JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

Zemědělská fakulta

Katedra agroekosystémů

Studijní program: B4131 Zemědělství

Studijní obor: Agropodnikání

Vedoucí katedry: prof. Ing. Jan Moudrý, CSc.

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vliv různé intenzity hnojení na výnosy vybraných druhů energetických trav

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Marek Kopecký

Autor bakalářské práce: Lukáš Gazárek

České Budějovice, 2015

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
Fakulta zemědělská
Akademický rok: **2014/2015**

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení:	**Lukáš GAZÁREK**
Osobní číslo:	**Z12298**
Studijní program:	**B4131 Zemědělství**
Studijní obor:	**Agropodnikání**
Název tématu:	**Vliv různé intenzity hnojení na výnosy vybraných druhů energetických trav**
Zadávající katedra:	**Katedra aplikovaných rostlinných biotechnologií**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracování literárního přehledu shrnujícího problematiku pěstování a energetického využití biomasy se zaměřením na druhy *Elymus Elongatus* a *Phalaris arundinacea L.*
2. Seznámení se s metodikou pěstování těchto rostlin a ošetřování porostů na experimentálním pozemku Zemědělské fakulty Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích.
3. Hodnocení výnosů sušiny fytomasy z porostů obou vybraných druhů na základě rozdílného hnojení (intenzivní varianta, extenzivní varianta, hnojení digestátem).
4. Zpracování získaných dat a jejich porovnání s údaji jiných autorů.

Rozsah grafických prací: **dle potřeby (tabulky, grafy, fotografická příloha)**

Rozsah pracovní zprávy: **30-40 stran textu vč. příloh**

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

Alternative Functions of Grassland: proceedings of the 15th of the European Grassland Federation Symposium: Brno, Czech Republic, 7-9 September 2009. **Editor Bohumír Cagaš, Radek Macháč, Jan Nedělník. At Zubri: OSEVA PRO, Grassland Research Station, 2009, [20], 566 s. ISBN 978-80-86908-15-1.**

FRYDRYCH, Jan, Jan MACHÁČ a Bohumír CAGAŠ. *Energetické využití některých travních druhů.* **Ústav zemědělských a potravinářských informací, 2002, 35 s. Zemědělské informace. ISBN 80-727-1093-1.**

KÁRA, Jaroslav. *Energetické rostliny: technologie pro pěstování a využití.* **Praha, 2005, 81 s. ISBN 80-868-8406-6.**

MALAŤÁK, Jan a Petr VACULÍK. *Biomasa pro výrobu energie.* **Vyd. 1. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2008. ISBN 978-80-213-1810-6.**

Nové poznatky v lukařství a pastvinářství: sborník příspěvků z odborného semináře, České Budějovice, 30. srpna 2012. **Editor Milan Kobes. České Budějovice: Jihočeská univerzita, 2012, 88 s. ISBN 978-80-7394-345-5.**

PASTOREK, Zdeněk, Jaroslav KÁRA a JEVIČ. *Biomasa: obnovitelný zdroj energie.* **Praha: FCC Public, 2004, 286 s. ISBN 80-865-3406-5.**

PETŘÍKOVÁ, Vlasta. *Energetické plodiny.* **1. vyd. Praha: Profi Press, 2006. ISBN 80-867-2613-4.**

STRAŠIL, Zdeněk. *Trávy jako energetická surovina: certifikovaná metodika pro praxi.* **Vyd. 1. V Českých Budějovicích: Jihočeská univerzita, 36 s. ISBN 978-80-7394-313-4.**

Využití fytomasy pro energetické účely: sborník vědeckých publikací z mezinárodního semináře "Nepotravinářské využití fytomasy" : [v Českých Budějovicích dne 1.9.2005]. **1. vyd. České Budějovice: Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta, 2005, 123 s. ISBN 80-704-0833-2.**

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Marek Kopecký**
Katedra aplikovaných rostlinných biotechnologií

Datum zadání bakalářské práce: **5. února 2015**

Termín odevzdání bakalářské práce: **15. dubna 2015**

prof. Ing. Miloslav Šoch, CSc., dr. h. c.
děkan

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA
studijní oddělení
Studentská 13
370 05 České Budějovice

L.S.

prof. Ing. Jan, st. Moudrý, CSc.
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 5. února 2015

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Zemědělskou fakultou elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne 5. 5. 2015 .....

Jméno

Poděkování:

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu bakalářské práce Ing. Marku Kopeckému za velmi cenné rady, odborné připomínky a veškerou pomoc při psaní mé bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat též konzultantovi Ing. Jaroslavu Bernasovi za cenné rady a připomínky k mé bakalářské práci.

Abstrakt

Význam obnovitelných zdrojů roste se zvyšující se spotřebou elektrické energie a tepla a zároveň snižujícími se zásobami fosilních paliv. Pro Českou republiku by v budoucnu mohla být biomasa velice významným zdrojem obnovitelné energie. Bakalářská práce ve své první části, literární rešerši, popisuje význam obnovitelných zdrojů a jejich jednotlivé druhy a využití na území našeho státu. V dalších částech se tato práce blíže zabývá využitím biomasy za účelem výroby elektrické energie a tepla. V další části rešerše jsou popsány dva vybrané druhy energetických trav, jedná se o lesknici rákosovitou (*Phalaris arundinacea* L.) a Elymus elongatus - odrůda Szarvasi-1. V závěru literárního přehledu je pojednáno o výživě rostlin jednotlivými makroprvky i mikroprvky a nakonec jsou popsána hnojiva, jež byla použita při pěstování výše uvedených rostlin.

V praktické části probíhaly pokusy ve třech intenzitách hnojení. První variantou byla tzv. extenzivní, kdy rostliny hnojeny nebyly. Ve druhé variantě bylo použito síranu amonného, dusičnanu amonného, superfosfátu trojitého a draselné soli. Poslední varianta byla hnojena digestátem, jakožto vedlejším produktem bioplynové stanice, do kterých se právě tyto rostliny pěstují jako vstupní produkt. Vlastní měření odhalilo několik zajímavých skutečností. Dle výnosu sušiny reagovala *Phalaris arundiacea* L. nejlépe na hnojení minerálními hnojivy, horší výnosy poskytla varianta hnojená digestátem a nejnižší výnosy byly naměřeny u extenzivního, čili nehnojeného porostu. *Elymus elongatus* poskytl ve své jarní seči nejlepší výsledek v digestátem hnojené formě a na podzim v intenzivní variantě. Obě rostliny poskytly vyšší výnosy v jarní seči, než v seči podzimní. Ve výnosu čerstvé hmoty se při jarní sklizni osvědčilo použití organického digestátu, přičemž při sklizni podzimní dopadla nejlépe varianta intenzivní. Dle procentického obsahu sušiny se nejlépe jevila extenzivní varianta s výjimkou podzimní sklizně *Phalaris arundiacea,* kdy intenzivní varianta poskytla nejvyšší obsah sušiny.

Klíčová slova: Biomasa, bioplyn, energetická tráva, technologie, výnos

Abstract

The importance of renewable energy sources increases with increasing power consumption and heat generation while declining reserves of fossil fuels. For the Czech Republic in future could be a very important source of biomass electricity. Bachelor thesis in the first part literature review describes the importance of renewable energy sources and their different types and use in our country. In other parts of this work closer look at the use of biomass to produce electricity and heat. Eventually, the paper describes two selected species of grasses and energy to: Reed canary grass (*Phalaris arundinacea* L.) and Szarvasi - 1. In the end review of the literature deals with the individual plant nutrition macro- and microelements, and finally describes the fertilizer that was used in the cultivation plants specified above.

In the practical part conducted experiments in three intensities fertilization. The first variant was called. Extensive when plants were fertilized. In the second variant was used ammonium sulfate, ammonium nitrate, superphosphate and triple potassium salt. The latter variant was fertilized digestate as a product of a biogas plant in which these plants are growing just as the input product. The measurement revealed some interesting facts. According dry matter yield responded Phalaris L. arundiacea best to fertilization with mineral fertilizers, poorer yields gave variant fertilized by digestate and lowest yields were recorded for extensive, or unfertilised stand. *Elymus elongatus* provided in its spring mowing best result in fertilized by digestate form and fall in intensive variant. Both plants provide higher returns in the spring mowing, mowing than in autumn. In the yield of fresh matter during the spring harvest proved the use of organic digestate, while the harvest of autumn fell the most intense flavor. According to the percentage of dry matter content is the best option appeared to be extensive with the exception of the autumn harvest Phalaris arundiacea when intense flavor gave the highest dry matter content.

Key words: Biomass, energy grass, technology, biogas plant, biogas, yield

Obsah

1. Úvod 10
2. Literární rešerše 11
2.1 Energetika 11
2.2 Obnovitelné zdroje energie (OZE) 11
2.2.1 Solární energie 12
2.2.2 Vodní energie 12
2.2.3 Větrná energie 13
2.2.4 Geotermální energie 13
2.3 Biomasa 13
2.3.1 Potenciál biomasy 14
2.3.2 Využití biomasy 15
2.3.2.1 Spalování 16
2.3.2.2 Bioplyn 18
2.4 Využití trav pro energetické účely 21
2.5 Lesknice rákosovitá (*Phalaris arundinacea* L.) 22
2.5.1 Botanická charakteristika 22
2.5.2 Nároky na předplodinu a agrotechnika 23
2.5.3 Hnojení lesknice 23
2.5.4 Možnosti využití Lesknice rákosovité 24
2.5.5 Výnosové parametry 25
2.6 Szarvasi - 1 25
2.6.1 Taxonomie rostliny 25
2.6.2 Původ rostliny a výskyt 26
2.6.3 Stavba Szarvasi - 1 26
2.6.4 Stanoviště pěstování 26
2.6.5 Odrůdy 27
2.6.6 Osevní postup 27
2.6.7 Příprava půdy a setí 27
2.6.8 Hnojení 28
2.6.9 Ochrana rostliny 28
2.6.10 Sklizeň a posklizňová úprava 28

2.6.11 Využití Szarvasi - 1 29
2.7 Výživa rostlin 29
2.7.1 Výživa rostlin dusíkem 29
2.7.2 Výživa rostlin sírou 30
2.7.3 Výživa rostlin fosforem 31
2.7.4 Výživa rostlin draslíkem 31
2.7.5 Výživa rostlin vápníkem 31
2.7.6 Výživa rostlin hořčíkem 32
2.7.7 Výživa rostlin zinkem 32
2.7.8 Výživa rostlin bórem 33
2.8 Hnojiva používaná při pokusech 33
2.8.1 Digestát 33
2.8.1.1 Rozdělení digestátů 34
2.8.1.2 Nakládání s digestátem a jeho využití 34
2.8.2 Síran amonný 35
2.8.3 Dusičnan amonný 35
2.8.3 Superfosfát trojitý 35
2.8.5 Draselná sůl 36
3. Cíle a hypotézy 37
4. Materiál a metodika 38
4.1 Založení a porostu a sled agrotechnických operací 39
4.2 Popis variant pěstování 40
4.3 Metodika odběru vzorků pro stanovení výnosů 40
5. Výsledky a diskuze 42
6. Závěr 51
7. Použitá literatura 53
8. Přílohy 63

1. Úvod

Skutečnost, že se zásoby fosilních paliv tenčí, je v dnešní době zcela nepopiratelná, stejně jako stále rychleji rostoucí nároky na výrobu elektrické energie a tepla. Za posledních 200 let bylo dosaženo největšího pokroku v dějinách lidstva, avšak tento pokrok s sebou v důsledku nese spotřebování velikého množství neobnovitelných zdrojů energie. Je tedy logické, že v takovéto situaci je lidstvo nuceno hledat, s výhledem do budoucna, jiné zdroje energie.

Zrak lidstva se tedy upíná ke zdrojům alternativním a obnovitelným. Dnes je poměrně hojně využívána energie geotermální (Island), vodní (Norsko, Švédsko), větrná (Německo) nebo sluneční, která se však zejména kvůli nesprávně nastaveným výkupním cenám elektřiny stala v České republice velmi diskutabilní.

Na řadu tedy přichází zdroj, který má v lidské minulosti bohatou tradici, sahající až do doby kamenné, jakožto primární zdroj tepla a světla. V současné době je zaznamenán zvýšený zájem o spalování energetických rostlin, zvláště pak spalování sena a slámy. Navíc pro podmínky naší země se biomasa jeví jako nejvhodnější z alternativních zdrojů energie. Postupem času by se měl podíl energie vyrobené z biomasy zvyšovat. Rozmach tohoto odvětví s sebou logicky ponese i hledání nových technologických postupů v pěstování a zpracování takovýchto rostlin. Zároveň může dojít k využití horských a podhorských půd, kterých je asi 40 %. Ty se z hlediska půdní úrodnosti a klimatických podmínek jeví jako nepříznivé. V Evropské unii je naprosto běžné využití části půd na energetické a nepotravinové účely.

Jako výhodné a perspektivní se jeví pěstování energetických trav, pro něž se právě hodí podhorské a horské oblasti. Energetické trávy plní velice dobře mimoprodukční funkci, kdy jsou schopny zadržet obrovské množství vody. Využití biomasy k energetickým účelům má též za následek omezení emisí CO_2 do atmosféry, které je v porovnání s těžbou a zpracováním fosilních paliv nesrovnatelně nižší. V neposlední řadě je důležité zmínit fakt, že celý proces, od pěstování po energetické zpracování, lze uskutečnit na jednom místě. Tím se zvýší zaměstnanost v České republice a sníží se závislost na importu fosilních paliv ze zahraničí.

2. Literární rešerše

2.1 Energetika

Voženílek (1989) uvádí, že energetika je průmyslové odvětví zabývající se získáváním, přeměnou a distribucí všech forem energie. V první řadě se jedná o výrobu elektrické energie v elektrárnách a distribuci prostřednictvím přenosové soustavy, ale též o těžbu, distribuci a využití uhlí, ropy, zemního plynu, jaderného paliva nebo dřeva. Dále se může jednat o výrobu a zpracování propanbutanu nebo o využití energie z vody, větru, přílivu a odlivu či geotermální energie. V širším slova smyslu zahrnuje též výstavbu a výrobu energetických zařízení (Karták a kol. 2002).

2.2 Obnovitelné zdroje energie (OZE)

Pod pojmem obnovitelný zdroj energie nalezneme energii vodní, geotermální, akumulovanou v biomase, solární, větrnou, vodní i energii mořských proudů (Libra, Poulek, 2007). Výhodou obnovitelných zdrojů je jejich šetrnost k životnímu prostředí. Proto se stávají středem pozornosti pro ekologické iniciativy, techniky, ekonomy a energetiky (Beranovský a kol., 2001). Kohout a kol. (2010) rozděluje OZE na energii větrnou, sluneční a vodní. V publikaci Beranovský a kol. (2007) se dočteme, že pod termínem obnovitelné zdroje si lze představit jakýkoli jiný zdroj energie, než je energie ze spalování fosilních paliv a štěpení jaderného paliva.

Pro obnovitelná paliva hovoří též fakt, že u neobnovitelných zdrojů energie nám omezení vystavuje hrozba vyčerpání zásob fosilních paliv a také štěpného materiálu pro atomové elektrárny (Libra, Poulek, 2007). Jsou - li fosilní paliva nahrazena biopalivem, dochází ke snižování celkových emisí skleníkových plynů, protože použití biomasy má nulovou bilanci CO_2 (Váňa, 1998). Dvě třetiny OZE na celém světě tvoří biomasa, stojí v publikaci Petříkové a kol, 2006.

Většina OZE má původ ve slunečním záření, které dopadá na zeměkouli. Výjimkou je geotermální energie, která má původ v nitru země a též energie přílivu a

odlivu, která má využívá jevy spojené s přitažlivostí Měsíce a Země (Srdecný a kol., 2009).

2.2.1 Solární energie

Sluneční energie je základním a nezastupitelným činitelem podmiňujícím existenci lidstva (Balák, 1989). Dopadající sluneční záření lze využívat dvojím způsobem - jednak přeměnou na teplo pro ohřev vody, vzduchu a vytápění. Druhým způsobem je fotovoltaická přeměna slunečního záření na elektřinu (Klinkerová a kol., 2009). Výkon sluneční elektrárny závisí na energii, která dopadne ze Slunce na zemský povrch. V ČR je dopad v rozmezí od 800 do 1 200 kWh / m^2 energie. Nevýhodou solární energie je skutečnost, že jí je nejméně v zimě, kdy je jí naopak nejvíce potřeba, uvádí Kohout a kol., 2010. Pokud by se využila dopadající energie z 10 %, stačila by k saturaci celkové světové spotřeby energie plocha menší, než je čtvrtina rozlohy Francie (Balák, 1989).

2.2.2 Vodní energie

Využití vodní energie má u nás dlouhou tradici. V roce 1930 bylo v tehdejším Československu v evidenci skoro 17 000 elektráren, mlýnů, pil a hamrů využívajících vodní energii. V 50. letech minulého století však došlo k cílené likvidaci velké části z těchto objektů. Stav se dostal až k číslu 135 malých vodních elektráren v 80. letech. Poté došlo k nárůstu, takže v roce 2009 bylo evidováno 1 354 malých elektráren s výkonem do 1 MW (Klinkerová a kol. 2009). V roce 2004 měly vodní elektrárny podíl na instalovaném výkonu 5,8 %, dalších 6,6 % připadlo na elektrárny přečerpávací, v celkové produkci elektrické energie mají vodní elektrárny podíl nižší, než 4 % (Kohout a kol., 2010).

