

**Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta
Katedra ekologie**

**Charles University in Prague, Faculty of Science
Department of Ecology**

**Doktorský studijní program: Ekologie
Ph.D. study program: Ecology**

**Autoreferát disertační práce
Summary of the Ph.D. Thesis**



Interakce rostlin a půdní bioty a jejich ovlivnění pěstováním energetických plodin

Interactions between plants and soil biota and effect of energetic crops on these interactions

Mgr. Petr Heděnc

Školitel/Supervisor: Prof. Doc. Ing. Mgr. Jan Frouz, CSc.

Školitel-konzultant/Supervisor-consultant: RNDr. David Novotný, Ph. D.

Praha, 2013

Prague, 2013

Abstrakt:

Moje disertační práce je zaměřena na studium interakcí nadzemní vegetace a půdní bioty a vlivem pěstování energetických plodin na tyto interakce. **Kapitola 1.** je věnována obecnému úvodu do interakcí rostlin a půdní bioty z pohledu vztahů mezi půdními organismy a nadzemní biomasou i kořenového systému. **Kapitola 2.** je zaměřena především na potravní interakce chvostoskoka *Folsomia candida* a různých druhů půdních mikroskopických hub (*Penicillium chrysogenum*, *Penicillium expansum*, *Absidia glauca*, a *Cladosporium herbarum*), které byly pěstovány samostatně nebo na různém typu opadu (dub, olše a vrba). Na základě laboratorních experimentů bylo zjištěno, že signifikantní roli z hlediska potravní preference i působení na populační velikost a vývoj půdní fauny hraje spíše druh a kvalita opadu, než jednotlivé kmeny půdních hub. V **kapitole 3.** byla studována dlouhodobá produkce hybridního šťovíku a její efekt na složení půdní meso a makrofauny, basální půdní respiraci, mikrobiální biomasu a druhové složení kultivovatelných půdních mikroskopických hub ve srovnání s řepkou olejkou a kulturními loukami. Bylo zjištěno, že dlouhodobá produkce hybridního šťovíku ovlivňuje složení půdní fauny, zatímco mikrobiální aktivita půdy byla více ovlivněna dalšími faktory, především orbou. V **kapitole 4.** byl studován efekt nativních (*Salix viminalis* a *Phalaris arudinacea*) a introdukovaných (*Reynoutria sachalinensis*, *Silphium perfoliatum* a *Helianthus tuberosus*) energetických plodin na složení společenstev půdní meso a makrofauny, složení mikrobiálních společenstev, biologickou aktivitu půdy a složení společenstev kultivovatelných půdních hub ve srovnání s kulturními loukami. Bylo zjištěno, že introdukované energetické plodiny redukovaly početnost půdní fauny. Ačkoliv byly zjištěny signifikantní rozdíly ve struktuře mikrobiálních společenstev a jejich biologické aktivity, v rámci jednotlivých energetické plodiny nelze brát tyto rozdíly jako signifikantní z pohledu nativních a introdukovaných energetických plodin. **Kapitola 5.** je zaměřena na chemické složení rostlin a alelopatický efekt hybridního šťovíku, křídlatky japonské a ozdobnice čínské na klíčivost semen, rychlost růstu některých kmenů hub a početnost vybraných zástupců půdní fauny. Bylo studováno chemické složení (C:N poměr a produkce fenolických látek) nadzemní biomasou těchto rostlin ve srovnání s kulturními loukami. Dále byl studován vliv extraktů těchto plodin na klíčivost semen pšenice a hořčice na různých typech substrátu (půda a písek), vliv extraktů těchto rostlin na rychlost růstu vybraných půdních patogenních hub (*Fusarium culmorum*, *Rhizoctonia solani*, *Sclerotinia solani* a *Cochliobolus sativus*). Studován byl také vliv opadu zmiňovaných rostlin na populační hustotu a vývoj vybraných zástupců půdní fauny (*Folsomia candida* a *Enchytraeus crypticus*). Ozdobnice a křídlatka ukazovaly vyšší C:N poměr než rostlinná biomasa získaná z kulturní louky a biomasa hybridního šťovíku. Ozdobnice a šťovík vykazovali vyšší obsah fenolů než křídlatka a kulturní louky. Výluhy z hybridního šťovíku, ozdobnice a křídlatky významně snížily klíčivost semen pšenice a hořčice na obou substrátech. Rychlost růstu půdních houbových patogenů pěstovaných na agaru obohaceného výluhy z energetických plodin, invazní rostliny a malt extraktu jako kontrola byla silně ovlivňována těmito extrakty. Byl zjištěn významný efekt nadzemní biomasou zmiňovaných rostlin na populační hustotu a vývoj půdní mesofauny.

Abstract:

My PhD thesis is focused on study of plant-soil interactions. **Chapter 1** is focused on general introduction to the interactions between plants and soil biota in terms of relationships between soil organisms and aboveground biomass as well as root biomass. **Chapter 2** is focused on food interaction of *Folsomia candida* and soil microscopic fungi (*Penicillium chrysogenum*, *Penicillium expansum*, *Absidia glauca*, and *Cladosporium herbarum*). Fungi were grown separately on Petri dishes or on different litter type (oak, alder and willow) separately as well. Laboratory experiments showed that food preference was more influenced by different litter types than fungal species. In **chapter 3** was studied long-term production of hybrid sorrel and its effect on the composition of the soil meso and macrofauna, basal soil respiration, microbial biomass and composition of cultivable fraction of soil microscopic fungi in comparison with oilseed rape and cultural meadow. There was found that long-term production of hybrid sorrel affects the composition of soil fauna, while the microbial activity of the soil was more affected by agriculture practices, especially tillage. In **chapter 4** was studied the effect of native (*Salix viminalis* and *Phalaris arudinacea*) and introduced (*Reynoutria sachalinensis*, *Silphium perfoliatum* and *Helianthus tuberosus*) energy crops on community composition of soil meso and macrofauna, the composition of microbial communities, soil biological activity and composition community of cultivable fraction of soil fungi in comparison with cultural meadows. Introduced energy crops more reduced the abundance of soil fauna. Although the significant differences in the structure of microbial communities and their biological activity were found in soils overgrown by individual plant species, they are not considerable as significant between native and introduced plant species. **Chapter 5** showed plant chemistry and the allelopathic effect of hybrid sorrel, knotweed and miscanthus on seed germination, fungal growth and population density and development of soil mesofauna. Miscanthus and knotweed litter had a higher C:N ratio than the control meadow and hybrid sorrel litter. Miscanthus and hybrid sorrel litter had a higher content of phenols than knotweed and cultural meadow litter. Leachates from hybrid sorrel, miscanthus and knotweed litter significantly decreased seed germination of wheat and mustard in both substrates. Soil fungal pathogens grew less vigorously on agar enriched by leachates from both energy crops than on agar enriched by knotweed and control leachates. Litter from hybrid sorrel, miscanthus and knotweed significantly altered (both ways) the population growth of the soil mesofauna.

Publikace a rukopisy zahrnuté do dizertační práce/Publications and manuscripts included in the Ph.D. thesis

Kapitola/Chapter 2

Heděnc, P., Radochová, P., Nováková, A., Kaneda, S., Frouz, J., 2013. Grazing preference and utilization of soil fungi by *Folsomia candida* (Isotomidae:Collembola). *European Journal of Soil Biology* 55, 66–70.

Kapitola/Chapter 3

Heděnc, P., Novotný, D., Frouz, J., 2013. Effect of cropping hybrid sorrel (*Rumex patientia* x *Rumex tianschaniacus*) on soil biota. *Field Crops Research*-submitted manuscript

Kapitola/Chapter 4

Heděnc, P., Frouz, J., Ust'ak, S., Novotný, D., Cajthaml, T., 2013. The effect of native and introduced energetic crops on composition of soil biota (micro-flora and fauna). *Biomass and Bioenergy*-submitted manuscript

Kapitola/Chapter 5

Heděnc, P., Novotný, D., Frouz, J., 2013. Allelopathic impact of introduced energy crops on soil biota: A comparison study with invasive plants. *Biological Invasions*-submitted manuscript

1. Úvod

Půdní organismy jsou úzce vázány s nadzemní biomasou rostlin. Nadzemní biomasa rostlin poskytuje uhlík a další živiny pro půdní organismy, přičemž kořeny rostlin hrají také důležitou roli především produkcí exudátů a vazbou na mutualistické organismy jako jsou bakterie vázající dusík a mykorhizní houby (Wardle et al. 2004). Půdní biota také ovlivňuje nadzemní vegetaci. Nepřímo, recyklací mrtvé organické hmoty a přímo díky symbiotickým organismům kteří selektivně ovlivňují úspěšnost jednotlivých rostlinných druhů (Wardle et al. 2004). Interakce rostlin a půdních organismů jsou velmi důležité z hlediska utváření a toku živin v půdním ekosystému. Rostliny ovlivňují půdní organismy dvěma typy zpětných vazeb. Pozitivní zpětná vazba je charakterizována akumulací těch organismů, které díky své činnosti pozitivně ovlivňují růst a vývoj nadzemní vegetace (mykorhizní houby, žížaly, dusíkaté bakterie atd.). Působení pozitivních zpětných vazeb vede k dominanci několika málo rostlinných druhů a tedy ke snižování druhové rozmanitosti nadzemní vegetace (Bever 2002). Negativní zpětná vazba je charakterizována působením organismů, které negativně působí na rostlinné druhy (patogenní organismy, herbivorní organismy, paraziti atd.) Tyto interakce zdaleka převyšují pozitivní efekt mutualistických vztahů a díky své selektivitě vedou ke zvyšování druhové rozmanitosti nadzemní vegetace (Klironomos 2002).

