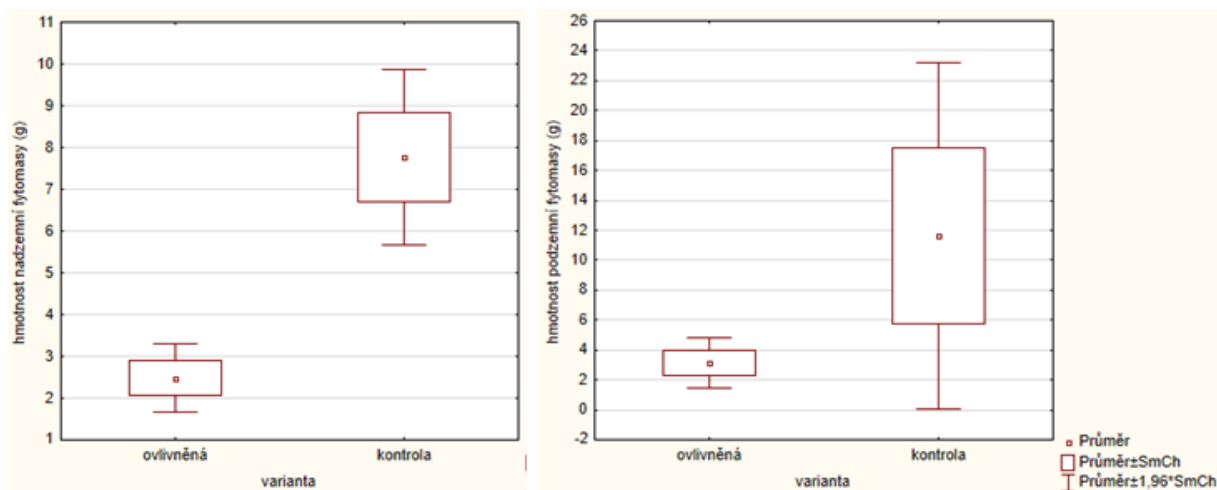
Hmotnost sušiny nadzemní i podzemní biomasy košťavy červené, která byla kultivována při pH 5 byla vyhodnocena jako statisticky neprůkazná. Z obrázku 21 je patrné, že hmotnosti sušiny nadzemní biomasy (vlevo) u kontrolní varianty byly sice vyšší, ale chybové úsečky obou variant se překrývaly. Maximální naměřená hmotnost u ovlivněné varianty byla 7,69 g, u kontroly 9,47 g. V případě kořenových částí (Obr. 21.; vpravo) byl rozdíl mezi variantami podstatně menší. Hodnoty ovlivněné varianty byly nepatrně vyšší než u kontroly. Maximální naměřená hmotnost u ovlivněné varianty byla 18,24 g a u kontroly 16,12 g. Lze tedy usuzovat, že ambrozie ovlivnila více nadzemní část rostliny košťavy červené.



Obr. 22. Hmotnost sušiny biomasy kostravy červené – varianta pH 6; vlevo hmotnost nadzemních částí, vpravo hmotnost kořenů

Legenda: malý čtvereček – průměr, větší čtverec – směrodatná odchylka od průměru, chybové úsečky – průměr $\pm 1,96 \times \text{SmCh}$

Z výše uvedeného obrázku (Obr. 22.) je zřejmé, že hmotnost sušiny nadzemní biomasy kostravy červené, která byla kultivována v půdě s pH 6, byla sice vyhodnocena jako statisticky neprůkazná, avšak hmotnosti kontroly se pohybovaly ve vyšších hodnotách. Lze tedy předpokládat, že došlo k alelopatickému ovlivnění ambrozií peřenolistou. Maximální naměřená hmotnost sušiny nadzemní biomasy u ovlivněné varianty byla 5,03 g a u kontroly 5,82 g. Obrázek 22 (vpravo) zobrazující hmotnost kořenových částí kostravy červené má podobný průběh hodnot jako u varianty s pH 5. Varianta ovlivněná ambrozií vykazovala vyšší hmotnost než kontrola. Maximální zjištěná hmotnost sušiny podzemní biomasy u ovlivněné varianty byla 17,37 g a u kontroly 16,22 g. Můžeme říci, že ambrozie peřenolistá spíše ovlivnila tvorbu nadzemních, než kořenových částí kostravy červené.

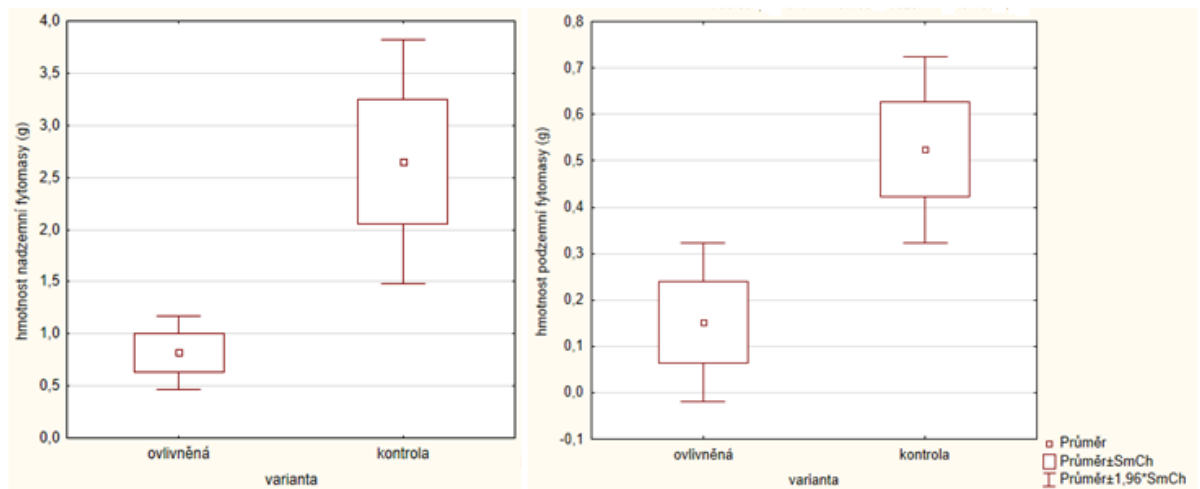


Obr. 23. Hmotnost sušiny biomasy kostřavy červené – varianta pH 7; vlevo hmotnost nadzemních částí, vpravo hmotnost kořenů

Legenda: malý čtvereček – průměr, větší čtverec – směrodatná odchylka od průměru, chybové úsečky – průměr $\pm 1,96 \times \text{SmCh}$

Hmotnost sušiny nadzemní biomasy kostřavy červené, která byla kultivována při neutrální půdní reakci, byla v parametru hmotnosti nadzemní biomasy vyhodnocena jako statisticky vysoce průkazná (Obr. 23.; vlevo). Maximální naměřená hmotnost sušiny nadzemní biomasy u ovlivněné varianty byla 3,36 g a u kontroly 11,85 g. Část obrázku 23. zobrazující hmotnost podzemních částí kostřavy (vpravo) sice nevykazuje statisticky průkazný rozdíl, avšak hodnoty hmotností kontroly výrazně převyšují variantu ovlivněnou. Maximální zjištěná hmotnost sušiny podzemní biomasy u ovlivněné varianty byla 5,02 g a u kontroly 33,29 g. Můžeme říci, že ambrozie peřenolistá ovlivnila podstatně tvorbu nadzemních i podzemních částí kostřavy červené.

