

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

Zemědělská fakulta

Katedra agroekosystémů

Studijní program: B4131 Zemědělství

Studijní obor: Trvale udržitelné systémy hospodaření v krajině

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

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Pěstování kukuřice seté (*Zea mays L.*) pro energetické využití

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Marek Kopecký

Autor bakalářské práce: Michal Jiraň

České Budějovice, 2015

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
Fakulta zemědělská
Akademický rok: 2013/2014

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Michal JIRAŇ
Osobní číslo: Z12241
Studijní program: B4131 Zemědělství
Studijní obor: Trvale udržitelné systémy hospodaření v krajině
Název tématu: Pěstování kukuřice seté (*Zea mays L.*) pro energetické využití
Zadávající katedra: Katedra aplikovaných rostlinných biotechnologií

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :


1. Shrnutí informací o pěstování kukuřice seté a možnostech jejího využití ve fytoenergetice formou literární rešerše.
2. Založení pokusného porostu kukuřice seté na experimentálním pozemku Zemědělské fakulty a ošetřování porostu dle stanovené metodiky.
3. Sledování výnosového potenciálu (výnos sušiny, výška porostu) kukuřice seté na založeném porostu.
4. Zpracování zjištěných dat.
5. Porovnání vlastních výsledků s literárními údaji.

Rozsah grafických prací: dle potřeby (tabulky, grafy, fotografická příloha)
Rozsah pracovní zprávy: 30-40 stran
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická
Seznam odborné literatury:

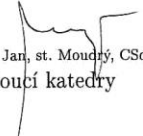
KÁRA, Jaroslav. *Energetické rostliny: technologie pro pěstování a využití.* Praha, 2005, 81 s. ISBN 80-868-8406-6.
MALATÁK, Jan a Petr VACULÍK. *Biomasa pro výrobu energie.* Vyd. 1. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2008. ISBN 978-80-213-1810-6.
PASTOREK, Zdeněk, Jaroslav KÁRA a JEVÍČ. *Biomasa: obnovitelný zdroj energie.* Praha: FCC Public, 2004, 286 s. ISBN 80-865-3406-5.
PETERKA, Jiří, Stanislav KUŽEL a Ladislav KOLÁŘ. *Komplexní využití biomasy: (návody pro cvičení).* 1. vyd. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, 2011. ISBN 978-80-7394-264-9.
PETŘÍKOVÁ, Vlasta. *Energetické plodiny.* 1. vyd. Praha: Profi Press, 2006. ISBN 80-867-2613-4.
ŠIMON, Josef a Zdeněk STRAŠIL. *Perspektivy pěstování plodin pro nepotravinářské účely: (studijní zpráva).* 1. vyd. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 2000, 50 s. Studijní informace. ISBN 80-727-1047-8.
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.
ZIMOLKA, Josef. *Kukuřice: hlavní a alternativní užitkové směry.* 1. vyd. Praha, 2008, 200 s. ISBN 978-80-86726-31-1.

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

Datum zadání bakalářské práce: 14. února 2014
Termín odevzdání bakalářské práce: 15. dubna 2015


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

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


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

V Českých Budějovicích dne 26. března 2014

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 10. 4. 2015

.....

Jméno

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat svému vedoucímu bakalářské práce Ing. Markovi Kopeckému za odborné vedení a připomínky při zpracování této práce. Také bych chtěl poděkovat všem, kteří mi s vypracováním této práce pomáhali.

Abstrakt

Kukuřice patří světově mezi jednu z nejvýznamnějších plodin. Pěstuje se nejenom pro účely potravinářské či krmivářské ale v současnosti se stále více využívá také v průmyslu. Jednou z možností jejího využití, které se v posledních letech na území České republiky rozmohlo, je přeměna její biomasy v bioplynových stanicích na metan a další látky, vzniklé anaerobní fermentací. Vzniklou směs plynů lze využít například k výrobě elektrické energie prostřednictvím kogeneračních jednotek. Práce je zaměřena na popis agrotechnických operací při pěstování kukuřice seté. V práci jsou dále popsány možnosti jejího využití energetice.

Klíčová slova: Bioplyn, bioplynová stanice, energetika, kukuřice

Abstract

Maize is one of the world's among one of the most important crops. It is grown not only for food or feed but now increasingly used in industry. One of the possibilities of its use, which in recent years in the Czech Republic increased, the conversion of the biomass in the biogas into methane and other substances generated by anaerobic fermentation. Resulting gas mixture can be used for example to generate electricity through cogeneration units. The work is focused on the description of agricultural operations in the cultivation of maize sown. The work also describes the possibilities of using energy.

