

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE

Přírodovědecká fakulta

Katedra botaniky



Bakalářská práce

## **Houby energeticky významných rostlin**

Fungi of the energetically important plants

**Hana Jand'ourková**

2010

Školitel: RNDr. David Novotný, Ph.D.

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně pouze s použitím uvedené literatury.

V Praze dne 12. Srpna 2010

Hana Jand'ourková

## **Poděkování**

Děkuji svému školiteli RNDr. Davidu Novotnému za velké množství času, který mi věnoval, za pomoc při vyhledávání literatury a veškeré další poskytnuté rady.

Svojí rodině děkuji za trpělivost a velkou podporu.

## Abstrakt

Tato práce je literární rešerší o houbách energeticky významných rostlin. Uvedeny jsou nejdůležitější fytopatogenní a endofytické houby energetických rostlin, se zvláštním zřetelem k rodu *Fusarium*.

Energetické rostliny jsou rostliny pěstované pro fytoenergetiku. Druhy vhodné pro tento účel byly vybrány zejména pro vysoké výnosy biomasy při co nejnižší vložené práci. Jedná se o rozmanité druhy rostlin od trav až po dřeviny.

Mykobiota energeticky významných rostlin je stále ještě málo prozkoumána ve srovnání s tradičně pěstovanými zemědělskými plodinami. Více je známo o fytopatogenních houbách než o endofytech energetických rostlin. Ve své diplomové práci se budu věnovat studiu endofytické mykobioty ozdobnice čínské, šťovíku krmného a čiroku, proto byla exerce mykobioty těchto rostlin provedena do větší hloubky. Anamorfní rod *Fusarium* je jeden z nejvýznamějších rodů fytopatogenních a endofytických hub bylin. Z tohoto důvodu je mu věnován větší prostor.

**Klíčová slova:** fytopatogenní houby, endofyty, energetické rostliny, fytoenergetika, *Fusarium*

## Abstract

This thesis gives a literature review of fungi of energy crops. The most important phytopathogenic and endophytic fungi of these plants are mentioned, with special reference to genus *Fusarium*.

Energy crops are plants growing for phytoenergy. Species suitable for this purpose were chosen especially for great production of biomass with a cost. Various plant species are used for this purpose.

Little information of mycobiota of the energy crops is known in comparison with traditional crops. Better are known phytopathogenic than endophytic fungi of energy crops. In my master's thesis I will study endophytic mycobiota of *Miscanthus sinensis*, *Rumex patientia* x *R. tianschanicus* and *Sorghum*, excretion of mycobiota of these plants was carried out with special attention. Anamorphic genus *Fusarium* belongs to the most important phytopathogenic and endophytic genera of herbs, therefore closer attention was paid to this taxa.

**Key words:** phytopathogenic fungi, endophytes, energy crops, phytoenergy, *Fusarium*

## Obsah

|  |    |
|--|----|
| 1. Úvod.....   | 6  |
| 2. Energeticky významné rostliny.....                    | 6  |
| 2.1 Druhy energetických rostlin.....                     | 7  |
| 3. Houby energetických rostlin.....                      | 10 |
| 3.1 Vymezení pojmu endofyt.....                          | 10 |
| 3.2 Konkrétní druhy hub na energetických rostlinách..... | 11 |
| 4. Rod <i>Fusarium</i> .....                             | 19 |
| 4.1 <i>Fusarium</i> anamorfní rod.....                   | 19 |
| 4.2 <i>Fusarium</i> a teleomorfní stadia.....            | 20 |
| 4.3 Konkrétní druhy.....                                 | 20 |
| 5. Závěr.....  | 23 |
| 6. Citovaná literatura.....                              | 24 |

## **1. Úvod**

Tato práce je literární rešerší o houbách asociovaných s energetickými rostlinami. Také vymezuje, které rostliny se v energetickém hospodářství využívají nejčastěji. Hlavní důraz je kladen na endofytické a patogenní houby, mykorhizní houby nejsou předmětem práce a nejsou uvedeny.

Ve výčtu energeticky významných rostlin jsou zmíněny plodiny významné pro pěstování v České Republice a ty, které se u nás již pěstují. Ve fytoenergetice se používá i sláma obilovin a níže jsou formálně uvedeny, dále jim však není věnována větší pozornost, protože není v možnostech a ani není cílem této práce věnovat se tak rozsáhlému a dobře prostudovanému problému jako je mykobiota obilovin. Prostor je věnován méně tradičně pěstovaným plodinám.

## **2. Energeticky významné rostliny**

Energeticky významné rostliny jsou rostliny záměrně pěstované pro fytoenergetiku. Vybírány jsou přednostně druhy s vysokou produkcí nadzemní fytohmoty. Ve fytoenergetice jsou pak využívány buď pro přímé spalování, výrobu bionafty, bioetanolu nebo bioplynu (Petříková 1998). Pro tyto účely se dá využívat i odpadní biomasa (sláma, dřevní odpad atd.). V současnosti u nás leží ladem asi 400 tisíc ha zemědělské půdy, která by se dala osadit právě energetickými rostlinami a zvýšila by se tak produkce fytopaliv a snížila produkce škodlivých emisí (hlavně emisí oxidu siřičitého) a to zejména při správném způsobu spalování. Nevýhodou energie z biomasy je její nižší energetická hustota (tj. obsah energie na jednotku objemu), ale také to, že na její zpracování jsou zapotřebí speciální stroje (kotle na spalování apod.), na některé i speciální sklízecí stroje (rychle rostoucí dřeviny), mnohé obsahují po sklizni vysoký obsah vody a je třeba je dosušet, jako zřejmě největší překážka se ale asi jeví jejich nedostatečná (ekonomická) konkurenceschopnost proti fosilním palivům (Petříková et al. 2006).

## 2.1 Druhy energetických rostlin

Pro energetické účely jsou vybírány druhy rostlin s vysokou produkcí biomasy, jejichž porosty se zakládají zasetím osiva a také rostliny víceleté a vytrvalé tak, aby jejich pěstování bylo co nejlevnější a výnosy co nejvyšší (Petříková 1998). Jedná se o tyto rostliny:

**2.1.1 Obiloviny** (č. *Poaceae*): Využívána je pšenice, žito, ječmen, oves a kukuřice a to jak sláma, tak celé rostliny. Hlavní výhodou je propracovaná technika pěstování, sklizení i skladování. Nicméně jsou všechny nadále pěstovány hlavně pro potravinářské účely.

**2.1.2 Čirok (*Sorghum Adams*)** (č. *Poaceae*): Patří také mezi obiloviny. U nás se téměř nepěstuje. Jeho výhodou je menší náročnost na půdu než u kukuřice, odolnost vůči suchu (patří mezi C4 rostliny). Nevýhodou pak je jeho teplomilnost, pro naše podmínky by bylo třeba vyšlechtit mrazuvzdorné a rané odrůdy.

**2.1.3 Chrastice rákosovitá (*Phalaris arundinacea* L.)** (č. *Poaceae*): Tráva poměrně náročná na dostatek vody a živin, výhodou pak je, že snáší i holomrazy a dá se pěstovat i vysoko v horách a snáší pH 4-7,5.

**2.1.4 Kostřava rákosovitá (*Festuca arundinacea* Schreb)** (č. *Poaceae*): Pro energetické účely se hodí zejména stébla, která rychle stárnou. Sláma ve formě balíků či řezanky se využívá pro přímé spalování. Je to tráva tolerantní k půdním i klimatickým podmínkám a odolná vůči houbovým chorobám.

**2.1.5 Ovsík vyvýšený (*Arrhenatherum elatius* L., Beav. ex J. et C. Presl)** (č. *Poaceae*): V České republice původní druh trávy. Vhodný pro přímé spalování i jako přídavek do bioplynu. Nejlépe se mu daří v mírných, spíše sušších podmínkách. Na jednom stanovišti vydrží až pět let, vůči chorobám je středně odolný.

**2.1.6 Ozdobnice čínská (*Miscanthus sinensis* Anderss)** (č. *Poaceae*): Až do současnosti pěstována zejména jako ozdobná rostlina v zahradnictví, pro její vhodné vlastnosti se nyní rozšiřuje i v energetickém zemědělství. Je poměrně odolná vůči chorobám i škůdcům, je nenáročná na pěstební podmínky, pouze prvním rokem je náchylná na vymrzání přes zimu. Ozdobnice pochází z východní Asie a teprve v roce 1935 byla dovezena do Dánska. Patří mezi rostliny s C4 typem metabolismu. Mezi u nás nejvíce pěstované odrůdy patří odrůda Gigantheus, jako vhodné se zdají i odrůdy Goliath, Silberfeld, Sirene, Desert, Spat, Hornum či Resistent 01 pro svou životaschopnost a odolnost. Tyto odrůdy jsou však sterilní a musí se množit rizomy nebo in vitro. Pro naše podmínky by bylo vhodné vypěstovat rostliny odolné vůči chladu, letnímu vysychání, s vyšší genetickou variabilitou a nenáročnější na vstupy než

současné odrůdy. Při sklizni po zimě se již nemusí dosoušet. V energetice se využívá pro přímé spalování a pyrolýzu (její spalné teplo je vyšší než u hnědého uhlí).