Chemické složení opadu ovlivňuje společenstva půdní bioty, především půdní dekompozitory (Hattenschwiler et al. 2005). Půdní mesofauna a půdní mikroflóra hrají

důležitou roli v dekompozičním procesu (Jorgensen et al. 2003). Konzumace půdních hub půdní mesofaunou může vést ke změnám druhového složení půdních dekompozitorů a tím i ke změnám v rychlosti dekompozice organického materiálu a reakci dekompozitorů na různé stresové faktory (Berg et al. 2004; Crowther and A'Bear 2012). Naopak, složení společenstev půdních hub a jejich interakce s půdním substrátem může hrát důležitou roli pro reprodukci a vývoj půdní mesofauny. Půdní fauna často upřednostňuje některé druhy hub nad ostatními (Jorgensen et al. 2003; Tordoff et al. 2008) Nejvíce preferovanými kmeny hub jsou především *Cladosporium cladosporoides*, *Cladosporium herbarum*, *Alternaria alternata* a *Ulocladium* sp. (Faber 1991). Někteří autoři došli k závěru, že nejvíce preferované houby jsou také nejvhodnější pro růst a vývoj fungivorních živočichů (Tordoff et al. 2008), přesto Frouz a Nováková (Frouz and Novakova 2001) zjistili, že některé velmi preferované kmeny hub negativně působily na růst a vývoj některých zástupců půdní fauny. Kromě toho může substrát, na kterém houby rostou výrazně ovlivnit jejich atraktivitu jako zdroj potravy a dále jejich vyživovací hodnotu, která ovlivňuje růst a vývoj svých konzumentů.

Energetické plodiny jsou rychle rostoucí jednoleté, nebo víceleté rostliny, jejichž biomasa se využívá k výrobě biopaliv, nebo pro přímé spalování (Cozier 2012). Světově nejvíce rozšířené energetické plodiny jsou kukuřice, cukrová třtina, sója, sladký čirok, proso, *Jatropha* apod. (Cozier 2012). V Evropě je nejvíce pěstovanou energetickou plodinou řepka olejná, avšak zavádění zcela nových energetických plodin jako například hybridního šťovíku se dostává stále více do popředí (Brant et al. 2011).

Již řadu let jsou biopaliva ve středu zájmů a mnoha diskusí po celém světě. Nejvyšší nárůst produkce biopaliv začal v letech 2004-2005 v důsledku různých investičních pobídek oznámených ze strany vlád Spojených států (USA) a Komise evropské unie (EU) (Brant et al. 2011). Dopad dlouhodobé produkce energetických plodin na půdní ekosystém je v současnosti málo objasněn. Existují dva pohledy na pěstování energetických plodin. První poukazuje na ekosystémové benefity (sekvestrace uhlíku, snížení emisí skleníkových plynů, fyto-remediačních a zvýšení kapacity retence vody atd.), které energetické plodiny mohou poskytovat (Anderson-Teixeira et al. 2013; Buckeridge et al. 2012; Smith et al. 2013). Druhý pohled na pěstování energetických plodin považuje za vážnou hrozbu pro rozmanitost půdní fauny, která poskytuje významné benefity pro půdní ekosystémy, zejména z pohledu biologických invazí (Buddenhagen et al. 2009; Raghu et al. 2006).

2. Cíle práce

Kapitola 2

V této kapitola byla řešena otázka, jak se různé druhy mikroskopických hub (*Penicillium chrysogenum*, *Penicillium expansum*, *Absidia glauca*, *Penicillium* a *Cladosporium herbarum*) liší z hlediska její potravní atraktivity pro chvostokoky *Folsomia candida*, a jestli potravní preference odpovídají i z hlediska kvality pro reprodukci a vývoj. Pomocí hub pěstovaných na agarových médiích i na třech typech opadu (olše, vrba, dub) jsme testovali potravní

preferenci a populační růst chvostoskoků *F. candida* umístěných na Petriho miskách s různými zvyše jmenovanými potravními zdroji.

Kapitola 3

V současném výzkumu jsme porovnávali vliv dlouhodobé produkce hybridního šťovíku (obhospodařováno 2 a 10 let), řepky (obhospodařováno > 10 let), a kulturní louky (obhospodařováno > 10 let), na biologickou aktivitu půdních společenstev. Měřili jsme složení a četnosti různých skupin půdní fauny, složení kultivovatelné části společenstva půdních hub, bazální respiraci půdy a specifickou mikrobiální respiraci (qCO₂).

Kapitola 4

Cílem této studie bylo testovat rozdíly biologické aktivity půdy, kde byly dlouhodobě pěstovány introdukované (*Helianthus tuberosus*, *Silphium perfoliatum* a *Reynoutria sachalinensis*) a nativní (*Salix viminalis*, *Phalaris arudinacea*) energetické plodin ve srovnání s kulturními loukami. Byly testovány následující parametry: obsah fenolických sloučenin a poměr C:N z rostlinného opadu, složení a množství různých skupin půdní meso a makrofauny, mikrobiální biomasa půdních mikroorganismů, dekompoziční aktivita půdní mikroflóry, bazální respirace půdy a mikrobiální biomasa uhlíku.

Kapitola 5

Cílem tohoto experimentu bylo zjistit obsah a efekt alelopatických látek nově introdukovaných energetických plodin na klíčení semen, růst mikrobiálních společenstev a populační hustotu a vývoj půdní fauny.

3. Materiál a metodika

3.1 Potravně preferenční a reprodukční testy

Synchronizované kultury *Folsomia candida* (Isotomidae:Colembolla) byly získány z Ústavu půdní biologie, České Budějovice, a dále chovány podle standardního protokolu (Tordoff et al. 2008). Kmeny mikroskopických hub byly získány ze sbírek Ústavu půdní biologie, České Budějovice: *Penicillium expansum*, *Absidia glauca*, *Cladosporium herbarum* a *Penicillium chrysogenum*. Houby byly kultivovány přenosem spor na Petriho misky obsahující 8% Yeast extract agar. Kultury byly inkubovány při teplotě 20-25°C. Dále byly provedeny potravně preferenční testy a kultivační testy kde byla sledována potravní preference a populační velikost a vývoj chvostoskoků *F. candida* na Petriho miskách s jednotlivými kmeny hub pěstovaných samostatně a na jednotlivých typech opadu.

3.2 Chemické analýzy rostlinného opadu

Rostlinný materiál byl usušen a poté homogenizován na malé částice menší než 2 mm. Vzorky byly zabaleny do cínové kapsle a pak váženy na mikrováhách Mettler Toledo. Obsah uhlíku a dusíku byla stanovena ve vzorcích suché drcené půdy a listů za pomoci elementárního analyzátoru EA 1108 (Carlo Erba Instruments). Celkový obsah rozpustných fenolů byl extrahován methanolem a stanoven spektrofotometricky pomocí Folin-Ciocalteu činidla (Singleton et al. 1999).

3.3 Extrakce a determinace půdní fauny

Půdní vzorky byly extrahovány za pomoci Tullgrenova extraktoru dobu 5 dnů (Lavelle et al. 1997). Extrahované půdní organismy byly konzervovány ve 0,2% roztoku formaldehydu a determinovány řádů a čeledí dle morfologických znaků.