Key words: biogas, biogas plant, energetics, maize

Obsah

1.	Úvod	9
2.	Literární rešerše	10
2.1	Energetika ve světě a v ČR	10
2.1.1	Zdroje a spotřeba energie	10
2.2	Obnovitelné zdroje energie (OZE).....	11
2.2.1	Sluneční energie	12
2.2.2	Energie větru	13
2.2.3	Vodní energie	13
2.2.4	Geotermální energie	13
3.	Biomasa jako obnovitelný zdroj	13
3.1	Biomasa	14
3.2	Klasifikace biomasy	14
3.2.1	Zdroje biomasy	15
3.2.1.1	Zbytková biomasa	15
3.2.1.2	Rostlinné odpady	15
3.2.1.3	Lesní těžební zbytky	15
3.2.1.4	Organické odpady z průmyslových výroby	16
3.2.1.5	Záměrně produkovaná biomasa	16
3.2.2	Rozdělení energetických rostlin	16
3.2.2.1	Energetické rostliny nedřevnaté	16
3.2.2.2	Energetické dřeviny	17
3.2.3	Biochemická přeměna biomasy	17
3.2.3.1	Metanové kvašení	17
4.	BIOPLYNOVÉ STANICE	19
4.1	Rozdělení bioplynových stanic	19
4.2	Vznik bioplynu	19
4.3	Anaerobní fermentace	20
4.4	Výtěžnost bioplynu z kukuřice	20
5.	Kukuřice historie a význam	20
5.1	Botanická charakteristika kukuřice	21
5.2	Abiotické faktory ovlivňující růst a vývoj kukuřice	22

5.2.1	Půda	22
5.2.2	Světlo.....	23
5.2.3	Teplo	23
5.2.4	Voda	24
6.	AGROTECHNIKA	24
6.1	Zařazení do osevního postupu.....	24
6.2	Zpracování pudy.....	25
6.3	Výživa a hnojení	26
7.	Ochrana a ošetření.....	29
7.1	Regulace plevelu	29
7.2	Škůdci a choroby kukuřice	31
8.	Výběr hybridu kukuřice.....	32
8.1	Sklizeň kukuřice na využití pro výrobu bioplynu.....	33
9.	Cíle a hypotézy	34
9.1	Dílčí cíle	34
9.2	Hypotézy	34
10.	Materiál a metodika.....	35
10.1	Založení porostu kukuřice a odebírání vzorů.....	35
10.2	Vývoj plynu ze substrátu (organická hmota), inkubací v médiu (směsný digestát fermentoru)	36
10.2.1	Zkrácený popis testu	36
11.	Výsledky a diskuze.....	37
11.1	Výstupy testu (vývoj plynu ze substrátu).....	39
12.	Závěr.....	42
13.	Použitá literatura	43
14.	Přílohy	48

1. Úvod

Fytomasou je nazývána nadzemní i podzemní rostlinná hmota, jejíž množství se vyjadřuje v hmotnostních jednotkách v sušině. Chemickou energii, obsaženou v surové nebo zpracované biomase je možno přeměnit na elektřinu nebo teplo. V posledních letech se na celém světě stále zvyšuje zájem o využití rostlinné biomasy jako obnovitelného energetického zdroje, a to především z důvodu omezování produkce skleníkových plynů a snižování produkce biologických odpadů. Je snahou, pomocí pěstování energetických rostlin, snížit obsah CO₂ v ovzduší a zmírnit tak vliv skleníkového efektu na globální klima. Možností získávání biomasy pro energetické účely je celá řada a variant, jak tuto surovinu zpracovat, také. Tato práce shrnuje informace o pěstování kukuřice seté, jako u nás jedné z nejrozšířenějších energetických rostlin, a možnostech jejího využití ve fytoenergetice. Kukuřice patří světově mezi jednu z nejvýznamnějších plodin. Pěstuje se nejenom pro účely potravinářské či krmivářské ale v současnosti se stále více využívá také v průmyslu. Jednou z možností jejího využití, které se v posledních letech na území České republiky rozmohlo, je přeměna její biomasy v bioplynových stanicích na metan a další látky, vzniklé anaerobní fermentací. Vzniklou směs plynů lze využít například k výrobě elektrické energie prostřednictvím kogeneračních jednotek. Práce je zaměřena na popis agrotechnických operací při pěstování kukuřice seté. V práci jsou dále popsány možnosti jejího využití energetice.