**2.1.7 Psineček veliký (*Agrostis gigantea* Roth.)** (č. *Poaceae*): Celá nadzemní část rostliny se sklízí pro energetické účely, zejména výrobu bioplynu a přímé spalování. Je to víceletá ozimá tráva.

**2.1.8 Rákos obecný (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud)** (č. *Poaceae*): Je to statná vytrvalá rostlina. Potřebuje vlhčí půdu. Poměrně vysoká produkce nadzemní fytomasy. Vhodná pro spalování.

**2.1.9 Sveřep bezbranný (*Bromus inermis* Leyss.)** (č. *Poaceae*): Poměrně dobře odolává suchu i vyšším teplotám. V ČR se pěstuje odrůda Tabrom odolná proti škůdcům a chorobám. Celá nadzemní hmota se dá využít jako palivo (ve formě balíků či peletek).

**2.1.10 Slunečnice roční (*Helianthus annuus* L.)** (č. *Asteraceae*): Je pěstována především pro olejnatá semena. Zbylá biomasa (tedy sláma a prázdné úbory) se dá po vysušení použít pro přímé spalování.

**2.1.11 Topinambur hlíznatý (*Helianthus tuberosus* L.)** (č. *Asteraceae*): Hlízy a nať využitelné pro výrobu bioetanolu, bioplynu i jako palivo. Byl pěstován zejména pro hlízy bohaté na inulin. Je nenáročný na půdu, odolný vůči mrazu, celkově dává přednost chladnějšímu klimatu. Jen málo napadán škůdci a chorobami.

**2.1.12 Světlice barvířská, syn. saflor (*Carthamus tinctorius* L.)** (č. *Asteraceae*): V energetice pěstována pro slámu využitelnou pro spalování, již dříve i pro barvivo získávané z květů a jedlý olej ze semen. Dobře snáší sucho i mrazíky a je nenáročná na půdu. U nás nepříliš napadán chorobami a škůdci, což ale může být způsobeno jen malým rozšířením v našem zemědělství.

**2.1.13 Lnička setá (*Camelina sativa* (L.) Crantz)** (č. *Brassicaceae*): Původně pěstována jako olejnína, dnes se zkouší jako energetická rostlina. Je nenáročná na podmínky, patří mezi velmi rané plodiny. Užívána jako palivo.

**2.1.14 Řepka olejka (*Brassica napus* L.)** (č. *Brassicaceae*): Běžně se pěstuje pro olej ze semen, ale v současnosti také na výrobu bionafty. Pro přímé spalování se hodí i celá řepková sláma.

**2.1.15 Křídlatka (*Reynoutria* sp)** (č. *Polygonaceae*): Všechny 3 druhy křídlatky (*R. sachalinensis*, *R. japonica*, *R. bohemica*) mají vysoký výnos fytomasy, ale nevýhodou je jejich invazivní růst. Při sklizni v zimě se navíc rostliny nemusí dosoušet a využití v rámci bioenergetiky je široké, při jejím pěstování je však třeba dodržovat velmi přísná pravidla



**2.1.16 Šťovík krmný, odrůda Uteuša (*Rumex patientia* L. x *Rumex tianschanicus* A. Los.)** (č. *Polygonaceae*): Odrůda šťovíku Uteuša byla vyšlechtěna pod vedením prof. J. A. Uteuše na Ukrajině a zaregistrována v roce 2001. V roce 2005 byla registrována nová odrůda Biekor-1 jejímž autorem je nástupce prof. Uteuše prof. Dr. D. Rachmetov, tato nová odrůda je odolnější vůči suchu. V ČR se šťovík pěstuje na rozloze asi 1000 ha (údaj z roku 2006), v klimatu mírného pásma patří mezi nejperspektivnější energetické rostliny. Například ve Výzkumném ústavu rostlinné výroby se šťovík pěstuje experimentálně již od roku 1992, od roku 2001 potom provozně. Jeho výhodou je jak vysoká produkce nadzemní biomasy (jeho výška se v průměru pohybuje mezi 220-280 cm), tak to, že se na stejném stanovišti dá pěstovat 15 až 20 let, je nenáročný na půdu i na klimatické podmínky. Je poměrně odolný proti škůdcům i chorobám. Rostliny začínají obrůstat již během března a využívají tak jarní vláhu. Pro energetické účely je výhodné, že již uprostřed léta vysychá „na kořeni“, takže se již v červenci dá sklízet suchý. Suchá biomasa je výborné a kvalitní palivo.

**2.1.17 Konopí seté (*Cannabis sativa* L.)** (č. *Cannabaceae*): Pěstuje se odrůda s nízkým obsahem THC (tetrahydrokanabinol). Je náročné na teplotu, vodu i půdu. Ve vhodných podmínkách má roční produkci fytomasy 2,5-krát vyšší než les.

**2.1.18 Laskavec (*Amaranthus* sp.)** (č. *Amaranthaceae*): Rostlina s C4 typem metabolismu, která je odolná vůči vyšším teplotám a suchu. V energetice je využitelná celá ve formě slisované fytomasy, palivo má vysokou výhřevnost, zelená hmota se používá pro výrobu bioplynu a biolihu.

**2.1.19 Sida vytrvalá (*Sida hermafrodita* Rusby)** (č. *Malvaceae*): Původně přadná a krmná rostlina, dnes pěstovaná pro energetiku. Dá se na jednom stanovišti pěstovat 20-25 let. Roste dobře i na stanovištích zasažených antropogenní činností (erodovaných, kontaminovaných, apod.). V ČR se zatím nepěstovala velkoplošně. Škůdci ani choroby zatím nejsou známe (stav v roce 2006). Pro energetické využití se sklízí jednou ročně.

**2.1.20 Rychle rostoucí dřeviny:** Již ve středověku se u nás vyskytovaly tzv. pařeziny, k topení nebo jako méně kvalitní užitkové dřevo se využívaly výmladky na pařezech. Tyto dřeviny se v současnosti jeví jako velmi vhodné pro energetické účely, u nás zatím chybí technologie a mechanizace pro pěstování a zpracování. Velmi výhodné by bylo pěstovat tyto dřeviny v oblastech s velkými imisemi, kde nelze pěstovat potraviny. Na jih od ČR se pěstuje zejména topol (*Populus* L.), na sever hlavně vrba (*Salix* L.). U nás se mohou pěstovat zástupci obou rodů, s menším výnosem zřejmě i akát (*Robinia* L.), bříza (*Betula* L.) a olše (*Alnus* Mill.). Jinde ve světě se také pěstují pajasan žláznatý (*Ailanthus altissima*), platany (*Platanus*

spp. L.) a eukalypty (*Eucalyptus* spp.), ale nikoli u nás. Dříve se pro výmladky na pařezech využíval v Evropě, vč. ČR, hojně i dub (*Quercus* L.).

(Tento seznam není vyčerpávající, ale jedná se o nejčastěji uváděné energetické rostliny. Úplný seznam nelze uvést vzhledem k tomu, že se stále zkouší a šlechtí nové rostliny i odrůdy a mnohé jsou uváděny pouze jako možné k využití. Navíc předmětem této práce nejsou samotné energetické rostliny, ale jejich mykobiota.)

### **3. Houby energetických rostlin**

Informace o mykobiotě energetických rostlin uvedená v této práci se týká pouze endofytických, saprofytických a parazitických hub energetických bylin. Hlavní důraz bude kladen na endofyty a parazity. Shromáždit informace o mykorhizních houbách není cílem této práce. Taktéž energetickým dřevinám je věnována menší pozornost, protože moje diplomová práce se bude týkat endofytické mykobioty energeticky významných bylin. Budou uvedeny především nejdůležitější či nejzajímavější druhy.

Rozdělení hub na endofyty, parazity či saprofyty není snadné ani definitivní, protože táž houba může být parazit i endofyt. Vztah mezi houbou a rostlinou se mění během života a závisí na mnoha vlivech. Navíc o životním cyklu mnoha hub je známo jen málo, takže některé houby mohou být v současnosti řazeny mezi striktní endofyty a časem bude objevena i parazitická část životního cyklu.

#### **3.1 Vymezení pojmu endofyt**

Tato bakalářská práce uvádí endofytické houby v souladu s definicí, kterou stanovil Petrini (1991). Endofytická houba je dle této definice každá houba, která tráví nějakou část svého života růstem uvnitř tkání hostitele bez vnějšího projevu choroby. Endofytem tedy může být i potenciální patogen v latentní fázi nebo houba s libovolně dlouhou epifytickou fází. Endofytické houby jsou obvykle izolovány tak, že se provede povrchová sterilizace substrátu a pak se kultivují na agarovém mediu. Proto není snadné a asi ani možné vydělit z izolovaných hub např. latentní patogeny.

Existují však i další definice endofytismu. Podle De Baryho (1866 podle Petrini, 1986) byl endofyt houba žijící uvnitř tkání hostitele. Endofyt vymezil jako protiklad k epifytu rostoucímu na povrchu hostitele. Tato definice však s rozšiřujícími se poznatky nevyhovovala a proto Carroll (1986) ve své definici, z endofytických hub vylučuje potenciální patogeny i houby, které mohou růst vně hostitele (např. mykorrhizní houby).