Energie vodních toků se projevuje formou potenciální a kinetické energie (Škorpil, Kasárník, 1997). Výhodou vodních elektráren je to, že umožňují přeměnit až 90 % energie mechanické na energii elektrickou (Heřmanský, Štoll, 1992).

2.2.3 Větrná energie

Vzdušné proudy jsou způsobeny nerovnoměrným zahříváním povrchu planety slunečním zářením (Balák, 1989). Dle výsledků světového výzkumu jsou účinnější větrné elektrárny horizontální, oproti vertikálním (Balák, Prokeš, 1984). Klinkerová a kol. (2009) dále dodávají, že v ČR nejsou pro tento typ získávání energie optimální podmínky vzhledem k její vnitrokontinentální poloze.

2.2.4 Geotermální energie

Jedná se o jeden z mála OZE nemající původ ve sluneční energii. Jedná se o teplo z hlubin Země, která pronikne na povrch planety. Výhodou geotermální elektrárny jsou nízké náklady na provoz, je zde nulový požadavek u paliva na provoz elektrárny. Další výhodou je předpoklad, že energie z podzemí vydrží minimálně 30 let (Klinkerová a kol. 2009). Jedná se hlavně o technicky dostupnou - tepelnou energii z povrchové vrstvy zemské kůry o hloubce do 12 km, poznamenává Heřmanovský a Štoll (1992).

2.3 Biomasa

Biomasa je substance biologického původu. Je získávána záměrně jako výsledek výrobní činnosti nebo se jedná o využití odpadů ze zemědělské, potravinářské a lesní výroby (Pastorek, Kára, Jevič, 2004). Obecně vzato je biomasa jakýkoli materiál organického původu, který se neustále obnovuje, uvádí Moudrý, Strašil (1996). V publikaci od Havlíčkové a kol. (2008) stojí, že biomasa zahrnuje veškeré organické látky rostlinného původu vzniklé při fotosyntéze. V současnosti je bioenergetika založena především na využití odpadní biomasy, a to z ekonomických důvodů, jak píše Usťak (2006). Biomasa je v rámci ČR jeden z nejperspektivnějších zdrojů obnovitelné energie (Srdečný, Truxa, 2006).

2.3.1 Potenciál biomasy

Teoretické propočty uvádějí celosvětovou produkci biomasy na úrovni 100 miliard tun ročně. To vynáší energetický potenciál, pohybující se okolo 1 400 EJ, což je asi pětinásobek roční spotřeby fosilních paliv (300 EJ), uvádí Pastorek, Kára, Jevič (2004). Průměrný energetický potenciál pěstované fytomasy na orné půdě je odvozen od produkce obilovin, které mají nejvyšší poměrné zastoupení vůči ostatním zemědělským plodinám. Průměrný výnos za období za roky 2001 - 2006 činí dle ČSÚ 4,5 t /ha, z toho je 80 %, tedy asi 3,5 t / ha slámy, což dá při průměrné výhřevnosti 15 G / t a obsahu sušiny 85 % energetický potenciál 120 GJ / ha orné půdy při našich podmínkách, poznamenává ve své publikaci Kučera a Stupavský (2010).

Tabulka č. 1 - Výhřevnosti jednotlivých paliv

Výhřevnost paliv	MJ / kg
Lesní štěpka o vlhkosti 60 %	7,2
Lesní štěpka o vlhkosti 40 %	10,1
Lesní štěpka o vlhkosti 30 % *	12,2
Lesní štěpka o vlhkosti 20 % *	14,3
Hnědé uhlí	10 - 19,5
Brikety	22
Černé uhlí	23 - 28
Koks	28
Zemní plyn	35,5 **

* doporučená vlhkosti pro spalování 20 % i méně

** MJ / m^3

Zdroj: Pastorek, Kára, Jevič (2009)

Mezi limity, omezující vyšší využití biomasy k energetickým účelům můžeme zařadit třeba fakt, že pěstování biomasy pro energetické účely konkuruje dalším způsobům využívání biomasy (krmným, krmivářským). Též je problém nutnosti zvětšení produkční plochy nebo zvyšování intenzity výroby biomasy, což s sebou nese vyšší investice a nebo také hrozba dopadů na životní prostředí, píše se v publikaci Pastorka, Káry a Jeviče (2009).

2.3.2 Využití biomasy

Jak biomasu budeme prakticky využívat, závisí na mnoha faktorech, z nichž můžeme jmenovat například druh a formu biomasy. Surové dřevo je ideální pro topení v kotli, ale ne pro pohon automobilu. Lokální dostupnost biomasy by měla být jedním ze základních požadavků při rozhodování. Zatímco ropa a zemní plyn se přepravují po celé zeměkouli, biomasa by se měla zpracovávat v blízkosti místa produkce. Náklady na získání biomasy se největší měrou podílejí na její ceně. Opomenut by neměl být ani vliv na životní prostředí, kde například v USA se řeší problematika nevhodných topenišť na dřevo dnes již velmi intenzivně (Murtinger, Beranovský, 2011). Způsob využití biomasy k energetickým účelům je do veliké míry předurčen fyzikálními a chemickými vlastnostmi biomasy. Velice důležitým kritériem je vlhkost biomasy, kdy hranice mezi mokrými a suchými procesy je 50 % obsahu sušiny v biomase (Pastorek, Kára, Jevič, 2004).

Pastorek, Kára, Jevič (2004) uvádějí několik způsobů získávání energie z biomasy. Mezi tyto způsoby řadíme termochemickou přeměnu biomasy (spalování, zplyňování a pyrolýza), biochemickou přeměnu biomasy (alkoholové a metanové kvašení), fyzikální a chemickou přeměnu biomasy (mechanicky - štípání, drcení, lisování, peletování aj. a chemicky - esterifikace surových bioolejů) a získávání odpadního tepla při zpracování biomasy (při kompostování nebo anaerobní fermentaci pevných organických odpadů).

Pastorek, Kára, Jevič (2004) uvádějí skutečnost, že mezi biomasu určenou a vhodnou pro energetické účely lze využít fytomasu s vysokým obsahem lignocelulózy, fytomasu olejnatých rostlin a rostlin s vysokým obsahem škrobu či

cukru, organické odpady, vedlejší produkty živočišného původu nebo směsi různých organických odpadů. K výhodám využití biomasy k energetickým účelům patří menší negativní dopady na životní prostředí, obnovitelný charakter zdroje energie, zdroj energie bez lokálního omezení, účelné využití spalitelných, popřípadě i toxických odpadů navíc pěstování přispívá k vytváření krajiny a pečuje o ni (Pastorek, Kára, Jevič, 2004).

2.3.2.1 Spalování

Moudrý a Strašil (1999) poznamenává, že spalování je nejstarší známou termochemickou přeměnou biomasy. Spálit lze jakouli organickou hmotu, tvrdí Kužel (2009) a dodává, že rozdíl tkví ve skupenství, spalném teple, výhřevnosti, obsahu hořlaviny a popela. Spalování paliv je chemický pochod, při němž se slučují hořlavé prvky obsažené v hořlavině paliva s kyslíkem, následně se uvolňuje teplo (Pastorek, Kára, Jevič, 2004). Významnou vlastností biomasy je, že se její značný podíl při ohřátí na 200 a více stupňů zplyňuje, biomasa má velký podíl prchavé hořlaviny. To s sebou nese problémy při konstrukci topenišť na spalování biomasy. Další komplikací může být obsah vody, jež souvisí s jejím vznikem. Při spalování mokré biomasy přijdeme o polovinu tepla, které je zde obsaženo (Murtinger, Beranovský, 2011).

Spalování ovlivňuje celá řada faktorů, z nichž lze zmínit například podíl prchavé hořlaviny při teplotách nad 200 °C, dlouhé plameny (obtíže při průniku potřebného kyslíku), doba prohořívání spalitelných plynů, spotřeba spalovacího vzduchu, hustota, podíl popílku, který obsahuje těžké kovy nebo obsah chloru (při zvýšeném obsahu Cl nutné úpravy kotlů), píše Pastorek, Kára, Jevič (2004).

Úprava surovin pro spalování

U bylin určených ke spalování je optimální hodnota vlhkosti 15 - 20 %. V praxi to znamená, že většinu sklizené biomasy musíme dosoušet (Sladký, 2011). Kvůli spalování musíme sklizenou biomasu tvarově upravit. U stébelin se jedná o

řezání, lisování a briketování, které se uvádí jako technologie paliva. Briketování je proces, kdy brikety jsou vysokým tlakem stlačeny do tvaru válce či hranolu o objemové hmotnosti cca 1 000 kg / m^3 (Sladký a kol., 2002).Výsledný produkt - briketa - má nižší objem, než původní biomasa (Bartoš, 2000).

Dalším způsobem úpravy sklizené biomasy za účelem spálení je proces peletování, kdy dochází, jak uvádí Kučera, Stupavský (2009) k silnému stlačení dřevních nebo zemědělských zbytků. Dále píše Kučera, Stupavský (2009), že peletováním vznikne nový typ biopaliva s vysokou energetickou hodnotou, tepelnou výhřevností a výbornými vlastnostmi z hlediska dopravy a manipulace, jež umožňují ekonomické skladování, předzásobení a automatický přívod paliva k topeništi. Pelety představují poměrně vysoce zhodnocenou biomasu. Jejich výroba vyžaduje poměrně drahé zařízení a výroba je také poměrně energeticky náročná (Murtinger, Beranovský, 2011).

Zařízení na spalování biomasy

Na biomasu existují kotle malé, o výkonu 20 - 60 kW. Zde probíhají 4 fáze - sušení a odpařování vody z paliva, pyrolýza (uvolňování plynné složky paliva), spalování plynné složky paliva a spalování pevných látek (zejména uhlíku). Při zahřívání se nejprve odpaří voda. Poté se dodávaným teplem uvolňuje spalitelný plynný podíl paliva. Po dosažené zápalné teploty a při dostatečném přísunu kyslíku se vznítí plyn a následně se uvolní spalné teplo. Spalovací proces se udržuje, není – li dříví příliš vlhké a je – li přiváděn dostatek kyslíku. Spalování probíhá ve 3 zónách - vysoušení a zplyňování dřevní hmoty, hoření dřevního plynu na trysce a dohořívání v nechlazeném spalovacím prostoru, uvádí Murtinger, Beranovský (2011). Kotle středních výkonů (100 kW - 5 MW) jsou podobné konstrukce, vyžadují však úpravu paliva v podobě štěpky. Pro dopravu využíváme šnekové dopravníky. Hlavní předností topenišť je to, že se mohou předřadit k již instalovaným kotlovým jednotkám na fosilní paliva, píše Murtinger, Beranovský (2011). Kotle velkých výkonů (nad 5 MW) jsou požadovány při centralizovaném zásobování teplem (Murtinger, Beranovský, 2011).

Příklady využití spalování v praxi

Prvním přikladem je výtopna na slámu, jež je umístěna v soukromém zámku v obci Egebjergárd - Otterup. Využívá se balíkovaná sláma z řepky a obilnin. Spotřeba činí 3 500 kg balíků / den a vytopí se tím 10 místností zámku o ploše 4 000 m^2. Druhým příkladem je druhá spalovna slámy v obci Naskov, v níž se nacházejí 2 systémy spalování o výkonech 6, respektive 10 MW. 60 % obyvatel z města Naskov, jež má 17 000 lidí je zásobeno teplem. Denní spotřeba balíků je 220. Nutné vyvážet 2x denně popel o hmotnosti 12 t, který se využívá jako hnojivo (Frydrych, 2001).

2.3.2.2 Bioplyn

Pastorek, Kára, Jevič (2004) chápe bioplyn jako plynnou směs vniklou anaerobní fermentací vlhkých organických látek v umělých technických zařízeních. Zplyňování biomasy je proces termochemické přeměny pevného materiálu na plyn. Ten se dále využívá jako palivo pro chemickou syntézu na výrobu metanolu. Známe několik příkladů rozkladu biomasy na plynné palivo. Jsou to pyrolýza, což je zplyňování teplem. Rozklad biomasy na dehet, olejová paliva a plyny (H_2, CO) za vzniku O_2. Druhým způsobem je zplyňování vzduchem, to je rozklad biomasy v aerobních podmínkách reaktoru, uvolňuje se plyn, který se vyznačuje nízkou výhřevností. Dále je to zplyňování kyslíkem, to je rozklad biomasy pomocí vháněného kyslíku. Plyn má průměrnou výhřevnost. Dalším typem je zplyňování vodíkem, tedy rozkladu biomasy pod tlakem. Nakonec zplyňování vodní parou, jež je vedena přes rozžhavené uhlí (Moudrý, Strašil, 1999). Bioplyn je metan s příměsí dalších plynů a vzniká činností metanogenních bakterií. Tyto bakterie jsou velmi citlivé na přítomnost kyslíku, tudíž k přeměně organických látek na metan dochází pouze v anaerobním prostředí, uvádí Murtinger, Beranovský (2011). Pastorek, Kára, Jevič (2004) poznamenává, že bioplyn vzniká jako konečný produkt vícestupňového, složitého procesu působením mikroorganismů. V ideálním případě se bioplyn skládá ze 2 plynných složek, těmi jsou metan (CH_4) a oxid uhličitý (CO_2). Anaerobní digestace má 4 hlavní fáze. První je hydrolýza, kdy dochází k přeměně polymolekulárních organických látek na nižší monomery. Ve druhé fázi, nazývané acidogeneze dochází k přeměně jednoduchých organických sloučenin na mastné

kyseliny. Acetogeneze je třetí fází, kde jako hlavní produkt je kyselina octová. Čtvrtou a poslední fází je metanogeneze, zde dochází k tvorbě CH_4 a CO_2 (Mužík, Kára, 2009). Moudrý a Strašil (1998) uvádějí, že kromě metanu (55 - 80 %) a oxidu uhličitého (20 - 45 %) obsahuje bioplyn řadu plynů, z nichž můžeme zmínit třeba sirovodík a dusík.

Mezi významné výhody přeměny biomasy na bioplyn patří dle Murtingera a Beranovského (2011) fakt, že využít se dá biomasa s velkým obsahem vody, jejíž sušení by bylo náročné, lze též zpracovat vedlejší produkty zemědělské výroby (hnůj, kejda) a vytvořit z nich výborné palivo. Další výhodou je, dle této publikace to, že se zlepší prostředí na farmě a sníží emise metanu, je též možná likvidace a zpracování jinak těžkou odbouratelných oganických zbytků. V neposlední řadě je bioplyn možné velmi dobře využít k pohonu kogeneračních jednotek a vyrobit nejen teplo, ale i podstatně cennější elektrickou energii, dodává Murtinger, Beranovský (2011).

Zařízení na výrobu bioplynu

Bioplynové stanice v současné době zpracovávají kejdu a další zemědělské odpady. Některé bioplynové stanice zpracovávají kukuřici nebo jiné, cíleně pěstované rostliny (Srdecný a kol., 2009). Bioplyn v nových zařízeních se využívá hlavně k výrobě elektrické energie. Teplo, jež vzniká také je spíše vedlejším produktem celého procesu, přidává Srdecný a kol. (2009). V ČR bylo v roce 2008 v provozu 48 bioplynových stanic. 50 dalších stanic funguje jako součást komunálních a průmyslových čističek odpadních vod. Dodávka do sítě činila v témže roce 0,2 % celkové produkce elektřiny v ČR, uvádí Srdecný a kol. (2009). Zařízení na výrobu bioplynu dělí publikace Pastorek, Kára, Jevič (2004) na diskontinuální, kdy doba 1 pracovního cyklu odpovídá době zdržení materiálu ve fermentoru, používá se hlavně při suché fermentaci tuhých organických materiálů, nevýhodou je náročnost na obsluhu při manipulaci s materiálem. Druhým typem je semikontinuální technologie, kdy doba mezi jednotlivými dávkami je kratší než doba zdržení materiálu ve fermentoru, využívá se zejména při zpracování tekutých organických materiálů a materiál se dávkuje 4x i vícekrát denně. Posledním typem bioplynové technologie je

kontinuální, kdy se plní fermentory určené pro tekuté organické obsahy s velmi malým obsahem sušiny, dodává Pastorek, Kára, Jevič (2004).

Rozkládá - li se organická hmota anaerobně, tedy bez přístupu vzduchu, vzniká hořlavý plyn s vysokým obsahem metanu. Velmi důležitou součástí bioplynové stanice je fermentor, kde dochází k vlastnímu rozkladu biomasy, ten je vyhříván kvůli lepšímu a rychlejšímu rozkladu biomasy, píše Srdecný a kol. (2009). Zbytkem je takzvaný digestát, který se používá jako hnojivo. Vzhledem k faktu, že se hnojí pouze v určitých obdobích v roce je nutné digestát skladovat, na to se využívají zakryté jímky. Vyrobený bioplyn se skladuje v plynojemu. Při větším podílu slámy ve vstupní biomase je nutné bioplyn odsířit. Bioplyn se spaluje v kogenerační jednotce, která se skládá ze spalovacího motoru a generátoru elektřiny. Bioplyn je možné po předchozím vyčištění a vysušení předávat do plynárenské soustavy nebo jím pohánět dopravní prostředky (Srdecný a kol., 2009).

Příklady využití bioplynu v praxi

Prvním příkladem je stanice Biogas v obci Brande Blahoj, což je stanice na výrobu bioplynu. Dochází zde ke zpracování kejdy (75 %), ke které se přimíchává 25 % hmotnosti odpadů z olejářského a rybářského průmyslu. Denní produkce bioplynu je 4 000 m^3, při spotřebě 80 t kejdy. Za hodinu stanice vyprodukuje 520 kW elektrického proudu a 750 kW tepla a zásobuje 170 domácností. Dalším příkladem je biogas Studsgard, která vyrábí bioplyn z průmyslových odpadů a kejdy, jež musí obsahovat minimálně 5 % sušiny. Za hodinu vyprodukuje stanice 800 m^3 bioplynu.