3.4 Analýza mikrobiální aktivity půdy

Bazální půdní respirace byla vyhodnocena inkubační metodou podle Jenkinson and Powlson (Jenkinson and Powlson 1976). Mikrobiální biomasa uhlíku byla stanovena fumigačně extrakční a fumigačně respirační metodou na základě metodiky Vance and Jenkinson (Vance et al. 1987). Rozklad celulózy byl měřen za pomoci opadových (3 opadové sáčky na jednu lokalitu) sáčků zakopaných 3 cm pod povrchem půdy. Opad v každém opadovém sáčku byl reprezentován dvěma listy filtračního papíru o váze 2 g. Filtrační papíry byly zváženy a spáleny v Muflové peci za teploty 550 °C po dobu 5 hodin. Úbytek biomasy po spálení byl vyjádřen jako úbytek celulózy po dekompozici.

3.5 Složení mikrobiálních společenstev za pomoci PLFA

Vzorky pro analýzu PLFA byly extrahovány chloroform-methanol-phosphate pufrovací směsí (1:2:0.8). Fosfolipidy byly separovány za použití suchých extrakčních kolon (LiChrolut Si 60, Merck). Separované vzorky byly dále podrobeny středně-alkalické methanolýze. Volné methyl-estery PLFA byly analyzovány na GS-MS (Varian 3400; ITS-40, Finnigan) (Oravec et al. 2004; Snajdr et al. 2008).

3.6 Isolace kultivovatelných půdních hub

Izolace z hub byla provedena pomocí suspension-plating method (Chesters and Thornton 1956). Vzorky půdy suspenze bylo nanášeno na Petriho misky s kultivačním médiem. Inkubace probíhala při 25°C. Houby byly determinovány na základě mikro-morfologických, fyziologických a biochemických vlastností (Frankland et al. 1990).

3.7 Vliv alelopatických látek na klíčivost rostlin

Senescentní nadzemní rostlinný materiál (*R. tianschanicus* x *R. patientia*, *M. sinensis* a *F. sachalinensis*) a následně vylouhován za pomoci deionizované vody po dobu 48 hodin (10 g sušeného biomasy na 100 ml deionizované vody (Mudrak and Frouz 2012), pH všech typů složení výluhů byla asi 6,3. Byly použity 2 typy substrátu (hlína a písek). Deset gramů obou substrátů zvlášť bylo umístěno do Petriho misky. Do každé Petriho misky, bylo přidáno 25 semen pšenice (*T. aestivum*), nebo hořčice (*S. arvensis*). Semena byla získána z Crop Research Institute v Praze. Petriho misky obsahující substrát a semínka byla držena v klimatické komoře (při teplotě 21 ° C s 12 hodin světla a 12 hodin tmy) (Mudrak a Frouz 2012) a každý den bylo přidáváno 6 ml z každého výluhu. Každý výluh zahrnoval čtyři opakování. Destilovaná a deionizovaná voda byla použita jako kontrola.

3.8 Vliv alelopatických látek na rychlost růstu půdních houbových patogenů

Použité houbové kmeny (*Fusarium culmorum*, *Rhizoctonia solani*, *Sclerotinia solani* a *Cochliobolus sativus*) byly získány z Oddělení mykologie VURV v Praze. sladidový agar

(Frankland et al. 1990; Chesters and Thornton 1956) byl připraven na Petriho miskách a obohacena výluhy izolovaných ze senescentní nadzemní biomasy (10 g sušené rostlinné biomasy na 100 ml deionizované vody, pH se upraví na 6,3) ze dvou energetických plodiny (*R. tianschanicus* x *R. patientia*, *M. sinensis*) a jednoho invazního druhu (*F. sachalinensis*). Petriho misky se sladinovým agarem byly použity jako kontrol. Každá Petriho miska byla naočkována jednou ze čtyř kmenů hub v jednom místě ve středu misky. Každý rostlinný extrakt agar a řízení měl šest opakování. Po jednom týdnu byl měřen průměr kolonie každého kmene hub.

3.9 Vliv opadu na půdní faunu

Dva druhy půdní mesofauny, *F. candida* a *E. crypticus*, byly použity v mikrokosmovém experimentu. *F. candida* a *E. crypticus* byly získány ze sbírky kultur Ústavu půdní biologie v Českých Budějovicích. Pro tento experiment byly použity synchronizované kultury zvířat ((Franchini and Ottaviani 2008; Tordoff et al. 2008). Zvířata byla držena v plastových květináčích o průměru 4 cm a 5 cm. Do každého květináče bylo naváženo 20 g mražené půdy (-70 ° C, distric černozem) dále bylo přidáno 10 g rostlinné biomasy (*R. tianschanicus* x *R. patientia*, *M. sinensis*, *F. sachalinensis* odděleně jak bylo uvedeno výše. Jako kontrola byla použita rostlinná biomasa z kulturní louky. Do každého mikrokosmu s daným typem opadu, jsme umístili 10 jedinců *F. candida* nebo *E. crypticus*. Každý mikrokosmos měl čtyři opakování. Všechny mikrokosmy byly umístěny do tmavé klimatické komory při teplotě 21 ° C. Po 30 dnech byla každý mikrokosmos fixován ethanolem a všechna fauna byla spočítána.

3.10 Statistické analýzy

Data byla podrobena jednocestné analýze rozptylu one-way ANOVA (první potravně preferenční a reprodukční test) nebo dvoucestné analýze rozptylu two-way ANOVA (pro druhý potravně preferenční a reprodukční test v závislosti hub pěstovaných na jednotlivých typech opadu). V případě signifikantně významných rozdílů v analýze rozptylu ANOVA, získaná data byla dále testována Fisher LSD testem nebo Tukey HSD testem (post hoc ANOVA). Data byla analyzována za použití programu R. Pro mnohorozměrné analýzy byl použit program Canoco. Mnohorozměrná data byla analyzována za pomoci PCA a RDA (Monte Carlo permutation Test).

3.11 Popis lokality a vzorkování

Plantáže hybridního šťovíku se nachází v Chotýšanech u Vlašimi. Další experimenty byly realizovány na experimentálních polích Ústavu rostlinné výroby v Chomutově. Každý druh plodiny byl zastoupen třemi poli a vzorky byly odebírány ve třech opakováních. Pro stanovení půdní bioty byly vzorky odebírány půdní sondou, přičemž každá z nich měla 12 cm v průměru a 10 cm do hloubky pro půdní faunu a 6 cm v průměru a 10 cm do hloubky hluboká pro půdní mikroorganismy.

4. Výsledky a diskuse

Kapitola 2

Pokud houby rostly na agarovém disku *F. candida* preferoval učitější druhy hub a na některých více prosperoval než na jiných. Když byly houby kultivované na jednotlivých typech opadu (olše, vrba a dub) byla potravní preference i vliv na populační hustotu více ovlivňována druhem opadu než druhem hub. Ve shodě s jinými autory, substrát, na kterém rostou houby je z velké části zodpovědný za jejich atraktivitu a kvalitu pro fungivorních organismů (Frouz et al. 2002; Frouz and Novakova 2001; Kaneda and Kaneko 2002). Kupodivu téměř žádné předchozí studie nepředpokládali, že opad je více vhodný a nejvíce simuluje přirozené podmínky v terénu než ostatní kultivační substráty. Základní výsledek naší studie je to, že opad na kterém jednotlivé kmeny hub rostou jsou mnohem více důležité než samotný kmen hub. Tento závěr podporuje i studie Jørgensen et al. (2008), která připouští že přírodní substráty by měly být použity ve studiích fungivore-houba interakcí.

Kapitola 3

Dlouhodobá produkce hybridního šťovíku ovlivňovala několika biologických parametrů v půdě. Dlouhodobá produkce hybridního šťovíku může mít vliv na druhové složení a početnost půdní mezo- a makrofauny. Rozmanitost a množství půdní fauny z pod hybridního šťovíku bylo méně než v kulturních loukách, ale vyšší než na polích s řepkou. Půdy s hybridním šťovíkem, který se zde pěstoval více než 10 let měly tendenci obsahovat více rostlinných patogenních hub než půdách s řepkou olejnou nebo kulturních luk. Tento výsledek je v souladu se zjištěním, že invazivní rostliny mají tendenci ke k akumulaci půdních rostlinných patogenů (Mangla et al. 2008; Mitchell et al. 2010). Některé nově introdukované rostliny však produkují allelopatické sloučeniny, které potlačují půdní houbové patogeny rostlin (Zhang et al. 2009; Zhang et al. 2011). Ačkoliv starší plantáže hybridního šťovíku ukazovaly více patogenních hub, výsledky nebyly statisticky významné.