Asi hlavní význam endofytů pro člověka je jejich schopnost fungovat jako antagonisté houbových patogenů (Matta, 1971 a Kuč et Hammerschmidt, 1978; podle Carroll, 1986) a bránit ataku herbivorů (Cubit, 1974 podle Carroll, 1986). Mimo jiné má z těchto důvodů studium endofytů velký význam pro zemědělství a v současnosti se na poznávání endofytů soustředí větší pozornost, než tomu bylo před pár desítkami let.

## 3.2 Konkrétní druhy hub na energetických rostlinách

**3.2.1 Houby obilovin:** Mykobiota a zejména ta parazitická byla u obilovin mnohokrát a dobře prozkoumána, vydala by na samostatnou práci a zde nebude dále rozváděna. Potřebný prostor bude věnován rostlinám méně tradičně pěstovaným, méně známým a pěstovaným zejména pro fytoenergetiku. Mykobiota obilovin je uvedena ve všech základních mykologicko-fytopatologických příručkách jako jsou Brandenburger (1985), Farr et al. (1989), Ellis et Ellis (1997) a kompendiích Bockus et al. (2010), Mathre (1997), White (1999) a Murray et al. (2008). Endofyty obilovin zkoumali například Sieber et al. (1988) Crous et al. (1995), Larran et al. (2002 a 2007)

**3.2.2 Houby čiroku (*Sorghum* sp.):** Vzhledem k tomu, že čirok patří ve světě mezi běžně pěstované obiloviny (nikoliv v České Republice), je i jeho mykobiota prozkoumaná zejména z hlediska parazitických hub. O chorobách čiroku vyšlo samostatné kompendium (Frederiksen et Odvody, 2000). Nejdůležitějším patogenem klíčnicích rostlin je zřejmě *Pythium* spp. (je zde známo asi 5 druhů - Farr et al., 1997), dále *Fusarium* spp. (známo asi 14 druhů - Farr et al, 1997 a Frederiksen et Odvody, 2000), *Aspergillus* spp., *Rhizoctonia* spp. (*R. solani*) a *Phoma* spp. (*P. sorghina*, *P. terrestris*). Z původců chorob listů lze uvést například *Exserohilum turcicum*, *Colletotrichum sublineolum* (původce antraknózy, produkuje dva typy konidií, dříve mylně označováno jako *C. graminicola*; podle Souza-Paccola et al., 2003), *Cercospora sorghi*, *Gloeocercospora sorghi*, *Ramulispora sorghi*, *Ascochyta sorghina*, *Phyllachora sacchari*, *Bipolaris sorghicola* (původci různých listových skvrnitostí). Mezi nejdůležitější parazity kořenů patří *Macrophomina phaseolina* a *Fusarium* spp. Dalšími

významnými patogeny čiroku jsou *Sporisorium reilianum*, *S. sorghi* a *S. cruentum*, *Puccinia purpurea*, *Sclerophthora macrospora*, *Peronosclerospora sorghi*. Jako původce skládkových chorob lze uvést *Aspergillus* spp. a *Penicillium* spp. Významným producentem mykotoxinů v zrně je *Claviceps africana* (Frederiksen et Odvody, 2000).

Kromě chorob byla studována i další mykobiota čiroku.

Čirok produkuje fenoly, které dokážou inhibovat růst houby *Aspergillus parasiticus* a také jeho produkci aflatoxinů (Ratnavathi et Sashidhar, 2007). Tyto fenoly *A. parasiticus* nedokáže degradovat, protože mu chybí enzym polyfenol-oxidáza.

Proti některým chorobám se dá využít listového extraktu křížence *Allium cepa* L. x *Allium sativum* L., jako vhodné alternativy chemických fungicidů v ekologickém zemědělství (Karthikeyan et al., 2007).

Oproti velkým znalostem parazitů, je znalost endofytické mykobioty malá. Mykobiotu semen studovali Verma et Khan (1965) a jako endofytické uvádí *Chaetomium*, *Cladosporium*, *Curvularia*, *Helminthosporium*, *Heterosporium*, *Hormodendron*, *Pullularia*, *Alternaria*, *Aspergillus*, *Blastomyces*, *Monilia*, *Penicillium*, *Fusarium*, *Phoma* a *Phomopsis*. Navíc uvádí, že některé variety čiroku byly prosty endofytů.

**3.2.3 Houby chrastice rákosovité (*Phalaris arundinacea*):** Na chrastici se při pěstování někdy vyskytují listové choroby způsobené houbami *Stagonospora* a *Helminthosporium* (Petříková et al., 2006). *Stagonospora* uváděná Petříkovou et al. je zřejmě *S. arenaria*, kterou na chrastici popisuje Sprague (1941) a která zde vytváří fialové léze. Chrastice může být napadena *Physoderma gerhardti*. Ta endobioticky vyplňuje téměř celý list, kromě vaskulárního systému. Jako projevy onemocnění jsou pak uváděny změny zbarvení listů a nekrózy (Sparrow, 1977).

Na chrastici se také vyskytuje *Phialophora graminicola*, která je pouze slabě patogenní nebo vůbec nevyvolává choroby u trav. Napadá jejich kořeny a dokonce je známo, že může omezit infekci těchto rostlin patogenní houbou *Gaeumannomyces graminis* (Martyniuk, 2008).

**3.2.4 Houby kostřavy rákosovité (*Festuca arundinacea*):** Na kostřavě se může vyskytovat toxiny produkující *Claviceps purpurea* (námel), dále na ní byly zjištěny *Fusarium acuminatum* (sekundární hniloba kořenů) a *F. heterosporum* (růžovění klasů). Vyskytuje se zde celá řada dalších druhů hub způsobujících choroby této traviny (Farr et al., 1989; Ellis et Ellis, 1997 a Brandenburger, 1985), proti kterým je však *Festuca arundinacea* poměrně odolná a při pěstování nemají větší význam (Petříková et al., 2006).

V kostřavě byla zjištěna kolonizace druhem *Phialophora graminicola*, který může omezovat infekci patogenem *Gaeumannomyces graminis* (viz. výše) (Martyniuk, 2008).

V semenech kostřavy rákosovité se vyskytují zástupci tzv. p- i e-endofytů (odlišná morfologie, lokalizace v hostiteli atd.) P-endofyty jsou houby typu *Gliocladium*-like a *Phialophora*-like, e-endofyt je pak *Acremonium* (teleomorfa *Epichloe typhina*) (Siegel et Phillips, 1995). Dva zástupci těchto hub byli z kostřavy také izolováni na Novém Zélandu, endofyty zde byly identifikovány jako *Acremonium coenophialum* (ze semen a listů) a houba typu *Phialophora*-like (ze semen, listů a kořenů) (Latch et al, 1984).

**3.2.5 Houby ovsíku vyvýšeného (*Arrhenatherum elatius*):** Tato travina je uváděna jako středně odolná vůči chorobám (Petříková et al., 2006). Z ovsíku je známa heteroecická rez *Puccinia coronata*, která vytváří na této rostlině telia (Farr et al., 1989; Szabo, 2006). Dále se na ovsíku vyskytuje houba *Stagonospora arenaria*, která na napadené rostlině obvykle tvoří fialové až tmavě fialově-hnědé skvrny (Sprague, 1941). Při infekci námelem – *Claviceps pupurea* byly ze sklerocií na povrchu ovsíku izolovány tyto alkaloidy: ergotamin (hlavní alkaloid při napadení ovsíku), ergosin a ergotoxin (Mantle et Shaw, 1977). Ze sněti je ve státě Ohio na ovsíku vyvýšeném známo pouze *Ustilago avenae* (Ellett, 1959). Farr et al. (1989) však uvádí ještě sněti *Tilletia caries* a *T. controversa*.

Endofyty u tohoto druhu dosud nebyly studovány a proto není o nich nic známo.

**3.2.6 Houby ozdobnice čínské (*Miscanthus sinensis*):** Jako nejvýznamnější patogeny ozdobnice jsou v Evropě uváděny *Rhizoctonia* sp. (původce choroby stonků) a *Pythium* sp. způsobující hnilobu kořenů (Stražil, 1998). Patogenní druh *Leptosphaeria* sp. (anamorfa *Stagonospora* sp.) je původcem skvrnitosti a nekrózy listů, u mladších rostlin dochází dokonce k celkové nekróze (O'Neill et Farr, 1996).

Na ozdobnici čínské byl popsán také nový druh z rodu *Fusarium* – *Fusarium miscanthi* (Gams et al., 1999).

Chiang et al. (2001) studovali mykoflóru listů ozdobnice pomocí molekulárně-genetických metod a kromě druhů, které zde byly již dříve zaznamenány (*Puccinia* sp., *Sphacelotheca* sp., *Ustilago* sp. a *Sporobolomyces* sp.), našli nově i *Cladosporium oxysporum*, *C. cladosporoides* a *Fusarium polyphialidicum*. Dále byla studována mykobiota stojících stébel senescentních rostlin příbuzného druhu *M. floridulus*. Nejčastěji byly zjištěny houby *Massarina purpurascens*, *Petrakia* sp., *Tetraploa aristata*, *Linocarpon angustatum* a *Ceratosporella compacta* (Wong et Hyde, 2001).