2.4 Využití trav pro energetické účely

Energetické trávy tvoří jednu ze skupin rostlin pěstovaných za účelem energetiky. Lze zmínit jako zástupce této skupiny trav například ozdobnici čínskou, které se pro svou výšku přezdívá sloní tráva, sveřep horský, ovsík vyvýšený, lesknici rákosovitou nebo též psineček veliký (Usťak, 2006). Pro energetické účely lze využít takové trávy, které mají velký obsah sušiny v době sklizně, jsou nenáročné na vodu a živiny, jsou odolné proti chorobám a škůdcům a také mají vysokou výtěžnost (Murtinger, Beranovský, 2006). Dle Havlíčkové (2008) by neměly být opomety ani vlastnosti jako relativně rychlý růst i při nízkých teplotách, nižší obsah popelovin, které snižují kvalitu paliva v neposlední řadě také co nejnižší obsah dusíku ve sklízených částech. Povolný (2000) uvádí, že na přelomu milénia nemělo pěstování trav pro energetické účely na našem území, potažmo v našich klimaticko - půdních podmínkách příliš velkou tradici, což bylo způsobeno neznalostí, ale i obavou o výsledek. Energetické rostliny plní dle knihy Weger a Havlíčková (2003) 3 funkce. První funkcí je primární, což je výrobní zájem člověka - produkce biomasy. Sekundární funkcí jsou pozitivní účinky vegetace, jimiž bez nějakého chtěného zásahu člověka působí na své okolí. Může to být třeba absorpce CO_2, produkce O_2, protierozní účinek nebo dekontaminace půdního profilu. Výhodou pěstování trav pro energetické účely je například možnost výběru trvalých druhů, které nevyžadují každoroční zakládání porostu. Dalším pozitivem je možnost výběru sklizně tak, aby se sklízený materiál nemusel dále dosoušet, což by bylo spojeno s dalšími náklady (Petříková, 2004). V budoucnu b měla být snaha o co možná největší harmonizaci produkčních a mimoprodukčních funkcí energetických porostů. V takovém případu je nevyhnutelná užší spolupráce s odborníky z různých oblastí, jejichž stanoviska bude dobré zapracovat do plánů trvalé zeleně i do opatření krajinného managementu (Šrámek, 2001). V posledních 15 letech se v České republice oběřuje velká škála jednoletých i víceletých rostlin, u nichž je předpoklad využití pro energetiku (Strašil, Šimon, 2006).

2.5 Lesknice rákosovitá (*Phalaris arundinacea* L.)

2.5.1 Botanická charakteristika

Lesknice, též chrastice rákosovitá je rostlina z čeledi lipnicovitých a je charakterizována jako vytrvalá tráva, velice náročná na vodu a živiny a zároveň nenáročná na agrotechniku. Ve vhodných podmínkách produkuje vysoké výnosy (Sladký, 1995). Velich a kol. (1994) charakterizují lesknici jako vytrvalou výběžkatou trávu dosahující výšky i přes 2 metry. Usťak a kol. (2012) uvádí výšku lesknice rákosovité v rozmezí 50 - 220 cm s tím, že velmi často rostlina dosahuje výšky přes 1,5 metru. Šantrůček a kol. (2001) dodává, že tvoří silné a dlouhé podzemní oddenky. Šantrůček a kol. (2007) popisuje kořenový systém jako mocný a do hloubky pronikající. Lesknice má přímá a hladká stébla, hladké pochvy listů a dřípený jazýček. Květenstvím je často načervenalá lata. Plodem jsou obilky (Dostál, 1989, Grau a kol. 1998). Hmotnost tisíce semen je dle několika autorů 0,8 g. Usťak a kol. (2012) píše, že lesknice kvete v podmínkách ČR většinou v červnu. Dostál (1989) uvádí, že rostlina kvete v červnu a červenci, s tím částečně nesouhlasí Grau a kol. (1998), který toto období posunuje na měsíce července a srpna. Tento názorový rozdíl může být způsoben klimatickými podmínkami a geografickým výskytem. Lesknici lze dle Petříkové a kol. (2006) pěstovat třeba na senokosné účely. Na rozdíl od kostřavy rákosovité není vhodná pro pastevní účely, jelikož nesnáší nadměrný sešlap. Choroby ani škůdci u této rostliny nečiní zpravidla žádné problémy. Strašil (2006) ještě dodává, že optimální pH je 5, ale rostlina je dobře přizpůsobivá k pH v rozmezí od 4 do 7,5. Je odolná vůči holomrazům a pozdním jarním mrazíkům, též snáší dobře krátkodobé zaplavení a zastínění.

Dle Strašila a kol. (2012) je lesknice podmínkách ČR cizosprašný původní druh. Přirozené rozšíření je na stanovištích s dostatkem půdní vláhy. Roste všude v Evropě, severní Americe a s výjimkou jihu též v Asii. Společně s rákosem, ostřicemi a zblochany vytváří typicky pobřežní společenstva. Rozšíření vysoko do hor poukazuje na odolnost k drsným klimatickým podmínkám (Strašil a kol., 2011). Weger (2011) je toho názoru, že lesknice je slibnou rostlinou pro energetické účely. Hutla (2004) poznamenává, že za účelem dosažení poměrně dobrých výnosů lze pěstovat tuto plodinu ve všech původně klimatických podmínkách. Larrsson (2008)

se s tímto tvrzením neidentifikuje a dodává, že lesknice se hodí hlavně do chladnějších oblastí. Lze ji však najít i ve vyšší polohách, doplňuje Lewandovski a kol. (2003). Lesknice preferuje mokré, humózní a občas zaplavované půdy (Regal, 1953). Jarní záplavy podporují produkci biomasy přísunem živin. Letní záplavy mohou naopak porost poškodit, přidává Zedler a Kercher (2004). Chrastice je velmi vytrvalá, ale po zasetí má pomalejší vývoj než ostatní trávy (Šantrůček a kol. 2007).

2.5.2 Nároky na předplodinu a agrotechnika

Agrotechnika záleží na účelu pěstování lesknice. Rostlina je nenáročná na předplodinu, je vhodné ji zařadit na nezaplevelený pozemek (Petříková, 2006). Strašil a kol. (2011) uvádí, že lesknici lze sít po jakékoli předplodině. Vhodnou předplodinou jsou okopaniny hnojené chlévským hnojem, luskoobilní směsky a obilniny. Při pěstování pro energetické účely sejeme lesknici rákosovitou do užších řádků na vzdálenost 12,5 - 30 cm. Výsevek činí 20 - 25 kg / ha. Doporučuje se sklízet porosty brzy na jaře (nízký obsah vody: 12 - 20 %). Dobře založené porosty vydrží i několik let, dodává Strašil a kol. (2006). Pro energetické účely se lesknice sklízí pouze jednou do roka (Strašil a kol., 2011). Lesknice potřebuje zpravidla 1 rok na uchycení (Cisneros a Zedler, 2002). Poté je růst lesknice velmi rychlý. Patří k nejvýnosnějším travám díky schopnosti opětovně rychlého obrostu (Galatowitsch a kol., 1999, Lewandovski a kol., 2003).

2.5.3 Hnojení lesknice

Dle Moudrého a Strašila (1998) je lesknice velmi náročná na živiny. Průměrná dávka hnojiva ve Švédsku, při jarní sklizni jsou 80 kg / ha N, 30 kg / ha K a 10 kg / ha P, úspěchy zde slavilo přihnojování kalem z čistíren. Ve Finsku se ponejprv zkoušela dávka 40 - 70 kg N / ha a za rok se přešlo na dávku 70 - 100 kg N / ha. Dle tuzemských poznatků stačí 50 - 80 kg / ha N. Petříková a kol. (2006) uvádí, že při hnojení je nutné brát v úvahu momentální zásobenost půd živinami. Strašil a kol. (2012) píše, že pro kompenzační hnojení dusíku i většiny živin stačí 60 % dávka digestátu, tzn. asi 25 t digestátu o sušině 8 % / ha za rok. Dále vyslovuje Strašil a kol.

(2011) hypotézu, že očekávat lze očekávat kladný výnosový efekt při hnojení 68 kg čistě síry / ha. Při zakládání porostu by měla být dávka 200 kg N / ha, 30 kg P / ha a 100 kg K / ha. Takto nahnojené porosty vydrží dle Gebera (2002) několik let. Hnojení je z agrochemického hlediska vhodné rozdělit na 2 dávky. První dávkou je regenerační hnojení na jaře a druhou je podpůrné hnojení po první seči. Minerální přihnojení se provádí na jaře nebo po sklizni (Strašil, 2011).

Tabulka č. 2 - průměrného obsahu mikroelementů v sušině lesknice rákosovité:

Mikroelement	Bór	Železo	Mangan	Kobalt	Měď	Molybden	Nikl	Zinek
Obsah v sušině (mg / kg)	4,6	34,8	128	0,26	4,12	0,38	0,43	36,5

Zdroj: Usťak a kol. (2012)

2.5.4 Možnosti využití Lesknice rákosovité

Pro zavádění porostu lesknice hovoří nízká cena při zavádění porostu, minimální použití herbicidů a v neposlední řadě také nízké přímé náklady. V podmínkách ČR lze pěstovat od nížin po hory. Využití pro energetické účely je velice perspektivní (Strašil, 2006) Lesknice má přirozeně velkou koncentraci alkaloidů (Ostrem 1987, Sahramaa a kol., 2003). Lesknici lze využít k přímému spalování (spalné teplo sušiny nadzemní biomasy činí 17,52 GJ / t), popřípadě na výrobu elektřiny. Dalšími možnostmi jak využít porosty této rostliny je využití ke krmení a také jako surovina pro výrobu bioplynu, uvádí Strašil (2006). Lesknici lze využít jako palivo přímo dodávané do vhodně upraveného kotle nebo dále zpracovávat lisování do formy pelet či briket, píše Strašil (2006).

2.5.5 Výnosové parametry

Řada autorů (Kavka, 2006, Petříková, 2006, Frydrych, 2009) udává rozmezí výnosů sušiny na 4,5 - 9 t / ha. Při hnojivové závlaze lze na uměle založených loukách docílit výnosu 15 t sena / ha. Lewandovski (2003) uvádí, že ve Finsku a ve Švédsku dosáhly průměrné výnosy sena 5 - 12 t / ha, což potvrzuje i Sahramaa (2003). Petříková (2010) uvádí, že za příznivých podmínek lze dosáhnout 13 - 15 t / ha suché hmoty. Výnos je zvláště závislý na intenzitě výživy rostlin.

2.6 Szarvasi - 1

Szarvasi - 1 je rostlina, která se pěstuje přes 100 let v různých částech světa a pro různé účely, kam lze zařadit půdní sanaci, protierozní opatření i krmivo pro hospodářská zvířata. Potenciál pro výrobu energie zatím nebyl využit, zmiňuje Csete a kol. (2011). Nedávno bylo zavedeno v Maďarsku pěstování odrůdy Szarvasi - 1, což je odrůda poddruhu ponticus, druhu *Elymus elongatus* pro tvorbu biomasy. Sklízená biomasa se využívá formou pevných biopaliv k výrobě energie, dodává Csete a kol. (2011).

2.6.1 Taxonomie rostliny

Problémem druhu *Elymus elongatus* je, stejně jako u mnoha jiných druhů rostlin odlišná nomenklatura. *Elymus elongatus* má mnoho synonym, poukazuje Kazmierski (2008). Synonymy jsou *Triticum elongatum*, *Thinopyrum elongatum*, *Agopyron elongatum*, *Elytrigia elongata*, či též anglický ekvivalent Tall Wheatgrass. Botanické zařazení rostliny je následující: říše - rostliny (*Plantae*), oddělení - semenné rostliny (*Spermatophyta*), třída - jednoděložné (*Monocotyledones*), řád - lipnicotvaré (*Poales*), čeleď - lipnicovité (*Poaceae*), rod - pýrovník (*Elymus*), druh - *Elongatus* (European Enviroment Agency, 2012).

2.6.2 Původ rostliny a výskyt

Szarvasi - 1 je rozšířena po pobřeží Středozemního moře od Pyrenejského poloostrova až k moři Černému. V této oblasti se nácházejí 2 poddruhy, jež jsou vzájemně dosti odlišné. Prvním poddruhem je *Elymus elongatus* subst. *ponticus* nacházející se ve východní oblasti Středomoří a Maďarsku, který je vyšší a robustnější. Druhým poddruhem je podstatně kratší a stavbou jemnější *Elymus elongatus* subst. *elongatus*. Ten se vyskytuje v západní části Středozemního moře, uvádí Csete a kol. (2011). Z roku 1909 je zmínka o rostlině s názvem *Elymus elongatus*, jako o krmivu pro hospodářská zvířata ze států USA a Kanady (Schrabauer, 2010).

2.6.3 Stavba Szarvasi - 1

Jedná se o vytrvalou trávu, která se vyznačuje nitkovitými kořeny. Kořeny pronikají do hloubky 2,5 m (Bikazugi mezögazdasági nonprofit KFT, 2004). Stonek má šedozelenou barvu, je lysý, robustný a řídce olistěn, tvrdí Csete a kol. (2011). Listy jsou taktéž šedozelené o délce až 30 cm, uvádí (Schrabauer, 2010). Květenstvím je lichoklas, který je až 30 cm dlouhý (Bikazugi mezögazdasági nonprofit KFT, 2004). Klásek je složen ze 7 - 15 kvítků (Csete a kol. 2011). Plodem jsou obilky, které svým tvarem připomínají kopí. HTS je 2,8 - 3,8 g (Bikazugi mezögazdasági nonprofit KFT, 2004). Stéblo dosahuje výšky 180 - 220 cm, ovšem musí být optimální růstové podmínky (Csete a kol. 2011).

2.6.4 Stanoviště pěstování

Scheinost (2008) klasifikuje Szarvasi - 1 jako C3 rostlinu. Czete a kol. (2011) uvádí, že Szarvasi - 1 vyžaduje půdní podmínky srovnatelné s obilovinami, jako například oves, či pšenice. Rychlejší vývoj zaznamenává na lehčích půdách. Přírodním stanovištěm je oblast s písčitou půdou, tedy oblast centrálního Maďarska. Není však výjimkou nalézt přirozenou populaci na jílovitých půdách. Plodině vyhovuje spíše alkalická reakce půdy s hodnotou pH mezi 6,5 a 10. Rostlina dává

dobré výnosy i na neutrálních či slabě kyselých půdách. Pod hranicí pH 5,5 dochází ke ztrátám na výnosu. Životnost kultury může dosáhnout až 15 let, ovšem bez kvalitních výsledků v průběhu. Rostlina je odolná vůči letním teplotám neextrémního charakteru, tedy 30 - 35 °C. Roční úhrn srážek dle řady zahraničních výzkumů (Turecko, Maďarsko) je žádoucí v širokém rozmezí od 200 do 2 100 mm / rok, dodává Csete a kol. (2011). Schrabauer (2010) uvádí, že plný výnos přichází ve 2. roce a největší přírůstek hmoty je časně z jara a na podzim. Výnos sušiny je v rozmezí 10 - 15 t / h, sušina dosahuje výhřevnosti 14 - 17 MJ / kg, což lze porovnat s hnědým uhlím (Bikazugi mezögazdasági nonprofit KFT, 2004).

2.6.5 Odrůdy

Odrůda Szarvasi - 1 byla vyšlechtěna za účelem zisku suchuodolného a robustního hybridu za použití populací z Maďarska a jižního pobřeží Černého moře (turecké oblasti zvané Pontus). Rostlina dostala své jméno dle města, kde byla vyšlechtěna - Szarvas. V roce 2004 byla odrůda oficiálně uznána maďarským Centrálním hospodářským útvarem (Csete a kol., 2011). Do maďarského katalogu odrůd byla Szarvasi - 1 zapsána přesně dne 19. 2. 2004 (Mezögazdaság, szakigazdagatási hmatul kiadványa, 2008).

2.6.6 Osevní postup

Kultura se zakládá na období 10 - 15 let (Janowszky, 2007). Petříková a kol. (2006) doporučuje zařadit na nezaplavelený pozemek.

2.6.7 Příprava půdy a setí

Czete a kol. (2011) přirovnává přípravu půdy pro pěstování Szarvasi - 1 k ostatním obilninám jako je třeba oves a ječmen. Janowszky (2007) dodává, že příprava půdy se nijak neliší od jiných druhů vytrvalých trav. Na výsevku se shoduje jak Csete a kol. (2011) i Bikazugi mezögazdasági nonprofit KFT (2004) a uvádějí

hodnotu 30 - 40 kg / ha. S tím nesouhlasí bavorská společnost zabývající se výrobou osiv BSV Saaten GmbH, která udává hodnotu 20 - 25 kg / ha. Czete a kol. přidává, že optimální doba výsevu je od 1. do 20. září, do hloubky 2,5 cm a na vzdálenost 15 cm od sebe. BSV Saaten GmbH uvádí hloubku setí pouze do 1 cm. Grunewald (2012) upozorňuje, že pro tvorbu fertilních stébel je nutná jarovizace stejně, jako u ozimých obilovin.

