

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

Katedra aplikované ekologie



Bakalářská práce

**Chrastice rákosovitá (*Phalaris arundinacea*) jako
energeticky využitelná rostlina**

Vedoucí bakalářské práce: Doc. Ing. Jan Vymazal, CSc.

Vypracovala: Andrea Vacková

2012 ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra ekologie krajiny

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Vacková Andrea

Aplikovaná ekologie pro bakaláře - kombinované Praha

Název práce

Chrastice rákosovitá (*Phalaris arundinacea*) jako energeticky využitelná rostlina

Anglický název

The use of Reed canarygrass (*Phalaris arundinacea*) as potential energy source

Cíle práce

1. Charakterizovat základní typy mokřadní vegetace
2. Popsat základní růstové a morfologické vlastnosti chrastice rákosovité
3. Shrnout ekologické nároky chrastice rákosovité
4. Popsat využití chrastice rákosovité jako energetické rostliny

Metodika

Jedná se o rešeršní práci, a proto těžiště práce bude spočívat ve vyhledávání literárních údajů.

Harmonogram zpracování

duben- prosince 2011: rešerše

leden-březen 2012: sepsání práce

Rozsah textové části

40 stran včetně příloh

Klíčová slova

chrastice rákosovitá, biomasa, produktivita, makrofyta

Doporučené zdroje informací

Hejný, S., Pokorný, J., Květ, J., Husák, Š. a Pecharová, E., 2000. Rostliny vod a pobřeží. East West Publishing Company. Praha.
Husák Š., 1992. Vodní a bažinné rostliny naší přírody. 7-19p, In: Čížková-Končalová a Husák, Š (eds.) Sborník přednášek semináře Účelové kultivace vodních a mokřadních rostlin. Botanický ústav ČAV, Třeboň., pp. 7-19.
Lewandowski, I., Veger, J., van Hooijdonk, A., Havlíčková, K., van Dam, J. a Faaij, A., 2006. The potential biomass for energy production in the Czech Republic. Biomass and Bioenergy 30: 405-421.
Pahkala, K. a Pihala, M., 2000. Different plant parts as raw material for fuel and pulp production. Industrial Crops and Products 11: 119-128.
Vymazal, J. a Kröpfelová, L. 2005. Growth of Phragmites australis and Phalaris arundinacea in constructed wetlands for wastewater treatment in the Czech Republic. Ecological Engineering 25(5): 606-621.

Vedoucí práce

Vymazal Jan, doc. Ing., CSc.


doc. RNDr. Miroslav Martiš, CSc.

Vedoucí katedry



V Praze dne 6.6.2011


prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.

Děkan fakulty

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci na téma „Chrastice rákosovitá (*Phalaris arundinacea* L.) jako energeticky využitelná rostlina“ vypracovala samostatně, pod vedením vedoucího bakalářské práce, a že jsem uvedla všechny literární prameny, ze kterých jsem čerpala.

V Praze dne 30. 4. 2012

.....

Poděkování

Ráda bych poděkovala panu Doc. Ing. Janu Vymazalovi, CSc. za příjemnou spolupráci, cenné rady a informace, které mi poskytl během vypracovávání této bakalářské práce.

V Praze dne 30. 4. 2012

.....

ABSTRAKT

Tato práce se zabývá chrasticí rákosovitou a jejím energetickým přínosem. Chrastice rákosovitá (*Phalaris arundinacea* L.), vytrvalá rostlina s fotosyntetickou drahou C3. Tato průmyslová plodina roste na vlhkých i sušších místech a na různých typech půd, také se jí dobře daří v oblastech se studenými zimami (Finsko, Švédsko). Společně s dalšími 3 rostlinami byla uznána coby bioenergetická rostlina. Chrastice má relativně vysoký objem úrody a sklízí se tzv. systémem opožděné sklizně, kdy se sklízí především na jaře následujícího roku. Má velice rozšířené využití. Dříve se používala jako krmivo pro koně, dnes se používá jako píce, ale především byl objeven její potenciál pro energetické využití, na výrobu kancelářského papíru, spalování biomasy v kotlích. Jako rostlina se používá do kořenových čistíren odpadních vod. Z mé práce o chrasticí rákosovité vyplývá, že má velmi rozsáhlý potenciál využití při relativně nízkých nárocích na pěstování, což z ní činí jednu z rostlin vhodných mimo jiné i k širšímu průmyslovému využití v ČR.

Klíčová slova: chrastice rákosovitá – biomasa – produktivita – makrofyta

ABSTRACT

This thesis is about potential industrial crop reed canary grass (RCG) and its energy contribution. Reed canary grass (*Phalaris arundinacea*) is a perennial plant with C3 photosynthetic pathway. This industrial crop grows in the wet and dry places and on different types of soil, but it really grows well in areas with cold winters too (Finland, Sweden). Together with other three industrial crops it has been recognized as a bio-energy crop. RCG has relatively high volume of the crop and harvested by new system - delayed harvest system, which is harvested mainly in spring in next year. It has widespread use. Previously it was used as feed for horses. Nowadays it is used as fodder, but its potential for energy use, the production of office paper, biomass combustion in boilers has also been discovered. It is also used for constructed treatment wetlands. The information about *Phalaris arundinacea* in this thesis reveals that this plant has a very large potential for use and relatively low demands for cultivation, making it one of the plants suitable for wider industrial use in this country.

Keywords: Reed canary grass – biomass – productivity – macrophytes

OBSAH

1. ÚVOD	8
2. CÍL PRÁCE.....	9
3. MOKŘADY	10
3.1. Definice.....	10
3.2. Ochrana mokřadů	10
3.3. Základní typy mokřadní vegetace.....	12
3.4. Význam mokřadů	13
4. CHRASTICE RÁKOSOVITÁ.....	14
4.1. Charakteristika	14
4.2. Genetika a odrůdy.....	15
4.3. Choroby a škůdci	16
5. RŮSTOVÉ VLASTNOSTI CHRASTICE RÁKOSOVITÉ	17
6. MORFOLOGICKÉ VLASTNOSTI <i>Phalaris arundinaceae</i> L.....	19
7. EKOLOGICKÉ NÁROKY	22
8. CHRASTICE JAKO ENERGETICKY VYUŽITELNÁ ROSTLINA	23
8.1. Biomasa v ČR	23
8.2. Význam biomasy.....	25
8.3. Využití biomasy	25
8.4. Využití energetických plodin v minulosti a dnes.....	25
8.5. Obecně o pěstování chrastice	26
8.6. <i>Phalaris</i> jako rostlina pro přímé spalování	26
8.7. Chrastice jako rostlina do KČOV	28
8.8. Chrastice jako zdroj pro výrobu celulózy a surovina pro papírenský průmysl	28
9. HOSPODÁŘSKÝ VÝZNAM CHRASTICE RÁKOSOVITÉ	30
10. ZÁVĚR.....	31
11. POUŽITÁ LITERATURA.....	33
12. SEZNAM OBRÁZKŮ.....	38
13. SEZNAM TABULEK.....	38
14. PŘÍLOHY	38

1. ÚVOD

Mokřady jsou považovány za jedny z nejdůležitějších prvků v krajině, avšak v 60. letech byly považovány za bezcenné biotopy a opakované vypouštění odpadních látek způsobilo jejich poničení. Následně na to se objevily různé studie a nastaly výrazné změny chápání role mokřadů v krajině. Vypouštění odpadních látek ve městech se podstatně redukovalo a byly navrženy nové systémy, „umělé mokřady“ tak, aby v nich probíhaly stejné procesy jako v přirozených mokřadech. Můžeme je rozdělit podle druhu používané vegetace na: systémy s plovoucí vegetací (okřešky – *Lemna spp.*, vodní hyacint – *Eichhornia crassipes*), umělé mokřady s rostlinami s plovoucími listy (stulíky – *Nuphar spp.* lekníny – *Nymphaea spp.*), mokřady s ponořenou (submerzní) vegetací a mokřady s vynořenou (emerzní) vegetací (Vymazal 2004).

Mokřady s emerzní vegetací můžeme rozdělit podle toho, zda je či není přítomna vodní hladina. Umělé mokřady s povrchovým tokem, kde je vodní hladina volná a systémy s podpovrchovým tokem, kde volná vodní hladina přítomná není. Tento systém je v současné době nejrozšířenější. Ještě dále jsou děleny na systémy s horizontálním průtokem (KČOV), s vertikálním průtokem a s kombinovaným průtokem, který je kombinací horizontálním a vertikálním průtokem.

Nejčastěji používané rostliny v umělých mokřadech s horizontálním podpovrchovým průtokem patří především rákos obecný (*Phragmites australis*) a chrastice rákosovitá (*Phalaris arundinacea L.*), ale lze použít i celou řadu jiných druhů emerzní vegetace. Chrastice patří mezi trávy hojně rozšířené v celé Evropě, Asii, Africe a Severní Americe. Je to vytrvalá rostlina s velice bohatým kořenovým systémem. Podává dosti vysoké výnosy biomasy (Lavergne a Molofsky 2004).