Kapitola 4

Výsledky naší studie ukazují významné rozdíly mezi domácími a introdukovanými energetickými plodinami ve struktuře společenstev půdní fauny, složení mikrobiálních společenstev na základě PLFA a okrajově také na složení kultivovatelných půdních hub. Introdukované energetické plodiny více snižují množství a počet skupin půdních živočichů. Snížení hustoty a rozmanitosti půdní fauny pozorované v naší studii byla podobná jako jiných studií, které se zabývaly vlivem extenzivní produkce na půdní biotu (Crossley Jr. et al. 1992; Edwards 1989; Chan 2001; Wardle et al. 1999), nebo efekt orby na půdní biotu (Reynolds et al. 2007), který získal velkou pozornost v literatuře (Blanchart et al. 2006; House and Parmelee 1985; Kladivko 2001; Marasas et al. 2001; Stinner et al. 1988). Podobné rozdíly mezi domácími a introdukovanými plodinami byly zmiňované také v další literatuře (Raghu et al. 2006; Yeates and Williams 2001). Gremmen et al. (1998) ukázaly statisticky významný dopad invazivní trávy *Agrostis stolonifera* na půdní faunu ostrova Marion (sub-antarktické). Pritekel et al. (2006) zaznamenala vyšší počet půdních členovců v půdě z neinvazivních míst oproti půdy z invazivní rostlinami v oblastech Rocky Mountain National Park, USA.

Kapitola 5

Naše výsledky ukazují, že jak pšenice tak hořčice se liší v jejich citlivosti na různé výluhy izolované z různých rostlin. Použili jsme semena z rostlin rostoucích v agroekosystémech, které by mohly být více citlivé na alelopatické sloučeniny z rostlin rostoucích v přírodních ekosystémech (Weih et al. 2008). Zjistili jsme, že některé nově introdukované nebo invazivní rostliny mohou snižovat rychlost růstu některých houbových patogenů. Komplexní allelopatické látky produkované rostlinami mohou silně ovlivňují růst a vývoj kmenů hub v půdě (Becker et al. 1997). Studovali jsme čtyři kmeny obecných houbových rostlinných patogenů vyskytující se ve střední Evropě. Podle Novell weapon hypothesis (Callaway and Ridenour 2004), byly domácí patogeny silně potlačeny alelopatickými látkami z nově introdukovaných rostlin (Inderjit et al. 2006). Zjistili jsme negativní vliv opadu křídlatky na početnost rouspic *E. crypticus*. *Miscanthus* a hybridní šťovík, na druhou stranu, podporují vyšší populační než opad z kulturní louky. Abundance *F. candida* nejvíce snížila v mikrokosmu obsahující opad z křídlatky a ozdobnice. Velmi důležitý je přímý kontakt s opadovým materiálem, jak je uvedeno ve literatuře (Mudrak a Frouz 2012). Lehce rozložitelný opad podporuje růst mikrobiálních společenstev, které by mohly být využívány půdní faunou, nebo alespoň podpořit jeho vývoj a početnost (Heděnc et al. 2013; Kaneda and Kaneko 2002).

5. Závěry

Kapitola 2

Opad typ měl nekonzistentní vliv na potravní preference a reprodukci *F. candida*. Olše byla více preferovaná než dub, přesto dubový opad více podporoval růst a vývoj *F. candida*. Důvody mohou být vysvětleny krátkým trváním laboratorních testů (12 dní) ve kterých sterilní opad z olše podporoval rychlejší růst hub než opad z dubu. V reprodukčním testu, který trval po dobu 30 dnů, způsobilo přidání chvostoskoků bakteriální kontaminaci opadu, přičemž bakterie mohou způsobovat snížení růstové schopnosti u hub rostoucí na olšovém opadu než na dubovém opadu, což má za následek větší reprodukci chvostoskoků na dubu, než na olši.

Kapitola 3

Dlouhodobá produkce hybridního šťovíku může mít vliv na druhové složení a početnost půdní mezo- a makrofauny. Diverzita půdní fauny byla nižší v půdách z pod šťovíku než v kulturních loukách, ale vyšší než u pole řepky. Ačkoli účinek nebyl statisticky významný, hybridní šťovík ukazoval tendenci obsahovat více rostlinných patogenních hub, než kulturní louky nebo řepková pole. Mikrobiální aktivita se významně nelišila mezi mladými a starými poli s hybridním šťovíkem. Mikrobiální respirace byla vyšší u pole řepky než u hybridního šťovíku. Tento fakt lze pravděpodobně vysvětlit tím, že na rozdíl od polí hybridního šťovíku a kulturních luk, pole s řepkou vyžadují orbu.

Kapitola 4

Zjistili jsme statisticky významné rozdíly mezi jednotlivými druhy rostlin v několika parametrech. Významný rozdíl mezi původními druhy a exotickými energetickými plodinami

ukazuje, že nově introdukované plodiny redukovují početnost i rozmanitost půdní meso a makrofauny. Naše výsledky však nevykazují jasný vzor v některé z parametrů, jako je mikrobiální respirace, mikrobiální biomasy a rozklad celulózy, který je možné přisoudit vysokému stupni redundance těchto parametrů. Další výzkum je třeba zaměřit na otázku, zda změny ve společenstev půdní bioty se mohou podílet na konkurenční výhodě exotických rostlin v místní flóře. Různé exotické rostliny zřejmě mohou mít různé strategie.

Kapitola 5

Náš experiment ukazuje, že obě testované energetické rostliny, podobně jako testovaná invazivní rostlina vykazují silný alelopatický efekt na široké spektrum organismů. To ukazuje že tyto rostliny mohou potenciálně měnit fungování ekosystémů v místech kde jsou introdukovány nebo kde invadují. Další výzkum je potřeba zaměřit jestli změny v půdních společenstvech mohou přispívat ke kompetiční výhodě exotických druhů a také na jejich různé strategie, které přispívají k etablování těchto rostlin v cizím areálu.

1. Introduction

Soil organisms are closely linked to the plant community whereas aboveground plant biomass provide carbon and other nutrients to the decomposer community but plant roots also play important role as host for many soil organisms, such as herbivores, pathogens, and symbionts (Wardle et al., 2004). The soil biota strongly influence plant communities indirectly by recycling of dead organic matter and thus making nutrients available for plant use, and directly due the interactions of the root-associated organisms which selectively influence the growth of plant species (Wardle et al., 2004). Plant-soil interactions also affect plant productivity and community structure both plant species and soil biota.

Plants may affect soil biota due two types of feedbacks. Positive feedbacks is realized when plant species accumulate soil organisms (mycorrhizal fungi, earthworms, nitrogen fixers etc.) that have positive effects on the plants that cultivate them. Positive feedbacks promote species dominance and lead to a loss of local community diversity (Bever, 2002). Negative feedbacks occur when plant species accumulate pathogenic organisms in their rhizospheres (pathogenic fungi, bacteria, insect herbivores etc.) and these interactions outweigh the benefits received from mutualistic interactions. Negative feedbacks create conditions that are increasingly hostile to the plants that cultivate the pathogens and are thought to promote community diversity (Klironomos, 2002).

The study of food biology in soil ecosystems is difficult because the soil fauna ingest and utilize various components of soil organic matter usually associated with soil microflora (Hattenschwiler et al. 2005). Both springtails (collembolans) and fungi are important members of soil decomposer food webs (Jorgensen et al. 2003), and soil fungi represent a significant food resource for collembolans and certain other soil invertebrates (Berg et al. 2004; Crowther and A'Bear 2012).

Fungal grazing by collembolans can alter the composition of the fungal community and thereby alter effects of fungi on litter decomposition and responses of fungi to other stress factors (Jorgensen et al. 2003; Tordoff et al. 2008). On the other hand, the composition of the fungal community and the interaction between fungi and the substrate affect collembolan food

choice and reproductive success (Jorgensen et al. 2003; Tordoff et al. 2008). Soil fauna often prefer some species of fungi over others as food (Faber 1991). Fungi preferred by fungivorous fauna often include *Cladosporium cladosporoides*, *Cladosporium herbarum*, *Alternaria alternata*, and *Ulocladium* sp. (Faber 1991).

Several authors concluded that the most preferred fungi are also the most suitable for growth and development of fungivorous fauna (Faber 1991) but Frouz and Nováková (2001) found that some highly preferred fungi did not support fungivore development. In addition, the substrate on which the fungi grow can strongly affect their attractiveness as a food source for fungivores and their suitability for fungivore growth and development.

Energy crops are considered as fast growing annual or perennial plants (including body parts e.g., leaves, fruits, seeds etc.) used as addition for biofuels, production of biodiesel or direct combustion (Cozier, 2012). Most widespread energy crops on the world are maize, sugarcane, soya bean, sweet sorghum, switchgrass, jatropha etc. (Cozier, 2012). In Europe is most widespread energy crop oilseed rape but new introduced energy crops such hybrid sorrel, *Miscanthus* or hybrid poplar comes to fore (Brant et al., 2011).