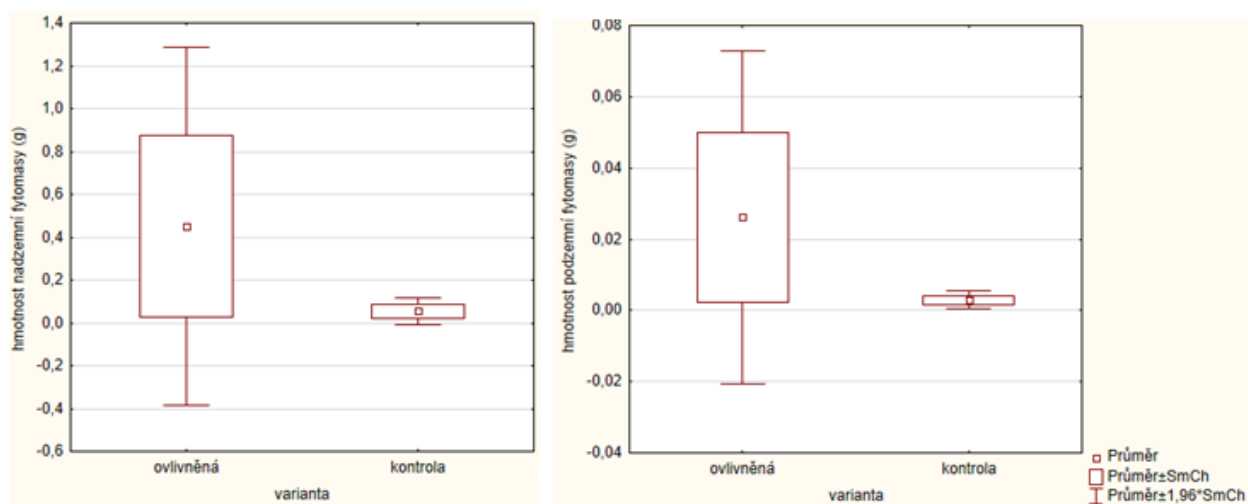
- Výsledná sušina svazenky vratičolisté



Obr. 24. Hmotnost sušiny biomasy svazenky vratičolisté – varianta jílovitá půda; vlevo hmotnost nadzemních částí, vpravo hmotnost kořenů

Legenda: malý čtvereček – průměr, větší čtverec – směrodatná odchylka od průměru, chybové úsečky – průměr $\pm 1,96 \times \text{SmCh}$

Z levé části obrázku 24 je zřejmé, že hmotnost sušiny svazenky vratičolisté byla v parametru nadzemní biomasy vyhodnocena jako statisticky průkazná. Tato varianta byla kultivována v jílovité půdě (zásaditá půdní reakce). Maximální naměřená hmotnost sušiny u ovlivněné varianty byla 1,78 g a u kontroly 5,02 g. Statisticky průkazný rozdíl byl zjištěn i u hodnot podzemní biomasy (Obr. 24.; vpravo) Maximální zjištěná hmotnost sušiny byla u ovlivněné varianty 0,67 g a u kontroly 1,01 g. Lze říci, že ambrozie peřenolistá záporně ovlivnila tvorbu nadzemních i podzemních částí svazenky vratičolisté.

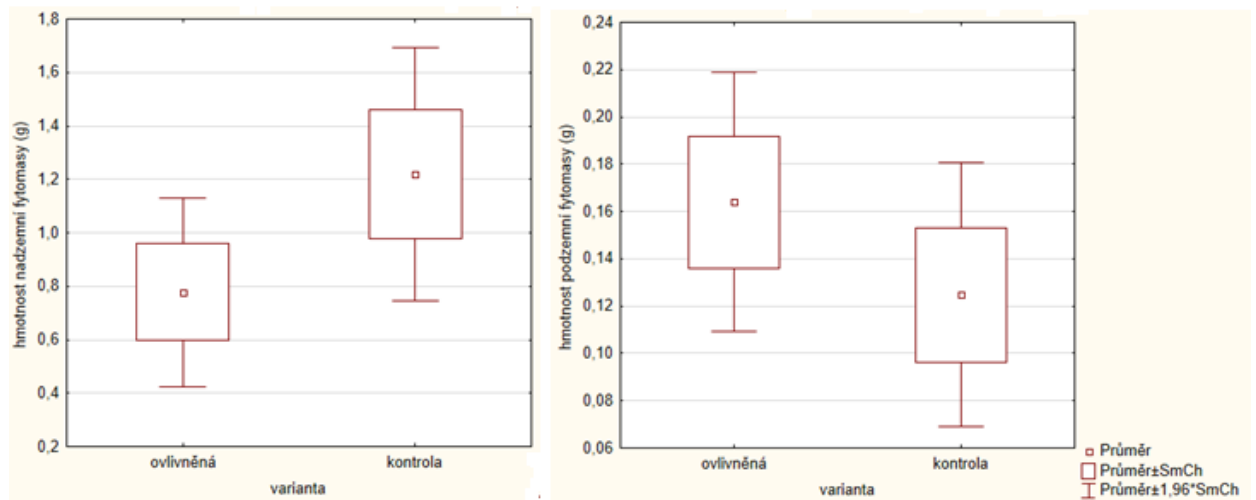


Obr. 25. Hmotnost sušiny biomasy svazenky vrtičolisté – varianta rašelina; vlevo hmotnost nadzemních částí, vpravo hmotnost kořenů

Legenda: malý čtvereček – průměr, větší čtverec – směrodatná odchylka od průměru, chybové úsečky – průměr $\pm 1,96 \times \text{SmCh}$

Varianta, při které byla svazenka kultivovaná v rašelině vykazovala extrémně nízké hodnoty u kontroly (Obr. 25.). Maximální naměřená hmotnost sušiny nadzemních orgánů byla u ovlivněné varianty 3 g a u kontroly 0,22 g. Maximální zjištěná hmotnost sušiny podzemní biomasy u ovlivněné varianty byla 0,22 g a u kontroly 0,009 g. Aby bylo možné výsledky vyhodnotit, musely být všechny hodnoty zaokrouhleny na tři desetinná místa. Rašelina byla tedy díky svým vlastnostem (vysoká kyselost, značná vysychavost, nedostatek živin) vyhodnocena jako substrát nevhodný pro kultivaci. Nelze říci, že by rostliny ambrozie ovlivnily tvorbu nadzemních, či podzemních částí svazenky vrtičolisté.

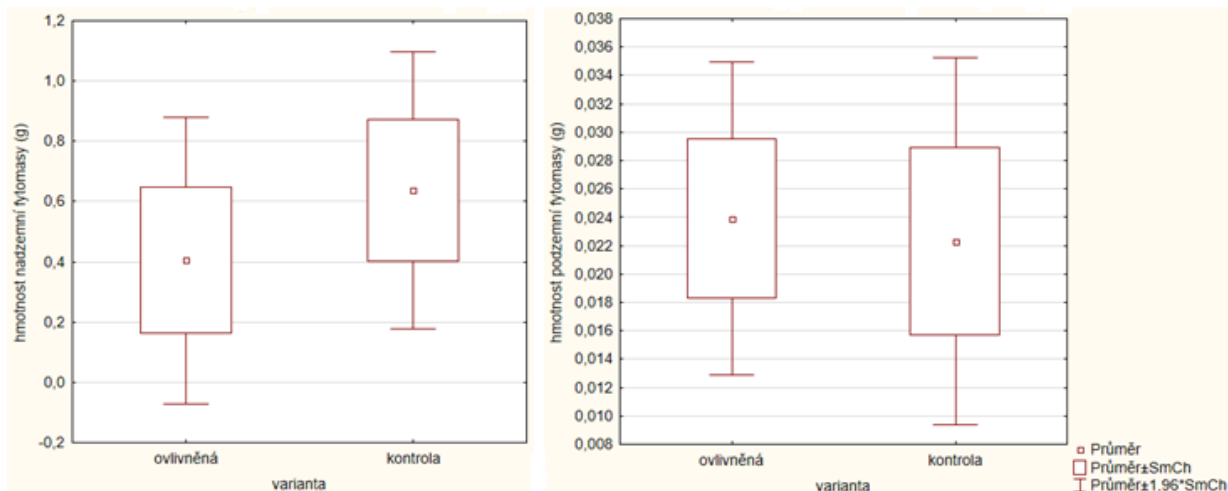
- Výsledná sušina hrachu setého



Obr. 26. Hmotnost sušiny biomasy hrachu setého – varianta jílovitá půda; vlevo hmotnost nadzemních částí, vpravo hmotnost kořenů

Legenda: malý čtvereček – průměr, větší čtverec – směrodatná odchylka od průměru, chybové úsečky – průměr $\pm 1,96 \times \text{SmCh}$

Na levé části obrázku 26 je dobře viditelný rozdíl mezi hmotnostmi ovlivněné a kontrolní varianty nadzemní biomasy hrachu kultivovaného v jílovité půdě. Varianta kontroly zřetelně převyšovala svými hodnotami variantu ovlivněnou. Statisticky se ovšem průkaznost výsledků nepodařilo potvrdit. Maximální naměřená hmotnost nadzemní biomasy u ovlivněné varianty byla 1,57 g a u kontroly 2,37 g. U varianty podzemní biomasy (Obr. 26.; vpravo) převyšovala mírně ovlivněná varianta kontrolu. Maximální zjištěná hmotnost sušiny podzemní biomasy u ovlivněné varianty byla 0,29 g a 0,22 g u kontroly. Můžeme tedy říci, že ambrozie negativně ovlivnila spíše tvorbu nadzemní hmoty hrachu setého.