2. CÍL PRÁCE

Cílem této bakalářské práce je zjistit pro jaké energetické účely se chrastice rákosovitá (*Phalaris arundinacea* L.) využívá. Za pomoci dostupných literárních zdrojů se zaměřím na základní typy mokřadní vegetace a jejich rozdělení. Zmíním základní růstové a morfologické vlastnosti chrastice rákosovité, shrnu její ekologické nároky ovlivňující její tvorbu biomasy. Rovněž zmíním energetické využití této rostliny jako jedné z mnoha rostlin obnovitelných zdrojů. Obnovitelné zdroje jsou v současné době velmi často diskutovaným tématem.

3. MOKŘADY

Mokřady jsou velmi široký pojem, který skýtá bohatství nejrůznějších rostlinných a živočišných druhů. Jejich společným znakem je zaplavení nebo nasycení půdy vodou tak dlouho, aby se vyvinula vegetace vázaná na toto prostředí.

3.1. Definice

Existuje mnoho znění pro definici mokřadů. Ramsarská úmluva však definuje mokřady jako: "území bažin, slatin, rašelinišť i území pokrytá vodou, přirozená i uměle vytvořená, trvalá či dočasná, s vodou stojatou či tekoucí, sladkou, brakickou či slanou, včetně území s mořskou vodou, jejíž hloubka při odlivu nepřesahuje 6 metrů" (Pokorný 2011). Rybka (1996) uvádí jako definici mokřadů: „Mokřady jsou území se systémy přechodné povahy mezi systémy suchozemskými a vodními, kde vodní hladina obvykle leží při nebo blízko povrchu substrátu, anebo je to území mělce zaplavené“.

Za mokřady můžeme například považovat zaplavená území jako jsou rašeliniště, slatiniště, zálivy, tůně, rybníky, ústí řek, jezera, vodní nádrže, řeky, zaplavované louky, lužní lesy, podmáčené smrčiny, prameniště, bažina a mangrovníkové porosty.

3.2. Ochrana mokřadů

Po výrazném úbytku vodních ptáků se 2. února v roce 1971 ve městě Ramsar v Íránu sjeli zástupci mnoha zemí za účelem nových zásad ochrany mokřadů a přijali tím Úmluvu o ochraně mokřadů mezinárodního významu, zaměřenou na biotopy vodních ptáků (Rybka 1996).

Díky místu podpisu se úmluva stala známá pod názvem Ramsarská konvence a nabývá platnosti od roku 1975. Země, které se zavázaly podpisem, musí chránit své mokřady, přičemž součástí podmínek je zapsat alespoň jednu mokřadní lokalitu na seznam mezinárodně významných mokřadů. Také se zavazují využívat mokřady jen do té míry, aby nebyla narušena jejich biologická hodnota. Ochrana se už netýká jen vodních ptáků, ale také rostlin či živočichů.

Poslední setkání konvence bylo v roce 1996 v Brisbane v Austrálii. Současně je v úmluvě uvedeno více než 160 států, 2005 mokřadů o celkové rozloze 196 milionů hektarů (Ramsar 2012). Konference smluvních stran Úmluvy se bude konat v Bukurešti od 6. – 13. 7. 2012.

Česká republika, v dobách socialistických, zbyla jako poslední s Albánií a Rumunskem, která nepodepsala konvenci, a tak nás vystavila ostudě na diplomatickém poli. Nakonec Československo přistoupilo ke konvenci v roce 1990. Nejvýznamnější mokřady (viz Obrázek č. 1), které byly nahlášené v roce 1990, jsou Třeboňské rybníky, Šumavská rašeliniště, Novozámecký a Břežský rybník (na Českolipsku v Máchově kraji) a Lednické rybníky. V roce 1993 přibylo dalších 5 lokalit. Litovelské Pomoraví, Krkonošská rašeliniště, Poodří, Mokřady dolního Podýjí a Třeboňská rašeliniště. Později i Mokřady Liběchovky a Pšovky, Podzemní Punkva, Krušnohorská rašeliniště. Celkem se uvádí 12 mokřadů v ČR.



Obrázek č. 1 - Nejvýznamnější mokřady v České republice
(Zdroj: Rybka 1996)

3.3. Základní typy mokřadní vegetace

Rostliny rozdělujeme na vodní, bažinné, vlhkomilné a mesofilní (Husák 1992).

- ❖ *Vodní rostliny* (hydrofyty, akvatické rostliny) žijí ve vodě nebo volně plavou na hladině.

Můžeme je rozdělit do třech typů:

- a) *submersní (ponořené)* - jejich život je vázán na vodní sloupec a jsou buď kořenící ve dně, např. vodní mor kanadský (*Elodea canadensis*), anebo jsou to rostliny volně vznášející se ve vodním sloupci, např. bublinatka obecná (*Utricularia vulgaris*).
 - b) *natantní (vzplývavé)* rostliny mají kořeny ve dně, ale listy vzplývají na hladině, např. leknín (*Nymphaea*)
 - c) *plovoucí rostliny* - jejich kořeny se volně vznášejí ve vodním sloupci, případně jsou některé bez kořenů, např. drobnička (*Wolffia*) často jsou listy sestaveny do listových růžic, které volně plují na hladině (okřehky), popřípadně vyčnívají nad hladinu, jako je např. babelka (*Pistia*)
- ❖ *Bažinné rostliny* (helofyty- bažinné rostliny), emerzní rostliny (kořeny jsou zakotveny ve dně, ale asimilační orgány jsou nad vodní hladinou).
 - ❖ *Vlhkomilné rostliny* (hygrofyty) jsou rostliny vázané na mokrá stanoviště, které jsou přizpůsobené vlhkému klimatu. Jedná se především o byliny stinných vlhkých lesů, luk a rašelinišť, např. řeřišnice luční (*Cardamine pratensis*), šťavel kyselý (*Oxalis acetosella*)
 - ❖ *Mesofilní rostliny* (mesofyty) jsou rostlinami stanovišť „středního stupně“ vlhkosti, nacházejí se mezi hygrofyty a xerofyty. Např. rostliny údolních niv, apod.

3.4. Význam mokřadů

Mokřady nám slouží jako zdroj pitné vody. Z mokřadních ploch se voda vsakuje do podzemí, kde obohacuje spodní vodu, a tak získáváme zdroj pitné vody. Můžeme říct, že kvalita a množství pitné vody závisí na kvalitě a množství mokřadů.

Dále se mokřady podílejí na změně klimatu. Mají vysokou retenční schopnost (schopnost krajiny zadržet vodu). Při vysokých teplotách slouží jako chladiče prostředí. To znamená, že příjmem tepla dochází k vypařování vody a tím k ochlazení prostředí. Voda, která se vypařuje z mokřadů, se podílí na malém koloběhu vody, při němž se vypařená voda vrací v podobě srážek (rosy a deště) zpět do krajiny. Oproti tomu půda se příjmem tepla ohřívá a silně otepluje (Rybka 1996). Mokřady slouží jako zdroj energie už ať se jedná o solární, vodní, plyn, kapalná i pevná paliva (Vymazal 2008).

Z hlediska biologického slouží mokřady pro produkci základních potravin (ryby, řasy) i pro produkci dřeva a drobných bobulovin (borůvky, brusinky) (Vymazal 2008). Poskytují domov celé řadě druhů rostlin i živočichů, které jinde nežijí a jsou přizpůsobeni k životu v mokřadech. Z rostlin to jsou např: střemcha, kosatec, chrastice rákosovitá, orobince a žlutě kvetoucí blatouch bahenní a z fauny např: čolek, rosnička, ropucha a jiné (Rybka 1996).

Mokřady slouží i pro lov a rekreaci. Ale i pro těžbu štěrku, písku a rašeliny (Vymazal 2008).

Mokřady jsou považovány za velmi cenné biotopy a patří mezi tři biotopy s největší biologickou aktivitou.