**3.2.7 Houby psinečku velikého (*Agrostis gigantea*):** Farr et al. (1989) uvádí na tomto druhu pouze heteroecickou rez *Puccinia graminis*. Tento druh zřejmě nebyl, co se týče

mykobioty, příliš zkoumán a proto dále uvádím i houby na několika příbuzných druzích. Na *Agrostis canina* je znám druh sněti *Tilletia pallida* a na *A. tenuis* druh *Ustilago striiformis* (podle Ellett, 1959). *A. alba* byl shledán jako částečně rezistentní k infekci *Cochliobolus sativus*, *Drechslera biseptata*, *Pyrenophora japonica*, *Septoria* sp. způsobující listové skvrnitosti a zcela imunní k infekci *Pyrenophora bromi* (Sampson et Watson, 1985).

Z endofytických druhů je na psinečku *A. hiemalis* známo *Acremonium typhinum* (teleomorfa - *Epichloe typhina*) (White et Morrow, 1991), které zde někdy tvoří i stromata.

**3.2.8 Houby rákosu obecného (*Phragmites australis*):** Na listech rákosu a to živých nebo rozkládajících se bylo zjištěno 35 druhů hub a nejčastější byly *Septoriella* sp., *Phoma* sp., *Cladosporium* sp., *Phomatospora berkeleyi*, *Phaeosphaeria* sp., *Didymella glacialis*, *Hendersonia* sp., *Puccinia phragmitis* a *Stagonospora vexata* (Ryckegem, et al., 2007). *Puccinia phragmitis* je heteroecická rez, která se na rákosu vyskytuje ve fázi telii (Farr et al., 1989).

Jako nejčastější endofyty (stonku, kořene a listů) byly zaznamenány: *Cladosporium* sp., *Trichoderma* sp., *Epicoccum* sp., *Cylindrocarpon* sp., *Microdochium* sp. a *Exophiala* sp. (Wirsel et al., 2001).

**3.2.9 Houby sveřepu bezbranného (*Bromus inermis*):** Běžně se pěstuje odrůda Tabrom, která je odolná vůči chorobám a škůdcům.

*Puccinia coronata* byla nalezena na sveřepu i v ČR (tyto kmeny pak dále sloužily ke genetické analýze – Szabo, 2006). Větší skvrny na listech způsobily při testování *Cochliobolus sativus*, *Pyrenophora bromi* a *Septoria* sp., sveřep se tedy ukázal jako náchylný k jimi způsobeným onemocněním. Naopak částečně odolný byl vůči nákaze *Drechslera biseptata* a *Pyrenophora japonica* (Sampson et Watson, 1985).

O výskytu endofytů na *Bromus inermis* jsem nenalezla žádnou práci, ale na *B. anomalus* je jako endofyt znám druh *Acremonium starrii*. Jejich vztah byl sledován i z hlediska produkce alkaloidů a ve sveřepu tato houba produkovala dva typy alkaloidů (Siegel et al., 1990).

**3.2.10 Houby slunečnice roční (*Helianthus annuus*):** Na slunečnici je popsáno široké spektrum chorob. Jedním z jejich původců je *Phomopsis helianthi*, která způsobuje nádory stonku (Heller et Gierth 2000). Další chorobou je černání stonků slunečnice, kterou způsobuje *Phoma macdonaldii* (teleomorfou je *Leptosphaeria lindquistii*). Jako první se vytváří černé skvrny na stonku, které se později změni v povlak a také obklopí spodní stranu květenství. Tato choroba snižuje i produkci semen (Roustaee et al., 2000).

Co se týče endofytů tak dosud byla studována pouze endofytická mykobiota semen. Nejčastěji byly zaznamenány rody *Aspergillus*, *Penicillium* a *Fusarium* (*F. anthophilum*, *F. moniliforme*, *F. oxysporum* a *F. semitectum*) (Da Paz et Menezes, 2005).

**3.2.11 Houby topinamburu hlíznatého (*Helianthus tuberosus*):** Je uváděn jako rostlina dost odolná vůči houbovým chorobám. Někdy může být napadán houbou *Sclerotinia libertiana* (což je zřejmě nejčastější choroba topinamburu v ČR), která poškozují hlízy (Petříková et al., 2006). Jako původce dalších chorob, které však u nás zřejmě nejsou tak významné, bych uvedla *Colletotrichum helianthi*, *Septoria helianthi* (původci listových skvrnitostí), *Sclerotinia sclerotiorum* (hniloby a vadnutí), *Phymatotrichopsis omnivora* (hniloby kořenů) a několik dalších (Farr et al., 1989).

Endofyty nebyly dosud zřejmě zkoumány.

**3.2.12 Houby světlíce barvířské (*Carthamus tinctorius*):** Jedním z patogenů, které způsobují velké ztráty na úrodě je *Macrophomina phaseolina*. Rostliny napadené touto houbou jsou menšího vzrůstu a i květenství jsou menší. *M. phaseolina* zapříčiňuje vznik prasklin ve stonku, nízko nad půdou. Praskliny jsou vyplněny myceliem a rostliny dále špatně rostou, poléhají, květenství jsou drobnější a produkce semen nižší. Kvetení je oproti zdravým rostlinám opožděno (Govindappa et al., 2005). U nás jsou dále jako významné parazity uváděny *Botrytis cinerea*, *Albugo candida*, *Alternaria*, *Fusarium* sp. a *Puccinia carthami* (Petříková et al., 2006).

Endofyty nebyly dosud zřejmě zkoumány.

**3.2.13 Houby lničky seté (*Camelina sativa*):** Brandenburger (1985) uvádí na lničce pouze 7 původců chorob a to *Pythium debaryanum*, *Plasmodiophora brassicae*, *Albugo candida*, *Peronospora camelinae*, *Erysiphe crucifearum*, *Puccinia isiacae* a *Septoria camelinae*. Lnička je poměrně odolná vůči chorobám.

Endofyty nebyly dosud zřejmě zkoumány, protože při studiu literatury jsem nenalezla žádnou takto zaměřenou práci.

**3.2.14 Houby řepky olejký (*Brassica napus*):** Tuto bylinu poškozují několik druhů fytopatogenních hub. Jedním z nich je *Leptosphaeria maculans*, která způsobuje destruktivní nádory stonku a tato houba je vysoce agresivní. Při inokulaci řepky méně agresivním patogenem *L. biglobosa* (vytváří povrchové léze na stonku) byla zjištěna indukce rezistence k napadení *L. maculans*. Rostlina je tak chráněna méně nebezpečným patogenem před napadením patogenem nebezpečnějším (Liu et al, 2006.). Jako inhibitory napadení patogenem by se zřejmě daly využít i endofytické bakterie, které úspěšně bránily v růstu dalšímu

významnému parazitu – *Verticillium dahliae* var. *longisporum*. *Verticillium* způsobuje cévní chorobu, která vede k vadnutí napadené rostliny (Granér et al., 2003).

Dále řepku napadají choroby způsobené např. *Plasmodiophora brassicae*, *Albugo candida*, *Alternaria brassicicola*, *A. brassicae*, *Fusarium oxysporum*, *Rhizoctonia solani* a mnoho dalších (Farr et al., 1989).

U řepky byly studovány zejména patogeny, o endofytické mykobiotě není dosud nic známo.

**3.2.15 Houby křídlatky (*Reynoutria* sp.):** Vzhledem k tomu, že se (alespoň u nás) jedná o rostlinu invazní, zatím se nikdo zvláště nezabýval jejími endofyty. Brandenburger (1985) na křídlatce popisuje parazitické druhy *Phyllosticta polygonorum*, *Phytophthora cactorum*, *Rhizoctonia crocorum*, *R. solani*, *Peronospora jaapiana*, *Erysiphe polygoni*, *Puccinia phragmitis* var. *phragmitis*, *Uredo rhei-undulati*, *Botrytis cinerea*, *Ramularia rhei*, *Ascochyta rhei* a *Phyllosticta fourcadei*.

Extrakt z křídlatky (*R. sachalinensis*) - Regalia® SC (starší název Milsana®) se používá proti ohoření padlím, jeho účinnost se dá srovnat se sirnými postřiky a je zvláště vhodný v organickém zemědělství jako prevence a kontrola choroby. Jeho účinek byl ověřen kromě jiných také na chorobě skleníkových rajčat způsobené *Leveillula taurica* (Konstantinidou-Doltsinis et al., 2006).

**3.2.16 Houby šťovíku krmného (*Rumex patientia* x *R. tianschanicus*):** Šťovík krmný je nově vypěstovaný druh, proto přímo na něm nejsou dosud známy žádné patogeny ani endofyty.

Nicméně můžeme uvažovat, že jej budou napadat stejní parazité, jako druhy z nichž byl vyšlechtěn (*R. patientia* a *R. tianschanicus*). V ČR ho ojediněle a jen ve vlhkých letech poškozují antraknóza. Jinak je uváděn jako rostlina odolná k chorobám a škůdcům (Petříková et al., 2006).

Nenalezla jsem ani zmínky o endofytech jiných druhů šťovíku.