Obr. 27. Hmotnost sušiny biomasy hrachu setého – varianta rašelina; vlevo hmotnost nadzemních částí, vpravo hmotnost kořenů

Legenda: malý čtvereček – průměr, větší čtverec – směrodatná odchylka od průměru, chybové úsečky – průměr $\pm 1,96 \times \text{SmCh}$

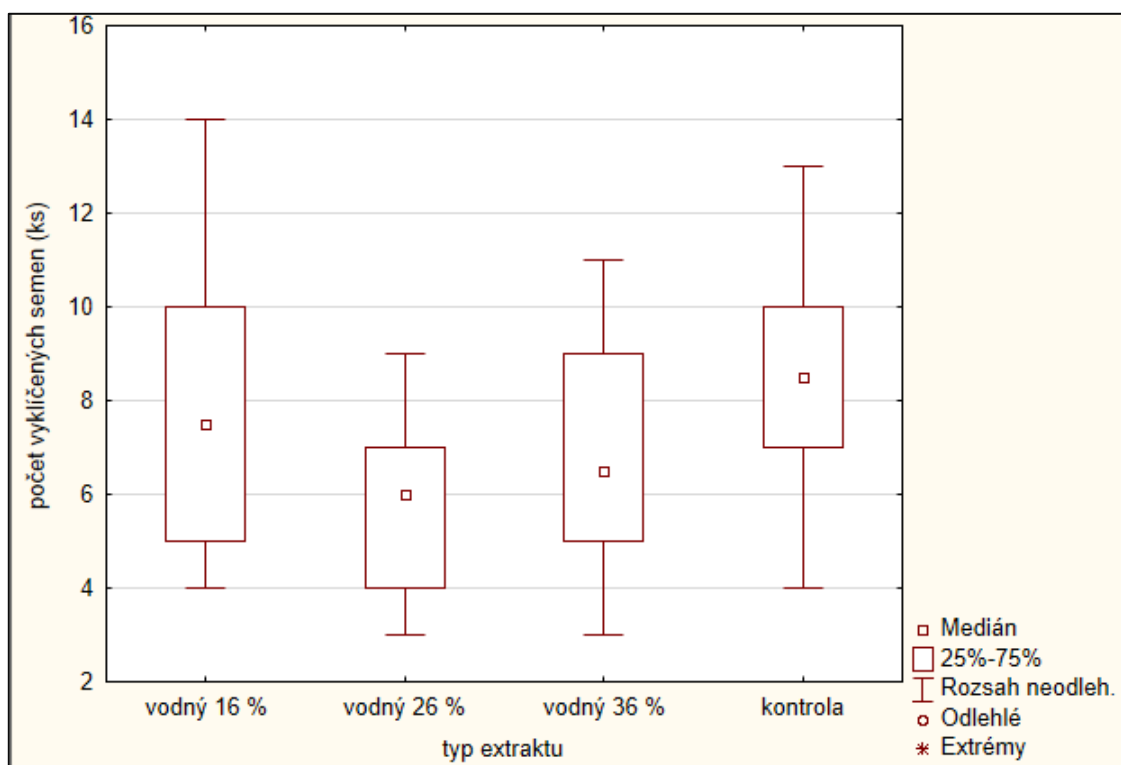
Z výše uvedeného obrázku 27 je dobře patrné, že rostliny hrachu setého kultivované v rašelině byly jen těžko hodnotitelné. V obou sledovaných parametrech se hodnoty sušiny pohybovaly kolem nuly. Ani v jedné z variant nebyla zjištěna statistická průkaznost, či viditelný rozdíl mezi variantou kontroly a ovlivněnou působením ambrozie. Maximální naměřená hmotnost nadzemní biomasy u ovlivněné varianty byla 1,78 g a u kontroly 1,81 g. Maximální zjištěná hmotnost sušiny podzemní biomasy u ovlivněné varianty byla 0,06 g a 0,09 g u varianty kontroly. Testy neprokázaly, že by ambrozie ovlivnila hmotnost sušiny hrachu setého.

8.3 Vliv extraktů z kostravy červené (*Festuca rubra* L.) na klíčení semen ambrozie peřenolisté

8.3.1 Vliv vodného extraktu

Varianta vodného extraktu o koncentraci 36 % měla klíčivost 34 % (minimálně vyklíčily 3 nažky na misku a maximálně 11 nažek na misku). Při koncentraci 26 % roztoku byla průměrná klíčivost 29 % (minimálně byly zjištěny 3 nažky na misku a maximálně 9 nažek na misku). Při nejnižší koncentraci 16% extraktu byla zjištěna 39,5% klíčivost (minimální množství vyklíčených nažek na misku bylo 5 a maximální 14). Kontrolní varianta měla největší klíčivost – 41,5 % (s maximem 13 nažek a minimem 4).

Jak je patrné z grafu 15, nebyl ani u jedné varianty prokázán statisticky významný rozdíl, mezi počtem vyklíčených nažek u kontrolní a ovlivněné varianty. Nelze tedy říct, že vodný extrakt z kostřavy červené zabraňuje klíčení semen ambrozie.

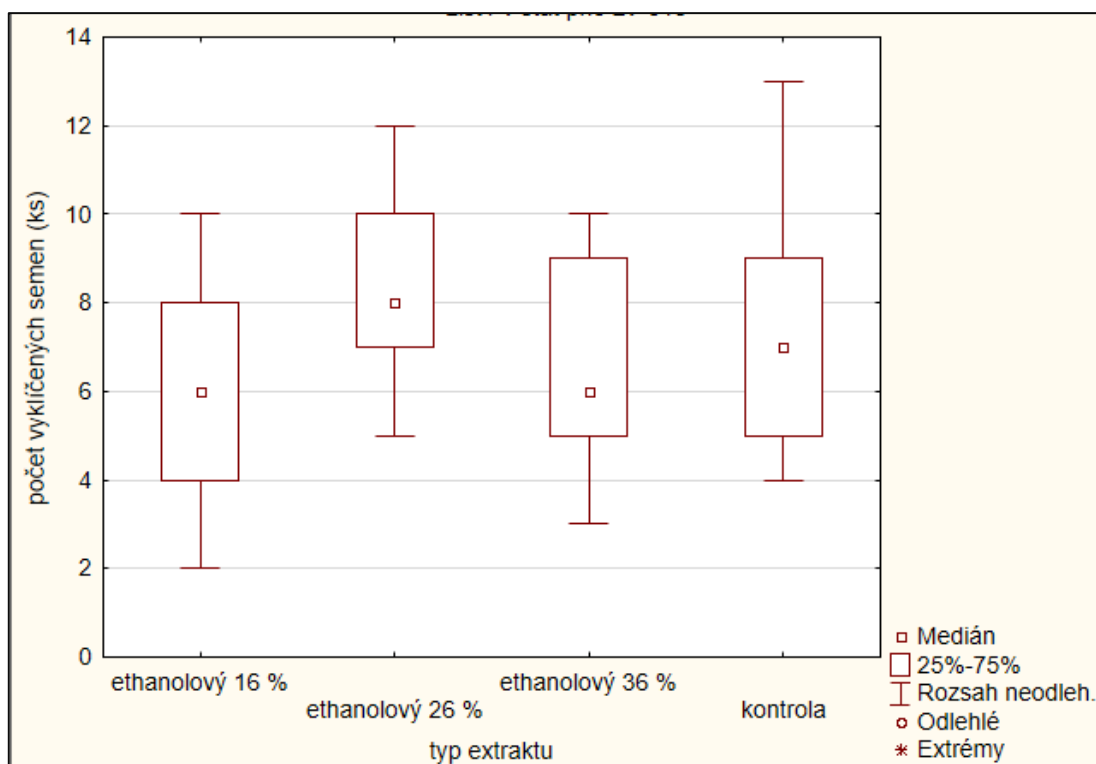


Graf. 15. Množství vyklíčených nažek – varianta vodný extrakt

8.3.2 Vliv ethanolového extraktu

Varianta ethanolového extraktu o koncentraci 36 % měla klíčivost 32 % (minimálně vyklíčily 3 nažky na misku a maximálně 10). Při koncentraci 26 % roztoku byla klíčivost 29 % (minimálně bylo zjištěno 5 nažek na misku a maximálně 12). Při nejnižší koncentraci 16 % extraktu byla zjištěna klíčivost 39,5 % (minimálně vyklíčily 2 nažky na misku a maximálně 10). Kontrolní varianta měla největší procentuální klíčivost – 41,5 % (maximem bylo 13 vyklíčených nažek a minimem 4),

Jak je patrné z grafu 16, nebyl ani u jedné varianty prokázán statisticky průkazný rozdíl mezi počtem vyklíčených nažek u kontrolní a ovlivněné varianty. Nelze tedy tvrdit, že ethanolový extrakt z kostřavy červené potlačuje klíčení semen ambrozie.