2.6.8 Hnojení

Schopnost produkovat tak vysoký výnos, jako je 10 - 15 t sušiny / ha za rok lze pouze za předpokladu dodání 68 - 85 kg N / ha na seč (Bikazugi mezögazdasági nonprofit KFT, 2004). BSV Saaten GmbH uvádějí odlišné hodnoty, kdy na výnos 18 t / ha podle této společnosti postačí hnojení 60 kg N / ha na seč. Základní hnojení je v hodnotách: 220 kg N /ha, 45 kg P_2O_5 / ha, 290 kg K_2O / ha a 29 kg SO_2 / ha. Moosbauer a Rieglsperger (2013) píše, že často se aplikuje organické hnojení.

2.6.9 Ochrana rostliny

Do fáze třetího listu je rostlina prakticky nekonkurenceschopná. Odstranění plevelů by mělo proběhnout v rámci předseťové přípravy formou přípravku na bázi glyfosátu (např. Roundup). Další pesticidy doporučuje Grunewald (2012) až po fázi čtvrtého listu. Csete a kol. (2011) uvádí, že po fázi 4. listu je vhodná aplikace herbicidů. Tráva je odolná vůči chorobám rostlin jako je padlí travní a různé druhy rzí (Bikazugi mezögazdasági nonprofit KFT, 2004).

2.6.10 Sklizeň a posklizňová úprava

Moosbauer a Rieglsperger (2013) píše, že se seč provádí koncem června a koncem září, tedy 2x do roka. Janowszky (2012) dodává, že toto je sklizeň pro následující výrobu bioplynu v bioplynové stanici. Grunewald (2012) udává výšku řezu nad 15 cm. Pokud se sklízená hmota pálí, lze provádět sklizeň 1x / rok. Rostliny

obsahují hodně ligninu a celulózy, což je ku prospěchu věci právě při takovémto zpracování. Odklízení hmoty z pole může probíhat ve formě řezanky a nebo balíků, ať už kulatých, popřípadě hranatých, upřesňuje Schrabauer (2010). Bikazugi mezögazdasági nonprofit KFT, 2004 píše, že výroba osiva je bezproblémová a finančně nenáročná.

2.6.11 Využití Szarvasi - 1

Rostlina je vhodná pro spalování, jak uvádí výzkum ve městě Szarvas. Schrabauer (2010) porovnává Szarvasi - 1 s ozdobnicí čínskou a všímá si nižšího obsahu dusíkatých a sirných sloučenin, právě u Szarvasi - 1. Janowszky (2012) tvrdí, že tato rostlina může být jako náhrada dřeva a ještě dodává její protierozní a meliorační funkci.

2.7 Výživa rostlin

Termín výživa rostlin lze definovat jako přijímání souhrnu látek potřebných pro zdravý vývoj rostliny. Lze sem zařadit i světlo a teplo. Živiny přijímá rostlina obvykle z půdy. Z přijatých látek vytváří rostlina fotosyntetickou asimilací organické látky (Campbell, Reece, 2008). Příjem živin rostlinami je ovlivněn celou řadou faktorů. Ty dělíme na vnější a vnitřní. Faktory vnitřní jsou dány geneticky. Vnější faktory ovlivňují příjem živin rostlinou do značné míry a řadíme k nim složení ovzduší, techniku hnojení a použitá hnojiva, zdravotní stav rostlin, vlhkost, srážky, agrotechniku, teplotu a sluneční záření, uvádí Campbell a Reece (2008). Kalina (2005) považuje za nejvýznamnější vnější vegetační faktory vodu, vzduch, teplo a světlo.

2.7.1 Výživa rostlin dusíkem

Dusík v rostlině je důležitá součást aminokyselin, nukleových kyselin, amidů a enzymů. Nedostatečná výživa způsobuje slabý růst a také vzrůst rostlin. Nadbytek způsobí polehání stébel a řídkost klasů (Richter, 2004). Ryers a Branson (1973) uvádějí, že množství dusíku na planetě se pohybuje okolo 2,17 x 10^{17}. Zdroje dusíku

jsou hnojiva, která mohou být statková v dávce okolo 20 kg / ha a poté průmyslová v dávce 70 kg / ha (Vaněk a kol., 2007). Dusík je základním stavebním prvkem veškeré živé hmoty. Využívá se k tvorbě bílkovin, aminokyselin, chlorofylu, či alkaloidů (Fecenko a Ložek, 2000). Příjem dusíku probíhá formou nitrátovou, jež má pro rostliny velký význam, avšak nejdříve musí dojít k redukci na amonný dusík v pletivech (Marschner, 2011), Dle Mengela a Kikrbyho (1978) je upřednostňován jako zdroj pro růst rostlin. Forma amonná je do organických sloučenin zabudována již v kořenech, poznamenává Marschner (2011). Je-li pH neutrální až alkalické, dochází ke zvýšení příjmu dusíku formou NH_4^+ na úkor NO_3^- (Richter, 2003). Nedostatek dusíku způsobí nevyrovnané a slabě rozvinuté porosty. Listy jsou nažloutlé, při vyšším deficitu úplně žluté. V neposlední řadě dojde k nízké tvorbě odnoží (Richter, 1994). Nadbytek dusíku naproti tomu způsobí bohatě olistěný, hustý a zelený porost. Negativem však je větší vodnatost stébel, která se v důsledku projeví nižší pevností a vyšší náchylností k chorobám, píše Richter (2004).

2.7.2 Výživa rostlin sírou

Průmyslové emise oxidu siřičitého způsobily vyšší koncentrace SO_2 v ovzduší, tudíž při nedostatku síry v půdě může rostlina krýt až 30 % potřeby síry ze vzduchu. V posledních letech však došlo k odsíření tepelných elektráren a roční příjem síry půdou se snížil z původních 100 kg na dnešních 20 kg / ha, uvádí Richter a kol. (1997) a též Vaněk a kol. (2007). Původ a množství síry v půdě závisí na klimatu, půdotvorném substrátu a vegetaci (Gálová a kol., 2004). Dnes je síra v půdě v rozmezí 50 - 500 mg / kg (Vaněk a kol., 2007). Ztráty v půdě formou vyplavování jsou velice značné, uvádí Bloemová (1998) a Matula (1999) dodává, že mohou dosahovat až 100 kg z hektaru.

Síra je pro růst a vývoj rostlin nezbytným prvkem (Hřivna, 2010). Příjem síry hlavně ve formě SO_4^{2-}, přičemž dostupnost limituje hlavně vysoké pH (Schung a Haneklausová, 1998). Nedostatek síry se projeví žloutnutím, zejména mladých listů a vrcholů rostlin, popisuje problém Zelený, Zelená (1996) a Bergmann (1992). Nadbytek síry se dnes téměř neprojevuje, jelikož nadbytek síry v půdě de facto

neškodí. Kritickou hodnotu uvádí Vaněk a kol. (2007) a udávají 4 000 mg / l půdního roztoku.

2.7.3 Výživa rostlin fosforem

Fosfor je rostlinou přijímán ve 2 aniontových formách. První je $H_2PO_4^-$ a druhou posléze HPO_4^{2-}. Veškeré životní děje jsou závislé na přítomnosti fosforu (Foltýn a kol., 1970). Při nedostatku dochází k latentní deficienci, v jejímž důsledku nefungují správně biochemické funkce (Ryant, 2002). Při dlouhodobějším nedostatku pozorujeme sníženou intenzitu odnožování a horší růst stébel, upozorňuje Vaněk (1998) a Mengel, Kirkby (1978). Přehnojení fosforem blokuje příjem ostatních živin (Vaněk, 1998). Nedostatek způsobí purpurové zbarvení listů (Richter, 2004).

2.7.4 Výživa rostlin draslíkem

Velice důležitý prvek v procesu dýchání a fotosyntézy. Příjem ve formě kationtu K^+. Ovlivňuje dusíkatý metabolismus, dělení buněk nebo látkovou výměnu sacharidů. Nedostatek draslíku způsobí obtížnou regeneraci a vyšší náchylnost k houbovým chorobám a větší poškození mrazem, dále omezení růstu a horší hospodaření rostliny s vodou (Marschner, 1995 a Vaněk, 1998). Špatné zásobení draslíkem způsobí také zkrácení stébla, zvýšenou náchylnost k polehání, uvádí Matula (1977). Naopak nadbytek draslíku způsobí špatný příjem vápníku a hořčíku, udává Hřivna a Richter (2005).

2.7.5 Výživa rostlin vápníkem

Je přijímán jako dvojmocný kationt Ca^{2+}. V rostlině ovlivňuje semipermeabilitu membrán a stěn buněk, zpevňuje buněčnou stěnu a působí jako stavební látka, píše Procházka a kol. (2006). Nízký příjem vápníku způsobí krátké kořeny bez kořenového vlášení. Na mladších listech lze spatřit chlorotickou

kropenatost. Výjimkou není ani sterilita pylu, shodují se Vaněk a kol. (2000) a Richter, Hřivna (2005). Nadbytek vápníku je prostý výraznějších příznaků. Lze zmínit horší příjem iontů zinku, manganu a železa (Richter, Hřivna, 2005).

2.7.6 Výživa rostlin hořčíkem

Hořčík je velice důležitý prvek ve stavbě molekuly chlorofylu. Rostlina přijímá pasivně kationty Mg^{2+}. Hořčík je aktivátorem řady enzymů a spolu s fosforem se účastní řady asimilačních a disimilačních pochodů (Richter, 2004). Ryant (2002) uvádí, jako příznaky deficitu omezení zeleného zbarvení a nerovnoměrně rozložený chlorofyl. Flohrová (1996) jako příznaky defecitu označuje žluté skvrny na listech a také výnosové deprese. Nadbytek omezuje rostliny. V zrnu se snižuje obsah bílkovin (Flohrová, 1996).

2.7.7 Výživa rostlin zinkem

Ryant (2003) uvádí, že obsah zinku v půdě závisí na obsahu prvku v mateční hornině a charakteru půdotvorného procesu. V půdě jej najdeme ve formě vodorozpustné, výměnné, nevýměnné a reziduální (Alloway, 2008). Příjem zinku z půdy závisí na jeho koncentraci v půdním roztoku. Inhibičně působí vysoký obsah iontů mědi, železa a manganu (Tlustoš, 2006). Zinek je nezbytný pro správnou funkci a průběh fotosyntézy, opylení a vývoje semen. Deficit se v konečném důsledku projeví nižší produkcí (Alloway, 2002). Marschner (1995) a Alloway (2008) uvádí, že se zinek vyskytuje v rostlinách jako volný iont Zn^{2+}, v komplexu a nebo v nerozpustné formě. Kochian (1991) uvádí, že ve floému se vytváří komplexy s organickými sloučeninami a dochází ke zvýšení koncentrace. V rostlině působí také při tvorbě růstových hormonů (Tlustoš, 2006). Nedostatek zinku způsobí poruchy v dělení buněk na špičkách kořenů a v kambiálních pletivech, upozorňuje Alan a kol. (2010).

2.7.8 Výživa rostlin bórem

Bór v rostlinách byl objeven poprvé zásluhou Wittsteina a Apoigera roku 1857, kdy v semenech rostlin byla stanovena kyselina boritá (Veliký, 1968). Obsah bóru v půdě závisí na mateční hornině a nejbohatší půdy na bór jsou půdy vzniklé z mořských sedimentů (Veliký a kol., 1964). Formy bóru půdě jsou nerozpustná, vázaná v organické půdní hmotě a rozpustná v půdním roztoku. Přijatelnost bóru z půdního prostředí je velmi výrazně ovlivněna půdní reakcí (Bingham a kol., 1970). Rostlina přijímá tento prvek ve 3 aniontech, kterými jsou: $H_2BO_3^-$, HBO_3^{2-}, BO_3^-. Příjem je ovlivněn sorpční schopností kořenů, obsahem bóru v rostlinách a rozpustnosti sloučenin bóru (Ryant, 2003). Rostliny bór přijímají kořeny při pH 5 - 6, uvádí Tanaka a Fujiwara (2008). Bór je významný při látkovém a energetickém metabolismu rostlin, píše Ryant (2003). V rostlině má podíl na metabolismu sacharidů a proteinů, nukleových kyselin a syntéze různých látek (Power, 1997). Nedostatek způsobuje křehkost a lámavost listů. Omezuje se růst kořenů a na plodech se objevuje skvrnitost a deformace (Cihlář a kol., 2010). Dle Richtera (2003) je vysoká koncentrace pro většinu rostlin toxická.

2.8 Hnojiva používaná při pokusech

2.8.1 Digestát

Dle Klíra (2011) je digestát organické hnojivo vznikající při výrobě bioplynu. Kolář (2010) přichází s tvrzením, že má-li být organická hmota označena jako organické hnojivo, měla by splňovat základní podmínku: musí být snadno mikrobiálně rozložitelná, aby byla schopna uvolnit pro půdní mikroorganismy potřebnou energii. Část této energie z exothermního procesu mineralizace pak může být převedena do endothermního procesu humifikace.

2.8.1.1 Rozdělení digestátů

Prvním typem digestátu je digestát vznikající v bioplynové stanici, kam vstupují statková hnojiva a rostlinné materiály. Tato bioplynová stanice využívá ke své výrobě statková hnojiva nebo materiály rostlinného charakteru. K výrobě se dle znění zákona nesmí používat odpady ani vedlejší živočišné produkty, jako mrtvá těla zvířat, jejich části a také produkty živočišného původu, uvádí Večeřová (2008).

Druhým typem je digestát z bioplynových stanic, kde jsou využity též odpady, jejichž seznam je uveden v zákoně. Pro vznik digestátu je možné využít statková hnojiva, rostlinné materiály a bioodpady. Dle Váni (2007) jsou u odpadů odlišné legislativní požadavky.

Digestát z bioplynové stanice, kde se jako vstupní surovina uplatňují i vedlejší živočišné produkty je třetím typem. S takovým digestátem se dle Večeřové (2008) musí manipulovat tak, aby nedošlo k rekontaminaci.

2.8.1.2 Nakládání s digestátem a jeho využití

Způsob nakládání by měl být dopředu pečlivě promyšlen. BIOM CZ (2012) poznamenává, že digestát lze aplikovat na zemědělskou půdu, jelikož se jedná o kvalitní organické hnojivo. Po předchozím odvodnění lze digestát využít v kompostárnách k výrobě kompostu. Večeřová (2008) udává, že použití i dávka digestátu je podobná, jako u kejdy s přihlédnutím k obsahu živin, zejména pak dusíku.

Tabulka č. 3 - Limitní hodnoty rizikových prvků v digestátu

Rizikový prvek	Rtuť	Kadmium	Olovo	Chrom	Měď	Zinek	Nikl	Molybden	Arzén
Limitní hodnota mg / kg sušiny	1	2	100	100	100	300	50	5	10

Zdroj: (BIOM CZ 2012)

Digestát lze také dle vyhlášky č. 341 / 2008 Sb., jež upravuje podrobnosti s nakládáním s biologicky rozložitelnými odpady (BRO) jako rekultivační materiál. Další možné využití digestátu popisuje Kára (2009), který upozorňuje na fakt, že digestát je možné využít pomocí separace a usušení pevného podílu, jež lze potom použít jako alternativní palivo.

2.8.2 Síran amonný

Síran amonný $(NH_4)_2SO_4$ je anorganická sůl se širokou škálou použití. Obsahuje 21 % dusíku v amonné formě a 24 % síry ve formě síranové. V přírodě se nachází ve formě maseagnitu (Vohlídal, Štulík, Julák, 1999). HOKR.CZ (2011) uvádí, že je vhodný k základnímu hnojení na podzim. Dále zdůrazňuje jeho možné použití ke všem plodinám. Zapravuje se do půdy ihned po aplikaci.

2.8.3 Dusičnan amonný

Triviálním názvem též ledek amonný, vzorcem NH_4NO_3. Zemědělské hnojivo, jež může vznikat přeměnou močoviny (Vohlídal, Štulík, Julák, 1999). Hnojivo se dle stránky HOKR CZ (2011) používá pro základní výživu dusíkem. Obsahuje 2 formy dusíku - polovinu ve formě dusičnanové - rychle působící a druhou ve formě amoniakální. Lze hnojit před setím i v době vegetace. Obsah celkového dusíku je 26 %.

2.8.3 Superfosfát trojitý

Minerální hnojivo ze skupiny fosforečných hnojiv s 21 % obsahem fosforu, rozpustné ve vodě. Vyrábí se rozkladem apatitu kyselinou sírovou. Hnojíme na neutrální půdy před podmítkou či orbou kvůli půdní úrodnosti. Je možná kombinace se statkovými hnojivy, jako je sláma či hnůj (Vaněk, 2002). Slouží ke krytí potřeby fosforu v půdě a zajištění trvale vysokých sklizní.

2.8.5 Draselná sůl

Univerzální draselné hnojivo se používá k pokrytí potřeby draslíku. Obsahuje 60 % draslíku v chloridu (KCl). Draslík je v draselné soli formou vodorozpustnou. Používá se k základnímu hnojení. Není vhodný k rostlinám náchylným na chloridovou formu draslíku.

3. Cíle a hypotézy

Součástí praktické části práce byla účast na pokusu s pěstováním energetických trav *Phalaris arundinacea* L. a *Elymus elongatus*, jež probíhá na experimentálním pozemku Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích. Cílem bylo sledování výnosových parametrů těchto rostlin v závislosti na intenzitě hnojení.

Dílčí cíle

1) Podílet se na pěstování a hnojení energetických trav dle předem zvolené metodiky.
2) V předem zvolených obdobích odebírat vzorky trav pro stanovení jejich výnosového potenciálu.
3) Porovnat získaná data s údaji dostupnými v literatuře.