4. CHRASTICE RÁKOSOVITÁ

4.1. Charakteristika

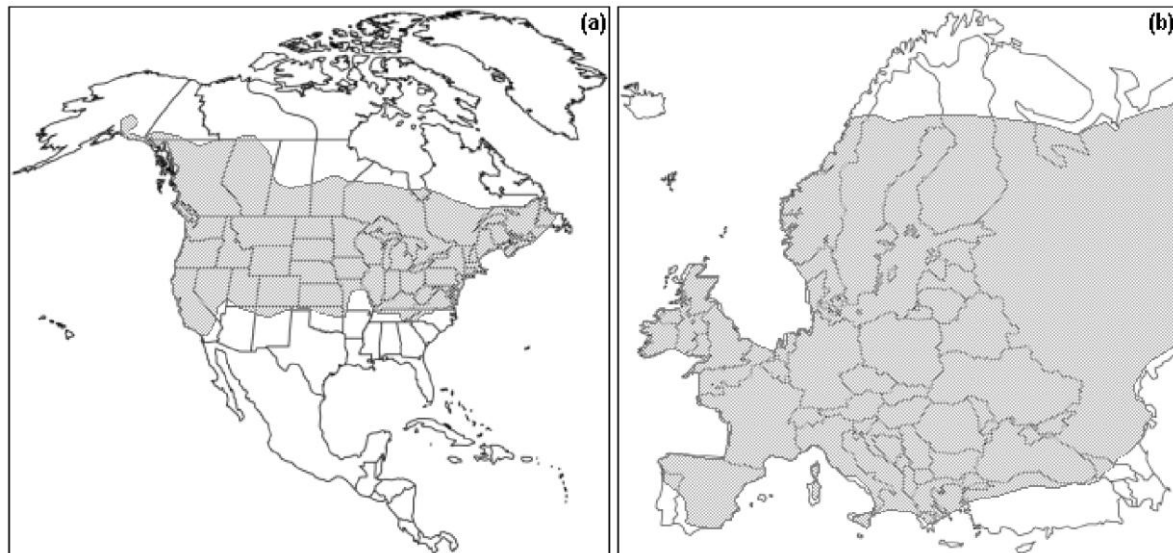
Chrastice je rod trav z čeledi lipnicovitých (Poaceae). Druh Chrastice rákosovitá (*Phalaris arundinacea* L.) (Obrázek č. 2) původně pochází ze Severní Ameriky, kde roste v oblastech mírného podnebného pásu severní polokoule a dále je rozšířena po celé Eurasii (Obrázek č. 3) vytvářejíc bohaté monokultury (Lavergne a Molofsky 2004). Především musíme zmínit Evropské severské země, jako je Dánsko, Finsko a Švédsko. Ve Švédsku jsou pole oseta více než 1000ha (Hutla 2011). Chrastice začíná být oblíbená i v dalších pobaltských zemích, jako jsou Litva, Lotyšsko a Estonsko, kde roste na místo rychle rostoucích dřevin.



Obrázek č. 2 - Chrastice rákosovitá
(Zdroj: 07/2011 Foto A. Vacková v okolí Trutnova)

Vegetuje už od časného jara, takže poskytuje ranou píci. Jedná se o jednoletou či vytrvalou studenomilnou rostlinu, která kvete od června do srpna. Patří mezi autochtonní, neboli původní druh (Podubský 1954). Její zdomácnění v Americe se několikrát opakovalo, až se z ní stal agresivní invazní druh, jemuž podléhají vlhké prairie, břehy řek a mokřady (Lavergne a Molofsky 2004). Tato rostlina je výborným příkladem trvalého invazního druhu byliny, která disponuje

několika způsoby, jak se dá rozmnožovat (semeny, oddenky a odnožemi). *Phalaris* je druh trávy s fotosyntetickou cestou C3, která je vhodná především pro chladné oblasti (Finsko, Švédsko) (Lewandovski 2003).



Obrázek č. 3 - výskyt chrastice rákosovité a) v Severní Americe, b) Eurasie
(Zdroj: Lavergne a Molofsky 2004)

4.2. Genetika a odrůdy

Chrastice má velice širokou genetickou variabilitu. Alotetraploidní cytotyp ($2n=28$) zvaný *P. arundinacea* poddruh „*arundinacea*“ je nejrozšířenější. Hexaploidní forma ($2n=42$) „*oehlerii*“ a diploidní cytotyp ($2n=14$) „*rotgesii*“ je popisován velmi zřídka (Lavergne a Molofsky 2004). Postupně se i zavádí šlechtění, u kterého se bude klást důraz na zlepšení kvality živin, což následně přispěje ke zvýšení úrody. Novodobě se budou vytvářet i nové kultivary, které, ve srovnání s pícninovými, by měly obsahovat nižší obsah uhlíku, draslíku a vyšší obsah ligninu.

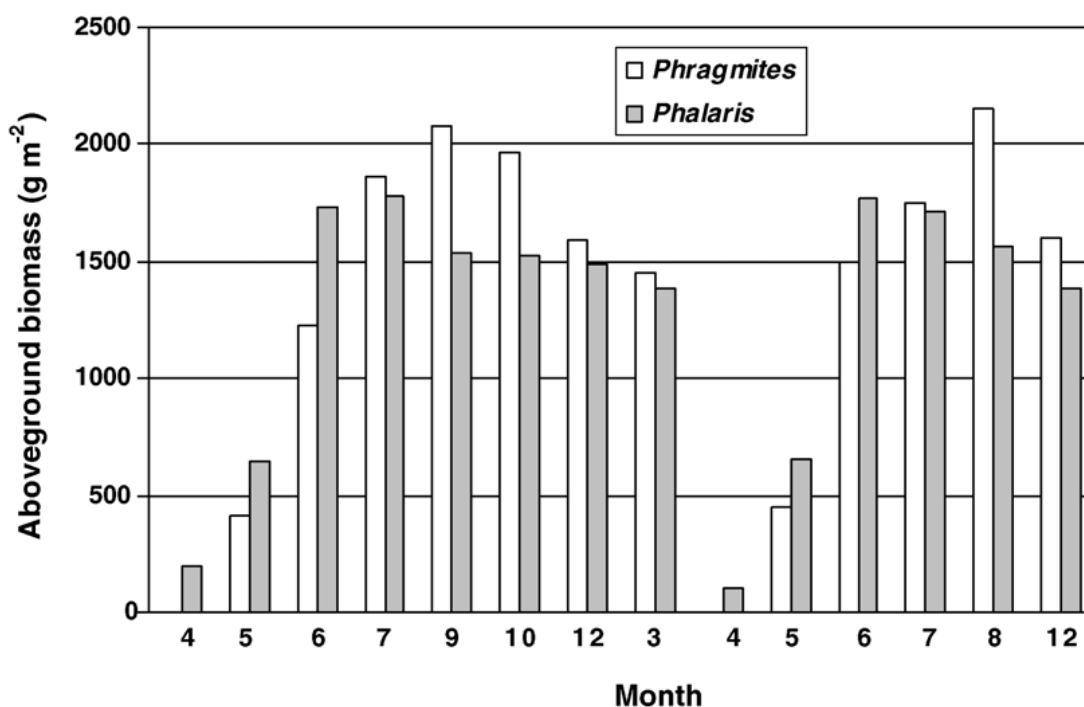
V České republice zatím není žádná povolená odrůda. Osivo je třeba shánět v zahraničí. Za standard se považuje v zemích EU odrůda Palaton (USA). Existují i některé další zahraniční odrůdy, např. Lara (NOR), Motterwizer (D), Pedja (EST), Venture a další (Biom 2002).

4.3. Choroby a škůdci

Většinou se nevyskytují žádné choroby ani škůdci. Ale za určitých podmínek se mohou objevit listové choroby jako např. Stagonospora, ta způsobuje hnědo-žluté skvrny na listech, viz Příloha č. 1 a Helminthosporium. Proti těmto chorobám se používá speciální herbicid (STARANE, LONTREL, HARMONY). V severním Švédsku byl vyzorován hmyzí přenašeč Bejlmorka, která se chraстicí živí. Zatím proti ní nejsou vyvinuty žádné metody na její zneškodnění (Lewandovski 2003).

5. RŮSTOVÉ VLASTNOSTI CHRASTICE RÁKOSOVITÉ

Chrastice začíná v České republice rašit na přelomu března a dubna samozřejmě v závislosti na klimatických podmínkách, zatímco rákos až v květnu. Z tabulky lze vyčíst, že největší nárůst biomasy chrastice má v červnu – červenci. Phalaris začíná stárnout v pozdní fázi léta, u rákosu až pozdě na podzim (Obrázek č. 4) (Vymazal a Kröpfelová 2005). Při stárnutí se stébla chrastice ohnou a vytvoří jakousi „deku“.



Obrázek č. 4 - Porovnání objemu nadzemní biomasy chrastice (*Phalaris*) a rákosu (*Phragmites*) v období duben 2002 – prosinec 2003 v umělém mokřadu Morina (Zdroj: Vymazal a Kröpfelová 2005).