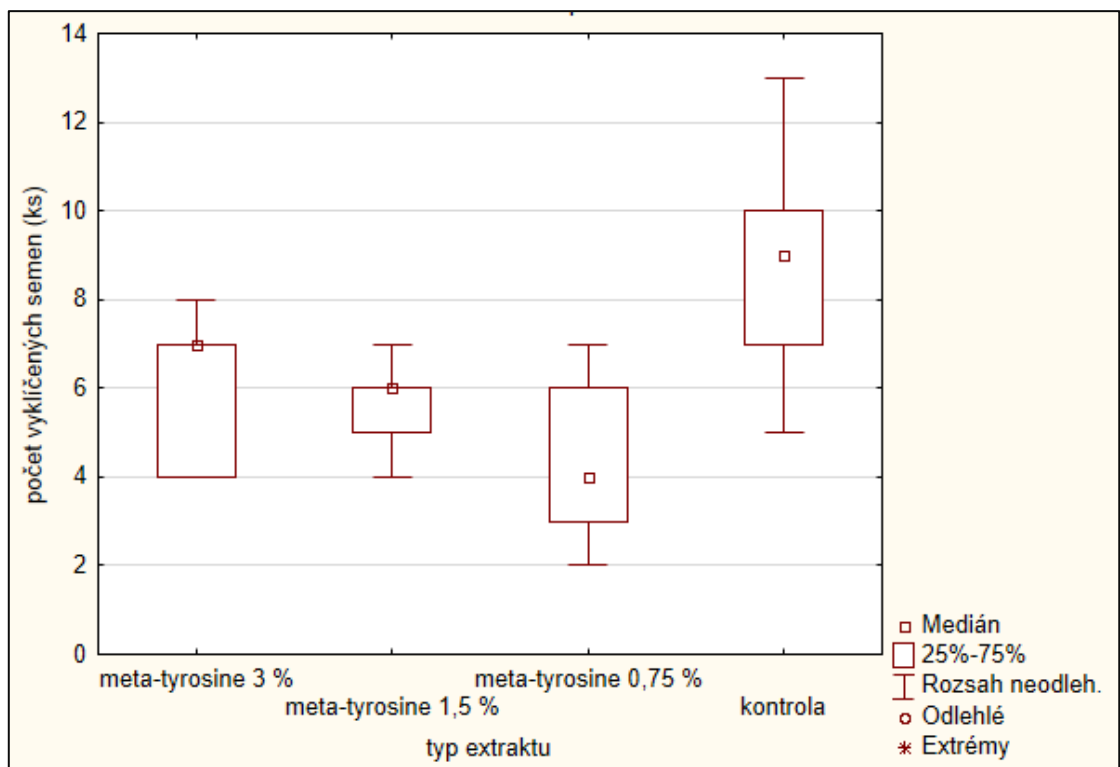


Graf. 16. Množství vyklíčených nažek – varianta ethanolový extrakt

8.3.3 Vliv roztoku m-tyrosinu

Varianta 3 % roztoku m-tyrosinu měla klíčivost 30 % (minimálně vyklíčily 4 nažky na misku a maximálně 8). Při 1,5 % koncentraci byla klíčivost 28 % (minimálně byly zjištěny 4 vyklíčené nažky na misku a maximálně 7 nažek). Při nejnižší koncentraci 0,75 % roztoku byla klíčivost nejnižší 22 % (minimálně vyklíčily 2 nažky a maximálně 7). Kontrolní varianta měla největší zjištěnou klíčivost – 44 % (maximem bylo 13 vyklíčených nažek na misku a minimem 5). Fotografická část pokusu je součástí příloh.

Jak je patrné z grafu 17, nebyl ani u jedné varianty prokázán statisticky významný rozdíl, mezi počtem vyklíčených nažek u kontrolní a ovlivněné varianty. Avšak varianta kontroly převyšovala ovlivněnou variantu počtem vyklíčených nažek. Lze tedy tvrdit, že roztok m-tyrosinu zabraňuje klíčení nažek ambrozie peřenolisté. Dle fotodokumentace, která je součástí příloh, je taktéž možno říci, že roztok m-tyrosinu, bez ohledu na svoji koncentraci výrazně zpomaluje počáteční růstové fáze klíčících rostlin ambrozie peřenolisté.



Graf. 17. Množství vyklíčených nažek – varianta m-tyrosin

9 DISKUZE

9.1 Vyhodnocení vlivu ambrozie peřenolisté (*Ambrosia artemisiifolia* L.) na studované rostliny

Výsledky kultivačního pokusu u většiny testovaných rostlin dokazují přímý negativní vliv ambrozie peřenolisté na jejich růst. V případě trávovitých druhů, které byly kultivovány nejdéle se podařilo zjistit i vliv na nástup a průběh kvetení.

I přesto, že byly kultivační nádoby a vzdálenosti mezi rostlinami zvoleny tak, aby došlo k minimalizaci konkurence, je možné, že vzhledem k charakteru pokusu (venkovní a relativně dlouhá doba kultivace), nelze vliv této interakce zcela vyloučit. Avšak oproti podobným výzkumům, zabývajícím se studiem alelopatie (Kašparová, 2015) byl pravděpodobný vliv konkurence na výsledky experimentu menší. Kašparová ve své práci uvádí většinou vysokou statistickou průkaznost v rozdílech hodnot testovaných parametrů (výška, listová plocha) u studovaných druhů jaké byly použity i pro kultivační pokus v této diplomové práci. Pěstební nádoby byly v případě jejího pokusu menší, lze tedy předpokládat, že se mimo alelopatii projevila i výše zmíněná konkurence.

U kultivačního pokusu s jitrocelem kopinatým byl u všech variant pH prokázán statisticky vysoce významný rozdíl mezi naměřenými hodnotami obou parametrů u kontrolní a ovlivněné varianty. Ke stejnému závěru dospěla ve své studii i Kašparová (2015), která uvádí vysokou statistickou průkaznost v rozdílech hodnot listové plochy, výšky i počtu listů u jitrocele kultivovaného za laboratorních podmínek v nádobě společně s ambrozií. U hmotností suché biomasy byl vliv ambrozie patrný nejen u nadzemní, ale i kořenové části rostlin.

Další testovanou rostlinou byl štírovník růžkatý, i u něj byl vliv ambrozie patrný jak v hodnotách průměrných délek listů, tak i velikostí listové plochy. Nejprůkazněji byla vyhodnocena varianta s nejnižší hodnotou pH. Výsledky tak potvrzují výzkum Kašparové (2015), která v laboratorních podmínkách kultivovala štírovník společně s ambrozií v půdě s kyselou reakcí. Hmotnosti suché biomasy rostlin štírovníku růžkatého byly jako statisticky průkazně rozdílné vyhodnoceny u variant pH 5 a 6. Velice zajímavým faktem je vliv ambrozie na sníženou tvorbu kořenů. Předpokládá se významné snížení schopnosti ovlivněných rostlin štírovníku fixovat atmosférický N₂. Tato teorie bude podrobena dalšímu zkoumání.

U trávovitých druhů – ovsíku vyvýšeného a kostřavy červené byl taktéž alelopatický vliv ambrozie prokázán, avšak nebyl potvrzen statisticky průkazný rozdíl u všech variant. Výsledky se tak zcela neshodují se studií Kašparové (2015), která dospěla k vysoké statistické průkaznosti rozdílů mezi ovlivněnou a kontrolní variantou v parametrech průměrné listové plochy, výšky a počtu listů u ovsíku vyvýšeného kultivovaného za laboratorních podmínek. U kostřavy červené vyhodnotila za statisticky vysoce průkazné hodnoty listové plochy a počtu listů. Tento rozdíl mohl být způsoben odlišným typem substrátu, velikostí nádob, či podmínkami kultivace (teplota a závlivka) u tohoto pokusu.

U zbylých doprovodných druhů – svazenky vratičolisté a hrachu setého kultivovaných v jílovité půdě s neutrální půdní reakcí, případně v rašelině – došlo u některých variant taktéž k prokázání negativního vlivu ambrozie. Nebyl však tak jednoznačný jako v případě předchozích druhů. To mohlo být způsobeno nedostatečnou závlahou a nadměrnou vysychavostí půdy. Nedošlo tedy k dostatečnému uvolnění alelopatik do prostředí a vhodnému prokořenění rostlin. Této teorii nasvědčuje i nízká hmotnost kořenových částí rostlin.