Biofuels have been at the center of intense interest, discussion, and debate in recent years. The global biofuels boom began in 2004-2005 due the announcement by the United States government (US) and the European Union commission (EU) of policies and incentives to support increased use of biofuels (Brant et al., 2011). Little is known about impact of large scale cultivation of energy crops on functioning of soil ecosystems. There are two views on energy crops cultivation. First allows ecosystem benefits of large scale production of these crops such as carbon sequestration, decreasing of greenhouse gasses, phytoremediation and increasing of water retention capacity etc. Second considers large scale production of energy crops as serious threat for diversity of soil fauna which provide important benefits for soil (Blanco-Canqui, 2010; Börjesson, 1999; Buddenhagen et al., 2009)

2. Aims of the study

Chapter 2

Here we ask whether the collembolan *Folsomia candida* prefers to graze on some species of fungi rather than on others (*Penicillium chrysogenum*, *Penicillium expansum*, *Absidia glauca*, and *Cladosporium herbarum*), whether grazing preference corresponds to effects on collembolan reproduction, and whether the effects of fungi on grazing and reproduction depend on the fungal substrate, which included three kinds of litter (*Alnus glutinosa*, *Salix caprea*, and *Quercus robur*) and one kind of agar (yeast extract).

Chapter 3

In the current research, we compared the impact of the long-term production of hybrid sorrel (non-tilled, 2 and 10 years old), oilseed rape (tilled, > 10 years old), and a cultural meadow (non-tilled, > 10 years old) on the biological activity of the soil community. We measured the composition and abundance of various groups of soil fauna, the composition of the cultivable fraction of the fungal community, basal soil respiration, and specific microbial respiration (qCO₂).

Chapter 4

Aim of this study was testing of difference of soil biological characteristics among introduced (*Helianthus tuberosus*, *Silphium perfoliatum* and *Reynoutria sachalinensis*) and native (*Salix viminalis* and *Phalaris arudinacea*) energy crops in comparison with cultural meadow. We used following characteristics: production of phenolic compounds, C:N ratio of plant litter, composition and abundance of various groups of soil fauna composition and microbial biomass of soil microorganisms, biological activity of soil microbial biomass, basal soil respiration and microbial biomass of carbon.

Chapter 5

In this study, we focused on plant chemistry and production of allelopathic compounds by energy crops (hybrid sorrel *Rumex tianschanicus* x *Rumex patientia* and miscanthus (*Miscanthus sinensis*) in comparison with invasive knotweed (*Fallopia sachalinensis*). We studied effect of plant allelopathic compounds on seed germination, fungal growth and population density of soil fauna.

3. Material and methods

3.1 Food preference and reproduction test

Folsomia candida (Isotomidae: Colembolla) was obtained from the Institute of Soil Biology, České Budějovice, and was reared according to a standard protocol [33-34]. The following fungi were obtained from the Collection of Micromycete Strain in the Institute of Soil Biology, České Budějovice: *Penicillium expansum*, *Absidia glauca*, *Cladosporium herbarum*, and *Penicillium chrysogenum*. The fungi were cultivated by transferring spores to Petri dishes containing 8% yeast extract agar and incubating the cultures at 20–25°C. Litter was collected from alder (*Alnus glutinose*) and oak (*Quercus robur*) plantations and from willow (*Salix caprea*) trees (spontaneous regrowth) on a post-mining heap near Sokolov.

3.2 Chemical analyses of plant litter

Plant material was dried and then homogenized into small particles smaller than 2 mm. Samples were packed in pewter capsules and then weighed on microscales (Mettler Toledo). The content of carbon and nitrogen was determined in samples of dry crushed soil and leaves using an EA 1108 elemental analyser (Carlo Erba Instruments). Total soluble phenols were extracted by methanol and determined spectrophotometrically using the Folin-Ciocalteu reagent (Singleton et al. 1999)

3.3 Analysis of soil meso- and macrofauna

Soil samples were extracted in a Tullgren funnel for 5 days (Lavelle 2000). Extracted soil invertebrates were fixed with a 0.2% formaldehyde solution and determined using morphological characters. Soil invertebrates were classified into orders and families.

3.4 Analysis of soil microbial activity

Basal soil respiration of the soil was estimated by the incubation method. Soil (10 g) was enclosed in airtight bottles each equipped with a small container with NaOH and cultivated at 20°C for one week. Carbon dioxide released from the soil was trapped in 3mL of 0.5M NaOH and then quantified by titration with 0.05M HCl after addition of BaCl₂ (Jenkinson and Powlson 1976). Its amount was expressed as C-CO₂ m⁻² x h⁻¹. The same bottles without soil were used to assess CO₂ trapping during incubation (from air closed in vials) and during handling. Microbial biomass (C_{mic}) was determined by the chloroform fumigation–extraction method (Jenkinson and Powlson 1976; Vance et al. 1987) and expressed as mg C g⁻¹. Cellulose decomposition was measured with litterbags (three litterbags per field), which were buried 3 cm under the surface of the soil (October 2009–April 2010). The litter in each litterbag was represented by two sheets of filter paper (2g). The filter paper sheets were weighed and burned at 550 °C for 5 hours. Mass loss of filter paper after burning was used and cellulose weight after decomposition.

3.5 Analysis of PLFA from soil samples

The samples for phospholipid fatty acid (PLFA) analysis were extracted by a mixture of chloroform–methanol–phosphate buffer (1:2:0.8). Phospholipids were separated using solid-phase extraction cartridges (LiChrolut Si 60, Merck) and the samples were subjected to mild alkaline methanolysis. The free methyl esters of phospholipid fatty acids were analyzed by gas chromatography–mass spectrometry (Varian 3400; ITS-40, Finnigan (Oravec et al. 2004; Snajdr et al. 2008)).

3.6 Isolation of cultivable soil fungi

From each soil sample, one gram of soil was added to a plastic tube with 10 ml of sterile distilled water. The plastic tubes, each inoculated with a soil solution of each soil sample planted with a different energy crop, were diluted to 1-4ml-1. Isolations of fungi were performed following the suspension-plating method (Chesters and Thornton 1956). Samples of the soil suspension were plated onto Petri dishes with soil extract agar and incubated at a constant temperature of 25 °C. Fungi were determined on the basis of micro- and macromorphological, physiological and biochemical features (Frankland et al. 1990).

3.7 Design of seedling experiment

Senescent aboveground plant material (*R. tianschanicus* x *R. patientia*, *M. sinensis* and *F. sachalinensis*) was dried and then leached into deionized water for 48 hour (10 g of dried biomass per 100mL of deionized water) (Mudrak and Frouz 2012), the pH of all leachate types was about 6.3. Two types of non-sterile substrates were used: sand and soil (distric chernozem, loam, pH 6.9, C content 4.2%). Both soil types were sieved through a sieve with a mesh size of 2 mm before use. Ten grams of both substrates were separately added to 6 cm

diameter Petri dishes. Into each Petri dish, 25 seeds of wheat (*T. aestivum*) or mustard (*S. arvensis*) were sown. The seeds were obtained from the Crop Research Institute in Prague. The Petri dishes containing the substrate and seeds were kept in a climatic chamber at 21°C with 12 hours light and 12 hours dark (Mudrak and Frouz 2012) and watered by 6 mL of a leachate every second day. Each leachate treatment comprised four replicates. Distilled and deionized water was used as a control. The number of seedlings in each Petri dish treated with a different leachate type was counted after 2 weeks.

3.8 Design of fungal cultivation a measurement

Four fungal strains (*Fusarium culmorum*, *Rhizoctonia solani*, *Sclerotonia solani* and *Cochliobolus sativus*) were obtained from the Department of Mycology of the Crop Research Institute in Prague. Malt extract agar (Frankland et al. 1990; Chesters and Thornton 1956) was prepared on Petri dishes and enriched by leachates isolated from senescent aboveground biomass (10g of dried plant biomass per 100 mL distilled and deionized water; pH adjusted at 6.3) of two energy crops (*R. tianschanicus* x *R. patientia*, *M. sinensis*) and one invasive species (*F. sachalinensis*). Petri dishes with pure malt extract agar were used for control. Each Petri dish was inoculated by one of four fungal strains in one spot in the middle of the dish. Each plant extract agar and control had six replicates of each strain. After one week, we measured the diameter of the colony of each fungal strain (*F. culmorum*, *R. solani*, *S. solani* and *C. sativus*).