Hypotézy

1) Tráva *Elymus elongatus* dosáhne v průměru vyšších výnosů v porovnání s druhem *Phalaris arundinacea* L.
2) Trávy budou nejlépe reagovat na hnojení minerálními hnojivy, a proto ze všech variant poskytnou nejvyšší výnosy.

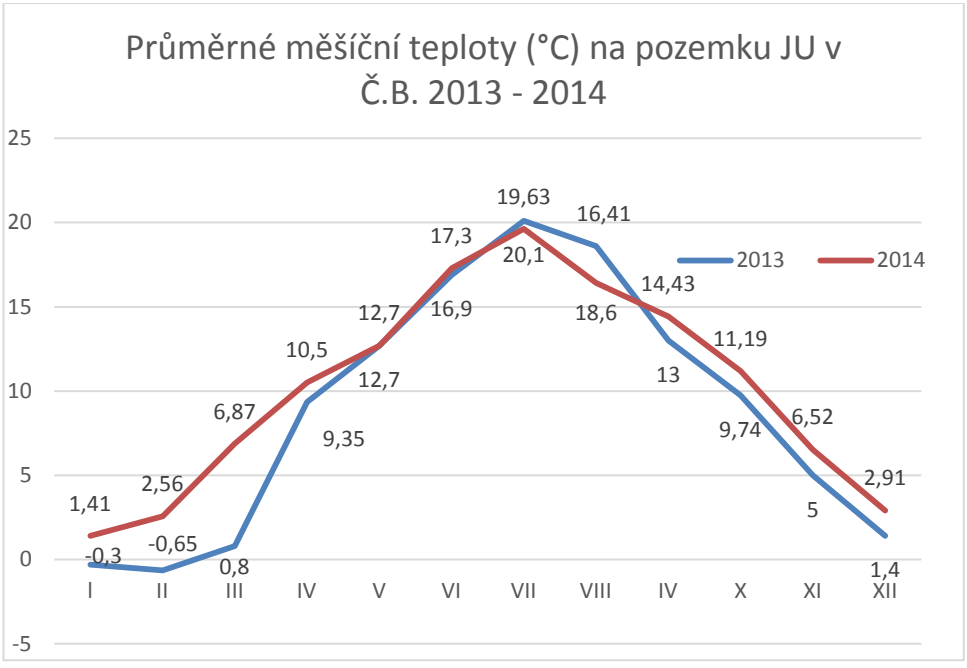
4. Materiál a metodika

Pokusy probíhaly na pozemku Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích. Ten se nachází v nadmořské výšce zhruba 380 m a v obilnářské výrobní oblasti. Podrobnější údaje o teplotách, srážkách a celkových klimatických podmínkách jsou uvedeny v tabulkách a grafech níže. Data byla získána z meteorologické stanice nacházející se na témže pozemku.

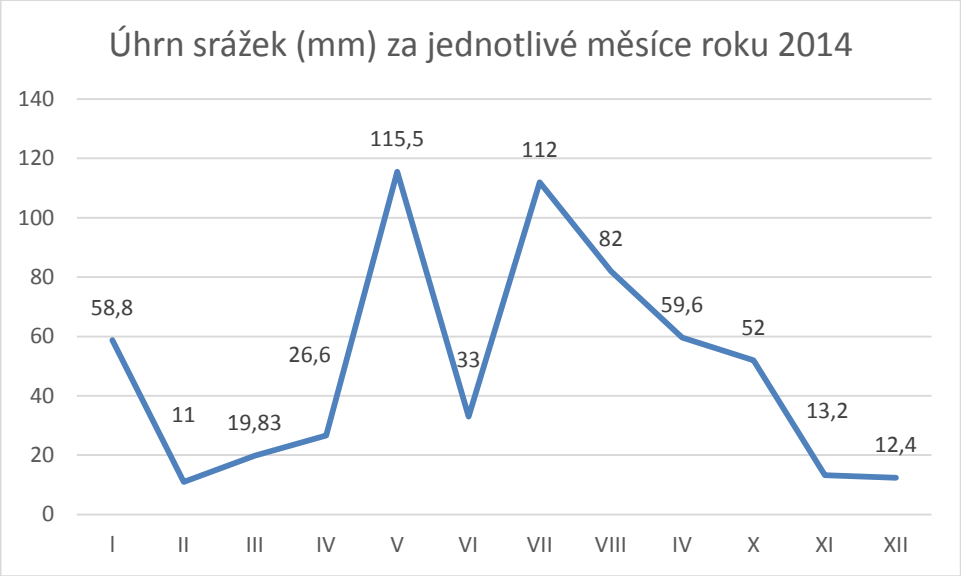
Tab č. 4 – Charakteristika lokality

Údaj	Hodnota
Nadmořská výška	380 m n. m.
Zemědělská výrobní oblast	Obilnářská
Půdní druh	Písčitohlinitý
Půdní typ	Kambizem pseudoglej
pH půdy (KCl)	6,4
Průměrná teplota vzduchu	**9,5 °C**
Roční úhrn srážek	**601 mm**

Graf č. 1 Průměrné měsíční teploty (°C) na pozemku JČU v ČB 2013 - 2014



Graf č. 2 - Úhrn srážek (mm) na pozemku JČU v ČB za jednotlivé měsíce 2014



4.1 Založení porostu a sled agrotechnických operací

Na pokusném pozemku bylo založeno 72 mikroparcelek pro účely sledování porostů *Phalaris arundinacea* L. (lesknice rákosovitá) a *Elymus elongatus* (odůda Szarvasi – 1). Políčka byla zakládána na jaře a na podzim 2013. Rozměry každého z políček činily 10 m^2 (8 x 1,25 m). Dvě třetiny parcel byly založeny za účelem pěstování fytomasy vhodné pro přímé spalování. Poslední třetina parcel sloužila k zisku fytomasy jako suroviny pro bioplynové stanice, byla proto obhospodařována dvousečně. V práci jsou popisovány agrotechnické operace a výsledky právě z této skupiny parcelek. Tato skupina tedy obsahovala 24 parcelek. 4 políčka druhu *Elymus elongatus* a 4 parcelky druhu *Phalaris arundinacea* L. byly obhospodařovány „intenzivně“ Po čtyřech parcelkách od obou druhů byly hnojeny digestátem a poslední skupina nebyla hnojena vůbec. Rozložení této skupiny parcelek je zobrazené v příloze.

Před založením porostů trav byla provedena likvidace kultury staré. Tou byly monokultury ovsíku vyvýšeného (*Arrhenatherum elatius* L.) a sveřepu horského (*Bromus carharticus*). Likvidace proběhla formou aplikace neselektivního herbicidu Roundup. Poté následovala orba o střední hloubce. Samotné setí proběhlo 30. 8. 2013. Dávka výsevu činila 50 kg / ha, což je dvojnásobek doporučené dávky. Takto

vysoká dávka byla zvolena na základě poznatků ze zkoušky klíčivosti, kde bylo dosaženo hodnoty pouhých 30 %. Výsev Szarvasi - 1 probíhal v dávce 35 kg / ha.

Kvůli vysokému zaplevelení porostů byl několikrát využit herbicid proti dvouděložným plevelům STARANE 250 EC. V předepsané dávce byl aplikován na všechny varianty 17. 4. 2014 a poté znovu 19. 5. 2014.

4.2 Popis variant pěstování

První druh parcel byl přihnojován hnojivy minerálního charakteru dle stanovené metodiky. Tato varianta nese označení "intenzivní". 22. 4. 2014 proběhlo hnojení této varianty síranem amonným v dávce 300 kg / ha, superfosfátem trojitým a draselnou solí v dávce 62, 5 kg / ha. Po první seči byl porost opět přihnojen. Hnojení v dávce 150 kg / ha ledku amonného s dolomitem bylo provedeno 26. 6. 2014.

Druhá varianta spočívala v přihnojování digestátem. Dávka byla zvolena tak, aby bylo na porost aplikováno stejné množství čistého dusíku jako ve variantě „intenzivní“. Dávka byla rozdělena na dvě části. K první aplikaci došlo 25. 4. 2014 v dávce 140 hl / ha digestátu společně se stejným množstvím vody, kterou byl digestát naředěn. Druhá část ve stejné dávce byla aplikována po první seči 16. 6. 2014.

Poslední variantou je pěstování trav bez použití jakýchkoliv hnojiv a nese název "extenzivní".

4.3 Metodika odběru vzorků pro stanovení výnosů

Odběr vzorků probíhal vždy před provedením seče. V každé intenzitě byla založena 4 políčka, to znamená 4 opakování. Vzorek dané trávy byl odebrán vždy z plochy 1 m^2 z každé parcely, zjištěné výnosy z políček stejných variant se poté zprůměrovaly. Odběr byl proveden ručně za pomoci srpu ve výšce zhruba 5 cm nad zemí. Čerstvá fytomasa byla zvážena a poté vložena do sušárny, kde došlo k jejímu

vysušení. Ze zjištěných výsledků se poté vypočetl podíl vody a sušiny v travní hmotě a výnosy sušiny byly přepočteny na plochu 1 hektaru.

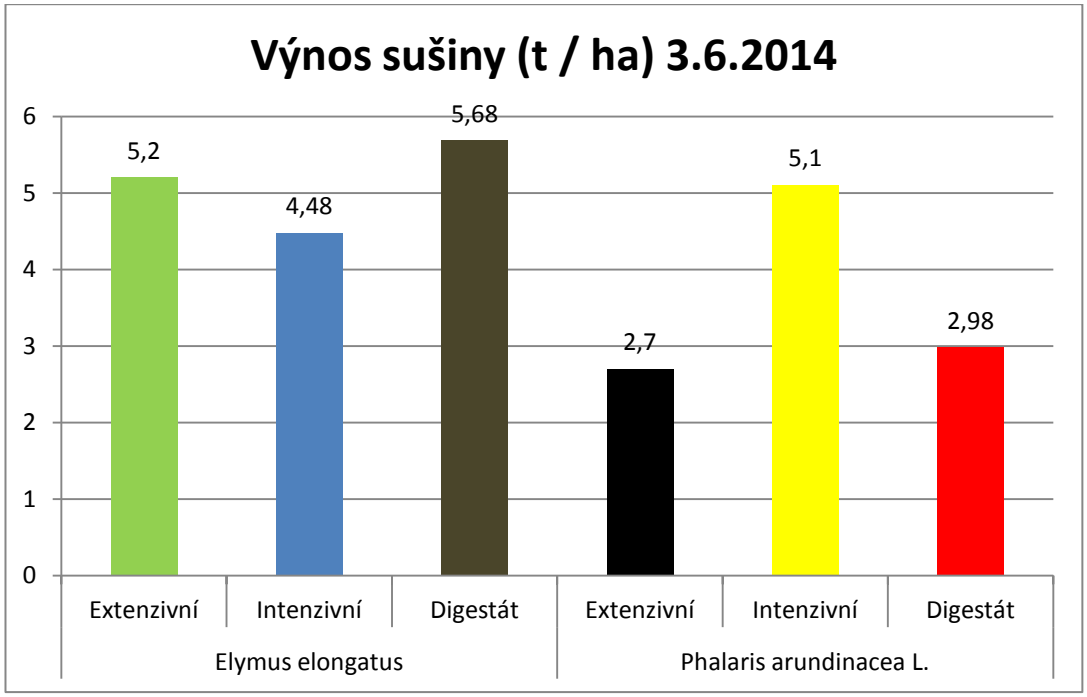
K prvnímu odběru vzorků a následné seči došlo 3. 6. 2014, podruhé byly vzorky porostů odebrány 30. 9. 2014 a porosty byly opět posečeny.

5. Výsledky a diskuze

Veškerá rostlinná hmota byla sklízena z maloplošných parcelek dle dohodnutého plánu. Biomasa byla odebírána pokaždé z parcelek určených ke sklizni a následně byla přepočítána na plochu 1 hektaru.

U jednotlivých dat sklizně jsme zjišťovali výnosy v tunách z hektaru a to v zelené hmotě i v sušině. První sklizeň se prováděla před metáním trav, 3. 6. 2014 a druhá sklizeň se konala 30. 9. 2014 na konci vegetačního období trav.

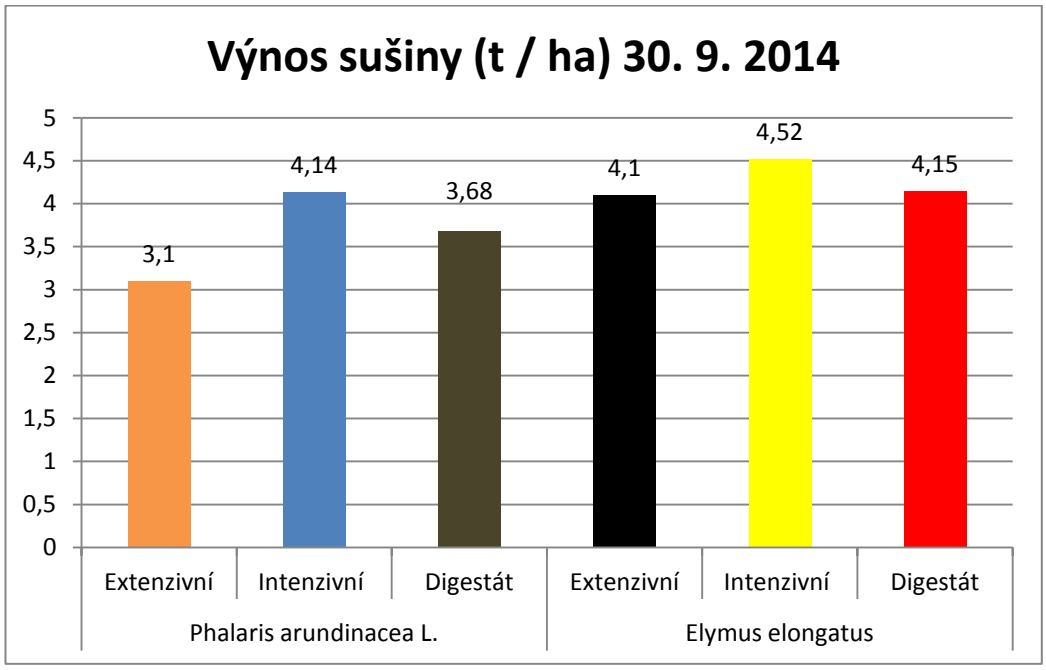
Graf č. 3 - Výnos sušiny při sklizni 3. 6. 2014



Při jarní sklizni trav vyzněly výnosy sušiny jednoznačně lépe pro *Elymus elongatus*, kdy tato rostlina nejlépe reagovala na hnojení organickým digestátem a poskytla výnos 5,68 t / ha, který by bylo možné porovnat s výsledky červnové seče dle Völkleina (2013), který uvádí u jarní seče hodnotu 7,4 t / ha sušiny. O necelých 500 kg sušiny sklizené z 1 hektaru dopadla hůře varianta extenzivní. Nejhorší se poměrně paradoxně jeví varianta intenzivní, která poskytla nízký hektarový výnos nepřesahující ani 4,5 t / ha.

Naopak u chrastice rákosovité se jeví nejlépe intenzivní varianta hnojení, která poskytla výnos o hodnotě 5 t z hektaru. Většina autorů se shoduje na výnosu sušiny v rozmezí 4,5 - 9 t / ha. Jak uvádí Hutla (2004), od 2. roku poskytuje Chrastice rákosovitá při jarní seči 7,5 t / ha a při seči podzimní až 9 t / ha. K těmto číslům má tato rostlina při našem pokusu ještě poměrně daleko, což lze zdůvodnit faktem, že sklízený porost nepřesahuje stáří 1 roku. Další varianty hnojení dopadly o poznání hůře, kdy varianta hnojená digestátem nedosáhla výnosu ani 3 t / ha a varianta extenzivní poskytla 2,7 t sušiny z jednoho hektaru.

Graf č. 4 - Výnos sušiny při sklizni 30. 9. 2014

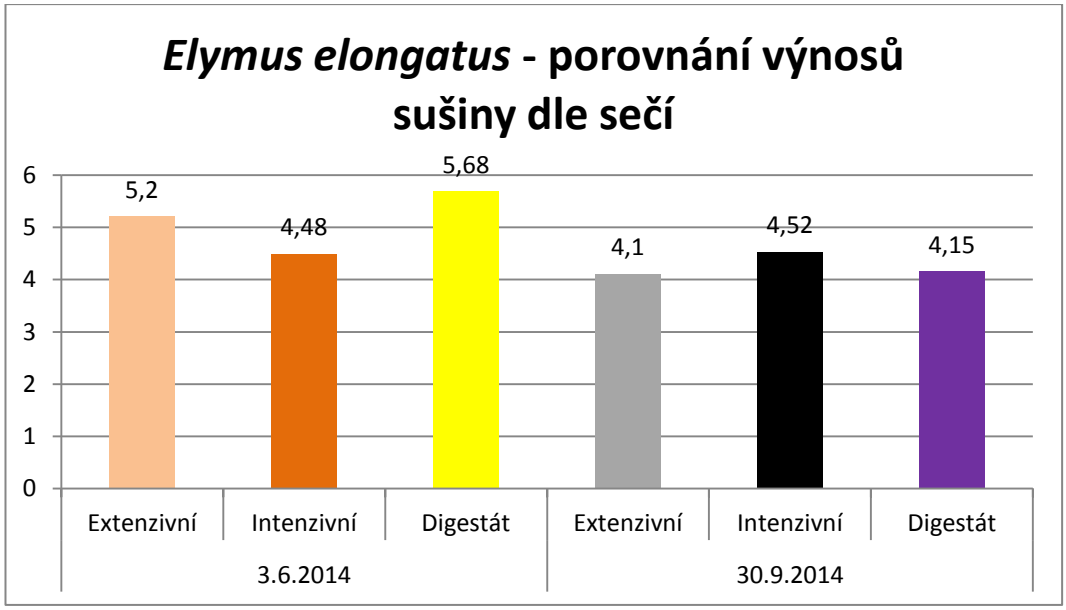


Podzimní sklizeň provedená 30. 9. poskytla poměrně vyrovnanější výnosové výsledky. U *Elymus elongatus* dopadla oproti jarní seči nejlépe varianta intenzivní s výsledkem 4,5 t / ha. Völklein (2013) uvádí výnos při podzimní seči pouhých 3,1 t / ha, ovšem sklizeň prováděl o měsíc déle, než bylo u našeho měření. Varianta hnojená digestátem a varianta extenzivní jsou pozadu o pouhopouhých 0,4 t sušiny / ha. Rozdíl mezi variantou extenzivní a digestátem hnojenou, byl minimální (činil 50 kg sušiny / ha).