9.2 Vyhodnocení zkoušek klíčivosti ambrozie peřenolisté (*Ambrosia artemisiifolia* L.)

Během testů klíčivosti byly nažky ambrozie peřenolisté vystaveny působení dvou typů extraktů (vodný/ ethanolový) o různých koncentracích z kořenových částí kostřavy červené a roztoku syntetického m-tyrosinu, taktéž o různých koncentracích. Uvedené koncentrace byly odvozeny z pokusů Berina *et al.* (2007).

Z uvedených výsledků vyplývá, že extrakty z kořenů rostlin kostřavy neměly tak vysoký inhibiční efekt jako roztok syntetického m-tyrosinu. V případě varianty vodného extraktu se jako nejúčinnější jevila 26 % koncentrace, u které byla zjištěna 29 % klíčivost semen. U ethanolového extraktu bylo nejlepších výsledků dosaženo při 16 % koncentraci extraktu, kde byla výsledná klíčivost 31 %. Jako nejúčinnější se projevil roztok m-tyrosinu o koncentraci 0,75 % s klíčivostí semen 22 %. Avšak mezi jednotlivými variantami m-tyrosinu byl pouze malý rozdíl ve výsledné inhibici klíčení. Roztok m-tyrosinu se taktéž projevil jako nejúčinnější při brzdění počátečního růstu ambrozie. Je možné, že vyšší účinnost nižších koncentrací roztoku byla způsobena lepším vstřebá-

váním m-tyrosinu se do klíčících rostlin. Toto tvrzení je nutné podložit větším počtem opakování.

Je tedy zřejmé, že v zamezení klíčení semen ambrozie má syntetický m-tyrosin velký potenciál. Přestože k potlačení klíčení stačí pouze nízká koncentrace roztoku, jeho komerční využití vzhledem k vysoké ceně látky není v současnosti možné. V tomto konkrétním případě nebyly potvrzeny studie Bernina *et al.* (2007), který uvádí, že extrakty získané přímo z rostlin kostřavy červené mají velký inhibiční účinek na semena některých rostlin. Je ovšem možné, že produkce alelopatických látek je stimulována určitými ekologickými faktory, nebo že mají pro syntézu alelopatických látek různé populace kostřavy odlišné genetické predispozice. Toto tvrzení je nutno dále zkoumat.

9.3 Stanovení rizik ambrozie peřenolisté (*Ambrosia artemisiifolia* L.) pro rostlinnou produkci

Z dosavadního monitoringu výskytu ambrozie peřenolisté na našem území (Kašparová, 2015; Skálová *et al.*, 2017) je zřejmé, že rostliny tohoto druhu se zatím vyskytují spíše ohniskově v blízkosti železničních naspů a lidských sídel v teplejších oblastech republiky.

Avšak dle studie Skálové *et al.* (2017) je další šíření ambrozie na našem území spíše nepravděpodobné. Pro její expanzi zatím nevznikly zcela ideální podmínky. Rostliny se mohou šířit pouze za pomoci semen, která však na území České republiky dozrávají jen v teplých oblastech. Rostliny taktéž nejsou tak plodné, jako v okolních státech. Je tedy zřejmé, že pro rostlinnou produkci v ČR nehrozí bezprostřední riziko masivního rozšíření ambrozie peřenolisté do polních kultur. Rizika pro rostlinnou produkci by hrozila pouze v případě expanze ambrozie na pole, případně na jejich okraje, odkud by se mohla dále šířit.

Výsledky této diplomové práce, podobně jako studie Kašparové (2015) dokazují že, ambrozie peřenolistá negativně ovlivňuje růst rostlin rostoucích v jejím bezprostředním okolí. Alelopatický efekt ambrozie je umocněn počtem rostlin na jednotku plochy, její růstovou fází (větší alelopatický potenciál mají kvetoucí rostliny) a nízká konkurenční schopnost dané plodiny (Klejdus & Kubáň, 1999; Miranda *et al.*, 2014).

10 ZÁVĚR

Výsledky této práce přinesly užitečné informace o alelopatickém působení ambrozie, jejím potenciálním riziku pro rostlinnou produkci a budoucích možnostech její regulace.

Na základě dostupných literárních zdrojů a pomocí kultivačních pokusů bylo zjištěno, že ambrozie má negativní dopad na růst většiny vybraných druhů rostlin. Avšak díky malému rozšíření i omezeným možnostem další expanze, nepředstavuje aktuální riziko pro celkovou rostlinnou produkci v České republice. Některé teplé oblasti zle ale považovat za potenciálně ohrožené.

Z výsledků diplomové práce je zřejmé, že se pomocí venkovního pokusu, který proběhl v období let 2015–2016, podařilo dokázat alelopatické působení ambrozie na tyto druhy rostlin: jitrocel kopinatý, štirovník růžkatý, ovsík vyvýšený a kostřava červená, které byly kultivovány v substrátech s různými hodnotami pH. Hodnocena přitom byla průběžně výška/ délka, velikost listové plochy a v závěru pokusu i sušina nadzemní a podzemní biomasy. Zajímavým faktem bylo zjištění výrazné inhibice růstu kořenů štirovníku růžkatého v půdě s kyselou reakcí, to mohlo mít za následek sníženou schopnost fixace vzdušného N₂.

U svazenky vratičolisté a hrachu setého kultivovaného v rašelině a jílovité půdě se alelopatické působení rostlin ambrozie potvrdit nepodařilo. Výsledky byly ovlivněny nízkou vlhkostí půdy a nedostatečnou velikostí kořenového systému rostlin.

Při hodnocení účinku vodného/ ethanolového extraktu z kostřavy červené na klíčení nažek ambrozie peřenolisté bylo zjištěno, že extrakty nemají dostatečnou účinnost aby zamezily vyklíčení nažek ambrozie. Naopak při testování roztoku syntetického m-tyrosinu byla inhibice prokázána.

Vzhledem k prokázaným negativním vlivům ambrozie a masivnímu rozšíření v okolních státech je nutný její další výzkum. Cílem těchto studií by mělo být lepší objasnění alelopatického potenciálu. Zhodnocení rizik pro rostlinnou produkci a lidské zdraví. A dále pak vytvoření prostředků pro její efektivní likvidaci jak na orné půdě, tak i v okolí komunikací a lidských sídel.

11 POUŽITÁ LITERATURA

AERTS, R., CHAPIN, F. S. (2000): The Mineral Nutrition of Wild Plants Revisited: A Reevaluation of Processes and Patterns. *Ecological Research*, vol. 30, s. 1–67. DOI: 10.1016/S0065 2504(08)600161., [online; 13. 12. 2016] dostupné na: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0065250408600161>

AL-KAISI M., HANNA, H., TIDMAN, M. (2003): Crop rotation considerations for 2004 management season rotation", *Integrated Crop Management News*. 1630. [online; 13. 12. 2016], dostupné na: <http://lib.dr.iastate.edu/cropnews/1630/>

AOPK ČR, (2016): *Ambrosia artemisiifolia* Linnaeus - ambrosie peřenolistá, [online; 21. 12. 2016], dostupné na: http://portal.nature.cz/publik_syst/nd_nalez-public.php?idTaxon=35326

BABULA, P., MIKELOVÁ, R., POTĚŠIL, D., KIZEK, R., HAVEL, L. ET SLADKÝ, Z. (2004): Naftochinony - výskyt v přírodě, biologické vlastnosti. In MendelNet04 Agro. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně. s. 99–104 . ISBN 80-7157-813-4

BERTIN, C., WESTON, L. A., HUANG, T., JANDER, G., OWENS, T., MEINWALD, J., SCHROEDER, F. C., AFFILIATIONS, A. (2007): Grass roots chemistry: *meta*-Tyrosine, an herbicidal nonprotein amino acid. *Pnas*, vol. 104 [online; 4. 2. 2017] dostupné na: <http://www.pnas.org/content/104/43/16964.full>

BŁOSZYK, E., U. RYCHLEWSKA, B. SZCZEPANSKA, M. BUDĚŠÍNSKÝ, B. DROŽDŽ, HOLUB, M. (1992): *Sesquiterpene Lactones of Ambrosia artemisiifolia L. and Ambrosia trifida L. Species*. Collection of Czechoslovak Chemical Communications vol. 57, s. 1092–1102. DOI: 10.1135/cccc19921092.