3.9 Design of microcosmos experiment

Two soil mesofauna species, springtails *F. candida* and pot-worms *E. crypticus*, were used in a microcosm experiment. Soil animals (*F. candida* and *E. crypticus*) were obtained from a culture collection of the Institute of Soil Biology in České Budějovice. For this experiment, we used synchronized cultures of animals (Franchini and Ottaviani 2008; Tordoff et al. 2008). The animals were kept in plastic pots 4 cm in diameter and 5 cm high. To the each pot, 20 g of deep-frozen soil (-70°C, distric chernozem) was added to kill all other soil fauna supplemented with 10 g of autochthonous senescent plant biomass (*R. tianschanicus* x *R. patientia*, *M. sinensis*, *F. sachalinensis*) separately as above mentioned. As a control, we used a mixture of autochthonous plant biomass collected from a cultural meadow of the Crop Research institute in Chomutov. Into each microcosm with the given litter type, we placed 10 individuals of *F. candida* or *E. crypticus*. Each litter and fauna combination had four replicates. All microcosms were placed into a dark climatic chamber at 21°C. After 30 days, we fixed the microcosms with 70% ethanol and counted all animals.

3.10 Statistical analyses

Data were subjected to a one-way ANOVA (for the first grazing preference experiment and the first reproduction experiment) or a two-way ANOVA (for the second grazing preference experiment and the second reproduction experiment). In case preference tests when several observations were done in one dish, all observations made in one dish was pooled and assumed as one observation for future statistical analysis (R 2005). For multivariate analysis was used programme CANOCO. Multivariate data were analyzed using the PCA and RDA (Monte Carlo Permutation Test).

3.11 Study area and sampling

Hybrid sorrel plantations were situated in Chotýšany near Vlašim. Other experiments were realized in experimental field sites of Crop Research Institute in town Chomutov. Each kind of crop was represented by three replicate fields. The distance between replicates of the same treatments was about the same as distance to replicates of other treatments. For determination of soil faunal and soil microbial characteristics, soil cores were collected, and each was 12 cm in diameter and 10 cm deep for soil fauna and 6 cm in diameter and 10 cm deep for microorganisms

4. Results and discussion

Chapter 2

When offered fungi growing on agar disc in the current study, *Folsomia candida* preferred some fungal species and also increased to higher number on some species than on others. When offered fungi grown on different litter types (alder, willow, and oak), however, grazing preference and reproduction were more affected by litter type than by fungal species. In agreement with other authors, this indicates that the substrate on which fungi grow is largely responsible for fungal attractiveness and nutritional quality for fungivores (Frouz et al. 2002; Frouz and Novakova 2001; Kaneda and Kaneko 2002). None of previous studies deal with litter which is more field realistic than any growing media, basic novelty of our study is that litter is more important than fungal species itself. This finding also supports the conclusion of Jørgensen et al. (2008) that natural substrates should be used in studies of fungivore–fungus interactions.

Chapter 3

Long-term production of hybrid sorrel affected several soil properties. For example, the soils with 10-year-old hybrid sorrel tended to contain more plant-pathogenic fungi than soils with oilseed rape or cultural meadows. That result is consistent with the finding that invasive plants tend to enhance soil pathogens (Mangla et al. 2008; Mitchell et al. 2010). Some introduced plants, however, produce allelopathic compounds that suppress soil-borne plant-pathogenic fungi (Zhang et al. 2011; Zhang et al. 2009b). Although plant-pathogenic fungi tended to be abundant in the 10-year-old hybrid sorrel fields, the differences in cultivable fungi the hybrid sorrel fields, the oilseed rape fields, and the cultural meadows were not statistically significant. Soil meso- and macrofauna were most abundant in the cultural meadows and 10-years-old hybrid sorrel fields and were least abundant in the oilseed rape fields. This difference can be explained in part by differences in tillage.

Chapter 4

The results of our study revealed significant differences between native and introduced energy crops in the community structure of the soil fauna, the microbial community recorded by PLFA and marginally also in the cultivable fraction of the community of soil microscopic fungi. Introduced energy crops more reduced the abundance and number of groups of soil

animals. The reduction in the density and diversity of the soil fauna observed in our study was similar to the influence of extensive crop production (Crossley Jr. et al. 1992; Edwards 1989; Chan 2001; Wardle et al. 1999b) or consequences of tillage when comparing tillage and non-tillage management (Reynolds et al. 2007), which has received a lot of attention in the literature (Blanchart et al. 2006; House and Parmelee 1985; Kladivko 2001; Marasas et al. 2001; Stinner et al. 1988). Similar differences between native and introduced crops have also been reported in the literature (Raghu et al. 2006; Yeates and Williams 2001). Gremmen et al. (1998) showed a statistically significant impact of the introduced grass *Agrostis stolonifera* on vegetation and soil fauna communities at Marion Island (sub-Antarctic) but a negative impact of *A. stolonifera* on the density of the soil fauna. Pritekel et al. (2006) recorded higher numbers of soil microarthropods in soil from non-invasive sites compared to soil from the invasive range in the Rocky Mountain National Park, USA.

Chapter 5

Our results show that both wheat and mustard differ in their sensitivity to different leachates in the substrate. We used seeds from plants growing in an agricultural field, which could be more sensitive to allelopathic compounds than seeds from plants growing in a natural ecosystem (Weih et al. 2008). We found that some introduced or invasive plants may reduce the growth rate of certain fungal pathogens. Complex allelopathic compounds produced by plants may strongly affect the growth and development of fungal strains in the soil (Becker et al. 1997). We studied four strains of common fungal plant and soil pathogens occurring in Central Europe. According to the novel weapons hypothesis (Callaway and Ridenour 2004), local pathogens are strongly suppressed by chemical compounds excreted by newly introduced invasive plants (Inderjit et al. 2006). We found a negative effect of knotweed on the abundance of *E. crypticus*. *Miscanthus* and hybrid sorrel, on the other hand, support higher population growth than control meadow biomass. The abundance of *F. candida* was most reduced in the microcosm containing litter from knotweed and *Miscanthus*. Very important is direct contact with litter, as mentioned above (Mudrak and Frouz 2012). Light decomposable litter supports growth of the microbial community, which might be required by the soil fauna or at least support its development and reproduction (Heděnc et al. 2013; Kaneda and Kaneko 2002).

5. Conclusions

Chapter 2

Litter type had an inconsistent effect on *F. candida* grazing preference and *F. candida* reproduction. Thus, alder was preferred to oak in the grazing preference experiment but oak supported greater numbers than alder in the reproduction experiment. The reason for this inconsistency is not clear but perhaps can be explained by the short duration of the preference test (data were collected after 12 days) in which sterile alder supported better fungal growth than sterile oak litter. In the reproduction test, which lasted for 30 days, addition of collembola undoubtedly resulted in bacterial contamination of the litter, and the bacteria may have reduced fungal growth to a greater degree on alder than on oak, resulting in greater collembolan reproduction on oak than on alder.

Chapter 3

Large-scale production of hybrid sorrel may affect the species composition and abundance of soil meso- and macrofauna, i.e., the diversity and abundance of soil fauna in hybrid sorrel fields were less than in cultural meadows but greater than in oilseed rape fields. Although the effect was not statistically significant, the hybrid sorrel soils tended to contain more plant-pathogenic fungi than the cultural meadow or oilseed rape soils. Microbial activity did not significantly differ between young and old hybrid sorrel plantings. That microbial respiration was higher in oilseed rape fields than in hybrid sorrel fields can probably be explained by the fact that, unlike hybrid sorrel fields and cultural meadows, oilseed rape fields are tilled.

Chapter 4

Significant differences between individual plant species were found in several parameters significant distinguishing energetic plants from cultural meadow or native from exotic species indicating that introduced crops produce more reduced soil biota community than native ones. More research is needed to explore question if changes in soil community may contribute to competitive advantage of exotic on local flora and apparently various strategies may apply in various exotic plants.

Chapter 5

Our experiment show that both tested energetic plants similarly as tested invasive plant show strong allelopathic effect to wide spectrum of organisms which indicate they may have potential to later ecosystem functioning on sites where they will be introduced or which they invade which may substantially increase their invasive potential. However more research is needed to explore if changes in soil community may contribute to competitive advantage of exotic plant species on local flora and apparently various strategies may apply in various exotic plants.