V tomto případě by se po stránce ekonomické jevila nejlépe zřejmě varianta extenzivní, která ač nehnojena, neposkytla nijak markantně nižší výsledky, než varianty hnojené.

Ostatní autoři u plodiny Szarvasi - 1 uvádějí nesrovnatelně vyšší výnosy v sušině z 1 ha. Například Jonák (2011) uvádí výnosy v rozmezí 18,5 - 19,3 t / ha. O něco nižší výnos uvádí bavorské vzdělávací centrum v Triesdorfu, které ve svých pokusech v letech 2009 - 2012 dosáhly průměrného výnosu 17 t / ha. Schrabauer uvádí průměrné výnosy 13,5 t / ha v oblasti Alpenvorland v Rakousku.

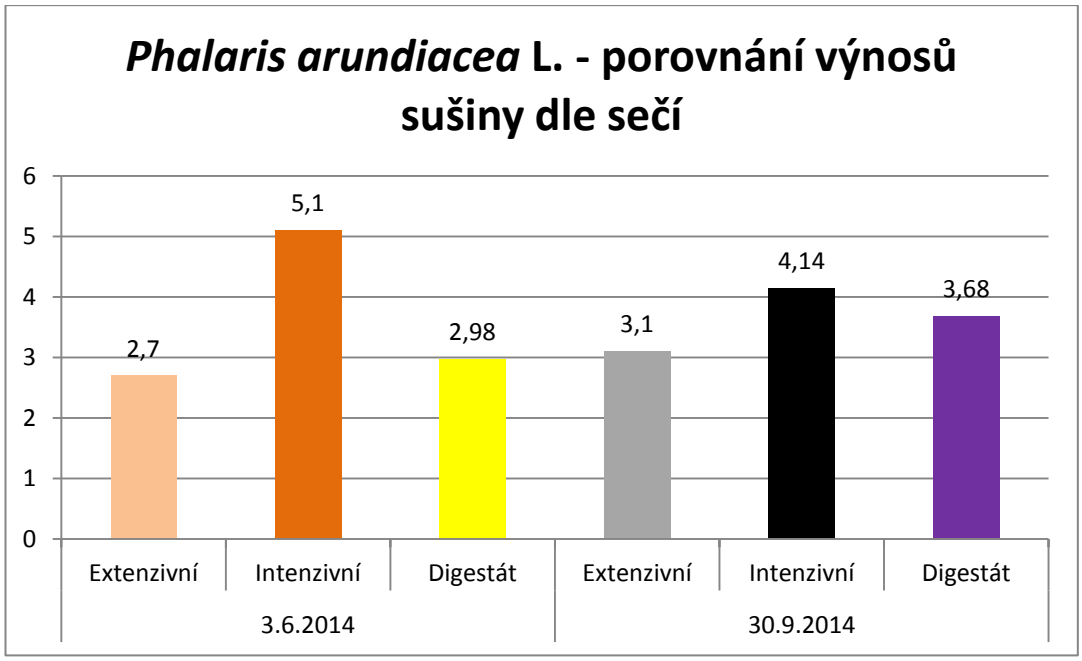
Graf č. 5 - Výnos sušiny (t / ha) Elymus elongatus dle sečí



U rostliny *Elymus elongatus* vychází v průměru lépe seč jarní, provedená na začátku června, tedy v období největšího přírůstku fytomasy. Nejlepší výsledky dosahovala varianta hnojená digestátem. Rozdíl mezi jarní a podzimní sečí byl 1,5 t / ha. Rozdíly u extenzivní varianty byly o něco menší a činily 1 t sušiny z hektaru. U varianty intenzivní nebyl ve výnosech prakticky žádný rozdíl. Absolutně nejlépe vyzněla varianta hnojená digestátem a na jaře sklizená.

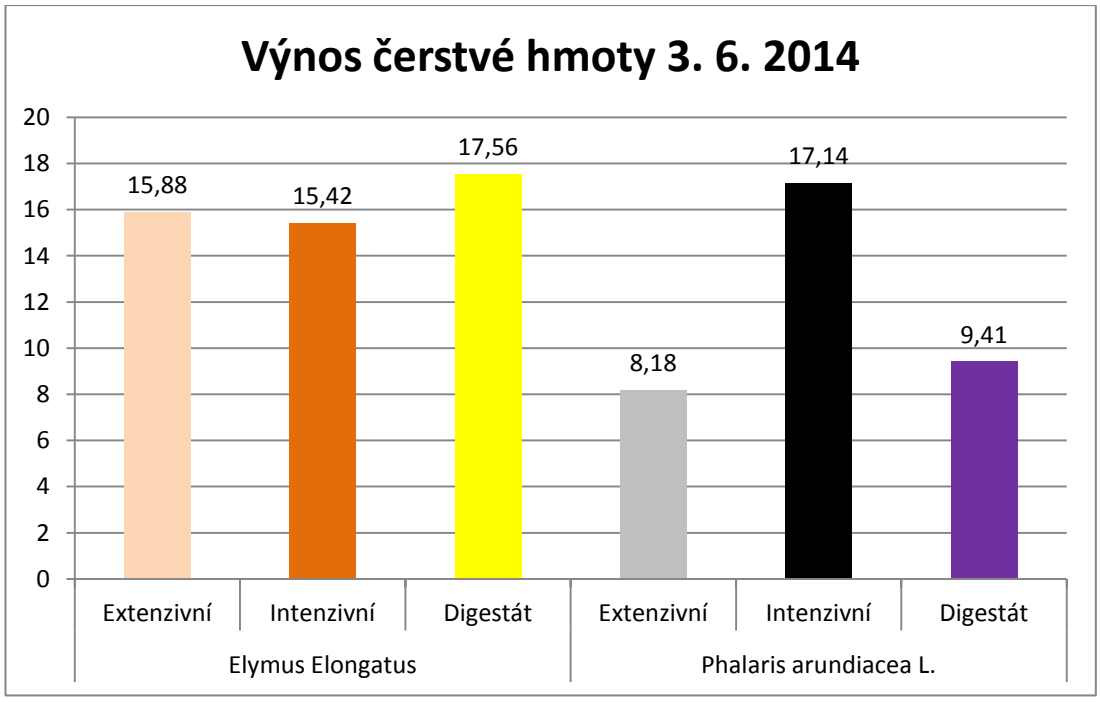
V literatuře uváděné výsledky však nabývají úplně jiných hodnot, než jak dopadlo měření u našich rostlin. Je to způsobeno zejména stářím porostu.

Graf č. 6 - Výnos sušiny (t / ha) *Phalaris arundiacea* L. dle sečí



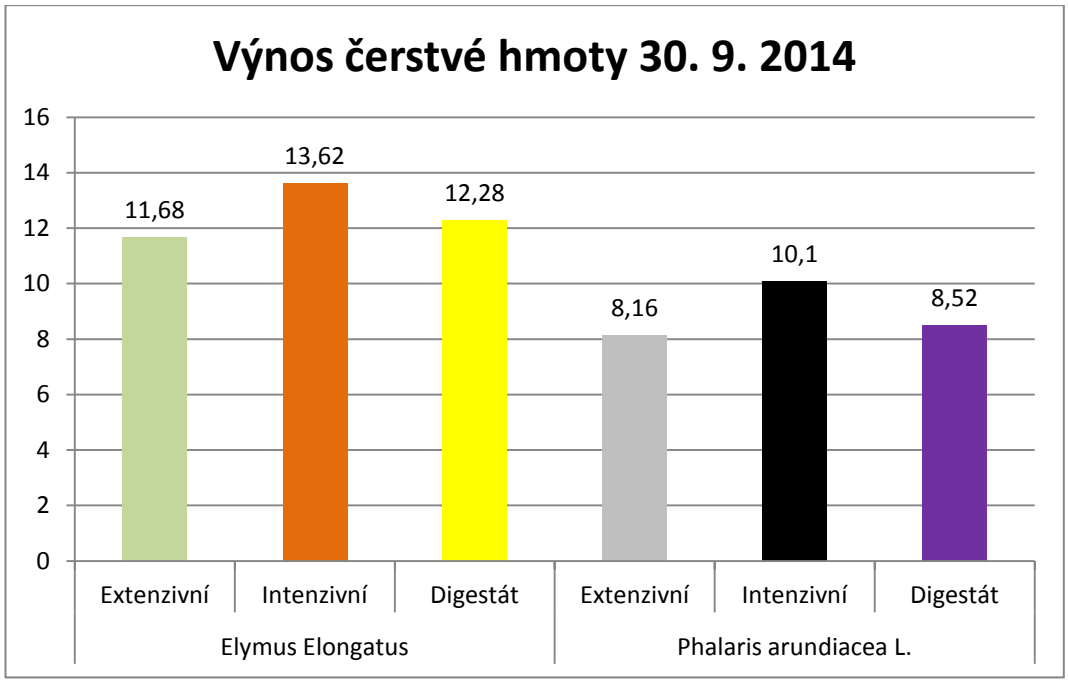
U lesknice rákosovité (*Phalaris arundiacea* L.) zdaleka nejlépe dopadla varianta intenzivní, kdy chrastice velmi dobře reagovala na hnojení minerálními hnojivy. Lépe se jevila jarní sklizeň o výnosu 5 t / ha, hůře dopadla podzimní sklizeň intenzivní varianty pěstování lesknice, kde zaznamenaný výnos byl o 1 tunu sušiny z hektaru nižší. U varianty extenzivní se trochu paradoxně jeví lépe sklizeň provedená na podzim, jež vykázala o 400 kg sušiny z hektaru více. U digestátem hnojené lesknice byl rozdíl ještě větší a činil 0,7 t / ha. Usťak a kol. uvádí extenzivně hnojenou lesknici s výnosem 5 - 7 t / ha, ovšem naše lesknice se k této hodnotě ani zdaleka neblíží. U hnojené varianty uvádí ten samý autor 6 - 9 t sušiny / ha, což by bylo reálné porovnat s výsledky našeho měření. Hutla (2004) píše, že ve Švédsku dosahuje lesknice podzimního výnosu kolem 9 t / ha, naproti tomu na jaře pouze 7,5 t / ha, to je zřejmě dáno odlišnými klimatickými podmínkami oproti České republice.

Graf č. 7 - Výnos čerstvé hmoty (t / ha) 3. 6. 2014



Výnosy čerstvé hmoty, dopadli nejlépe u Szarvasi - 1 hnojené digestátem, která poskytla celkový výnos přesahující 17,5 t / ha. Varianta intenzivní a extenzivní dosáhla při jarní seči téměř identických výsledků, přičemž rozdíl činil pouhých 400 kg čerstvé hmoty z hektaru, což opravdu není mnoho. Koubová (2011) uvádí výsledky z bavorského Triesdorfu, které dosahují rozmezí 44 - 55 t čerstvé hmoty na hektar. U lesknice rákosovité jsou výsledky o poznání jiné. Suverénně nejlépe se jeví varianta intenzivního hnojení, která poskytla výnos 17,14 t / ha, což dokazuje, že *Phalaris arundiacea* L. dobře reaguje na hnojení minerálními hnojivy. V porovnání varianty extenzivní a hnojené digestátem dopadla lépe ta druhá. Z toho vyplývá, že *Phalaris arundiacea* L. pozitivně reaguje na jakékoli hnojení, ale upřednostňuje hnojení intenzivní minerálními hnojivy, než hnojení hnojivem organickým. Hutla (2004) poznamenává, že výnos u čerstvé hmoty u jarní sklizně dosahuje výnosu pouhých 6,2 t / ha, tedy naše měření vyznívá o poznání lépe. Zcela odlišné výsledky přináší Souček (2011), který v Praze - Ruzyni došel k výsledkům u extenzivní varianty 15,6 t / ha čerstvé hmoty, což je téměř dvojnásobek našich výsledků a u varianty intenzivní dokonce 22,6 t / ha, což už není tak markantní rozdíl, ale stále je to o 5 tun zelené hmoty z hektaru více.

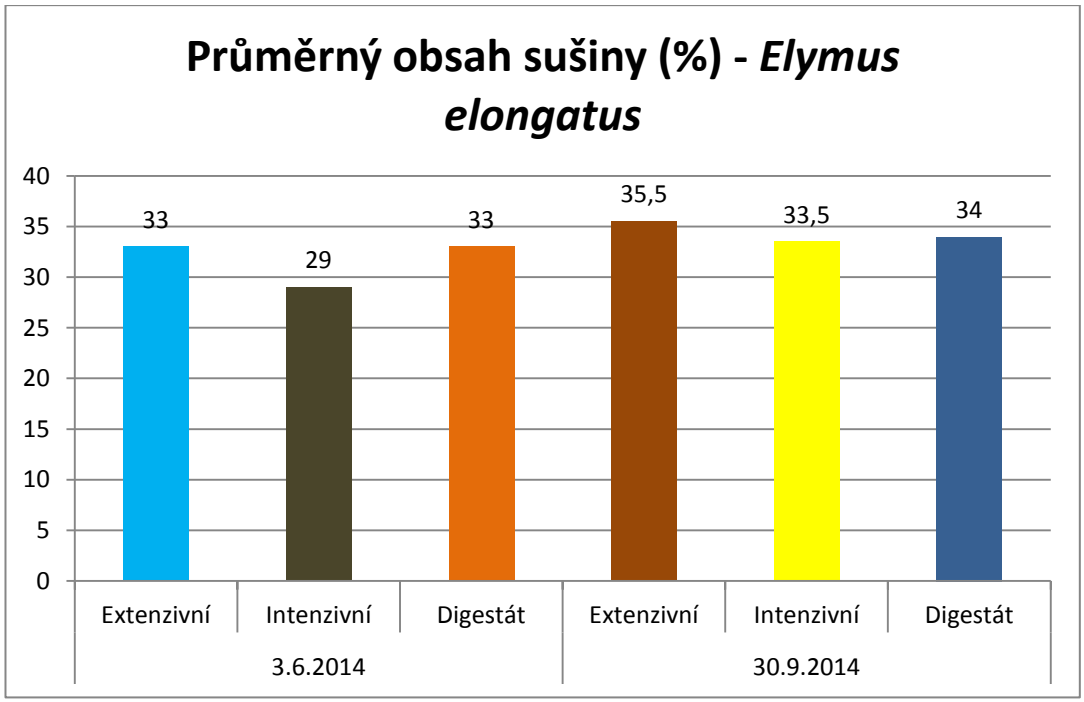
Graf č. 8 - Výnos čerstvé hmoty (t / ha) 30. 9. 2014



Taktéž u podzimní seče dosáhla v globálu i v průměru lepších výsledků *Elymus elongatus* oproti *Phalaris arundiacea* L. Na podzim reagovala *Elymus elongatus* nejlépe na intenzivní variantu hnojení oproti jarní sklizni, kdy se nejlépe jevila varianta hnojená digestátem, která byla tentokrát variantou intenzivního hnojení ve výnosech čerstvé hmoty předstižena. Nejhůře dopadla varianta extenzivní, která poskytla pouhých 11,7 t / ha čerstvé hmoty, ovšem rozdíl mezi intenzivní a extenzivní variantou činil pouze necelé 2 t čerstvé hmoty z hektaru.

U *Phalaris arundiacea* L. dopadla výnosově nejlépe taktéž intenzivně hnojený porost, který poskytl něco málo přes 10 tun z hektaru čerstvé hmoty. O půldruhé tuny hůře dopadl porost hnojený digestátem. Porost na absenci hnojení reagoval nejnižším výnosem ze všech 3 variant. Opět ale nepřesáhl rozdíl mezi extenzivní a intenzivní variantou ani 2 t zelené hmoty z jednoho hektaru.