2. Literární rešerše

2.1 Energetika ve světě a v ČR

2.1.1 Zdroje a spotřeba energie

Původcem většiny energie na Zemi je sluneční záření, které v dávné minulosti vytvořilo zásoby fosilních energetických zdrojů - uhlí, ropy a zemního plynu. Dnes je původcem většiny obnovitelných energetických zdrojů (PETŘÍKOVÁ et al., 2006). VRÁBLÍKOVÁ (2000) uvádí, že ekonomický růst je spojen s růstem výroby a spotřeby energie. Pro zvyšování výroby je základním předpokladem dostatek energie, a to především fosilní (uhlí, ropa, zemní plyn), které patří k největším zdrojům znečišťování životního prostředí. Jak píše (PETŘÍKOVÁ et al., 2006), spálením 1 kg černého uhlí vzniká 2,56 kg CO₂, spálením 1 kg motorové nafty se uvolní 3,12 kg CO₂ a spálením 1 m³ zemního plynu 2,75 kg CO₂.

Fosilní paliva jsou podle VRÁBLÍKOVÉ (2000) nadále nejvýznamnějším využívaným zdrojem energie, neboť obrovské množství potřebné energie nelze v současnosti ani v blízké budoucnosti pokrýt z alternativních zdrojů. Podle PETŘÍKOVÁ et al. (2006) v období průmyslového rozvoje v posledních dvou stoletích došlo k intenzivnímu využívání fosilních paliv, což vede k navyšování koncentrace oxidu uhličitého v atmosféře. Jak píše VRÁBLÍKOVÁ (2000) podle údajů Worldwatch Institute (1997) by mohlo přispět k řešení energetické krize ve 21. století zejména využití energie z biomasy, lihu jako paliva, větrné energie, sluneční energie, energie geotermální, vodních i přílivových elektráren.

Alternativně získaná biopaliva se vyrovnají a někdy i předčí ta fosilní. Biopaliva mají základní rozdělení na kapalná (bioetanol, bio-olej, atd.), pevná (dřevní pelety, brikety, atd.) a plynná (bioplyn, dřevoplyn, atd.). POŽÁROVÁ (2007) PETŘÍKOVÁ et al., (2006) uvádí že, omezování využití fosilních paliv a jejich nahrazování alternativními zdroji je ekologické a v zájmu trvale udržitelného rozvoje je třeba zastavit nebo aspoň snížit globální oteplování a klimatickou změnu.

2.2 Obnovitelné zdroje energie (OZE)

Obnovitelnými energetickými zdroji, ve smyslu energetického zákona č. 458/2000 Sb., jsou: vodní energie do výkonu zdroje 10 MW, sluneční energie, větrná energie, geotermální energie, biomasa, bioplyn.

OZE pro výrobu elektřiny, ve smyslu vyhlášky č. 165/2012 Sb., jsou: vodní energie do výkonu zdroje 10 MWe, sluneční energie, větrná energie, biomasa v zařízeních do 5 MWe, bioplyn, palivové články, geotermální energie.

OZE pro výrobu tepla, ve smyslu vyhlášky č. 165/2012 Sb., jsou: sluneční energie, geotermální energie, biomasa v zařízeních do 20 MWt, bioplyn, palivové články.

Obnovitelné a druhotné zdroje energie

Definice těchto zdrojů přináší úplné znění zákona č.406/2000Sb., o hospodaření energií:

- **Obnovitelné zdroje energie (OZE)**

Obnovitelnými zdroji jsou obnovitelné nefosilní přírodní zdroje energie, jimiž jsou energie větru, energie slunečního záření, geotermální energie, energie vody, energie půdy, energie vzduchu, energie biomasy, energie skládkového plynu, energie kalového plynu a energie bioplynu

- **Druhotné zdroje energie (DZE)**

Druhotným energetickým zdrojem je využitelný energetický zdroj, jehož energetický potenciál vzniká jako vedlejší produkt při přeměně a konečné spotřebě energie, při uvolňování z bituminózních hornin nebo při energetickém využívání nebo odstraňování odpadů a náhradních paliv vyrobených na bázi odpadů nebo při jiné hospodářské činnosti.

Legislativní podpora OZE a DZE

- Úplné znění zákona č.406/2006 Sb., o hospodaření energií,
- Zákon č. 180 ze dne 31. března 2005 o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie

VRÁBLÍKOVÁ (2000) uvádí, že omezení čerpání přírodních zdrojů a zlepšení stavu životního prostředí bylo i jedním z cílů přijatého dokumentu „Agenda 21“ na konferenci v Rio de Janeiru v r.1992. K naplňování cílů „Agendy 21“ byly

přijaté dokumenty na podporu OZE. Mezi ty, které mohou výrazně podpořit rozvoj obnovitelných zdrojů energie, patří dokument „Energie pro budoucnost: obnovitelné zdroje energie“, který je též nazýván „White paper“. Podle PETŘÍKOVÉ et al., (2006) je v České republice v oblasti obnovitelných energií nutné splnit indikativní i závazné cíle, které nám byly stanoveny směrnicemi EU. Jak píše (STRAŠIL et al., 2011) evropská unie požaduje, aby v roce 2015 činil podíl na spotřebě energie z obnovitelných zdrojů až 15%.