Růst a objem biomasy závisí na vodní hladině. Chceme-li získat co největší nárůst biomasy, je třeba udržovat vodní hladinu co nejvýše a sekat její porost dvakrát ročně. Marten et al. (1979) uvádějí, že maximální biomasa chrastice udržované pomocí městské odpadní vody při experimentech v Minnesotě dosahovala hodnot 1226 g/m² u porostů, které byly sekány dvakrát ročně, 1096 u těch, které byly sekány třikrát ročně, a 859 g/m² u porostů sekaných čtyřikrát ročně. Počet stonků je zpravidla nejvyšší v druhém stupni vegetačního období, později počet klesá nebo zůstává konstantní. Hustota chrastice je daleko vyšší než u rákosu, Vymazal a Kröpfelová (2005) hovoří o 470-482 výhoncích na m², kde tyto

hodnoty byly naměřeny v umělém mokřadu v lokalitě Chmelná. Zato přírodní porosty dosahují menších hodnot 50-300 výhonků/m² (např. Ho 1979). Průměrná délka výhonku se pohybuje mezi 58 – 135 cm. Tyto hodnoty byly naměřeny v roce 2003 v ČR v různých lokalitách. Např. 58 cm bylo naměřeno v Čisté, dále se uváděly lokality Trhové Dusaníky, Morina, Kámen, Nučice, Příbraz. Nejvíce, což znamená 135 cm bylo naměřeno ve Zbenicích (Vymazal a Kröpfelová 2005). Délku výhonku chrastice ovlivňuje především výška hladiny vody, protože její kořenový systém nesáhá tak hluboko (20 – 40 cm) jak je tomu u rákosu (60 – 70 cm) (Dušek a Květ 1996). Bylo dokázáno, že je-li hladina vody udržována příliš nízko, výhonky jsou obvykle kratší (58 cm) a nemají na sobě žádné květy, oproti tomu, je-li hladina vody udržována výše, chrastice dosahuje délky až 224 cm (Vymazal a Kröpfelová 2005).

Výnosy samozřejmě závisí na období sklizně. Heinsoo (2011) uvádí, že průměrný výnos chrastice sklizené v polovině července v Estonsku byl 5,5 tun/ha. Během třech měsíců se množství biomasy zvýšily o 1/3. V říjnu byl výnos 8,6 tun/ha a na jaře následujícího roku byl výnos 6,8 tun/ha. Ve Finsku se pohybují výnosy od 3,2– 7,7 tun/ha a v Litvě od 5,6 – 7,6 tun/ha (Heinsoo 2011).

6. MORFOLOGICKÉ VLASTNOSTI *Phalaris arundinaceae* L.

Chrastice rákosovitá patří mezi naše nejvyšší trávy. Je to vytrvalá, kulturní pícní i planě rostoucí tráva. Má plazivý, dlouhý, článkovaný oddenek, kterým se rozšiřuje do plochy a vytváří hustý porost, který může zasahovat do hloubky 0,2 - 0,3 m (Obrázek č. 5).



Obrázek č. 5 - Kořenový systém
(Zdroj: 09/2006 Foto J.Vymazal)

Z odtenku vybíhají tuhá, hladká stébla sahající až do výšky 3 m (Obrázek č. 6). Jalová stébla jsou bohatě olistěná (viz Přílohy č. 3, 4.).



Obrázek č. 6 - Chrastice rákosovitá (stéblo - 1,98 m)
(Zdroj: 07/2011 Foto A. Vacková)

Listy jsou sivozelené, čepele mají ploché, slabě drsné, až 2 – 20 mm široké, lehce zašpičatělé (Obrázek č. 7).



Obrázek č. 7 – List
(Zdroj: 07/2011 Foto A. Vacková)

Pochvy jsou přitisklé, hladké. Jazyček je roztřepený a asi 6 mm dlouhý. Ouška chybí (Obrázek č. 8) (Podubský 1954).



Obrázek č. 8 - Listová pochva chrastice rákosovité s jazýčkem
(Zdroj: 07/2011 Foto A. Vacková)

Lata je vzpřímená, někdy rozvinutá do šířky a její velikost se pohybuje mezi 7 – 40 cm s 1,2 - 3,8 cm dlouhými větvemi. Květy jsou v shlucích. Květenství jsou zelená na slunci pak ztmavnou (Obrázek č. 9). Semena jsou malá zářivě hnědá (Lewandovski 2003).



Obrázek č. 9 - Květ chrastice rákosovité
(Zdroj: 07/2011 Foto A. Vacková)

7. EKOLOGICKÉ NÁROKY

Chrastici se výborně daří na těžkých půdách s bohatou zásobou živin. Vyhovuje jí půdní reakce v rozmezí 4,0 - 7,5, s optimem kolem pH 5,0. Po jejím zakořenění ji neuškodí ani delší přisušek. Pro klíčení je důležité, aby mělo dostatek světla a vlhkou půdu, nejlépe půdu nasycenou vodou. Lavergne a Molofsky (2004) usoudili, že nejlépe roste za chladna a vlhka na stanovištích jako jsou např. mokré louky, na březích řek a jezer, v mokřadech, krátce řečeno na místech, kde je dostatek vody nebo kde je půda trvale zamokřená. Ačkoliv chrastice převládá ve vlhkých místech, můžeme ji nalézt, jako jedinou trvalou rhizomatickou travu, i v místech chladného mírného klimatu. Je dosti odolná vůči zimě, tudíž přežívá a úspěšně roste ve Skandinávii. Klimešová (1996) tvrdí, že je možné ji nalézt i výšce větší než 1300 m. n. m. Holomrazy ani jarní mrazíky jí neškodí. Snáší dokonce i krátkodobé zaplavení nebo také zastínění. Je schopna přežít dočasná období sucha. Hejný (2000) zmiňuje, že nesnáší dlouhodobý nedostatek kyslíku v půdě.

Je velmi náročná na vodu a živiny, avšak nenáročná na zemědělskou techniku, tzn. že se sklízí stejnými stroji jako jiné obilniny a v příznivých podmínkách je schopna dávat vysoké výnosy. Chrastice obsahuje řadu alkaloidů (tryptaminy, karboliny, graminy a hordeniny).

8. CHRASTICE JAKO ENERGETICKY VYUŽITELNÁ ROSTLINA

V současné době se klade velký důraz na obnovitelné zdroje energie, z nichž tu budou hrát roli, stébelniny, biopaliva jako je dřevo nebo plantáže s energetickými rostlinami. Očekává se, že se do 21. století bude podílet biomasa energetických rostlin na:

8.1. Biomasa v ČR

Pro získání energetické biomasy je nezbytné záměrné pěstování energetických plodin, pro což má ČR velmi dobré podmínky (Petříková 2002b). V ČR je energetická potřeba 1750 PJ (Petajoulů)/rok, z čehož 62,9% představuje hnědé uhlí, 26% zemní plyn a naftou z dovozu, 10,5% jaderná a vodní energie a pouhých 0,6% tvoří energie z biomasy (Stražil 1999). Např. na Švédsko a Finsko připadá kolem 20% energie z biomasy. Podle nejnovějších záznamů přebytků zemědělské půdy podle Ministerstva zemědělství ČR se jedná o 465 tis. ha orné půdy a pastvin (Petříková 2002b). Využití těchto pozemků by bylo vhodné právě pro pěstování energetických plodin. Ačkoliv produkce energetických plodin konkuruje produkci potravin a píce na zemědělské půdě, předpokládá se, že „pěstování energie“ by mělo být produkováno pouze na těch pozemcích, které nejsou potřeba k produkci potravin ani píce (Lewandovski 2006).

Dotace na pěstování energetických plodin se řídí dle Nařízení vlády ze dne 21. 1. 2001 č. 86 / 01 Sb. Do seznamu rostlin pro tento dotační titul jsou zařazeny rostliny uvedené v Tabulkách 1, 2 a 3.

Tabulka 1 - Jednoleté byliny pro energetické využití
(Zdroj: Petříková 2003)

jednoleté		
a)	laskavec	<i>Amaranthus L.</i>
b)	konopí seté	<i>Cannabis sativa L.</i>
c)	sléz přeslenitý	<i>Malva verticillata L.</i>

Tabulka 2 - Dvouleté byliny pro energetické využití
(Zdroj: Petříková 2003)

dvouleté		
d)	pupalka dvouletá	<i>Oenothera biennis L.</i>
e)	komonice bílá	<i>Melilotus alba L.</i>

Tabulka 3 - Víceleté a trvalé byliny pro energetické využití
(Zdroj: Petříková 2003)

víceleté a trvalé		
f)	mužák prorostlý	<i>Silphium perfoliatum L.</i>
g)	jestřabina východní	<i>Galega orientalis</i>
h)	topinambur	<i>Helianthus tuberosus L.</i>
i)	psineček bílý	<i>Agrostis gigantea L.</i>
j)	čičorka pestrá	<i>Coronilla varia L.</i>
k)	oman pravý	<i>Inula helenium L.</i>
l)	šťovík krmný	<i>Rumex tianshanicus x Rumex patientia</i>
m)	sveřep bezbranný	<i>Bromus inermis Leyss. (odrůda Tribun)</i>
n)	sveřep samužníkovitý	<i>Bromus carharticus Vahl. (odrůda Tacit)</i>
o)	lesknice (chrastice)	rákosovitá <i>Phalaris arundinacea L.</i>

8.2. Význam biomasy

Spočívá nejen v přímém využívání získané energie, ale má zejména význam ekologický. Při spalování energetické biomasy se značně sníží produkce emisí, které spalováním fosilních paliv značně zatěžují ovzduší (Petříková 2002a). Další význam souvisí se skleníkovým efektem. Ten v poslední době neustále stoupá, tak jak se zvyšuje intenzita spalování fosilních paliv. Při tom se uvolňuje kysličník uhličitý, který byl v dávných dobách upoután vegetací, z nichž pak fosilní paliva vznikala (Petříková 2002a). Při spalování biomasy se sice uvolňuje CO₂, ale při růstu ho rostliny zase odčerpávají zpět pro proces fotosyntézy.