Použitá literatura /References

- Anderson-Teixeira K, Masters M, Black C, et al. (2013) Altered Belowground Carbon Cycling Following Land-Use Change to Perennial Bioenergy Crops. *Ecosystems* 1–13. doi: 10.1007/s10021-012-9628-x
- Becker DM, Kinkel LL, Schottel JL (1997) Evidence for interspecies communication and its potential role in pathogen suppression in a naturally occurring disease suppressive soil. *Canadian Journal of Microbiology* 43:985–990.
- Berg MP, Stoffer M, Van den Heuvel HH (2004) Feeding guilds in Collembola based on digestive enzymes. *Pedobiologia* 48:589–601. doi: 10.1016/j.pedobi.2004.07.006
- Bever JD (2002) Negative feedback within a mutualism: host-specific growth of mycorrhizal fungi reduces plant benefit. *Proceedings of The Royal Society B-Biological Sciences* 269:2595–2601. doi: 10.1098/rspb.2002.2162

- Blanchart E, Villenave C, Viallatoux A, et al. (2006) Long-term effect of a legume cover crop (*Mucuna pruriens* var. *utilis*) on the communities of soil macrofauna and nematofauna, under maize cultivation, in southern Benin. *European Journal of Soil Biology* 42, Supple:S136–S144. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejsobi.2006.07.018>
- Brant V, Pivec J, Fuksa P, et al. (2011) Biomass and energy production of catch crops in areas with deficiency of precipitation during summer period in central Bohemia. *Biomass and Bioenergy* 35:1286–1294. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biombioe.2010.12.034>
- Buckeridge MS, De Souza AP, Arundale RA, et al. (2012) Ethanol from sugarcane in Brazil: a midway' strategy for increasing ethanol production while maximizing environmental benefits. *Global Change Biology Bioenergy* 4:119–126. doi: 10.1111/j.1757-1707.2011.01122.x
- Buddenhagen CE, Chimera C, Clifford P (2009) Assessing Biofuel Crop Invasiveness: A Case Study. *Plos One*. doi: 10.1371/journal.pone.0005261
- Callaway RM, Ridenour WM (2004) Novel weapons: invasive success and the evolution of increased competitive ability. *Frontiers In Ecology and The Environment* 2:436–443. Doi: 10.1890/1540-9295(2004)002{[]0436:Nwisat]2.0.Co;2
- Cozier M (2012) Cropping the crop-based biofuels. *Biofuels Bioproducts & Biorefining-Biofr* 6:601.
- Crossley Jr. DA, Mueller BR, Perdue JC (1992) Biodiversity of microarthropods in agricultural soils: relations to processes. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 40:37–46. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/0167-8809\(92\)90082-M](http://dx.doi.org/10.1016/0167-8809(92)90082-M)
- Crowther TW, A'Bear AD (2012) Impacts of grazing soil fauna on decomposer fungi are species-specific and density-dependent. *Fungal Ecology* 5:277–281. doi: 10.1016/j.funeco.2011.07.006
- Edwards CA (1989) The Importance of Integration in Sustainable Agricultural Systems. In: Stinner BR, G.G. Lorenzoni and Maurizio G. PaolettiA2 - B.R. Stinner GGL, Environment MGPBT-AE and (eds)Elsevier, Amsterdam, pp 25–35
- Faber jH (1991) Functional classification of soil fauna - A new approach. *Oikos* 62:110–117. doi: 10.2307/3545458
- Franchini A, Ottaviani E (2008) Age-related toxic effects and recovery from okadaic acid treatment in *Enchytraeus crypticus* (Annelida : Oligochaeta). *Toxicon* 52:115–121. doi: 10.1016/j.toxicon.2008.04.176
- Frankland JC, Dighton J, Boddy L (1990) 11 Methods for Studying Fungi in Soil and Forest Litter. In: Microbiology RG and JRNBT-M in (ed) *Techniques in Microbial Ecology*. Academic Press, pp 343–404
- Frouz J, Novakova A (2001) A new method for rearing the sciarid fly, *Lycoriella ingenua* (Diptera : Sciaridae), in the laboratory: possible implications for the study of fly-fungal interactions. *Pedobiologia* 45:329–340. doi: 10.1078/0031-4056-00090

- Frouz J, Novakova A, Jones TH (2002) The potential effect of high atmospheric CO₂ on soil fungi-invertebrate interactions. *Global Change Biology* 8:339–344. doi: 10.1046/j.1354-1013.2001.00474.x
- Gremmen NJM, Chown SL, Marshall DJ (1998) Impact of the introduced grass *Agrostis stolonifera* on vegetation and soil fauna communities at Marion Island, sub-Antarctic. *Biological Conservation* 85:223–231. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0006-3207\(97\)00178-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0006-3207(97)00178-X)
- Hattenschwiler S, Tiunov A V, Scheu S (2005) Biodiversity and litter decomposition in terrestrial ecosystems. *Annual Review of Ecology Evolution And Systematics* 36:191–218. doi: 10.1146/annurev.ecolsys.36.112904.151932
- Heděnc P, Radochová P, Nováková A, et al. (2013) Grazing preference and utilization of soil fungi by *Folsomia candida* (Isotomidae:Collembola). *European Journal of Soil Biology* 55:66–70. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejsobi.2012.12.005>
- House GJ, Parmelee RW (1985) Comparison of soil arthropods and earthworms from conventional and no-tillage agroecosystems. *Soil and Tillage Research* 5:351–360. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0167-1987\(85\)80003-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0167-1987(85)80003-9)
- Chan KY (2001) An overview of some tillage impacts on earthworm population abundance and diversity — implications for functioning in soils. *Soil and Tillage Research* 57:179–191. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0167-1987\(00\)00173-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0167-1987(00)00173-2)
- Chesters CGC, Thornton RH (1956) A comparison of techniques for isolating soil fungi. *Transactions of the British Mycological Society* 39:301–313. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0007-1536\(56\)80015-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0007-1536(56)80015-6)
- Inderjit, Callaway RM, Vivanco JM (2006) Can plant biochemistry contribute to understanding of invasion ecology? *Trends in Plant Science* 11:574–580. doi: 10.1016/j.tplants.2006.10.004
- Jenkinson DS, Powlson DS (1976) The effects of biocidal treatments on metabolism in soil—V: A method for measuring soil biomass. *Soil Biology and Biochemistry* 8:209–213. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/0038-0717\(76\)90005-5](http://dx.doi.org/10.1016/0038-0717(76)90005-5)
- Jorgensen HB, Elmholt S, Petersen H (2003) Collembolan dietary specialisation on soil grown fungi. *Biology and Fertility Of Soils* 39:9–15. doi: 10.1007/s00374-003-0674-6
- Jorgensen HB, Hedlund K, Axelsen JA (2008) Life-history traits of soil collembolans in relation to food quality. *Applied Soil Ecology* 38:146–151. doi: 10.1016/j.apsoil.2007.10.003
- Kaneda S, Kaneko N (2002) Influence of soil quality on the growth of *Folsomia candida* (Willem) (Collembola). *Pedobiologia* 46:428–439. doi: 10.1078/0031-4056-00150
- Kladivko EJ (2001) Tillage systems and soil ecology. *Soil and Tillage Research* 61:61–76. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0167-1987\(01\)00179-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0167-1987(01)00179-9)

- Klironomos JN (2002) Feedback with soil biota contributes to plant rarity and invasiveness in communities. *Nature* 417:67–70. doi: 10.1038/417067a
- Lavelle P (2000) Ecological challenges for soil science. *SOIL SCIENCE* 165:73–86. doi: 10.1097/00010694-200001000-00009
- Lavelle P, Bignell D, Lepage M, et al. (1997) Soil function in a changing world: the role of invertebrate ecosystem engineers. *European Journal of Soil Biology* 33:159–193.
- Mangla S, Inderjit, Callaway RM (2008) Exotic invasive plant accumulates native soil pathogens which inhibit native plants. *Journal of Ecology* 96:58–67. doi: 10.1111/j.1365-2745.2007.01312.x
- Marasas ME, Sarandón SJ, Cicchino AC (2001) Changes in soil arthropod functional group in a wheat crop under conventional and no tillage systems in Argentina. *Applied Soil Ecology* 18:61–68. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0929-1393\(01\)00148-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0929-1393(01)00148-2)
- Mitchell CE, Blumenthal D, Jarosik V, et al. (2010) Controls on pathogen species richness in plants' introduced and native ranges: roles of residence time, range size and host traits. *Ecology Letters* 13:1525–1535. doi: 10.1111/j.1461-0248.2010.01543.x
- Mudrak O, Frouz J (2012) Allelopathic effect of *Salix caprea* litter on late successional plants at different substrates of post-mining sites: pot experiment studies. *Botany-Botanique* 90:311–318. doi: 10.1139/B2012-005
- Oravec O, Elhottova D, Kristufek V, et al. (2004) Application of ARDRA and PLFA analysis in characterizing the bacterial communities of the food, gut and excrement of saprophagous larvae of *Penthetria holosericea* (Diptera : Bibionidae): a pilot study. *Folia Microbiologica* 49:83–93. doi: 10.1007/BF02931652
- Pritekel C, Whittemore-Olson A, Snow N, Moore JC (2006) Impacts from invasive plant species and their control on the plant community and belowground ecosystem at Rocky Mountain National Park, USA. *Applied Soil Ecology* 32:132–141. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apsoil.2005.01.010>
- Raghu S, Anderson RC, Daehler CC, et al. (2006) Adding biofuels to the invasive species fire? *Science* 313:1742. doi: 10.1126/science.1129313
- Reynolds BC, Hamel J, Isbanioly J, et al. (2007) From forest to fen: Microarthropod abundance and litter decomposition in a southern Appalachian floodplain/fen complex. *Pedobiologia* 51:273–280. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.pedobi.2007.04.006>
- Singleton VL, Orthofer R, Lamuela-Raventos RM (1999) Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. In: Packer, L (ed) *Oxidants and Antioxidants*, PT A. pp 152–178
- Smith CM, David MB, Mitchell CA, et al. (2013) Reduced nitrogen losses after conversion of row crop agriculture to perennial biofuel crops. *journal of environmental quality* 42:219–228. doi: 10.2134/jeq2012.0210