**Tab.1** Houby šťovíku (Farr et al., 1989; Brandenburger, 1985; Ellis et Ellis, 1997)

|                                     |                                 |                                  |
|-------------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|
| <i>Aecidium minutulum</i>           | <i>Ovularia canegricola</i>     | <i>Ramularia macrospora</i>      |
| <i>Apiospora</i> sp.                | <i>Ovularia obliqua</i>         | <i>Ramularia occidentalis</i>    |
| <i>Aplosporella rumicicola</i>      | <i>Peronospora rumicis</i>      | <i>Ramularia pratensis</i>       |
| <i>Ascochyta foliicola</i>          | <i>Phoma herbarum</i>           | <i>Ramularia rubella</i>         |
| <i>Ascochyta rumicis-patientiae</i> | <i>Phoma terrestris</i>         | <i>Ramularia rumicis</i>         |
| <i>Botryosphaeria dothidea</i>      | <i>Phomopsis durandiana</i>     | <i>Ramularia rumicis-crispi</i>  |
| <i>Botryosphaeria obtusa</i>        | <i>Phyllactinia gattata</i>     | <i>Ramularia rumicis-scutati</i> |
| <i>Botrytis cinerea</i>             | <i>Phyllosticta acetosae</i>    | <i>Ramularia</i> sp.             |
| <i>Botrytis</i> sp.                 | <i>Phyllosticta acetosellae</i> | <i>Rhizoctonia crocorum</i>      |



|   |                                   |   |
|---|-----------------------------------|---|
| <i>Cercospora acetosellae</i>                         | <i>Phyllosticta circuligerens</i> | <i>Rhizoctonia solani</i>                 |
| <i>Cercospora peckiana</i>                            | <i>Phyllosticta rumicis</i>       | <i>Septoria pleosporoides</i>             |
| <i>Cercospora rumicis</i>                             | <i>Phyllosticta</i> sp.           | <i>Septoria rumicis</i>                   |
| <i>Cercospora</i> sp.                                 | <i>Phymatotrichopsis omnivora</i> | <i>Sphaeropsis sphaerelloides</i>         |
| <i>Colletotrichum dematium</i>                        | <i>Physoderma majus</i>           | <i>Stictis radiata</i>                    |
| <i>Cristulariella moricola</i>                        | <i>Plagiostoma devexa</i>         | <i>Synchytrium anomalum</i>               |
| <i>Crocicreas cyathoideum</i><br>var. <i>cacaliae</i> | <i>Puccinia acetosae</i>          | <i>Uromyces acetosae</i>                  |
| <i>Cylindrosporium pulchrum</i>                       | <i>Puccinia aristidae</i>         | <i>Uromyces alpinus</i>                   |
| <i>Diaporthe arctii</i>                               | <i>Puccinia biformis</i>          | <i>Uromyces polygoni-<br/>aviculariae</i> |
| <i>Erysiphe polygoni</i>                              | <i>Puccinia lapathicola</i>       | <i>Uromyces rickerianus</i>               |
| <i>Gloeosporium rumicis</i>                           | <i>Puccinia ornata</i>            | <i>Uromyces rumicis</i>                   |
| <i>Helotium consobrinum</i>                           | <i>Puccinia pachyphloea</i>       | <i>Uromyces tingitanus</i>                |
| <i>Heterosporium caulicola</i>                        | <i>Puccinia pedunculata</i>       | <i>Urophlyctis ruebsaamenii</i>           |
| <i>Hymenoscyphus scutula</i> f. <i>alba</i>           | <i>Puccinia phragmitis</i>        | <i>Ustilago goeppetiana</i>               |
| <i>Keissleriella gallica</i>                          | <i>Puccinia rumicicola</i>        | <i>Ustilago kuehneana</i>                 |
| <i>Leptosphaeria lophospora</i>                       | <i>Puccinia subnitens</i>         | <i>Ustilago parlatorei</i>                |
| <i>Leptosphaeria macrospora</i>                       | <i>Pythium helicandrum</i>        | <i>Ustilago stygia</i>                    |
| <i>Lophiostoma caulium</i>                            | <i>Ramularia bulgarica</i>        | <i>Ustilago warmingii</i>                 |
| <i>Mollisia polygoni</i>                              | <i>Ramularia circumfusa</i>       | <i>Venturia rumicis</i>                   |
| <i>Ophiobolus acuminatus</i>                          | <i>Ramularia decipiens</i>        |   |

**3.2.17 Houby konopí setého (*Cannabis sativa*):** Nejvýznamnější choroby konopí v našich podmínkách jsou způsobeny houbami *Botrytis cinerea*, *Giberella pulicaris* a *Sclerotinia sclerotiorum* (původce nejnebezpečnější choroby - bílé hniloby) (Brandenburger, 1985; Stražil, 1998).

Endofytické houby nebyly dosud zkoumány.

**3.2.18 Houby laskavce (*Amaranthus* sp.):** Patogenem laskavce je mimo jiné *Cercospora beticola*, která napadá také (a to zejména!) řepu (*Beta vulgaris*). Na těchto rostlinách způsobuje listovou skvrnitost postupně likvidující napadené listy (Weiland et Koch, 2004).

Jako další patogeny jsou z ČR uváděni zástupci rodů *Pythium*, *Rhizoctonia*, *Fusarium* a *Aphanomyces* jakožto parazity mladých rostlin. Koncem vegetace se pak na této bylině objevuje *Phoma* spp. a *Phomopsis* spp. Při vlhkém podzimu se pak na latách vyskytují *Botrytis* spp., *Fusarium* spp. a *Alternaria* spp. (Petříková et al., 2006).

Nejčastějším endofytem laskavce jsou druhy z okruhu *Alternaria tenuissima* na listech a květu. Jako endofyty byly také zjištěny *Epicoccum nigrum* (listy), *Phoma* spp. (okvěti) a *Fusarium* spp. (zejména pak *F. oxysporum*) (kořeny). *F. oxysporum* zde dominovalo i nad *A. tenuissima*. Ve stonku byly časté *A. tenuissima*, *Penicillium* sp., *Fusarium equiseti* a *Chaetomium* sp. (Blodgett et al., 2000).

Studium kolonizace endofytickými houbami také ukázalo bioindikační schopnosti ukazující na vitalitu hostitele. Jako biondikátor byla studována kolonizace houbou *Alternaria alternata* (Swart et al, 1998), ta se osvědčila jako indikátor vhodných půdních podmínek pro růst laskavce.

**3.2.19 Houby sidy vytrvalé (*Sida hermafrodita*):** Přímo na druhu *S. hermafrodita* nejsou v kompendiích ani člancích uváděny endofyty ani parazity, Farr et al. (1989) uvádí na *Sida* sp. druhy *Puccinia heterospora*, *P. malvacearum*, *Mycovellosiella sidarum*, *Ramularia gossypii* a *Colletotrichum malvarum*. Tyto houby se tedy dají předpokládat i na *S. hermafrodita*. *Sida* u nás dosud nebyla velkoplošně pěstována a zřejmě se jí proto nevěnovaly studie.

**3.2.20 Houby rychle rostoucích dřevin:** Mykobiota stromů je široce zkoumána a to jak parazitická, tak i endofytická a saprofytická. Konkrétně budou zmíněny druhy hub na topolu a vrbě, tedy na druzích dřevin, které se u nás pěstují jako energetické rostliny. Makroskopické houby (různé chorošovitě houby apod.) nebudou zmiňovány.

**3.2.20.1 Houby topolu (*Populus* sp.):** Usychání listů a výhonů topolů způsobuje parazitický rod *Venturia* a u nás se jedná zejména o dva druhy – *V. populina* a *V. tremulae*. *Glomerella cingulata* způsobuje antraknózu a usychání výhonů. Listovou skvrnitost zde způsobují také *Drepanopeziza* spp. nebo *Mycosphaerella populi*. Jako nejvýznamnější druhy padlí jsou uváděny *Phyllactinia guttata* a *Uncinula adunca*. Heteroecická rez *Melampsora larici-populina* napadající listy, snižuje asimilační plochu, ale může vést i k jejich předčasnému opadu. Nejvýznamnějšími původci rakoviny jsou *Cryptodiaporthe populea*, *Nectria galligena*, *Valsa sordida*, *Leucostoma niveum*, *Fusarium* spp., *Botryosphaeria dothidea* a *Entoleuca mammata* (ta je i původcem hniloby). Bílou hnilobu bází kmenů a kořenů způsobuje *Kretzschmaria deusta* (uvedená pod starším jménem *Hypoxylon deustum*) (Gregorová et al., 2006; Sinclair et al., 1987).

Santamaría et Diez (2005) uvádějí jako nejčastější houby (endofyty i patogeny) topolu (*Populus tremula*) z listů *Trichothecium roseum*, *Cladosporium maculicola*, *Aureobasidium pullulans*, *Rhizopus stolonifer*, *Alternaria alternata* a *Penicillium* sp., z větví *Trichothecium roseum*, *Elsinoe veneta*, *Cladosporium maculicola*, *Cytospora chrysosperma*, *Alternaria alternata*, *Aureobasidium pullulans* a *Arthrinium phaeospermum* a z kůry *Trichothecium roseum*, *Penicillium* sp., *Rhizopus stolonifer* a *Ulocladium* sp.