8.3. Využití biomasy

Biomasa se v současné době využívá k výrobě tepla, případně elektřiny, nebo k výrobě bioplynu (Petříková 2002c). Formou biomasy se rozumí rostlinné odpady, či vedlejší produkty. Nejčastěji se biomasa zpracovává do briket nebo pelet, které jsou určeny především pro spalování v menších kotlích v rodinných domech. Do větších kotelen je biomasa slisovaná do balíků.

8.4. Využití energetických plodin v minulosti a dnes

Obecně trvalé trávy byly po celá staletí využívány spíše jako píce a sloužily k zásobování farem energií. Energetickými plodinami se rozumí plodiny, které se pěstují za zjevným účelem výroby energie z jejich biomasy (Lewandovski 2003). Na energetické rostliny bývají většinou vysoké nároky na vysoký obsah celulózy v biomase a vysoký obsah ligninu. Tyto dvě složky by měla obsahovat ta rostlina, která by se použila coby pevné biopalivo. Vysoký obsah ligninu způsobuje vysokou výhřevnost a rostliny jsou schopny stále vzpřímené polohy i při nízkém obsahu vody.

Od roku 1985 v Evropě a ve Spojených státech začal vzrůstat zájem o energetické plodiny. Ve Spojených státech byl dokonce navržen Program na výzkum energetických plodin (Herbaceous Energy Crops Research Program – HECP). Z 45 potenciálních bylinných rostlin vykazoval nejvyšší potenciál proso prutnaté (*Panicum virgatum*). V Evropě byly testovány čtyři trvalé trávy – ozdobnice (*Miscanthus* spp.), třesť rákosovitá (*Arundo donax*), proso prutnaté (*Panicum virgatum*) a chřastice rákosovitá (*Phalaris arundinacea* L.) (Lewandovski 2003).

V 19. století se chrastice používala jako krmivo pro koně. Dnes tato trvalá tráva patří mezi jednu z nejzajímavějších plodin s vysokým objemem biomasy pro průmyslové využití. Používá se jako biopalivo pro přímé spalování, k výrobě buničiny - celulózy v severní Evropě, jako rostlina používaná do kořenových čistíren odpadních vod a na výrobu etanolu (není podrobně prozkoumáno).

8.5. Obecně o pěstování chrastice

Je vhodné zasadit chrastici na nezaplevelený pozemek. Tím, že je nenáročná na předplodiny, může se sít téměř po všech předplodinách. Nejvhodnějšími jsou luskoobilní směsky nebo obilniny (Hutla 2011). K vysazení chrastice se používají semenáčky (5 - 8 semenáčků/m²), které se sází prostokořenou sadbou do hloubky 1 – 2 cm do dobře připraveného záhonu. Po vysazení nadzemní části odumrou, avšak krátce po té znovu vyraší (Vymazal 2005). Doporučený objem hnojiv je stanoven podle toho, na co se chrastice v budoucnu bude využívat.

Každé jaro se má aplikovat 50kg dusíkatých hnojiv/ha, 20kg draslíkatých hnojiv/ha a 5kg fosforečnatých hnojiv/ha. Ve Švédsku uvádějí průměrné dávky živin při pěstování chrastice sklízené na jaře: dusík: 80 kg / ha, fosfor: 10 kg / ha a draslík: 30 kg/ha (Hutla 2011). Co se týče hnojení chrastice, tak je doporučeno u druhého roku pěstování 50-80 kg/ha dusíku (Hutla 2011). Dávky dusíku závisejí také na půdních podmínkách.

8.6. *Phalaris* jako rostlina pro přímé spalování

Sláma společně s chrasticí rákosovitou jsou zdroje biomasy, které možno použít namísto fosilních paliv. Použitím těchto dvou biomas se sníží dopad na životní prostředí. Porosty chrastice pro energetické účely se sejí do úzkých řádků ve vzdálenosti 12,5 – 30 cm. Jsou-li dobře založené a ošetřované mohou vydržet i řadu let. Pro zavádění chrasticových porostů hovoří i nízká cena, žádné nebo minimální používání herbicidů či pesticidů.

Velice důležité je, ve kterém termínu chrastici sklízet. Zda v době největšího nárůstu fytomasy, což je v době kvetení nebo těsně po odkvětu, potom dochází k postupné ztrátě fytomasy, nebo pozdě na podzim či brzy na jaře (Hutla 2011).

Ve Švédsku v letech 1980 -1987 byly různé plodiny podrobeny studii využívané na výrobu paliva. Nejlepší výsledky prokázala chrastice rákosovitá. Tato vytrvalá tráva má vysoký objem úrody v celém Švédsku. Začínají se objevovat

i výzkumy z Estonska a Litvy. Uváděly se hodnoty až 10 -12 t sušiny na hektar při podzimní sklizni. Později se ukázalo, že tato sklizeň je naprosto ztrátová. Nebylo možné zajistit skladování a hygienicky přijatelnou kvalitu. Obsah vody v této trávě během podzimní sklizně dosahoval velkých rozměrů (60 -75%). Tato vlhká fytomasa se dá v těchto případech použít jen na výrobu bioplynu. Pokud bychom ji chtěli využít pro přímé spalování je třeba chrastici dosušet buď uměle v sušárnách, nebo přímo na poli, ale za příznivých podmínek. Proto byl v roce 1989 představen nový koncept opožděné sklizně, založený na sklizení chrastice až na konci pěstovacího období, kdy stéblo chrastice již odumřelo. V praxi to znamená, čekat do jara následujícího roku. Ve Švédsku se opožděná sklizeň provádí od dubna do května. Při užití tohoto systému, bylo možno při skladování dosáhnout velmi nízkého obsahu vlhkosti, což mělo za následek výrobu kvalitnějšího paliva. Velice důležitým faktorem je, sklízet chrastici v příznivých podmínkách, málo srážek nízká vlhkost vzduchu. Nedodržení těchto podmínek může vést k poškození zdraví, např. k šíření plísní. Pokud to půdně-klimatické podmínky a sněhové poměry dovolí, je možno jej sklízet i přes zimu.

Mráz rostliny přes zimu vysouší a tím se rapidně sníží i obsah vody (19 - 20%) aniž bychom museli uměle dosušet. Porosty, které mají nízký obsah vody, tzn. 15 - 20%, se posekají do řádků a po té jsou vhodné přímo ke zpracování do hranolových balíků nebo do válcových balíků, anebo jako výchozí surovinu k lisování do briket či pelet, skladování nebo okamžitému spalování.

Výhodou jarní sklizně je snížení popela, draslíku, chloru, dusíku a síry ve fytomase. Množství těchto živin obsažených na jaře je poloviční ve srovnání s rostlinami sklizenými např. v srpnu. Důvodem je translokace živin do kořenové části a jejich vyluhování během zimy (Finell et al 2011). Nízký obsah těchto živin je důležitým faktorem, který zlepšuje vlastnosti při spalování. Např. nedochází k tvorbě koroze, usazování popela a znečištění v kotlích. Snížení popela je také ovlivněn půdním typem. Průzkumy ukázaly, že chrastice pěstovaná na těžkých jílovitých půdách obsahuje 10,1% popela, zatímco táž rostlina pěstovaná na půdě bohaté na humus má obsah popela až o 4/5 nižší, uvádí se 2,2%. Obsah křemíku se během zimy zvyšuje, pravděpodobně kvůli kontaminaci půdy. Další výhodou je zásoba uhlovodíků v podzemních částech rostliny. Jsou důležité k tomu, aby rostlina mohla přežít zimu a mohla časně z jara začít znovu růst.

Výhřevnost *Phalaris arundinacea* L, kterou uvádějí švédské studie se pohybuje od 17,1 – 18,5 MJ/kg. Výhřevnost hnědé uhlí je kolem 11 - 20 MJ/kg.