CALLAWAY, R. M., CIPOLLINI, D., BARTO, K., THELEN, G. C., HALLETT, S. G., PRATI, D., STINSON, K., KLIRONOMOS, J. (2008): Novel weapons: Invasive plant suppresses fungal mutualists in America but not in its native Europe. *Ecology*, vol. 89, s. 1043–1055.

DE BERTOLDI, C., DE LEO, M., ERCOLI, L., BRACA A. (2011): *Chemical profile of Festuca arundinacea extract showing allelochemical activity*, *Chemogeology*, vol. 22, s. 13–21, DOI: 10.1007/s00049-011-0092-4 [online; 25. 3. 2017], dostupné na: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00049-011-0092-4>

DEWICK, P. M. (2008): *Medicinal natural products: a biosynthetic approach*. 3rd ed. Hoboken: Wiley, 539 s. ISBN 9780470741672.

ESSL, F., BIRO, K., BRANDES, D., BROENNIMANN, O., BULLOCK, J. M., CHAPMAN, D. S., CHAUVEL, B., DULLINGER, S., FUMANAL, B., GUISAN, A., KARRER, G., KAZINCZI, G., KUEFFER, C., LAITUNG, B., LAVOIE, C., LEITNER, M., MANG, T., MOSER, D., MULLER-SCHARER, H., PETITPIERRE, B., RICHTER, R., SCHAFFNER, U., SMITH, M., STERFINGER, U., VAUTARD, R., VOGL, G., VON DER LIPPE M., FOLLAKE, S. (2015): *Biological flora of the British Isles: Ambrosia artemisiifolia*, *Journal of Ecology*, vol. 103, s. 1069–1098. DOI: 1365-2745.12424

FADRŇÝ, M., HOLUBÁŘ, J., ŘÍHA, P. (2002): *Přehled odrůd jetelovin a trav: Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský*, Brno, 143 s. ISBN 80-86548-24-4

FOMSGAARD, I. S., MORTENSEN, A. G., CARLSEN, S. C. K. (2004): Microbial transformation products of benzoxazolinone and benzoxazinone allelochemicals a review, *Chemosphere*, vol.54, Issue 8, s. 1025–1038, DOI:2003.09.044

FRIEDMAN, J. (1995): Alelopathy, Autotoxicity, and Germination. In KIGEL, J., GALILI, G. (ed.). *Seed development and germination*. Marcel Dekker, Inc., New York. s. 629–644.

HOPKINS, A. (2000): Herbage production. In: HOPKINS, A. (ed.), *Grass. Its Production and Utilization*. Third edition. Blackwell Science, s. 440.

HUANG, T., REHAK, L., JANDER, G. (2012): Meta-Tyrosine in *Festuca rubra* L. ssp. *commutata* (Chewings fescue) is synthesized by hydroxylation of phenylalanine, *Phytochemistry*, vol. 75, s. 60–66 [online; 4. 2. 2017] dostupné na: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0031942211005000>

CHOI, B.S., SONG, D.Y., SUNG, J.K., KIM, C.G., SONG, B.H., WOO, S.H., LEE, C.W. (2010): *Common Ragweed-Derived Phenolic Compounds and Their Effects on Germination and Seedling Growth of Weed Species*, *Korean Journal of Weed Science*, vol. 30, Issue 4, s. 396–404 ISSN : 0253-7468 [online; 21. 1. 2017] <http://agris.fao.org/agrissearch/search.do?recordID=KR2011004803>

JÁŠKOVÁ, VĚRA. (2010): *PISUM SATIVUM* L. – hrách setý, [online; 21. 1. 2017, dostupné na: <http://botany.cz/cs/Pisum-sativum/>

JEHLÍK, V. a kol. (1998): Cizí expanzivní plevele České republiky a Slovenské republiky: Alien expansive weeds of the Czech Republic and the Slovak Republic. 1. vyd. Praha: Academia, 506 s. ISBN 80-200-0656-7.

KAHL, H. (1987): Allelopathic effects in the maize-quelites-agroecosystem of the Tarahumara Indians. *Journal of Agronomy and Crop Science*. vol. 158. s. 56–64, ISSN: 0931-2250

KAŠPAROVÁ, M. (2015): *Vliv alelopatických látek obsažených v biomase Ambrosia artemisiifolia L. na vybrané rostliny a odhad aktuálních rizik pro zemědělskou produkci.*, Brno, diplomová práce, (nepubl., dep. knihovna Mendelovy univerzity v Brně)

KLEJDUS, B., KUBÁŇ, V. (1999): *Rostlinné fenoly v alelopatii*. Chemické listy 93, s. 243–248.

KLIRONOMOS, J. N. (2002): Feedback with soil biota contributes to plant rarity and invasiveness in communities. *Nature*, vol. 417, s. 67–70. DOI: 10.1038/417067a. [online; 21. 1. 2017], dostupné na: <http://www.nature.com/doi/10.1038/417067a>

KOCIÁN, P. (2013): *Ambrosia artemisiifolia* – ambrosie peřenolistá, [online; 21. 1. 2017], dostupné na: <http://www.ms-cbs.cz/karty-druhu/ambrosia-artemisiifolia-ambrosie-perenolista/>

KRUSE, M., STRANDBERG, M. ET STRANDBERG, B. (2000): Ecological Effects of Allelopathic Plants – a Review. National Environmental Research Institute, Silkeborg, Denmark. s. 66 – NERI Technical Report No. 315

KUBÁT, K. (ed.), 2002: *Klíč ke květeně České republiky*. Vyd. 1. Praha: Academia, 927 s. ISBN 8020008365

LU, T – S., F. J. PARODI, D. VARGAS, L. QUIJANO, E. R. MERTOETOMO, M. A. HJORTSO, N. H. FISCHER (1993): *Sesquiterpenes and thiarubridines from Ambrosia trifida and its transformed roots*. *Phytochemistry* [online; 25. 2. 2016]. vol. 33, s. 113–116 DOI: 10.1016/0031-9422(93)85405-g.

MARTINAK, J. (2011): *Konkurenční schopnost metlice trsnaté Deschampsia caespitosa /L./ Beauv. ve směsích s vybranými travníkovými druhy*, Praha, disertační práce, (ne-

publ., dep. knihovna České zemědělské univerzity v Praze), [online 21. 1. 2017]: <http://www.agrobiologie.cz/pds/dp/martinek.pdf>

MIKULKA, J. (1999): Plevelné rostliny polí, luk a zahrad. 1.vyd. Praha: *Farmář*, 160 s. ISBN 80-902413-2-8.

MIRANDA, C. A. S. F. de, M. das G. CARDOSO, M. L. M. de CARVALHO, A. C. S. FIGUEIREDO, D. L. NELSON, CH. M. de OLIVEIRA, M. de S. GOMES, J. de ANDRADE, J. A. de SOUZA and L. R. M. de ALBUQUERQUE. (2014): Chemical Composition and Allelopathic Activity of *Parthenium hysterophorus* and *Ambrosia polystachya* Weeds Essential Oils. *American Journal of Plant Sciences*, vol. 05, s. 1248–1257. DOI: 10.4236/ajps.2014.59137, [online 22. 1. 2017], dostupné na: <http://www.scirp.org/journal/PaperInformation.aspx?paperID=60757>

MÖLLEROVÁ, J. (2006): Symbiotická fixace dusíku. Bakterie *Rhizobium* s. l. a *Frankia* / Symbiotic Fixation of Nitrogen. *Rhizobium* s. l. and *Frankia*, *Živa* (1/2006), [online 4. 2. 2017] dostupné na: <http://ziva.avcr.cz/2006-1/symbioticka-fixace-dusiku-bakterie-rhizobium-s-l-a-frankia.html>

MÖLLEROVÁ, J. (2007): *PHACELIA TANACETIFOLIA* Benth. – svazanka vratičolistá, [online 25. 02. 2017], dostupné na: <http://botany.cz/cs/phacelia-tanacetifolia/>

MÖLLEROVÁ, J. (2008): Theophrastos, [online; 21. 1. 2017], dostupné na: <http://botany.cz/cs/theophrastus/>

MÖLLEROVÁ, J. (2009): Plinius Gaius Secundus, [online; 21. 1. 2017], dostupné na: <http://botany.cz/cs/plinius/>

MOUDELÍKOVÁ, J. (2013): Populační ekologie živočichů [online; 20. 11. 2016] http://is.muni.cz/el/1431/podzim2013/Bi7680/um/Komenzalizmus_amenzalizmus_mutualismus_Moutelikova.pdf

MUSCOLO, A., PANUCCIO, M. R., SIDARI, M. (2001): The effect of phenols on respiratory enzymes in seed germination. *Plant Growth Regulation*, vol. 35, s. 31–35. DOI: 10.1023/A:1013897321852, [online; 5. 2. 2017] dostupné na: <http://link.springer.com/10.1023/A:1013897321852>

NOVÁČEK, F. (2008): *Fytochemické základy botaniky*. Vyd. 2., dopl. Olomouc: Fontána, 284 s. ISBN 9788073364571.