- Snajdr J, Valaskova V, Merhautova V, et al. (2008) Spatial variability of enzyme activities and microbial biomass in the upper layers of *Quercus petraea* forest soil. *Soil Biology and Biochemistry* 40:2068–2075. doi: 10.1016/j.soilbio.2008.01.015
- Stinner BR, McCartney DA, Van Doren Jr. DM (1988) Soil and foliage arthropod communities in conventional, reduced and no-tillage corn (maize, *Zea mays* L.) systems: A comparison after 20 years of continuous cropping. *Soil and Tillage Research* 11:147–158. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/0167-1987\(88\)90022-0](http://dx.doi.org/10.1016/0167-1987(88)90022-0)
- Tordoff GM, Boddy L, Jones TH (2008) Species-specific impacts of collembola grazing on fungal foraging ecology. *Soil Biology and Biochemistry* 40:434–442. doi: 10.1016/j.soilbio.2007.09.006
- Vance ED, Brookes PC, Jenkinson DS (1987) An extraction method for measuring soil microbial biomass C. *Soil Biology and Biochemistry* 19:703–707. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/0038-0717\(87\)90052-6](http://dx.doi.org/10.1016/0038-0717(87)90052-6)
- Wardle DA, Bardgett RD, Klironomos JN, et al. (2004) Ecological linkages between aboveground and belowground biota. *Science* 304:1629–1633. doi: 10.1126/science.1094875
- Wardle DA, Nicholson KS, Bonner KI, Yeates GW (1999) Effects of agricultural intensification on soil-associated arthropod population dynamics, community structure, diversity and temporal variability over a seven-year period. *Soil Biology and Biochemistry* 31:1691–1706. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0038-0717\(99\)00089-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0038-0717(99)00089-9)
- Weih M, Didon UME, Ronnberg-Wastljung A-C, Bjorkman C (2008) Integrated agricultural research and crop breeding: Allelopathic weed control in cereals and long-term productivity in perennial bioass crops. *Agricultural Systems* 97:99–107. doi: 10.1016/j.agsy.2008.02.009
- Yeates GW, Williams PA (2001) Influence of three invasive weeds and site factors on soil microfauna in New Zealand. *Pedobiologia* 45:367–383. doi: 10.1078/0031-4056-00093
- Zhang CB, Wang J, Qian BY, Li WH (2009) Effects of the invader *Solidago canadensis* on soil properties. *Applied Soil Ecology* 43:163–169. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apsoil.2009.07.001>
- Zhang S, Zhu W, Wang B, et al. (2011) Secondary metabolites from the invasive *Solidago canadensis* L. accumulation in soil and contribution to inhibition of soil pathogen *Pythium ultimum*. *Applied Soil Ecology* 48:280–286. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apsoil.2011.04.011>

Curriculum vitae

Petr Heděnc

Narozen 2. 5. 1984 v Šumperku, Česká republika

Vzdělání:

2009-Probíhající doktorské studium Univerzity Karlovy v Praze, Přírodovědecká fakulta (očekávaná obhajoba v září 2013)

2007-2009 Mgr. Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta

2004-2007 Bc. Ostravská univerzita v Ostravě, Přírodovědecká fakulta

Zájmy a techniky:

Vliv nadzemní vegetace a jejího managementu na společenstva půdní bioty a její vliv na interakce rostlin a půdních organismů. Vliv dlouhodobé produkce energetických rostlin a potenciálních invazních druhů na půdní biotu. Techniky a dovednosti:-extrakce a základní determinace půdní mezo a makro fauny, studium půdních mikrobiálních společenstev pomocí PLFA, taxonomie mikroskopických půdních hub pomocí kultivačních technik, fyziologických a morfologických znaků, základní metody půdní ekologie, taxonomie dřevokazných hub.

Odborné stáže:

Říjen-listopad 2012. Chengdu Institute of Biology, Chengdu, Čína. Center for Applied and Environmental Microbiology (supervisor: prof. Xiangzhen Li) - Vliv pastvy na půdní mikrobiální společenstva (extrakce PLFA)

Petr Heděnc

Born 2. 5. 1984 in Šumperk, Czech Republic

Education:

2009-ongoing PhD study Charles University in Prague, Faculty of Science (2013 expected PhD defense)

2007-2009 M. Sc. Charles University in Prague, Faculty of Science

2004-2007 B. Sc. University of Ostrava, Faculty of Science

Interests and techniques:

The effect of vegetation and management on soil biota communities their biotic interactions and ecological function. In particular effect of energetic plants and potential invasive species on soil biota. Techniques and skills: extraction and basic determination of soil meso- and macro-fauna, study soil microbial community using PLFA, taxonomy of soil microscopic fungi based on cultivation and physiological and morphological tools, basic methods of soil ecology, taxonomy of wood decaying fungi.

Internship:

October-November 2012. Chengdu institute of Biology, Chengdu, China. Center for Applied and Environmental Microbiology (supervisor: prof. Xiangzhen Li)-Effect of grazing on soil microbial community (PLFA extraction)

Seznam publikací / Selected publications

Heděnc, P., Radochová, P., Nováková, A., Kaneda, S., Frouz, J., 2013. Grazing preference and utilization of soil fungi by *Folsomia candida* (Isotomidae:Collembola). *European Journal of Soil Biology* 55, 66–70.

Heděnc, P., Novotný, D., Frouz, J., 2013. Effect of cropping hybrid sorrel (*Rumex patientia* x *Rumex tianschaniacus*) on soil biota. *Field Crops Research*-submitted.

Heděnc, P., Frouz, J., Ust'ak, S., Novotný, D., Cajthaml, T., 2013. The effect of native and introduced energetic crops on composition of soil biota (micro-flora and fauna). *Biomass and Bioenergy* pre-submission

Heděnc, P., Novotný, D., Frouz, J., 2013. Allelopathic impact of introduced energy crops on soil biota: A comparison study with invasive plants. pre-submission

Heděnc, P., Frouz, J., Baldrian, P., Šnajdr J., 2013. Effect of soil macro-fauna on enzymatic activity in topsoil layer in reclaimed and unreclaimed post mining sites near Sokolov (Czech Republic). *Biologia Bratislava* pre-submission

Konference/Conferences:

Heděnc P., J. Frouz J., Novotny D., Ust'ak S., (2010): The effect of energetic crops on soil microbial community. Poster, 9th. International mycological congress, Edinburgh.

Heděnc P., Frouz J., Baldrián P. and Šnajdr J., (2011): Effect of soil macrofauna on enzymatic activity of topsoil layer in reclaimed and unreclaimed post mining sites near Sokolov (Poster) Central European Workshop of Soil Zoology in České Budějovice.

Heděnc P., Frouz J. And Novotný J. (2011): Effect of soil macrofauna on enzymatic activity of topsoil layer in reclaimed and unreclaimed post mining sites near Sokolov (Poster). *Ecology of Soil Microorganisms*, Prague 2011.

Heděnc P., Frouz J. And Novotný J., and Ust'ak S., (2011): Impact of large scale production of energy crops on communities of soil fungi and soil invertebrates: A comparison study (Poster). International Conference Protection of agricultural soils against joint stress of natural and anthropogenic factors 13th – 16th June 2011, Puławy, Poland.

Petr Heděnc, Jan Frouz, David Novotny, Sergej Ust'ak and Tomáš Cajthaml: Effect of large scale production of energy crops on fungal community in topsoil layer. Poster The 4th International Congress of ECSSS 2-6 7. 2012; Bari, Italy

Spolupráce na projektech/Participation on Projects:

2009-2011 Participation on SOILSERVICE 7th framework programme of EU funds.
Supervisor Jan Frouz.