8.7. Chrastice jako rostlina do KČOV

KČOV jsou pojmenováním umělých mokřadů s horizontálním průtokem. První pokusy s emerzními rostlinami byly provedeny v 50. letech 20. století v Německu, ale do provozu byla uvedena mokřadní čistírna v letech 60. – 70. letech v Německu a Nizozemí (Vymazal 2004). Současně se na území ČR vyskytuje více než 160 KČOV. V Evropě zvláště v Německu je až 50 000 čistíren, Rakousko 1600 a nalezneme je i v dalších zemích Evropy (Vymazal 2004).

K nejpropracovanější kořenové čistírně patří čistírna s horizontálním průtokem. Vegetační čistírny jsou velmi ekologické a šetrné k přírodě. Připomínají procesy, které právě probíhají v mokřadech. Mezi nejpoužívanější rostliny, které se využívají do těchto čistíren je chrastice rákosovitá (*Phalaris arundinacea* L.), rákos obecný (*Phragmites australis*) a mnoho dalších rostlin. Patří k přírodním způsobům čištění odpadních vod na bázi samočisticích procesů v půdě a ve vodním prostředí za spolupůsobení rostlin. Základním principem tohoto mechanismu je odstraňování organických a nerozpuštěných látek, a proto také dříve byly využívány k čištění splaškových vod z městských a domovních částí. Později se ale rozšířily až k odstraňování téměř všech druhů odpadních vod - průmyslové, zemědělské a splachové vody, čímž se rozumí městské splachy, dálnice, parkoviště, letiště, atd..(Vymazal 2004).

Výhod kořenových čistíren je hned několik: vyžadují minimální, ale pravidelnou údržbu, nevyžadují elektrickou energii, mohou pracovat přerušovaně, dobře zapadnou do krajiny (Vymazal 2004). Nevýhodou je, že jsou náročnější na plochu.

8.8. Chrastice jako zdroj pro výrobu celulózy a surovina pro papírenský průmysl

Phalaris arundinacea L., dle Finella a Nilssona (2004), je vedle břízy nejvýznamnější surovinou s krátkými vlákny. Také se ukázalo, že právě celulóza z chrastice konkuruje březové celulóze při výrobě kancelářského papíru. Nejdůležitějším aspektem pro výrobu papíru je stejnorodost každoročně sklizených rostlin. Tudíž zde velmi důležitou roli hraje obsah popela a další minerální látky jako jsou draslík, mangan, chlor, železo. Tyto látky mají negativní vliv na rozvláknění a do spalovacích procesů, proto jejich hodnoty by měly být co nejnižší. Samozřejmě v každé rostlině i v části rostliny jsou hodnoty jiné. Již výše bylo zmíněno, že obsah popela chrastice rákosovité je především ovlivňován půdním typem. Rostliny

rostoucí na jílovitých půdách mají obsah popela velmi vysoký, avšak rostliny pěstované na půdách bohatých o humus mají obsah popela nejnižší. Hlavní složkou chrasticového popela je křemen (Burvall 1997), který je ovlivňován pH, půdou nebo dostupností vody. Nejvyšší obsah popela mají listové pochvy a čepele a nejnižší má stoněk.

Vlastnosti vláken jsou podmíněny obzvláště lokalizací pěstování, odrůdou, dobou sklizně (podzim/jaro) a dělením na části při výrobě celulózy. Obsah vláken je nejvyšší ve stonku na jaře, nejnižší je v listových pochvách a čepelích. Čím delší jsou vlákna, tím více jsou vhodná pro výrobu celulózy. Délka těchto vláken je větší, pěstujeme-li ji na půdě bohatých na hlínu a prach.

Abychom dosáhli co nejlepších vlastností u celulózy a u papíru, musíme odstranit ty části rostliny, které nejsou k výrobě celulózy vhodné. Odstraněny jsou především listy, listové pochvy a nečistoty. Tímto způsobem se podstatně sníží obsah minerálů a popela, který byl nejvíce obsažen právě u listů a listových pochev, a naopak se zvyšuje relativní obsah vláken. Vlastnosti celulózy zlepšuje dělení chrastice na části za sucha. Mezi hlavní kroky tohoto procesu patří drcení, nasekání, namletí a prosetí (Finell a Nilsson 2003). Ve fázi prosévání jsou od sebe odděleny internody (části stonku mezi kolínky) od listové moučky (namleté listy a listové pochvy). Separátor může být vybaven sítí o různé velikosti. Pokud dělíme všechno kvalitně, dostaneme méně částic, které nejsou schopny projít sítím, více celulózy a nižší kappa index (celulóza obsahuje méně ligninu).

Tento proces dělení na části za sucha je velice důležitý, neboť ovlivňuje kvalitu celulózy. Jestliže budeme dělit dvakrát, dostaneme velice kvalitní celulózu, která poslouží k výrobě papíru. Pokud ale zužitkujeme celou rostlinu, aniž bychom ji dělili, celulóza se dá použít jen k výrobě papíru nižší kvality.

9. HOSPODÁŘSKÝ VÝZNAM CHRASTICE RÁKOSOVITÉ

Využití chrastice má mnoho účelů:

- ❖ *Čisté nebo smíšené pícniny* – zde se hlavně využívají kultivátory chrastice, které mají velmi malý obsah alkaloidů
- ❖ *Krmivo pro dobytek* – seno, siláž či čerstvá píce
- ❖ *Stelivo* – kde je potřeba chrastici sklízet v plném vývinu (Biom 2011)
- ❖ *Na výrobu osiva* – pěstování chrastice na semeno
- ❖ *Celoroční trvalka pro pokrytí vzdyzelených pastvin* (Lavergne a Molofsky 2004)
- ❖ *Znovu pokrytí půdy vegetací a stabilizaci břehů* (Lavergne a Molofsky 2004)

Dále se chrastice rozšířila z pohledu energetického:

- ❖ *Na výrobu bioplynu* - pouze tehdy, když je obsah vody kolem 75%
- ❖ *Pro přímé spalování do spalovacích kotlů* – buď jako lisování do briket či pelet nebo ve formě hranolovitých či kulatých balíků anebo dodávání chrastice přímo do vhodného kotle (Burvall 1997, Hadders a Olsson 1997, Lewandovski 2003)
- ❖ *Výroba celulózy a kancelářského papíru* (Finell a Nilsson 2003, 2004, Pahkala a Pihala 2000)
- ❖ *Při zpracování odpadní vody v KČOV* (Vymazal 2004, 2005)
- ❖ *Při odstraňování amoniaku a dusičnanů* (Lavergne a Molofsky 2004)

10. ZÁVĚR

Invazní rostlina chrastice rákosovitá (*Phalaris arundinacea* L.) patří z pohledu taxonomického do čeledi lipnicovitých (Poaceae). Její původní prostředí je Severní Amerika, ale je i hojně rozšířena v celé Evropě i Asii. Nejvíce ji v Evropě najdeme především ve Finsku, Švédsku, v zemích, kde byly prováděny první pokusy s chrasticí coby energetickou rostlinou. Dále ji hojně můžeme najít i v Estonsku, Lotyšsku a Litvě.

V přírodě ji najdeme tam, kde je prostředí zaplavené vodou (mokřady, mokré louky, břehy řek). I když je to trvalá tráva, která má ráda zaplavení, nevadí jí ani menší přísušek ani menší mrazíky. Daří se jí na půdách bohatých na humus.

Chrastice má velice bohatý kořenový systém jimž sahá do hloubky 20 – 30 cm. Má dlouhý, článkovaný oddenek, ze kterého vybíhají stébla dosahující výšky až 300cm. Listy má sivozelené, zašpičatělé. Pochvy jsou přitisklé. Květy jsou zelené v hlucích, později na slunci ztmavnou.

Klíčení chrastice je hodně ovlivněné počasím. Za přijatelných klimatických podmínek raší na přelomu března/dubna a musí mít dostatečné množství světla. Největší nárůst biomasy chrastice dosáhneme, sekáme-li porost dvakrát ročně a udržujeme vodní hladinu co nejvýše.

Energetickými rostlinami se myslí plodiny, které se pěstují za účelem výroby energie z rostlinné biomasy. Mezi energetické rostliny patří i chrastice rákosovitá, která je z tohoto hlediska v současnosti považována za jednu z nejzajímavějších rostlin.

Z hlediska energetiky se používá jako rostlina pro přímé spalování ve formě briket, pelet nebo balíků do kotelen. Vzhledem k tomu, že rostliny pro spalování by měly mít co nejmenší obsah vody, byl vyvinut systém opožděné sklizně, u které se porosty chrastice sklízí na jaře následujícího roku. Mráz přes zimu vysouší porosty, takže chrastice má nízký obsah vody. Dochází i k redukci množství popela, draslíku a chlóru. Díky novému systému opožděné sklizně nemusíme porosty uměle dosoušet. Dále je možné ji využít jako rostlinu do umělých mokřadů – KČOV. V ČR nejsou ještě moc populární, ale začínají se víc a víc rozšiřovat. Jsou efektivní z hlediska odstraňování organických látek z odpadních vod. Chrastice má potenciál i na výrobu kancelářského papíru a bioplynu. Chrastice má i zemědělské využití: jako krmivo, na výrobu osiva, používá se jako stelivo, pro stabilizaci břehů a jako celoroční rostlina pro znovu pokrytí půdy vegetací.