**3.2.20.2 Houby vrby (*Salix* sp.):** Původci nejdůležitějších listových skvrnitostí vrb jsou *Glomerella cingulata*, *Drepanopeziza sphaeroides*, *Rhytisma salicinum* či *Venturia saliciperda*. Nejvýznamnější padlí vrby je *Uncinula adunca* a rzi *Melampsora* spp. Rakovina je zde nejčastěji způsobena *Botryosphaeria dothidea*, *Valsa sordida*, *Leucostoma niveum*,

*Nectria cinnabarina*, *N. galligena*, a *Entoleuca mammata*. Hnilobu působí *Phytophthora cactorum*. (Gregorová et al., 2006; Sinclair et al., 1987).

Nejčastějšími endofyty z kůry jsou *Aureobasidium pullulans*, *Beauveria* cf. *alba*, *Cytospora* sp., *Daldinia* sp. (anamorfa), *Diplodina microsperma*, *Fusarium lateritium*, *Hypoxylon bipapillatum*, *Phoma cava*, *Phomopsis salicina*, *Sordaria macrospora* (Petrini et Fisher, 1990). Baum et Hryniewicz (2006) uvádí jako nejčastější saprotrofní houby v rhizosféře vrby *Cylindrocarpon destructans*, *Fusarium oxysporum*, *Humicola fuscoatra*, *H. grisea*, *Mortierella exigua*, *Penicillium janthinellum* a *Pythium ultimum*.

## 4. Rod *Fusarium*

*Fusarium* je anamorfní houbový rod, jehož výskyt na rostlinách je častý a je popsáno mnoho druhů na většině energetických rostlin. Dá se předpokládat, že v dalších studiích budou nalezeny další druhy.

Níže následuje výčet druhů, které byly již na energetických rostlinách zaznamenány, u některých bude uvedeno, jaké choroby způsobují (pokud je to známo). *Fusarium* na obilovinách uvedeno nebude a ze stromů budou uváděny pouze topol a vrba.

Rodu *Fusarium* bylo již věnováno velké množství publikací a z těch nejvýznamnějších prací jsou Leslie et Summerell (2006), Gerlach et Nirenberg (1982), Booth (1971), Summerell et al. (2001) a Desjardins (2006).

### 4.1 *Fusarium* anamorfní rod

Původně byly houby do tohoto rodu zařazovány a vyřazovány podle morfologie (především většinou zakřivených makrokonidií), postupně však, jak se objevovaly vztahy s teleomorfami a určující molekulárně-genetické znaky, byly na jejich základě některé druhy z tohoto rodu vyňaty a přesunuty do jiných taxonomických jednotek.

Jak již bylo zmíněno, makrokonidie jsou hlavním znakem rodu *Fusarium*, ale ne všechny houby, které vytváří podobné makrokonidie, jsou skutečně příbuzné. A naopak ne všechny houby, které sem patří geneticky, produkují makrokonidie (Seifert, 2001). Makrokonidie jsou

vícebuněčné, většinou zakřivené, se zobanovitou apikální buňkou a stopkatou buňkou bazální. Vytváří se na monofialidách nebo sporodochiích (Leslie et Summerell, 2006; Hoog et al., 2000).

Mikrokonidie nejsou vytvářeny vždy a pokud se tedy objeví, jsou důležitým determinačním znakem. Mikrokonidie jsou jednobuněčné, různého tvaru a vytváří se na mono- nebo polyfialidách (Leslie et Summerell, 2006; Hoog et al., 2000).

Některé druhy produkují také chlamydostry. Chlamydostry jsou tlustostěnné hyalinní, nebo světle zbarvené a jejich tvorba i tvar jsou variabilní. Jsou dalším důležitým determinačním znakem (Leslie et Summerell, 2006; Hoog et al., 2000).

Blastokonidie jsou produkovány samostatně na polyblastických buňkách, mají 0-3 septa (Leslie et Summerell, 2006; Hoog et al., 2000).

## 4.2 *Fusarium* a teleomorfní stadia

Teleomorfními rody, jejichž některé druhy mají *Fusarium* jako anamorfu, jsou *Gibberella*, *Albonectria* a *Haematonectria* (Leslie et Summerell, 2006) a řadí se do čeledi Nectriaceae, řádu Hypocreales, třídy Ascomycetes (Kirk et al., 2008).

*Gibberella*: tmavá fialovo-černá perithecia; věcka jsou relativně úzká kyjovitá; askospory mají 1-3 septa a jsou rovné nebo mírně zakřivené, hyalinní, postupně světle hnědé (Leslie et Summerell, 2006).

*Haematonectria*: žlutá až červená perithecia, kulatá až pyriformní; věcka jsou kyjovitá; askospory jsou pruhované, elipsoidní s 1 septem (Leslie et Summerell, 2006).

*Albonectria*: bílá až bledá perithecia, kulatá, zakulacená až elipsoidní; ve věcku jsou 4-8 askospor, askospory jsou elipsoidní až protáhle elipsoidní a mají 3 septa (Leslie et Summerell, 2006).

## 4.3 Konkrétní druhy

**4.3.1 Čirok (*Sorghum* sp.):** Dosud byly zjištěny druhy *F. acuminatum*, *F. culmorum*, *F. equiseti*, *F. verticillioides*, *F. oxysporum*, *F. tricinctum*, *F. graminearum*, *F. napiforme*, *F. nygamai*, *F. proliferatum*, *F. semitectum*, *F. solani*, *F. subglutinans*, *F. sacchari*, *F. circinatum*, *F. thapsinum* a *Fusarium* sp., které u čiroku nejčastěji způsobují čern, uhnívání

kořene a stonku, spálu klíčnicích rostlin a další choroby (Farr et al., 1989; Frederiksen et al., 2000).

**4.3.2 Chrastice rákosovitá (*Phalaris arundinacea*):** Zatím zjištěn pouze druh *F. acuminatum*, které je původcem sekundární hniloby kořenů chrastice (Farr et al., 1989).

**4.3.3 Kostřava rákosovitá (*Festuca arundinacea*):** *F. acuminatum* původce sekundární hniloby kořenů a *F. heterosporum* původce růžovění klasů (Farr et al., 1989).

**4.3.4 Ovsík vyvýšený (*Arrhenatherum elatius*):** Zatím nebyl žádný druh z rodu *Fusarium* zjištěn.

**4.3.5 Ozdobnice čínská (*Miscanthus sinensis*):** Přímo na ozdobnici byl popsán nový druh *F. miscanthi*. Mykobiota ozdobnice čínské ještě není příliš známa, ale vzhledem k využití ozdobnice v energetice bude zkoumána v rámci mé diplomové práce, a proto uvádím i bližší informace k tomuto druhu. *F. miscanthi* bylo izolováno zřejmě pouze ze stébel *M. sinensis* zahrabaných v půdě v Dánsku. Není známa patogeneze (Gams et al., 1999). Zatím se nepodařilo navodit v laboratorních podmínkách pohlavní fázi životního cyklu, u některých kmenů byla však pozorována struktura podobná sklerociím (Leslie et Summerell, 2006).

**4.3.6 Psineček veliký (*Agrostis gigantea*):** Nenalezla jsem zmínky o rodu *Fusarium* na tomto druhu traviny, nicméně na jiných druzích z rodu *Agrostis* jsou uváděny druhy *F. culmorum*, *F. graminearum* a *F. poae*. (Brandenburger, 1985)

**4.3.7 Rákos obecný (*Phragmites australis*):** Je znám druh *F. acuminatum* způsobující sekundární hnilobu kořenů. (Farr et al., 1989)

**4.3.8 Sveřep bezbranný (*Bromus inermis*):** Druhy *F. acuminatum*, *F. avenaceum*, *F. culmorum*, *F. equiseti*, *F. poae* a *F. sporotrichoides* jsou původci zejména hniloby kořenů (s výjimkou *F. avenaceum* původce hniloby stonku) (Farr et al., 1989).

**4.3.9 Slunečnice roční (*Helianthus annuus*):** Na slunečnici jsou dosud známy druhy: *F. anthophilum*, *F. moniliforme*, *F. proliferatum*, *F. subglutinans*, *F. chlamydosporum* a *F. sporotrichoides* (Nahar et Mushtaq, 2006).

**4.3.11 Topinambur hlíznatý (*Helianthus tuberosus*):** Hlízy někdy napadá *F. acuminatum*, které působí jejich hnilobu (Anonymus, 2009).

**4.3.10 Světlice barvířská (*Carthamus tinctorius*):** Na světlici jsou známy *F. oxysporum* a *F. oxysporum* f. sp. *carthami*, které způsobuje vadnutí (Farr et al., 1989).

**4.3.12 Lnička setá (*Camelina sativa*):** *Fusarium* sp. zde způsobuje choroby kořene. (Gugel, 2010)

**4.3.13 Řepka olejka (*Brassica napus*):** *F. oxysporum* způsobuje žloutnutí a *Fusarium* sp. také padání, suché hniloby a vadnutí. (Farr et al., 1989)

**4.3.14 Křídlatka (*Reynoutria* sp.):** Vzhledem k malé znalosti mykobioty křídlatek vůbec, zde zřejmě není známa ani přítomnost druhů rodu *Fusarium*.

**4.3.15 Šťovík krmný (*Rumex patientia* x *R. tianschanicus*):** Na tomto poměrně novém kříženci ani na původních druzích, z nichž byl vyšlechtěn, není *Fusarium* známo.