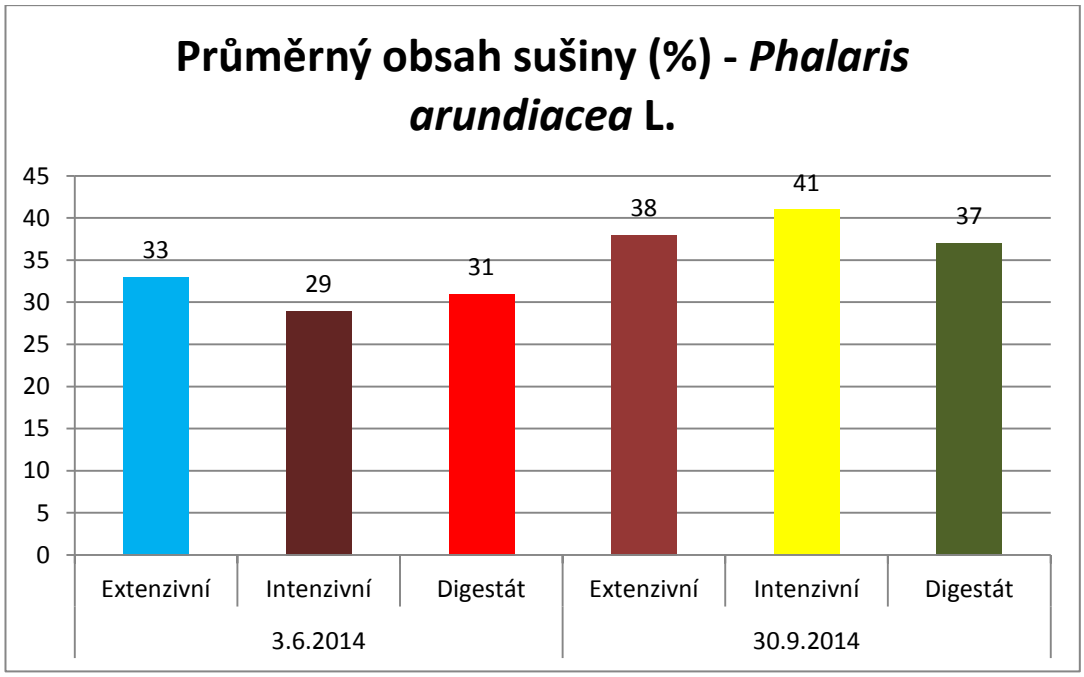
Graf č. 11 Průměrný obsah sušiny (%) *Elymus elongatus*



Jonák (2011) uvádí průměrný obsah sušiny u *Elymus elongatus* při jarní sklizni 41 % v roce 2009, což je o něco více, než bylo u našeho měření, které v průměru všech tří variant dosahuje hodnoty 31,5 %. Naopak o rok déle, tedy v roce 2010 byla hodnota sušiny 33 %, stejně jako u varianty extenzivní a varianta "digestát", jež dosáhly vyššího procenta sušiny, než varianta extenzivní.

Při podzimní sklizni dosáhla průměrný procentuální obsah sušiny 34,3 %, což odpovídá výzkumu Jonáka (2011) z roku 2009. O rok déle dosáhl průměrný obsah sušiny až na 49 %. V podzimní sklizni byly rozdíly v obsahu sušiny mezi jednotlivými variantami ještě nižší, než na jaře a největší rozdíl činil 2 % mezi variantami extenzivní a intenzivní, mezi nimiž skončil digestátem hnojený porost. Koubová (2011) uvádí rozsah 35 - 41 % sušiny, z čehož vyplývá, že se náš výzkum pohybuje na dolní hranici tohoto rozmezí.

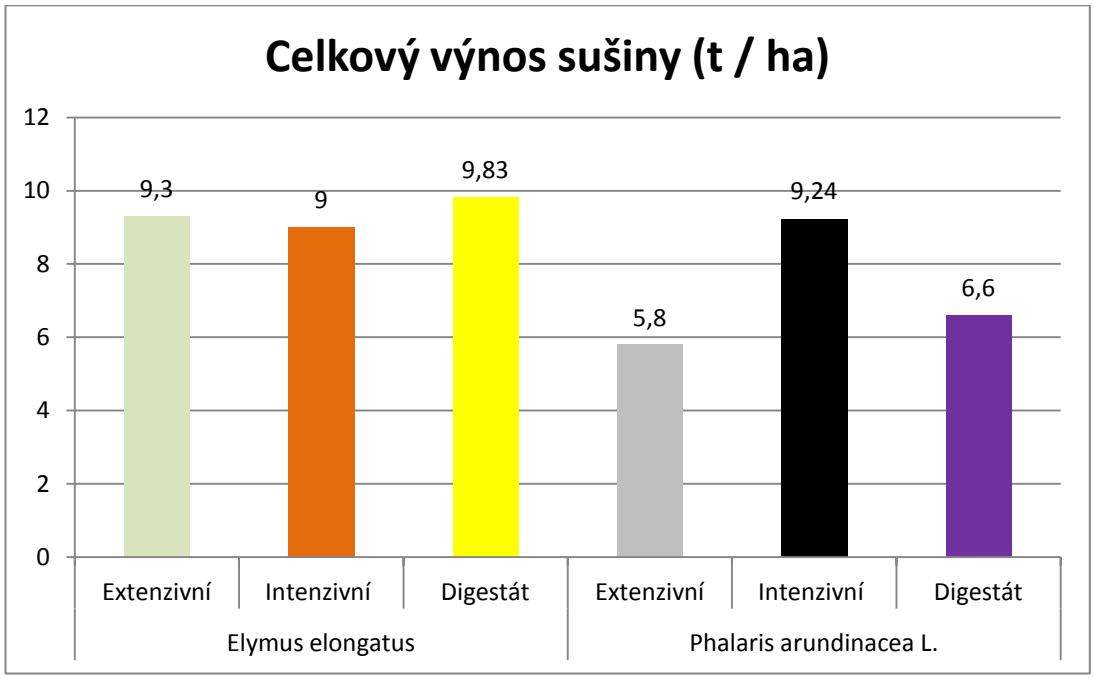
Graf č. 12 Průměrný obsah sušiny (%) *Phalaris arundiacea* L.



Phalaris arundiacea L. se prezentuje v průměru o 8 % vyšším obsahem sušiny. Průměrně 31 % sušiny koresponduje s výzkumem Káry a kol. (2005) a Diviše (2011). Hutla (2004) uvádí průměrný obsah sušiny 50 %. Souček uvádí 44,5 % z roku 2011.

Intenzivní varianta poskytla 41 % sušiny, extenzivní varianta a varianta hnojená digestátem vyšla prakticky stejně s 38, respektive 37 %. Tyto výsledky jsou jednoznačně nižší, než má Kára a kol. (2005), který vykazuje 53,2 % sušiny u *Phalaris arundiacea* L. Hutla (2004) dokonce uvádí 81 % sušiny na podzimní sklizni, což dává rostlině předpoklad k přímému spálení.

Graf č. 13 - Porovnání celkových výnosů sušiny *Phalaris arundiacea* L. a *Elymus elongatus*



Dle vyhodnocení celkových výnosů sledovaných rostlin v součtu první i druhé seče je patrné, že na intenzivní hnojení lépe reagoval *Phalaris arundiacea* L., jež oproti variantě extenzivní i variantě hnojené digestátem poskytl výnos značně vyšší. U *Elymus elongatus* byl rozdíl mezi výnosy sušiny nepatrný. Nejlépe reagoval *Elymus elongatus* na hnojení organickým digestátem, naopak nejnižší výnos byl zaznamenán právě u intenzivní varianty. U *Phalaris arundiacea* L. jsme naměřili nejnižší výnosy u varianty extenzivní. U *Phalaris arundiacea* L. byl rozdíl mezi intenzivní variantou a variantami zbylými poměrně velký.

Dá se tedy říci, že u *Elymus elongatus* se dle našeho měření jeví jako nejvýhodnější varianta hnojení digestátem, popřípadě varianta extenzivní, která poskytla větší výnos sušiny, než varianta intenzivní, se kterou by byli spojeny náklady na nákup a aplikaci minerálních hnojiv. *Phalaris arundiacea* L. naopak poskytl lepší výnosy poměrně značně, zde by se varianta intenzivní mohla stát variantou ideální.

6. Závěr

Oba druhy trav, jež by mohli být využity k energetickým účelům a byli předmětem zkoumání této bakalářské práce reagovali na tři různé intenzity hnojení rozdílně. Zatímco *Elymus elongatus* poměrně překvapil tím, že nejlépe reagovala na hnojení digestátem, o něco hůře poté na variantu nehnojenou, tedy extenzivní a nejnižší výnosy poskytla paradoxně varianta hnojená minerálními hnojivy. Oproti tomu *Phalaris arundiacea* L. vcelku potvrdila předpoklady a nejvyšší výnos poskytla varianta intenzivní. Horší reakce byla na organické hnojivo, digestát, ještě nižší výnos poskytla dle očekávání varianta extenzivní.

V porovnání obou rostlin poskytla v globálu vyšší výnosy *Elymus elongatus*, s celkovým výnosem 26,3 t / ha ve všech 3 variantách dohromady, oproti *Phalaris arundiacea* L., která poskytla celkový výnos 23, 6 t / ha. V průměru jednotlivých rostlin poskytl *Elymus elongatus* 8,76 t / ha, oproti *Phalaris arundiacea* L., která vynesla 7,86 t / ha, což je v průměru o 0,9 t / ha sušiny více. Tímto potvrzuji hypotézu, že *Elymus elongatus* poskytne vyšší výnosy než *Phalaris arundiacea* L. V absolutním vyjádření dopadla co se výnosu sušiny týká nejlépe *Elymus elongatus* hnojená digestátem s 9,8 t sušiny / ha. Tomuto výsledku sekundovala varianta *Elymus elongatus* a intenzivní varianta *Phalaris arundiacea* L. Nejnižší výnosy sušiny poskytla *Phalaris arundiacea* L. ve variantě extenzivní a potom ve variantě "digestát".

Porovnání výnosu dle sečí ukázalo, že jako výhodnější se jeví sklizeň *Elymus elongatus* na konci jara ve všech svých variantách. U *Phalaris arundiacea* L. poskytl vyšší výnos 3. 6., než 30. 9. pouze intenzivní varianta. Zatímco varianta extenzivní a digestátem hnojená poskytla vyšší výnosy sušiny při sklizni na začátku podzimu.

Při sklizni biomasy na bioplyn se nejvíce hodí sklízet obě rostliny v intenzivní variantě na začátku června, kdy je obsah sušiny u obou rostlin pouhých 29 procent. Naopak pro přímé spálení se nejvíce vyplatí sklízet *Phalaris arundiacea* L. na konci září ve všech variantách hnojení, kdy obsah sušiny je až 41 %, jako u intenzivní varianty.

Z hlediska pěstování pro bioplynové stanice, kdy je žádoucí vysoký obsah vody a co nejvyšší výnos zelené hmoty, nejlépe vypadá digestátem hnojená *Elymus elongatus* sklizený na konci jara a *Phalaris arundiacea* L. ve své intenzivní variantě sklízená též na konci jara. Dále ještě dobře vypadaly obě zbývající varianty hnojení porostu *Elymus elongatus*, sklizeného na začátku června. Dle sklizní se vyplatí na zelenou hmotu sklízet spíše na konci jara. V porovnání obou rostlin v součtu obou sečí a všech tří variant vychází daleko lépe *Elymus elongatus*, který v průměru poskytl výnos čerstvé hmoty přesahující 14 t / ha, zatímco *Phalaris arundiacea* L., jež poskytla v průměru něco málo přes 10 t / ha, což představuje v průměru 4 t / ha rozdílu čerstvé hmoty. *Phalaris arundiacea* L. kompenzuje nižší výnos čerstvé hmoty vyšším obsahem sušiny oproti *Elymus elongatus*.

Hypotézu, že rostliny poskytnou nejvyšší výnosy ve své intenzivní variantě lze potvrdit s tím, že intenzivní varianta poskytla v průměru obou sledovaných rostlin výnos sušiny 9,1 t / ha, nižší výnos poskytl porost, na nějž byl aplikován digestát, a to 8,3 t / ha, nejnižší výnos dle očekávání dosáhla varianta extenzivní s 7,55 t / ha. Zřejmě by se však daly očekávat vyšší rozdíly a tedy vyšší vliv intenzity hnojení na výnos sušiny sledovaných rostlin. Ovšem to může být způsobeno mimo jiné také stářím porostu.

7. Použitá literatura

1. ALAM M.N., M.J. ABEDIN, M.A.L. AZAD, 2010: Effect of micronutrients on growth and yield of onion under calcareous soil environment, International Research Journal of Plant Science, 1(3)056-0,61.
2. ALLOWAY Brian J., 2002: Zinc- the vital micronutrient for healthy, high-value crops. International Zinc Association (IZA).
3. ALLOWAY Brian. J., 2008: Zinc in soils and crop nutrition. Second edition, published by IZA and IFA, Brussels, Belgium and Paris, France.
4. BALÁK, Rudolf, PROKEŠ, Karel. Nové zdroje energie. Praha: Nakladatelství technické literatury, 1984. 208 s.
5. BARTOŠ, V.: Briketování kovových a nekovových materiálů, Diplomová práce, 2000.
6. BERANOVSKÝ, Jiří. Obnovitelné zdroje energie. Praha: FCC PUBLIC s.r.o., 2001. 208 s.
7. BERGMANN, Ed. by Werner. *Nutritional disorders of plants: color atlas: visual and analytical diagnosis*. Fully rev. and enl. version. Jena u.a: Fischer, 1992. ISBN 3334604225.
8. BIKAZUGI MEZŐGAZDASÁGI NONPROFIT KFT. *"Szarvasi-1" energiafű* [online]. 2004 [cit. 2014-12-04]. Dostupné z: http://www.energiafu.hu/nemesit.html
9. BINGHAM F.T., ELSEEWI A., and OERTLI J.J., 1970: Charecteristics of boron adsorption by excised barley roots. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 34, s. 613-617.
10. CAMPBELL, Neil, A.; REECE, Jane B. *Biologie*. Brno: Computer Press a.s., 2008. Autorizovaný překlad z originálu anglického vydání Biology, 6th Edition. ISBN 80-251-1178-4.
11. CIHLÁŘ Pavel. 2010: Výživa a hnojení máku. s. 129-158. In: Vašák J., (ed.), Mák, Powerprint, Praha, 352 s.
12. CSETE, Sándor et al. Tall Wheatgrass Cultivar Szarvasi-1 (Elymus elongatus subsp. ponticus cv. Szarvasi-1) as a Potential Energy Crop for Semi-Arid Lands of Eastern Europe. Sustainable Growth and Applications

in Renewable Energy Sources, Dr. Majid Nayeripour (Ed.) Rijeka, Croatia: InTech, 2011. ISBN 978-953-307-408-5.

13. DOSTÁL, Josef (1989) Nová květena ČSSR 2, Academia Praha, 1394 s., Praha.
14. KONRAD MENGEL, Ernest A. *Principles of Plant Nutrition*. 5th edition. Dordrecht: Springer Netherlands, 2001. ISBN 9789401010092.
15. EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY. *Elymus elongatus* [online]. 2012 [cit.2014-12-04].
16. FECENKO, Jozef., LOŽEK, Otto (2000): Výživa a hnojenie poľných plodín, SPU v Nitre, Nitra, 452 s.
17. FLOHROVÁ, Alena. *Důsledky nedostatečného hnojení: (studijní zpráva) = Consequences of insufficient fertilization: (review)*. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 1996, 48 s.
18. FOLTÝN, Jiří, ŠKOPÍK, Pavel, Biologie pšenice - 72 - 140, Vyd. 1, Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1970, 441 s. Kapitola III.
19. FRYDRYCH Jan a kol. (2001): Energetické vyuţití některých travních druhť, zemědělské informace č. 23/2001, Ústav zemědělských a potravinářských informací, 2002, Praha, 35 s., ISBN 80-7271-093-1
20. FRYDRYCH, Jan., ANDERT, David., JUCHELKOVÁ, Dagmar.: Výnosový potenciál trav vhodných k energetickému využití. Agritech Science, [online], www.agritech.cz, č. 2, článek 2, s. 1-5.
21. GALATOWITSCH, Susan, M., ANDERSON, Neil, O. & ASCHER, Peter, D. (1999) Invasiveness in wetland plants in temperate North America. *Wetlands*, **19**, 733–755.
22. GÁLOVÁ, J., PELIKÁN, Martin, HŘIVNA, Luděk, Vliv hnojení sírou na technologickou jakost a výnos pšenice a řepky. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2004, Brno, 159 s.
23. GEBER, Ulrika *Cutting frequency and stubble height of reed canary grass (Phalaris arundinacea L.): influence of quality and quantity of biomass for biogas production*. Grass and Forage (2002), Science, vol. 57, no. 4, s. 389-394.

24. GRUNEWALD, Jana. Ungarisches Energiegras: Riesenweizengras/ Agropyron elongatum. *Energiepflanzen für Biogasanlagen: Sachsen*. 2012,č.1,s.47, Dostupné z: http://mediathek.fnr.de/media/downloadable/files/samples/f/n/fnr_brosch.energiepflanzen-sachsen.pdf
25. HAVLÍČKOVÁ, Kamila. *Zhodnocení ekonomických aspektů pěstování a využití energetických rostlin: vědecká monografie*. 1. vyd. Průhonice [Praha]: Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, 2007, 92 s. ISBN 978-80-85116-50-2.
26. HEŘMANSKÝ, Bedřich, ŠTOLL, Ivan. Energie pro 21. století. Praha: ČVUT, 1992. 315 s.
27. HUTLA, Petr: Chrastice rákosovitá - pěstování a možnosti využití. *Biom.cz* [online]. 2004-03-10 [cit. 2014-11-30]. Dostupné z WWW: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/chrastice-rakosovita-pestovani-a-moznosti-vyuziti>. ISSN: 1801-2655.
28. IBLER, Zbyněk. *Technický průvodce energetika*. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2002, 615 s. ISBN 80-7300-026-1.
29. JANOWSZKY, János a Zsolt JANOWSZKY. Szarvasi-1 energiafű fajta – egy újnövénye a mezőgazdaságnak és az iparnak. In: Tasi, J. A magyargyepgazdálkodás 6850 éve. Gödöllő: Szent István Egyetem, 2007. s. 89-92. ISBN 978-963-9483-77-4. Dostupné z: http://www.mkk.szie.hu/dep/gygt/konferencia/barcsak_kiadvany.pdf
30. KALINA, Miroslav. *Hnojení v zahradě*. 2., aktualiz. vyd. Praha: Grada, 2005, 114 s., [4] s. barev. obr. příl. Česká zahrada. ISBN 80-247-1275-x.
31. KÁRA Jaroslav, PASTOREK Zdeněk, JEVIČ Pavel: Biomasa: obnovitelný zdroj energie, Praha, 2009 FCC Public, 288s
32. KÁRA, Jaroslav. *Výroba a využití bioplynu v zemědělství*. Vyd. 1. Praha: VÚZT, 2007, 120 s. ISBN 978-80-86884-28-8.
33. KAVKA, Miroslav, a kol. Normativy zemědělských výrobních technologií. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 2006. 376 s.
34. KAŽMIERSKI, Tomáš. *Genetické modifikace - možnosti jejich využití a rizika*. Praha: Ministerstvo životního prostředí České republiky, 2008, 48 s. ISBN 978-80-7212-493-0.