Závěrem lze říci, že chrastice rákosovitá je velice atraktivní z pohledu biomasy a zejména z hlediska své vysoké úrodnosti. Celkově lze říci, že energetické rostliny mají velmi pozitivní dopad na životní prostředí. Např. snížení skleníkového efektu a snížení emisí CO₂.

11. POUŽITÁ LITERATURA

Knižní publikace

Burvall, J., 1997: Influence of harvest time and soil type on fuel quality in Reed Canary Grass (*Phalaris arundinacea L.*). *Biomass and Bioenergy*: 149 -154.

Dušek, J., Květ, K., 1996: Monitoring of Plants in Constructed Wetlands. Final Report of a Research Project 206/94/1621. Institute of Botany, Trebon, Czech Republic (in Czech).

Finell, M., Nilsson, C., Olsson, R., Agnemo, R., Svensson, S., 2002: Briquetting of fractionated reed canary-grass for pulp production. *Industrial Crops and Products* 16: 185 -192.

Finell, M. and Nilsson, C., 2003: Kraft and soda-AQ pulping of dry fractionated reed canary grass. *Industrial Crops and Products* 19: 155 -165.

Finell, M. and Nilsson, C., 2004: Variations in ash content, pulp yield, and fibre properties of reed canary-grass. *Industrial Crops and Products* 22: 157-167.

Finell, M., Arshadi, M., Gref, R., 2011: Carbohydrate composition in delayed harvested reed canary grass. *Biomass and Bioenergy* 35: 1097 - 1102.

Hadders, G., Olsson, R., 1997: Harvest of grass for combustion in late summer and in spring. *Biomass and Bioenergy* 12: 171 - 175.

Hallam, A., Anderson, I. C., Buxton, D. N., 2001: Comparative economic analysis of perennial, annual, and intercrops for biomass production. *Biomass and Bioenergy* 21: 407 – 424.

Heinsoo, K., Hein, K., Melts, I., Holm, B., Ivask, M., 2011: Reed canary grass yield and fuel quality in Estonian farmers' fields. *Biomass and Bioenergy* 35: 617 – 625.

Hejný, S., Pokorný, J., Květ, J., Husák, Š. a Pecharová, E., 2000: Rostliny vod a pobřeží. East West Publishing Company. Praha.

Ho, Y.B., 1979: Growth, chlorophyll and mineral nutrient studies on *Phalaris arundinacea L.* in three Scottish lochs. *Hydrobiologia* 63, 33–43.

Hron, F., Zejbrlík, O., 1979: Kapesní atlas Rostliny luk, pastvin, vod a bažin. Státní pedagogické nakladatelství Praha. 344 - 345.

Husák, Š., 1992: Vodní a bažinné rostliny naší přírody. 7-19p, In: Čížková - Končalová a Husák, Š (eds.) Sborník přednášek semináře Účelové kultivace vodních a mokřadních rostlin. Botanický ústav ČAV, Třeboň., pp. 7 -19.

Jasinskas, A., Zaltauskas, A., Kryzeviciene, A., 2008: The investigation of growing and using of tall perennial grasses as energy crops. Biomass and Bioenergy 32: 981 – 987.

Klimešová, J., 1996: *Phalaris arundinacea* as its altitudinal maximum in the Czech Republic: effect of cutting on carbohydrate and nitrogen content in rhizomes, *Ekológia* (Bratislava) 15: 161 -167.

Kukk, L., Roostalu, H., Suuster, E., Rossner, H., Shanskiy, M., Astover, A., 2011: Reed canary grass biomass yield and energy use efficiency in Northern European pedoclimatic conditions. Biomass and Bioenergy 35: 4407 – 4416.

Lavergne, S. and Molofsky, J., 2004: Reed Canary Grass (*Phalaris arundinacea*) as a Biological Model in the Study of Plant Invasions. Crit. Rev. Plant Sci. 23: 415 - 429.

Lewandowski, I., Scurlock, J.M.O, Lindvall, E., Christou, M., 2003: The development and current status of perennial rhizomatous grasses as energy crops in the US and Europe. Biomass and Bioenergy 25: 335 –361.

Lewandowski, I., Veger, J., van Hooijdonk, A., Havlíčková, K., van Dam, J. a Fasuj, A., 2006: The potential biomass for energy production in the Czech Republic. Biomass and Bioenergy 30: 405 - 421.

Marten, G.C., Clapp, C.E., Larson, W.E., 1979: Effects of municipal wastewater effluent and cutting management on persistence and yield of eight perennial forages. Agron. J. 71, 650–658.

Nilsson, D. and Hansson, P.-A., 2000: Influence of various machinery combinations, fuelproportions and storage capacities on costs for co-handling of straw and reed canary grass to district heating plants. Biomass and Bioenergy 20: 247 - 260.

Pahkala, K. a Pihala, M., 2000: Different plant parts as raw material for fuel and pulp production. *Industrial Crops and Products* 11: 119 -128.

Papatheofanous, M.G., Koullas, D.P., Koukios, E.G., Fuglsang, H., Schode, J.R., Löfqvist, B., 1995: Biorefining of agricultural crops and residuem: effect of pilot- plant fractionation on properties of fibrous fractions. *Biomass and Bioenergy* 8: 419 – 426.

Podubský, V. a Štědronský, E. ,1954: Vodní, bažinné a pobřežní rostliny. SZN Praha. 107 - 108.

Rybka, V., 1996: Mokřady střední Moravy. *Sagittaria*. 5 - 9.

Sahramaa, M., Jauhiainen, L., 2003: Characterization of development and stem elongation of reed canary grass under northern conditions. *Industrial Crops and Products* 18: 155 – 169.

Van Dam, J., Faaij, A.P.C., Lewandowski, I., Fischer, G., 2007: Biomass production potentials in Central and Eastern Europe under different scenarios. *Biomass and Bioenergy* 31: 345 – 366.

Vepsäläinen, V., 2010: Energy crop cultivations of reed canary grass - An inferior breeding habitat for the skylark, a characteristic farmland bird species. *Biomass and Bioenergy* 34: 993 – 998.

Vymazal J., 2004: Kořenové čistírny odpadních vod. ENKI, Třeboň 2004.

Vymazal, J., Kröpfelová, L. 2005: Growth of *Phragmites* Austrálie and *Phalaris arundinacea* in constructed wetlands for wastewater treatment in the Czech Republic. *Ecological Engineering* 25(5): 606 - 621.

Vymazal, J., 2008: Funkce mokřadů. In: Sborník konference Mokřady a voda v krajině, Příkryl, I., Kröpfelová, L. a Pechar, L. (eds.), ENKI, o.p.s., Třeboň, pp. 99-101.

Internetové zdroje:

Bachi, P., 2010: Stagonospora leaf blotch (Stagonospora nodorum) on Wheat (Tritium aestivum). [citováno 7. března 2012]. Dostupné z: <http://www.weedimages.org/images/192x128/5385856.jpg>

CZ Biom, 2002: Chrastice rákosovitá – nový alternativní zdroj pro průmyslové a energetické využití. [citováno 15. listopadu 2011]. Dostupné z: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/chrastice-rakosovita-novy-alternativni-zdroj-pro-prumyslove-a-energeticke-vyuziti>

CZ Biom, 2011: Chrastice rákosovitá. [citováno 15. listopadu 2011]. Dostupné z: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/chrastice-rakosovita>

Hutla, P., 2004: Chrastice rákosovitá- pěstování a možnosti využití. [citováno 3. září 2011]. Dostupné z: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/chrastice-rakosovita-pestovani-a-moznosti-vyuziti>

Kuncová, T., 2004: Ekonomika pěstování chrastice rákosovité [citováno 10. září 2011]. Dostupné z: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/ekonomika-pestovani-chrastice-rakosovite>

Petříková, V., 2002a: Biomasa- významný zdroj ekologické energie [citováno 22. března 2012]. Dostupné z: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/biomasa-vyznamny-zdroj-ekologicke-energie>

Petříková, V., 2002b: Zkušenosti s produkcí energetických rostlin v provozních podmínkách [citováno 22. března 2012]. Dostupné z: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/zkusenosti-s-produkci-energetickych-rostlin-v-provoznich-podminkach>

Petříková, V., 2002c: Využití biomasy pro energii [citováno 23. března 2012]. Dostupné z: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vyuziti-biomasy-pro-energii>