**4.3.16 Konopí seté (*Cannabis sativa*):** Na konopí byly zjištěny druhy *F. oxysporum* f. sp. *cannabis* a *Fusarium* sp., kde první způsobuje vadnutí a druhý hnilobu. (Farr et al., 1989)

**4.3.17 Laskavec (*Amaranthus* sp.):** *F. oxysporum* způsobující hnilobu kořenů laskavce bylo izolováno jak z kořenů tak i z půdy okolo nich. (Chen et Swart, 2001)

**4.3.18 Sida vytrvalá (*Sida hermaphrodita*):** Přímou na *S. hermaphrodita* jsem nenalezla žádnou informaci o výskytu druhu z rodu *Fusarium*, ale na *S. spinosa* byl zaznamenán druh *Fusarium lateritium* způsobující léze na stoncích, kořenech a listech (Walker, 1981).

**4.3.19 Topol (*Populus* sp.):** Na topolu je *Fusarium* sp. (*F. lateritium* a *F. solani*). popsáno jako původce rakoviny (Gregorová et al., 2006). Z *P. tremuloides* byly izolovány *F. solani* (Hutchinson, 1999) a z kůry a listů *P. tremula* *F. lateritium* (Santamaría et Diez, 2005).

**4.3.20 Vrba (*Salix* sp.):** Petrini et Fisher (1990) uvádí *F. lateritium* jako endofyt v xylému a kůře vrb. *F. oxysporum* je známo z rhizosféry (Baum et Hrynkiwicz, 2006).

Jak je z výše uvedeného seznamu patrné, druhy rodu *Fusarium* jsou významné patogenní i endofytické houby různých energetických rostlin.

## 5. Závěr

Hlavní důraz v rozšiřování spektra pěstovaných energetických rostlin je dnes kladen na byliny. Nové plodiny jsou sice hledány v různých čeledích rostlin, nicméně dosud patří mezi nejpěstovanější energetické rostliny tradičnější druhy plodin (řepka, slunečnice apod.).

Přestože se dnes velká pozornost věnuje studiu endofytů, patogeny zemědělských plodin jsou stále lépe prozkoumané a známější a tak tomu bude i nadále, protože přese všechno jsou patogeny ekonomicky významnější. U trav, které byly lépe zkoumány až v posledních desetiletích, je však znalost endofytické i parazitické mykobioty srovnatelná. U stromů již dochází k rozšiřování znalostí i o endofytech. Je žádoucí, aby byly z hlediska endofytické mykobioty lépe prostudovány i tradičnější zemědělské plodiny, protože endofyty mají mimo jiné vliv i na napadení hostitelské rostliny patogenními houbami či okusování herbivory (vč. bezobratlých) a proto jejich znalost může znamenat větší efektivitu pěstování a ochrany před chorobami a škůdci.

Rod *Fusarium* je významný houbový rod s velkým množstvím zástupců na energeticky významných rostlinách. Při dalším studiu budou pravděpodobně na těchto rostlinách identifikovány další druhy rodu *Fusarium*. Některé druhy tohoto rodu jsou důležitými patogeny rostlin, u některých dosud není znám patogenní účinek.

Ve své diplomové práci se chci věnovat studiu mykobioty ozdobnice čínské, šťovíku krmného a čiroku. Po povrchové sterilizaci budu na agarovém médiu identifikovat houby pomocí makro- i mikroskopických znaků, u druhů, které nebude možno takto určit, bude provedena molekulárně-genetická identifikace.

## 6. Citovaná literatura

- ANONYMUS (2009): Root crops – Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus*). - [http://www.appropedia.org/Original:Root\\_Crops\\_20](http://www.appropedia.org/Original:Root_Crops_20).
- BAUM C., HRYNKIEWICZ K. (2006): Clonal and seasonal shifts in communities of saprotrophic microfungi and soil enzyme activities in the mycorrhizosphere of *Salix* spp. – Journal of Plant Nutrition and Soil Science 169:481-487.
- BLODGETT J. T., SWART W. J., LOUW S. vd M., WEEKS W. J. (2000): Species composition of endophytic fungi in *Amaranthus hybridus* leaves, petioles, stems, and roots. – Mycologia 92(5):853-859.
- BOCKUS W. W., BOWDEN R. L., HUNGER R. M., MORRILL W. L., MURRAY T. D., SMILEY R. W. (eds.) (2010): Compendium of Wheat Diseases and Pests. – 184 p. St. Paul, Minnesota.
- BOOTH C. (1971): The genus *Fusarium*. – 237 p. Kew.
- BRANDENBURGER W. (1985): Parasitische Pilze an Gefäßpflanzen in Europa. – 1248 p. Stuttgart, Germany.
- CARROLL G. C. (1986): The biology of endophytism in plants with particular reference to woody perennials. – In: Fokkema N. J., Heuvel J. (eds.), Microbiology of phyllosphere, p. 205-222. Cambridge.
- CROUS P. W., PETRINI O. MARAIS G. F., PRETORIUS Z. A., REHDER F. (1995): Occurrence of fungal endophytes in cultivars of *Triticum aestivum* in South Africa - , Mycoscience 36:105-111.
- DA PAZ F. B., MENEZES M. (2005): Fungos endofíticos em sementes de girassol e diferenciação morfológica e enzimática de espécies de *Fusarium*. – Summa phytopatológica 31(1):87-93.
- DESJARDINS A. E. (2006): *Fusarium* mycotoxins, chemistry, genetics and biology. – 260 p. St. Paul, Minnesota.
- ELLETT C. W. (1959): The Ustilaginales (smut fungi) of Ohio. – The Ohio Journal of Science 59(5):313-318.
- ELLIS M. B., ELLIS J. P. (1997): Microfungi on land plants. – 868 p. Slough, England.
- FARR D. F., BILLS G. F., CHAMURIS G. P., ROSSMAN A. Y. (1989): Fungi on Plants and Plant Products in the United States. - 1252 p. St. Paul, Minnesota.
- FREDERIKSEN R. A., ODVODY G. N. (eds.) (2000): Compendium of Sorghum Diseases. – 78 p. St. Paul, Minnesota.



- GAMS W., KLAMER M., O'DONNELL K. (1999): *Fusarium miscanthi* sp. nov. from *Miscanthus* litter. – Mycologia 91(2):263-268.
- GERLACH W., NIRENBERG H. (1982): The genus *Fusarium* – a pictorial atlas. – 406 p. Berlin.
- GOVINDAPPA M., LOKESH S., RAI V. R. (2005): A new stem-splitting symptom in safflower caused by *Macrophomina phaseolina*. – Journal of Phytopathology 153(9):560-561.
- GRANÉR G., PERSSON P., MEIJER J., ALSTRÖM S. (2003): A study on microbial diversity in different cultivars of *Brassica napus* in relation to its wilt pathogen, *Verticillium longisporum*. – Microbiology Letters 224:269-276.
- GREGOROVÁ B., ČERNÝ K., HOLUB V., STRNADOVÁ V., ROM J., ŠUMPICH J., KLOUDOVÁ K. (2006): Poškození dřevin a jeho příčiny. – 508 p. Praha.
- GUGEL R. K. (2010): Diseases of *Camelina sativa*. - <http://www.agriculture.gov.sk.ca/Default.aspx?DN=294990cf-6ea5-4231-9cad-d0debfe209b6>.
- HELLER A., GIERTH K. (2001): Cytological observations of the infection process by *Phomopsis helianthi* (Munt.-Cvet.) in leaves of sunflower. – Journal of Phytopathology 149:347-357.
- HOOG DE G. S., GUARRO J., GENÉ J., FIGUERAS M. J. (2000): Atlas of clinical fungi. – 1126 p. Utrecht, Netherlands.
- HUTCHINSON L. J. (1999): Wood-inhabiting microfungi isolated from *Populus tremuloides* from Alberta and northeastern British Columbia. – Canadian Journal of Botany 77:898-905.
- CHEN W.-Q., SWART W. J. (2001): Genetic variation among *Fusarium oxysporum* isolates associated with root rot of *Amaranthus hybridus* in South Africa. – Plant Disease 85(10):1076-1080.
- CHIANG Y.-C., CHOU C.-H., LEE P.-R., CHIANG T.-Y. (2001): Detection of leaf-associated fungi based on PCR and nucleotide sequence of the ribosomal internal transcribed spacer (ITS) in *Miscanthus*. – Botanical Bulletin of Academia Sinica 42:39-44.
- KARTHIKEYAN M., SANDOSSKUMAR R., RADHAJEYALAKSHMI R., MATHIYAZHAGAN S., KHABBAZ S. E., GANESAMURTHY K., SELVI B., VELAZHAHAN R. (2007): Effect of formulated zimmu (*Allium cepa* L.x *Allium sativum* L.) extract in the management of grain mold of sorghum. – Journal of the Science of Food and Agriculture 87:2495-2501.
- KIRK M., CANNON P. F., MINTER D. W., STALPERS J. A. (eds.) (2008): Ainswort & Bisby's Dictionary of the Fungi. Tenth edition. – 771 p. Wallingford, Great Britain.