- ORSÁG, M. (2017): Meteorologická data arboretum, [nepubl.; dep. Mendelova univerzita v Brně]
- PATOČKA, J. (2013): Sorgoleon, bioherbicid čiroku [online; 4. 2. 2017] dostupné na: <http://www.toxicology.cz/modules.php?name=News&file=article&sid=590>
- PAVLÍK, M. (2017): Botanická zahrada a arboretum, MENDELU, [online; 21. 1. 2017], dostupné na: <http://arboretum.mendelu.cz/cz>
- PYŠEK P., CHYTRÝ, M., PERGL, J., SÁDLO, J., WILD, J. (2012a): Plant invasions in the Czech Republic: current state, introduction dynamics, invasive species and invaded habitats., *Preslia* 84: 575–630 s.
- PYŠEK P., DANIHELKA J., SÁDLO J., CHRTEK J. Jr., CHYTRÝ M., JAROŠÍK V., KAPLAN Z., KRAHULEC F., MORAVCOVÁ L., PERGL J., ŠTAJEROVÁ K., TICHÝ L. (2012b): Catalogue of alien plants of the Czech Republic (2nd edition): checklist update, taxonomic diversity and invasion patterns, *Preslia* 84: 155–255 s.
- QASEM, J. R., FOY, C. L. (2001): Weed Allelopathy, Its Ecological Impacts and Future Prospects: A Review, in Kohli, R. K., Singh, H. P., Batish, D. R. Allelopathy in Agroecosystems. *Journal of Crop Production*. The Haworth Press. New York. Vol: 4, No. 2, (#8).
- RANDUŠKA, D., ŠOMŠÁK, L., HÁBEROVÁ, I. (1983): Barevný atlas rostlin 2. vyd. Bratislava: Obzor, Obrázky z přírody.
- RICE E. L. (1984): Allelopathy. Second Edition. Academic Press, Orlando, Florida. Academic Press, s. 368, ISBN: 9780125870559.
- ROBBINS, R. J. (2003): Phenolic acids in foods: An overview of analytical methodology. *J. Agr. Food Chem*, 51, 2866–2887.
- ŘÍMOVSKÝ, K., HRABĚ, F., VÍTEK, L. (1989): Pícninářství polní pícniny. Brno: Vysoká škola zemědělská v Brně, 165 s. ISBN 80-7157-038-9.
- SKÁLOVÁ H., GUO W.-Y., WILD J. & PYŠEK P. (2017): Ambrosia artemisiifolia in the Czech Republic: history of invasion, current distribution and prediction of future spread, *Preslia* 89: 1–16 s.

SKLÁDANKA, J. (2005): Multimedialní učební texty pícinářství, [online; 21. 1. 2017] http://web2.mendelu.cz/af_222_multitext/picniny/sklady.php

SKLÁDANKA, J., CAGAŠ, B., DOLEŽAL, J., HAVLÍČEK, Z., HEJDUK, S., HORKÝ, P., JANČOVIČ, J., KLUSOŇOVÁ, I., KNOT, P., KOVÁR, P., MEJÍA, J. E. A., MIKYSKA, F., NAWRATH, A., POKORNÝ, R., SLÁMA, P., SZWEDZIAK, K., TUKIENDORF, M., ŠEDA, J., VOZÁR, L., VYSKOČIL, I., ZEMAN, L. (2004): Pícinářství. 1. vyd. Mendelova univerzita v Brně, 368 s., ISBN 978-80-7509-111-6 [online; 20. 1. 2017], dostupné na: http://web2.mendelu.cz/af_291_projekty/files/21/21-picninarstvi_final.pdf.

SLAVÍKOVÁ, J. (1986): *Ekologie rostlin: celostátní vysokoškolská učebnice pro stud. přírodověd. fak. skupiny stud. oborů 15 - biologické vědy*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1986. Učebnice pro vysoké školy (Státní pedagogické nakladatelství).

ŠTECH, M., JERSÁKOVÁ, J., KLIMEŠOVÁ, J., MALINOVÁ, T., TĚŠITEL, J. (2010): Rostliny jako paraziti, *Živa*, 5: 204–207, [online; 12. 12. 2016] dostupné na: <http://ziva.avcr.cz/files/ziva/pdf/rostliny-jako-paraziti.pdf>

VELÍŠEK, J., HAJŠLOVÁ, J. (2009): *Chemie potravin 1 + 2*, 3. vyd., OSSIS, ISBN: 978-80-86659-17-6

WANG, P., LIANG, W., KONG, CH-H., JIANG, Y. (2005): Allelopathic potential of volatile allelochemicals of *Ambrosia trifida* L. on other plants. *Allelopathy Journal* 15(1): 131–136 s.

WEIR, T. L., PARK, S. W., VIVANCO, J. M. (2004): Biochemical and physiological mechanisms mediated by allelochemicals. *Current Opinion in Plant Biology*, s. 472–479. DOI: 10.1016/j.pbi.2004.05.007. [online; 4.2. 2017] dostupné na: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1369526604000731>

WIKIKNIHY, (2011): Otevřená sbírka učebnic a knih: Přírodní látky/Chemie přírodních látek/Přehled přírodních látek/Aromatické sloučeniny a příbuzné látky, [online; 5. 1. 2017]. dostupné na: https://cs.wikibooks.org/wiki/P%C5%99%C3%ADrodn%C3%AD_l%C3%A1tky/Chemie_p%C5%99%C3%ADrodn%C3%ADch_l%C3%A1tek/P%C5%99ehled_p%C5%99%C3%ADrodn%C3%ADch_l%C3%A1tek/Aromatick%C3%A9_slou%C4%8Deniny_a_p%C5%99%C3%ADbuzn%C3%A9_l%C3%A1tky

WILLIS, R. J. (1996): The history of allelopathy. 1. The first phase 1785–1845: the era of A. P. de Candolle. *Allelopathy Journal* 3: 165–184 s.

WILLIS, R. J. (2002): Pioneers of allelopathy. XII. Augustin Pyramus de Candolle (1778-1841). *Allelopathy Journal* 9: 151–158 s.

WORTNER, P. (2013): *Vliv pratotechnických postupů na uplatnění Plantago lanceolata L. v trvalých travních porostech*. diplomová, České Budějovice, diplomová práce, (nepubl., dep. knihovna Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích), [online; 5. 2. 2017] dostupné na: http://theses.cz/id/2iy spy/Diplomov_prce_-_Wortner_P_.pdf

WU, H., PRATLEY, J., LEMERLE, D., AN., M. ET LIU, D. L. (2007): Autotoxicity of wheat (*Triticum aestivum* L.) as determined by laboratory bioassays. *Plant Soil*. Vol. 296. Nr. 1. s. 85–93.

YU, J. Q., YE, S. F., ZHANG, M. F., HU, W. H. (2003): Effects of root exudates and aqueous root extracts of cucumber (*Cucumis sativus*) and allelochemicals, on photosynthesis and antioxidant enzymes in cucumber. *Biochemical Systematics and Ecology*, vol. 31, s. 129–139. DOI: 10.1016/S0305-1978(02)00150-3., [online; 5. 2. 2017]. dostupné na: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0305197802001503>

12 SEZNAM TABULEK

Tab. 1. Typy vztahů mezi rostlinami (Moutelíková, 2013)

Tab. 2. Termíny hodnocení pokusu v letech 2015–2016

Tab. 3. Schéma testů klíčivosti

Tab. 4. Statistické vyhodnocení průkaznosti rozdílů průměrných délek listů jitrocele kopinatého

Tab. 5. Statistické vyhodnocení průkaznosti rozdílů průměrných listových ploch jitrocele kopinatého

Tab. 6. Statistické vyhodnocení průkaznosti rozdílů průměrných délek štírovníku růžkatého

Tab. 7. Statistické vyhodnocení průkaznosti rozdílů průměrných listových ploch štírovníku růžkatého

Tab. 8. Statistické vyhodnocení průkaznosti rozdílů průměrných výšek ovsíku vyvýšeného