35. KERCHER, Susan M. & ZEDLER, Joy B. (2004) Multiple disturbances actelerate invasion of Reed Canary Grass (Phalaris arundinacea L.) in a mesocosm study. *Oecologia*, **138**, 455-464.
36. KLINKEROVÁ, Jitka. *Obnovitelné zdroje energie*. Praha: Ministerstvo životního prostředí, 2009, 34 s. ISBN 978-80-7212-520-3.
37. KLÍR, Josef, 2011. Registrace, uskladnění a aplikace digestátu. In: KAJAN, Miroslav. *Sborník z konference: Výstavba a provoz bioplynových stanic*. Třeboň: ČOV, spol. s.r.o., s. 137-158. ISBN -978-80-260-0508-7.
38. KOHOUT Jan, 2007: Archeologové našli nejstarší zrnko máku. Klatovský deník, 16.4.2007.
39. KOHOUT, Pavel. *Rychle rostoucí dřeviny v energetice: (topoly a vrby) : [odborná monografie]*. 1. vyd. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, 2010, 101 s. ISBN 978-80-7394-247-2.
40. KOCHIAN, L., V., (1991) Mechanisms of micronutrient uptake and translocation in plants. *In* JJ Mortvedt, ed, Micronutrients in Agriculture. Soil Science Society of America, Madison, WI, pp 251–270
41. KOLÁŘ, Ladislav, VANĚK, Václav, KUŽEL, Stanislav: Využití odpadů z bioplynových stanic. Racionální použití hnojiv - sborník z konference, ISBN 978-80-213-2006-2
42. KUČERA, Zdeněk, STUPAVSKÝ, Vladimír: Biomasa3 = Energetická, Ekologická, Ekonomická. Praha: CEMC – České ekologické manažerské centrum. 2010. 20s. ISBN 978-80-85990-17-1.
43. KUŽEL, Stanislav: Seminář „Biomasa pro výrobu tepla“. [on line]. 2009-04-02, Jihočeská univerzita v Č. Budějovicích. [cit 2015-01-12]. Dostupné z WWW: - 57 - <http://www.eccb.cz/fotos/_s_380Nove-technologie- zpracovani- biomasy.pdf.>
44. LARSSON, Sylvia. *Fuel pellet production from reed canary grass: supply potentials and process technology*. Umeå: Swedish University of Agricultural Sciences, 2008. ISBN 9789185913985.

45. LEWANDOWSKI, Iris, SCURLOCK, Jonathan M.O., LINDVALL, Eva, CHRISTOU,Myrsini *The development and current status of perennial rhizomatous grasses asenegry crops in the US and Europe*. Biomass and Bioenergy, 2003, vol. 25,p. 335-361. http://www.upbiofuel.com/wp- content/uploads/2012/06/dev-statu-of-perennial-energy-crops.pdf
46. LIBRA, Martin a Vladislav POULEK. *Zdroje a využití energie*. 1. vyd. V Praze: Česká zemědělská univerzita, 2007, 141 s. ISBN 978-80-213-1647-8.
47. MARSCHNER Horst, 1995: Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press Limited, London, 889 s.
48. MARSCHNER Horst: Mineral Nutrition of Higher Plants 3. edition, Academic Press, London, 2011. 672 s.
49. MATULA, Jiří (1977): Výživa rostlin, Institut výchovy a vzdělání v Praze, Praha, 161 s.
50. MATULA, Jiří (1999): Výživa a hnojení sírou, Agro, 11-12 a 15-18 s.
51. MEZÖGAZDASÁGI SZAKIGAZGATÁSI HIVATAL KIADVÁNYA. *Nemzeti fajtajegyzék: Szántóföldi Növények* [online]. Budapest, 2008 [cit. 8- 12-2014].
52. MOOSBAUER, Josef a Gerhard RIEGLSPERGER. Hirschgras. *KernKraft* [online]. 2013 [cit. 2014-12-11].
53. MOUDRÝ, Jan a Zdeněk STRAŠIL. *Alternativní plodiny*. 1. vyd. České Budějovice: Jihočeská univerzita, 1996, 90 s. ISBN 80-7040-198-2.
54. MOUDRÝ, Jan a Zdeněk STRAŠIL. *Pěstování alternativních plodin: (učební texty)*. 1. vyd. České Budějovice: Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta, 1999, 165 s. ISBN 80-7040-383-7.
55. MOUDRÝ, Jan, STRAŠIL, Zdeněk. *Energetické plodiny v ekologickém zemědělství*. 1998
56. MURTINGER, Karel a Jiří BERANOVSKÝ. *Energie z biomasy*. 1. vyd. Brno: Computer Press, 2011, 106 s. Stavíme. ISBN 978-80-251-2916-6.

57. ØSTREM, Liv (1987) Studies on genetic variation in reed canary grass, *Phalaris arundinacea* L. I. Alkaloid type and concentration. *Hereditas,* **107**, 235–248.
58. PASTOREK, Zdeněk, KÁRA, Jaroslav, JEVIČ, Petr. Biomasa: obnovitelný zdroj energie. Praha: FCC PUBLIC, 2004. 288 s.
59. PETŘÍKOVÁ, Vlasta (2004) Pěstování rostlin pro energetické účely, Praha, s.9
60. PETŘÍKOVÁ, Vlasta. Energetické plodiny. 1. vyd. Praha: Profi Press, 2006, 127 s. ISBN 80-867-2613-4
61. PETŘÍKOVÁ, Vlasta: Rumex OK 2 má široké využití. *Biom.cz* [online]. 2010-09-13 [cit. 2015-03-27]. Dostupné z WWW: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/rumex-ok-2-ma-siroke-vyuziti>. ISSN: 1801-2655.
62. POWER Philip, P., WOODS G.Wiliam, 1997: The chemistry of boron and its speciation in plants. Plant and Soil. 193. Kluwer Academic Publishers. s. 1-13.
63. PROCHÁZKA, Stanislav. *Botanika: morfologie a fyziologie rostlin*. 2., nezměn. vyd. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2005, 242 s. ISBN 80-7157-870-3.
64. REGAL, Vladimír. Pícní a plevelné trávy. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, Praha, 1953. 291 s.
65. REYERS, Rebecca, S., R. – BRANSON, Richard, L., 1973. Nitrates in the Cepper Santa Ana river Basin in relation to grow water pollution. Berkley, Calif. 1973
66. RICHTER, R., POULÍK, Zdeněk, TESAŘOVÁ, Marta a kol.: Výživa a hnojení rostlin. (II. díl) Brno 1997, 77 s.
67. RICHTER, Rostislav (2004): Hořčík [online], poslední revize 27. 1. 2004, cit. dne20.3.2012.Dostupnézhttp://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin/html /biogenni_prvky /a_index_biogen.htm
68. RICHTER, Rostislav a Jaroslav HLUŠEK. *Půdní úrodnost*. 2. upr. vyd. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 2003, 44 s. ISBN 80-7271-130-x.
69. RICHTER, Rostislav a Rostislav HLUŠEK. *Výživa a hnojení rostlin: Určeno*

pro posl. AF, ZF. 1. vyd. Brno: Vysoká škola zemědělská, 1994, 171 s. ISBN 80-7157-138-5.

70. RYANT Pavel, RICHTER Rostislav, HLUŠEK Jaroslav, FRYŠČÁKOVÁ Eva (2003): Multimediální učební texty z výživy rostlin. MZLU Brno. http://mendelu.cz/af/agrochem/multitexty.
71. SAHRAMAA, Mia, IHAMAKI, Harri, JAUHIAINEN, Lauri, 2008: *Variation in biomass related variables of reed canary grass.* Agricultural and Food. Vol. 12 (2003) p. 213-225.
72. SCHEINOST, Pamela, Derek TILLEY, OGLE Dan a STANNARD Mark. Plant Guide: Tall Wheatgrass Thinopyrum ponticum (Podp.) Z. -W. Liu & R. -C. Wang. *USDA NRCS Plant materials center*. 2008, č. 1, s. 5. Dostupné z:
73. SCHRABAUER, Josef. *Trockentolerante, perennierende Gräserarten für eine Futternutzung bzw. energetische Verwertung im semihumiden und semiariden Produktionsgebiet*. Wien, 2010.
74. SLADKÝ V. (2011): Technika potřebná pro využívání biomasy pro energii
75. SLADKÝ, Václav, David ANDERT a Josef DVOŘÁK. *Obnovitelné zdroje energie - fytopaliva*. Praha: Výzkumný ústav zemědělské techniky, 2002, 55 s., [6] s. obr. příl. ISBN 80-238-9952-x.
76. SLADKÝ, Václav. *Příprava paliva z biomasy: studijní zpráva = Fuelprocessing from biomass : review*. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 1996, 50 s. Studijní informace. ISBN 80-86153-40-1.
77. SRDEČNÝ, Karel a Jan TRUXA. *Tepelná čerpadla*. 1. vyd. Praha: EkoWATT, 2009, 71 s. ISBN 978-80-87333-02-0.
78. SRDEČNÝ, Karel. *Obnovitelné zdroje energie*. Praha: Ministerstvo životního prostředí, 2009, 31 s. ISBN 978-80-7212-518-0.
79. STRAŠIL Zdeněk., ŠIMON Josef, Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha-Ruzyně, agro-magazín, ročník 7, číslo 4., duben 2006, 55 s.
80. STRAŠIL, Zdeněk, USŤAK, Sergej, VÁŇA, Vojtěch, HONZÍK, Roman, *Pěstování chrastice rákosovité Phalaris arundinacea L. pro výrobu bioplynu.*

81. STRAŠIL, Zdeněk. *Trávy jako energetická surovina: certifikovaná metodika pro praxi*. Vyd. 1. Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby, 2011, 36 s. ISBN 978-80-7427-078-9.

82. STRAŠIL, Zdeněk: Využití rostlinné biomasy v energetice ČR. *Biom.cz* [online]. 2009-09-07 [cit. 2015-03-27]. Dostupné z WWW:<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vyuziti-rostlinne-biomasy-v-energetice-cr>. ISSN: 1801-2655.

83. STUPAVSKÝ, Vladimír: Kapalná biopaliva – cíle a perspektivy. *Biom.cz* [online]. 2009-08-04 [cit. 2015-03-11]. Dostupné z WWW: <http://biom.cz/cz-kapalna-biopaliva/odborne-clanky/kapalna-biopaliva-cile-a-perspektivy>. ISSN: 1801-2655.

84. ŠANTRŮČEK, Jaromír. a kol. (2007): Encyklopedie pícninářství. Praha:Česká zemědělská univerzita, 2007. ISBN 987-80-213-1605-8.

85. ŠANTRŮČEK, Jaromír. *Základy pícninářství*. Vyd. 1. Praha: Česká zemědělská univerzita, 2001, 139 s. ISBN 80-213-0764-1.

86. ŠKORPIL, Jan. *Obnovitelné zdroje energie*. 2. vyd. přeprac. Plzeň: Západočeská univerzita, 2000, 126 s. ISBN 80-7082-675-4.

87. ŠRÁMEK, Pavel. *Zvyšování biodiverzity travních porostů*. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 2001, 34 s.,[4] s. barev. obr. příl. Zemědělské informace. ISBN 80-7271-091-5.

88. TANAKA, M, FUJIWARA, T., 2008: Physiological roles and transport mechanisms of boron: perspectives from plants. *Eur. J. Physiol.* 456, s. 671–677.

89. TLUSTOŠ Pavel, 2006: Mechanismus příjmu rizikových prvků rostlinami a jejich hromadění v biomase. [online] [cit. 2015-03-20]. Dostupné z

90. USŤAK, Sergej a Jaroslav VÁŇA. *Bioplynová fermentace biomasy a biologicky rozložitelných odpadů*. Vyd. 2. Praha: CZ Biom, 2006, 180 s. ISBN 80-86555-78-x.

91. USŤAK, Sergej. *Pěstování chrastice rákosovité Phalaris arundinacea L. pro výrobu bioplynu: metodika pro praxi*. Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby, 2012, 24 s. ISBN 978-80-7427-101-4.

92. VÁŇA, Jan (2007): Využití digestátů jako organického hnojiva.

93. VÁŇA, Jaroslav. Fytoenergetika: přínos pro řešení ekologických problémů. In Energetické a průmyslové rostliny. 4. vyd. Chomutov: CZ-Biom a VÚRV, 1998. s. 15.

94. VANĚK, Václav. *Výživa polních a zahradních plodin*. Praha: Profi Press, 2007, 167 s. ISBN 9788086726250.

95. VEČEŘOVÁ, V. :Příručka pro nakládání z digestátem a fugátem. *EAGRI* [online]. Brno, 2008 [cit. 2013-02-13]. Dostupné z: http://eagri.cz/public/web/file/32326/ETAPA_IV_Metodika_digestt_FV.pdf

96. VELICH, J. a kol.: Pícninářství. Praha:Vysoká škola zemědělská, 1994. ISBN 80 - 213 - 0156 - 2.

97. VELICH, Jaroslav a kol. (1994) Pícninářství.VŠZ Praha, 202 s.

98. VELIKÝ I., 1968: Mikroelementy v teórii a praxi: Úvod do biochémie a fyziológie stopových prvkov u zvierat a rastlin. 1. vyd. Bratislava: Slov. vydav. pôdohosp. lit., 302 s.

99. VELIKÝ, Ivan. (1964). *Mikroelementy v teórii a praxi* (1. vyd.). Bratislava: Slovenské vydavateľstvo pôdohospodárskej literatúry.

100. VOHLÍDAL, Jiří; ŠTULÍK, Karel; JULÁK, Alois. *Chemické a analytické tabulky*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 1999. ISBN 80-7169-855-5

101. Voženílek, L., & Lstibůrek, F. (1989). *Základy elektrotechniky II pro 2. a 3. ročník elektrotechnických učebních a studijních oborů středních odborných učilišť* 2. nezměn. vyd. Praha: Nakladatelství technické literatury.

102. Výzkumný ústav rostlinné výroby, 2012, ISBN 978-80-7427-101-4

103. WEGER, Jan, HAVLÍČKOVÁ, Kamila: Zásady a pravidla pěstování rychle rostoucích dřevin (r.r.d.) ve velmi krátkém obmýtí. *Biom.cz* [online]. 2002-01- 18 [cit. 2015-04-27]. Dostupné z WWW: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/zasady-a-pravidla- pestovani-rychle-rostoucich-drevin-r-r-d-ve-velmi- kratkem-obmyti>. ISSN: 1801-2655.

104. WEGER, Jan. *Energetické plodiny v České republice a v EU* [online]. 2011 [cit. 2014-0425].

105. ZELENÝ, František a Eva ZELENÁ. *Síra a její potřeba pro výživu rostlin: (studijní zpráva) = Sulphur and its need for plant nutrition : (review)*. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 1996, 42 s. ISBN 80-861153-62-2.

8. Přílohy

Plán pokusných parcelek na pozemku JČU

PODZIM LESKNICE DIGESTÁT BIOPLYN	**PODZIM LESKNICE INTENZIVNÍ BIOPLYN**	**PODZIM LESKNICE EXTENZIVNÍ BIOPLYN**
PODZIM SZARVASI DIGESTÁT BIOPLYN	**PODZIM SZARVASI INTENZIVNÍ BIOPLYN**	**PODZIM SZARVASI EXTENZIVNÍ BIOPLYN**
PODZIM LESKNICE DIGESTÁT BIOPLYN	**PODZIM LESKNICE INTENZIVNÍ BIOPLYN**	**PODZIM LESKNICE EXTENZIVNÍ BIOPLYN**
PODZIM SZARVASI DIGESTÁT BIOPLYN	**PODZIM SZARVASI INTENZIVNÍ BIOPLYN**	**PODZIM SZARVASI EXTENZIVNÍ BIOPLYN**
PODZIM LESKNICE DIGESTÁT BIOPLYN	**PODZIM LESKNICE INTENZIVNÍ BIOPLYN**	**PODZIM LESKNICE EXTENZIVNÍ BIOPLYN**
PODZIM SZARVASI DIGESTÁT BIOPLYN	**PODZIM SZARVASI INTENZIVNÍ BIOPLYN**	**PODZIM SZARVASI EXTENZIVNÍ BIOPLYN**
PODZIM LESKNICE DIGESTÁT BIOPLYN	**PODZIM LESKNICE INTENZIVNÍ BIOPLYN**	**PODZIM LESKNICE EXTENZIVNÍ BIOPLYN**
PODZIM SZARVASI DIGESTÁT BIOPLYN	**PODZIM SZARVASI INTENZIVNÍ BIOPLYN**	**PODZIM SZARVASI EXTENZIVNÍ BIOPLYN**