- KONSTANTINIDOU-DOLTSINIS S., MARKELLOU E., KASSELAKI A.-M., FANOURLAKI M. N., KOUMAKI C. M., SCHMITT A., LIOPA-TSAKALIDIS A., MALATHRAKIS N. E. (2006): Efficacy of Milsana®, a formulated plant extract from *Reynoutria sachalinensis*, against powdery mildew of tomato (*Leveillula taurica*). – *BioControl* 51:375-392.
- LARRAN S., PERELLO A., SIMON M. R., MORENO V. (2007): The endophytic fungi from wheat (*Triticum aestivum* L.). - *World Journal of Microbiology and Biotechnology* 23: 565-572.
- LARRAN S., PERELLÓ A., SIMÓN M. R., MORENO V. (2002): Isolation and analysis of endophytic microorganisms in wheat (*Triticum aestivum* L.) leaves. - *World Journal of Microbiology and Biotechnology* 18: 683-686.
- LATCH G. C. M., CHRISTENSEN M. J., SAMUELS G. J. (1984): Five endophytes of *Lolium* and *Festuca* in New Zealand. – *Mycotaxon* 20(2):535-550.
- LESLIE J. F., SUMMERELL B. A. (2006): *Fusarium* laboratory manual. - 388 p. Ames, United States of America.
- LIU S. Y., LIU Z., FITT B. D. L., EVANS N., FOSTER S. J., HUANG Y. J., LATUNDE-DADA A. O., LUCAS J. A. (2006): Resistance to *Leptosphaeria maculans* (phoma stem canker) in *Brassica napus* (oilseed rape) induced by *L. biglobosa* and chemical defence activators in field and controlled environments. - *Plant Pathology* 55(3):401-412.
- MANTLE P. G., SHAW S. (1977): A case study of the aetiology of ergot disease of cereals and grasses. – *Plant Pathology* 26:121-126.
- MARTYNIUK S. (2008): The occurrence of *Phialophora*-like fungi related to *Gaeumannomyces graminis* under various grass species and some characteristics of these fungi. – *EPPO Bulletin* 17(4):609-613.
- MATHRE D. E. (ed.) (1997): *Compendium of Barley Diseases*. – 120 p. St. Paul.
- MOUDRÝ J., STRAŠIL Z. (1998): *Energetické plodiny v ekologickém zemědělství*. – 56 p. Hradec Králové.
- MURRAY T. D., PARRY D. W., CATTILIN N. D. (2008): *A colour handbook of diseases of small grain cereal crops*. – 144 p. St. Paul, Minnesota.
- NAHAR S., MUSHTAQ M. (2006): Pathogenicity and transmission studies of seed-borne *Fusarium* species (sec. *Liseola* and *Sporotrichiella*) in sunflower. – *Pakistan Journal of Botany* 38(2):487-492.
- O'NEILL N. R., FARR D. F. (1996): *Miscanthus* blight, a new foliar disease of ornamental grasses and sugarcane Incited by *Leptosphaeria* sp. and its anamorphic state *Stagonospora* sp. – *Plant Disease* 80:980-987.

- PETRINI O. (1986): Taxonomy of endophytic fungi of aerial plant tissues. – In: Fokkema N. J., Heuvel J. (eds.), *Microbiology of phyllosphere*, p. 175-187. Cambridge.
- PETRINI O. (1991): Fungal endophytes of tree leaves. – In: Andrews J. H., Hirano S. S. (eds.), *Microbial ecology of leaves*, p. 179-197. New York.
- PETRINI O., FISHER P. J. (1990): Occurrence of fungal endophytes in twigs of *Salix fragilis* and *Quercus robur*. – *Mycological Research* 94(8):1077-1080.
- PETŘÍKOVÁ V. (1998): Ekologický význam pěstování energetických rostlin a využívání biomasy v ČR. - *Obnovitelné zdroje energie, Kroměříž '98*:53-55.
- PETŘÍKOVÁ V. (2010): Rostliny pro energetické účely. – 34 p. – [http://www.mpo-efekt.cz/dokument/99\\_8089.pdf](http://www.mpo-efekt.cz/dokument/99_8089.pdf).
- PETŘÍKOVÁ V., SLADKÝ V., STRAŠIL Z., ŠAFAŘÍK M., UŠŤAK S., VÁŇA J. (2006): Energetické plodiny. – 127 p. Praha.
- RATNAVATHI C. V., SASHIDHAR R. B. (2007): Inhibitory effect of phenolics extracted from sorghum genotypes on *Aspergillus parasiticus* (NRRL 2999) growth and aflatoxin production. – *Journal of the Science of Food and Agriculture* 87:1140-1148.
- ROUSTAE A., COSTES S., DESCHAMP-GUILLAUME G., BARRAULT G. (2000): Phenotypic variability of *Leptosphaeria lindquistii* (anamorph: *Phoma macdonaldii*), a fungal pathogen of sunflower. – *Plant Pathology* 49:227-234.
- RYCKEGEM VAN G., GESSNER M. O., VERBEKEN A. (2007): Fungi on leaf blades of *Phragmites australis* in a brackish tidal marsh: Diversity, succession, and leaf decomposition. – *Microbial Ecology* 53:600-611.
- SAMPSON M. G., WATSON A. K. (1985): Host specificity of five leaf-spotting pathogens of *Agropyron repens*. – *Canadian Journal of Plant Pathology* 7:161-164.
- SANTAMARÍA O., DIEZ J. J. (2005): Fungi in leaves, twigs and stem bark of *Populus tremula* from northern Spain. – *Forest Pathology* 35:95-104.
- SEIFERT K. A. (2001): *Fusarium* and anamorph generic concepts. – In: Summerell B. A., Leslie J. F., Backhouse D., Bryden W. L., Burgess L. W. (eds.), *Fusarium*, Paul E. Nelson Memorial Symposium, p. 15-28. St. Paul, Minnesota.
- SIEBER T., RIESEN T. K., MÜLLER E., FIED P. M. (1988): Endophytic fungi in four winter wheat cultivars (*Triticum aestivum* L.) differing in resistance against *Stagonospora nodorum* (Berk.) Cast. and Germ. *Septoria nodorum* (Berk.) Berk. – *Journal of Phytopathology* 122: 289-306.
- SIEGEL M. R., LATCH G. C. M., BUSH L. P., FANNIN F. F., ROWAN D. D., TAPPER B. A., BACON C. W., JOHNSON M. C. (1990): Fungal endophyte-infected grasses: alkaloid accumulation and aphid response. – *Journal of Chemical Ecology* 16(12):3301-3315.

- SIEGEL M. R., PHILLIPS T. D. (1995): Incidence and compatibility of nonclavicipitaceous fungal endophytes in *Festuca* and *Lolium* grass species. – *Mycologia* 87(2):196-202.
- SINCLAIR W. A., LYON H. H., JOHNSON W. T. (1987): Diseases of trees and shrubs. – 574 p. New York.
- SOUZA-PACCOLA E. A., FÁVARO L. C. L., BOMFETI C. A., MESQUITA S. F. P., PACCOLA-MEIRELLES L. D. (2003): Cultural characterization and conidial dimorphism in *Colletotrichum sublineolum*. – *Journal of the Phytopathology* 151:383-388.
- SPARROW F.K. (1977): Observations on Chytridiaceous parasites of Phanerogams. XXIV. *Physoderma gerhardti* Schroeter on *Phalaris arundinacea* L. – *Archives of Microbiology* 114:241-247.
- SPRAGUE R. (1941): *Stagonospora arenaria* on Grasses. – *Mycologia* 33(4):371-379.
- STRAŠIL Z. (1998): Netradiční alternativní plodiny pro průmyslové využití – ozdobnice čínská a konopí seté. - Obnovitelné zdroje energie, Kroměříž '98:69-75.
- SWART W. J., BLODGETT J. T., LOUW S. V. D. M., WEEKS W. J., BENDER C. M. (1998): Using endophytic fungi in *Amaranthus hybridus* as bio-indicators of host vigour. - In: Proceedings of the Seventh International Congress of Plant Pathology: 2.9.2. Edinburgh, Scotland.
- SZABO L. J. (2006): Deciphering species complexes: *Puccinia andropogonis* and *Puccinia coronata*, examples of differing modes of speciation. – *Mycoscience* 47:130-136.
- VERMA V. S., KHAN A. M. (1965): Fungi associated with sorghum seeds. – *Mycopathologia* 27(3-4):314-320.
- WALKER H. L. (1981): *Fusarium lateritium*: a pathogen of spurred anoda (*Anoda cristata*), prickly sida (*Sida spinosa*), and velvetleaf (*Abutilon theophrasti*). – *Weed Science* 29:629-631.
- WEILAND J., KOCH G. (2004): Sugarbeet leaf spot disease (*Cercospora beticola* Sacc.). – *Molecular Plant Pathology* 5(3):157-166.
- WHITE D. G. (ed.) (1999): Compendium of Corn Diseases. – 128 p. St. Paul, Minnesota.
- WHITE J. F. JR., MORROW A. C. (1991): Endophyte-host associations in forage grasses. XIV. Primary stromata formation and seed transmission in *Epichloe typhina*: developmental and regulatory aspects. – *Mycologia* 83(1):72-81.
- WIRSEL S. G. L., LEIBINGER W., ERNST M., MENDGEN K. (2001): Genetic diversity of fungi closely associated with common reed. – *New Phytologist* 149:589-598.
- WONG M. K. M., HYDE K. D. (2001): Diversity of fungi on six species of Gramineae and one species of Cyperaceae in Hong Kong. – *Mycological Research* 105(12):1485-1491.