Petříková, V., 2003: Dotace na pěstování energetických rostlin [citováno 22. března 2012]. Dostupné z: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/dotace-na-pestovani-energetickych-rostlin>

Pokorný, J., Vrána, K., Gergel, J., Just, T., Šálek, J., Kovář, P., Křovák, F., 2004: Koncepce řešení malých vodních nádrží a mokřadů. [citováno 27. srpna 2011]. Dostupné z: http://www.cski.krajinari.com/archiv/seminar_mvn_06.pdf

Ramsar, 2012: Contracting Parties to the Ramsar Convention on Wetlands. [citováno 7. dubna 2011]. Dostupné z: http://www.ramsar.org/cda/en/ramsar-about-parties-parties/main/ramsar/1-36-123%5E23808_4000_0__

Souček, J., 2011: Chrastice rákosovitá pro energetické využití – pěstování a sklizeň. [citováno 5. září 2011]. Dostupné z: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/chrastice-rakosovita-pro-energeticke-vyuziti-pestovani-a-sklizen>

Strašil, Z., 1999: Zdroje biomasy využitelné pro energetické účely v ČR [citováno 22. března 2012]. Dostupné z: <http://stary.biom.cz/biom/8/09.html>

12. SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek č. 1 - Nejvýznamnější mokřady v České republice (Zdroj: Rybka 1996).....	11
Obrázek č. 2 - Chrastice rákosovitá (Zdroj: 07/2011 Foto A. Vacková v okolí Trutnova)	14
Obrázek č. 3 - výskyt chrastice rákosovité a) v Severní Americe, b) Eurasie	15
Obrázek č. 4 - Porovnání objemu nadzemní biomasy chrastice (Phalaris) a rákosu (Phragmites) v období duben 2002 – prosinec 2003 v umělém mokřadu Morina	17
Obrázek č. 5 - Kořenový systém (Zdroj: 09/2006 Foto J.Vymazal).....	19
Obrázek č. 6 - Chrastice rákosovitá (stéblo - 1,98 m)	20
Obrázek č. 7 - List (Zdroj: 07/2011 Foto A. Vacková).....	20
Obrázek č. 8 - Listová pochva chrastice rákosovité s jazýčkem	21
Obrázek č. 9 - Květ chrastice rákosovité (Zdroj: 07/2011 Foto A. Vacková).....	21

13. SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 - Jednoleté byliny pro energetické využití (Zdroj: Petříková 2003).....	24
Tabulka 2 - Dvouleté byliny pro energetické využití (Zdroj: Petříková 2003)	24
Tabulka 3 - Víceleté a trvalé byliny pro energetické využití (Zdroj: Petříková 2003)	24

14. PŘÍLOHY

Seznam obrazových příloh

Příloha č. 1 - Stagonospora na listu chrastice rákosovité (Zdroj: Bachi 2010)	41
Příloha č. 2 - Chrastice rákosovitá v KČOV Břehov u Českých Budějovic (Zdroj: Foto J. Vymazal)	41
Příloha č. 3 - Mladá chrastice (Zdroj: 06/2011 Foto A.Vacková v okolí Trutnova)	42
Příloha č. 4 - Mladá <i>Phalaris</i> s kořenovým systémem (Zdroj: Foto J. Vymazal).....	42
Příloha č. 5 - Chrastice rákosovitá (Zdroj: 07/2011 Foto A. Vacková v okolí Trutnova)	43
Příloha č. 6 - Chrastice rákosovitá - Bohatý kořenový systém (Zdroj: 07/2004 Foto J.Vymazal, Libníč)	43
Příloha č. 7 - Chrastice rákosovitá – Kolínko (Zdroj:07/2011 Foto A. Vacková).....	44
Příloha č. 8 - Chrastice rákosovitá – Květenství (Zdroj: 07/2011 Foto A. Vacková).....	44
Příloha č. 9 - Řez stonkem chrastice rákosovité (Zdroj: 07/2011 Foto A. Vacková).....	45
Příloha č. 10 - Chrastice rákosovitá na břehu potoka (Zdroj: 07/2011 Foto A. Vacková v okolí Trutnova).....	45
Příloha č. 11 – Chrastice rákosovitá v řece Metuje (Zdroj: 07/2011 Foto A. Vacková, uprostřed řeky Metuje-Broumov).....	46
Příloha č. 12 – Chrastice rákosovitá u potoka (Zdroj: 07/2011 Foto A. Vacková, Otovice u Broumova)	46

Příloha č. 13 - Příklad chrastice rostoucí na břehu řeky Metuje (Zdroj: 07/2011 Foto A. Vacková)	47
Příloha č. 14 - Chrastice v říjnu v okolí Trutnova (Zdroj: 10/2011 Foto A. Vacková).....	47
Příloha č. 15 - Panašovaná forma chrastice rákosovité (Zdroj: 07/2011 Foto A. Vacková)	48
Příloha č. 16 - Chrastice rákosovitá v panašované formě (Zdroj: 07/2011 Foto A. Vacková)	48

Obrazová příloha



Příloha č. 1 - Stagonospora na listu chrastice rákosovité
(Zdroj: Bachi 2010)



Příloha č. 2 - Chrastice rákosovitá v KČOV Břehov u Českých Budějovic
(Zdroj: Foto J. Vymazal)



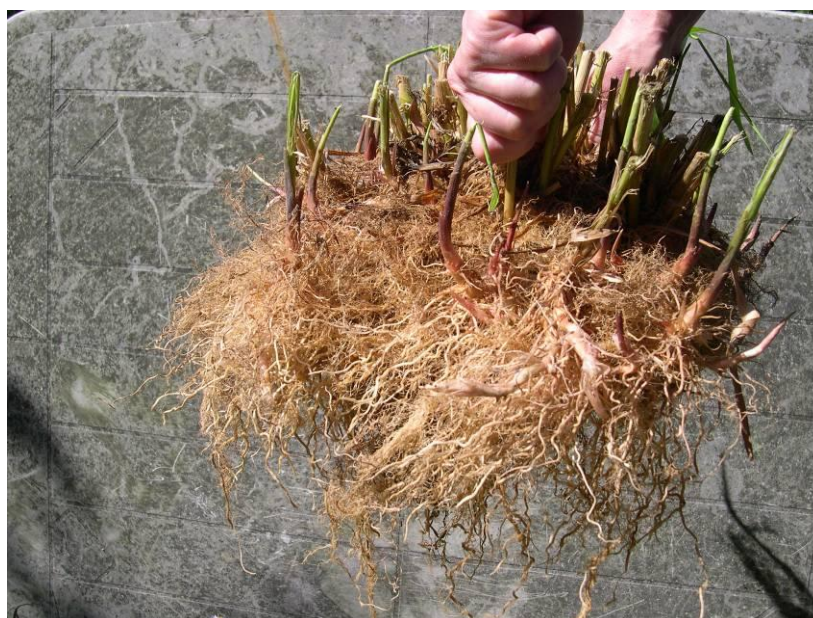
Příloha č. 3 - Mladá chrastice
(Zdroj: 06/2011 Foto A.Vacková v okolí Trutnova)



Příloha č. 4 - Mladá *Phalaris* s kořenovým systémem
(Zdroj: Foto J. Vymazal)



Příloha č. 5 - Chrostice rákosovitá
(Zdroj: 07/2011 Foto A. Vacková v okolí Trutnova)



Příloha č. 6 - Chrostice rákosovitá - Bohatý kořenový systém
(Zdroj: 07/2004 Foto J.Vymazal, Libníč)



Příloha č. 7 - Chrastice rákosovitá – Kolínko
(Zdroj:07/2011 Foto A. Vacková)



Příloha č. 8 - Chrastice rákosovitá – Květenství
(Zdroj: 07/2011 Foto A. Vacková)



Příloha č. 9 - Řez stonkem chrostice rákosovité
(Zdroj: 07/2011 Foto A. Vacková)



Příloha č. 10 - Chrostice rákosovitá na břehu potoka
(Zdroj: 07/2011 Foto A. Vacková v okolí Trutnova)



Příloha č. 11 – Chrastice rákosovitá v řece Metuje
(Zdroj: 07/2011 Foto A. Vacková, uprostřed řeky Metuje-Broumov)



Příloha č. 12 – Chrastice rákosovitá u potoka
(Zdroj: 07/2011 Foto A. Vacková, Otovice u Broumova)



Příloha č. 13 - Příklad chrastice rostoucí na břehu řeky Metuje
(Zdroj: 07/2011 Foto A. Vacková)



Příloha č. 14 - Chrastice v řjnu v okolí Trutnova
(Zdroj: 10/2011 Foto A. Vacková)



Příloha č. 15 - Panašovaná forma chrastice rákosovité
(Zdroj: 07/2011 Foto A. Vacková)



Příloha č. 16 - Chrastice rákosovitá v panašované formě
(Zdroj: 07/2011 Foto A. Vacková)