Tab. 9. Statistické vyhodnocení průkaznosti rozdílů průměrných listových ploch ovsíku vyvýšeného

Tab. 10. Statistické vyhodnocení průkaznosti rozdílů průměrných výšek kostřavy červené

Tab. 11. Statistické vyhodnocení průkaznosti rozdílů průměrných listových ploch kostřavy červené

Tab. 12. Statistické vyhodnocení průkaznosti rozdílů průměrných výšek svazenky vratičolisté

Tab. 13. Statistické vyhodnocení průkaznosti rozdílů průměrné listové plochy svazenky vratičolisté

Tab. 14. Statistické vyhodnocení průkaznosti rozdílů průměrných výšek hrachu setého

Tab. 15. Statistické vyhodnocení průkaznosti rozdílů průměrné listové plochy hrachu setého

13 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1. Strukturní vzorec m-tyrosinu (zdroj: Bertin *et al.*, 2007; upraveno)

Obr. 2. Klíčící rostlina huseníčku rolního (*Arabidopsis thaliana* L.; vpravo) ovlivněné roztočkem m-tyrosinu (zdroj: Bertin *et al.*, 2007)

Obr. 3. Strukturní vzorec kyseliny skořicové – napravo (zdroj: Nováček, 2008; upraveno)

Obr. 4. Strukturní vzorec kyseliny 3-hydroxybenzoové – nalevo (Kašparová, 2015; upraveno)

Obr. 5. Strukturní vzorce derivátů kyseliny skořicové (zdroj: Velíšek & Hajšlová, 2009; upraveno)

Obr. 6. Aktuální výskyt ambrozie peřenolisté na území ČR (zdroj: AOPKČR, 2016)

Obr. 7. Mladá rostlina ambrozie peřenolisté (zdroj: autorka, 2016)

Obr. 8. Ambrozie v květu (zdroj: Kocián; upraveno 2013)

Obr. 9. Mapa Botanické zahrady a Arboreta Mendelovy univerzity v Brně (zdroj: Pavlík; upraveno 2016)

Obr. 10. Schéma venkovního pokusu – BZA 2015

Obr. 11. Schéma venkovního pokusu – BZA 2016

Obr. 12. Hmotnost sušiny biomasy jitrocele kopinatého – varianta pH 5

Obr. 13. Hmotnost sušiny biomasy jitrocele kopinatého – varianta pH 6

Obr. 14. Hmotnost sušiny biomasy jitrocele kopinatého – varianta pH 7

Obr. 15. Hmotnost sušiny biomasy štírovníku růžkatého – varianta pH 5

Obr. 16. Hmotnost sušiny biomasy štírovníku růžkatého – varianta pH 6

Obr. 17. Hmotnost sušiny biomasy štírovníku růžkatého – varianta pH 7

Obr. 18. Hmotnost sušiny biomasy ovsíku vyvýšeného – varianta pH 5

Obr. 19. Hmotnost sušiny biomasy ovsíku vyvýšeného – varianta pH 6

Obr. 20. Hmotnost sušiny biomasy ovsíku vyvýšeného – varianta pH 7

- Obr. 21. Hmotnost sušiny biomasy košťavy červené – varianta pH 5
- Obr. 22. Hmotnost sušiny biomasy košťavy červené – varianta pH 6
- Obr. 23. Hmotnost sušiny biomasy košťavy červené – varianta pH 7
- Obr. 24. Hmotnost sušiny biomasy svazenky vratičolisté – varianta jílovitá půda
- Obr. 25. Hmotnost sušiny biomasy svazenky vratičolisté – varianta rašelina
- Obr. 26. Hmotnost sušiny biomasy hrachu setého – varianta jílovitá půda
- Obr. 27. Hmotnost sušiny biomasy hrachu setého – varianta rašelina

14 SEZNAM GRAFŮ

Graf. 1. Meteorologická data z roku 2015 (zdroj: Orság, 2017; upraveno)

Graf. 2. Meteorologická data z roku 2016 (zdroj: Orság, 2017; upraveno)

Graf. 3. Průměrná délka listů rostlin jitrocele kopinatého (cm)

Graf. 4. Průměrná listová plocha rostlin jitrocele kopinatého (cm²)

Graf. 5. Průměrná délka rostlin štírovníku růžkatého (cm)

Graf. 6. Průměrná listová plocha rostlin štírovníku růžkatého (cm²)

Graf. 7. Průměrná výška rostlin ovsíku vyvýšeného (cm)

Graf. 8. Průměrná listová plocha rostlin ovsíku vyvýšeného (cm²)

Graf. 9. Průměrná výška rostlin kostřavy červené (cm)

Graf. 10. Průměrná listová plocha rostlin kostřavy červené (cm²)

Graf. 11. Průměrná výška rostlin svazenky vratičolisté (cm)

Graf. 12. Průměrná listová plocha rostlin svazenky vratičolisté (cm²)

Graf. 13. Průměrná výška rostlin hrachu setého (cm)

Graf. 14. Průměrná listová plocha rostlin hrachu setého (cm²)

Graf. 15. Množství vyklíčených nažek – varianta vodný extrakt

Graf. 16. Množství vyklíčených nažek – varianta ethanolový extrakt

Graf. 17. Množství vyklíčených nažek – varianta m-tyrosin

15 PŘÍLOHY



Příloha 1. Rostlina jitrocele kopinatého kultivovaná v nádobě s ambrozií pohled z hora (červenec; zdroj: autorka)



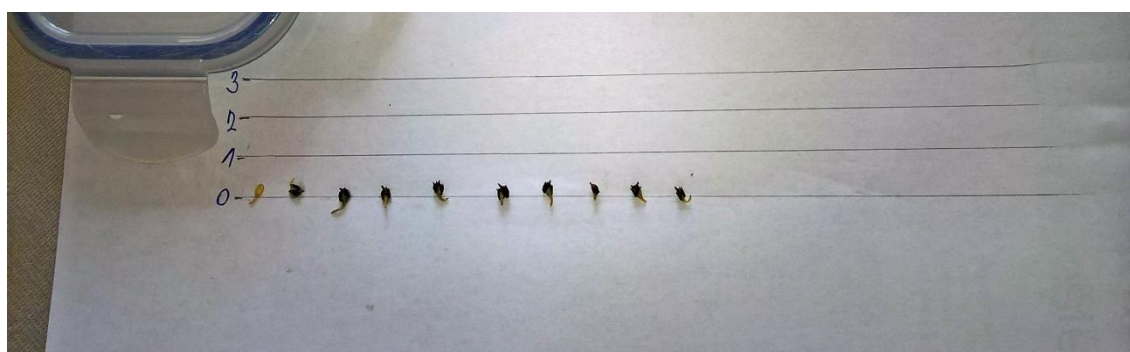
Příloha 2. Rostliny štírovníku růžkatého – varianta pH 5; nahoře ovlivněná varianta, dole kontrola (říjen; zdroj: autorka)



Příloha 3. Zkouška klíčivosti semen ambrosie peřenolisté, první řada ovlivněná vodným extraktem 36 %, druhá řada kontrola, třetí řada ethanolový extrakt 36 % (zdroj: autorka)



Příloha 4. Zkouška klíčivosti – varianta kontroly (zdroj: autorka)



Příloha 5. Zkouška klíčivosti – varianta 3 % roztoku m-tyrosinu (zdroj: autorka)



Příloha 6. Zkouška klíčivosti – varianta 1,5 % roztoku m-tyrosinu (zdroj: autorka)



Příloha 7. Zkouška klíčivosti – varianta 0,75 % roztoku m-tyrosinu (zdroj: autorka)

16 SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1. Rostlina jitrocele kopinatého kultivovaná v nádobě s ambrozií pohled z hora (červenec; zdroj: autorka)

Příloha 2. Rostliny štirovníku růžkatého – varianta pH 5; nahoře ovlivněná varianta, dole kontrola (říjen; zdroj: autorka)

Příloha 3. Zkouška klíčivosti semen ambrozie peřenolisté, první řada ovlivněná vodným extraktem 36 %, druhá řada kontrola, třetí řada ethanolový extrakt 36 % (zdroj: autorka)

Příloha 4. Zkouška klíčivosti – varianta kontroly (zdroj: autorka)

Příloha 5. Zkouška klíčivosti – varianta 3 % roztoku m-tyrosinu (zdroj: autorka)

Příloha 6. Zkouška klíčivosti – varianta 1,5 % roztoku m-tyrosinu (zdroj: autorka)

Příloha 7. Zkouška klíčivosti – varianta 0,75 % roztoku m-tytosinu (zdroj: autorka)