OBNOVITELNÉ ZDROJE ENERGIE			
Základní obnovitelný energetický zdroj	Rotační energie Země a gravitační energie Země, Měsíce a Slunce	Energie zemského jádra	Dopadající sluneční záření E T
Odvozené či přeměněné OZE (obnovitelné zdroje energie), využitelné pro výrobu tepla či elektrické energie	Přílivová energie E	Geotermální energie E T	Přímé sluneční záření E T
			Energie větru E
			Energie mořských vln E
			Tepelná energie prostředí T
			Energie biomasy E T
			Energie vodních toků E

*možno využít pro výrobu **E** – elektrické energie, **T** – tepla*

Tabulka 1: Základní rozdělení v současnosti využívaných obnovitelných zdrojů energie (JAKUBES, SPLÍTEK, KODYTEK, 2010)

2.2.1 Sluneční energie

VRÁBLÍKOVÁ (2000) uvádí, že největším zdrojem energie je Slunce. Na Zemi dopadá přibližně $1,8 \cdot 10^{14}$ kW. Pro využití sluneční energie v určité lokalitě jsou rozhodující údaje o intenzitě slunečního záření a době slunečního svitu. Z rozboru klimatických podmínek ČR vyplývá, že celkové průměrné množství sluneční energie, které dopadá za rok na 1m^2 je přibližně: u vodorovné plochy 1045 kWh.m⁻² za rok, u šikmé plochy skloněné pod úhlem 40° a orientované na jih 1203

kWh.m⁻² za rok a u svislé plochy orientované na jih 900 kWh.m⁻² za rok. Největší množství - asi 80 % připadá na období března až říjen.

2.2.2 Energie větru

V České republice se příhodné lokality pro využití větrné energie téměř vždy nacházejí ve vyšších nadmořských výškách. Za minimální hranici rychlosti větru se pro využití tohoto druhu energie se považuje 5 m/s. Podle studie zpracované Ústavem fyziky atmosféry Akademie věd ČR byl určen potenciál energie větru pro výrobu elektrické energie na území celé republiky, a to s ohledem na zákon O ochraně přírody a krajiny č. 114/1992 Sb. a s ohledem na zalesněné plochy, kdy při využití všech lokalit s rychlostí větru nad 4,8 m/s lze v ČR vyrobit až 5 TWh ročně (MALAŤÁK, VACULÍK 2008).

2.2.3 Vodní energie

VRÁBLÍKOVÁ (2000) uvádí, že vodní energie je nejdéle technicky využívaným energetickým zdrojem. Voda je nositelem mechanické, tepelné a chemické energie. Podmínky pro využívání energie jsou příznivé i pro Českou republiku. Dnes je v provozu asi 1300 malých vodních děl s instalovaným výkonem do 10 MW. V současném období je uváděna pro Českou republiku hodnota teoretického hydroenergetického potenciálu ve výši 1,31.10¹⁰ kWh/rok.

2.2.4 Geotermální energie

Zdrojem geotermální energie je rostoucí teplota hornin s hloubkou pronikání do nitra Země. Tepelný tok z nitra na povrch dosahuje hodnot okolo 26 000 GW. Tepelný vzrůst teploty hornin činí v průměru 20 – 30 °C na každý km hloubky. Geotermální energie je nevyčerpatelný zdroj, dostupný z libovolného místa na Zemi v hloubce 10 – 12 km (VRÁBLÍKOVÁ, 2000).

3. Biomasa jako obnovitelný zdroj

VRÁBLÍKOVÁ (2000) uvádí, že za biomasu se v užším pojetí považuje organická hmota rostlinného původu, získaná na bázi fotosyntetické konverze solární energie. Jak uvádí (MALAŤÁK, VACULÍK 2008) má-li se v biomase rozhodnout, zda je vhodná pro spálení v určitém typu spalovacího zařízení, nebo má-li se

posoudit jakost biopaliv z fytomasy s ohledem na jejich využití, je zapotřebí znát takové vlastnosti biopaliv, které je dostatečně charakterizují. Podle (PETŘÍKOVÉ et al. 2006) je možné fytopaliva standardizovat (normalizovat) co do tvaru, objemové hmotnosti i výhřevnosti a přizpůsobovat je potřebám trhu paliv a výrobců topenišť.

3.1 Biomasa

Biomasa je biologický materiál získaný z živých, nebo nedávno živých organismů. V souvislosti s tím se název „biomasa“ pro energetické účely používá pro materiál rostlinného i živočišného původu (KÁRA, 2007).

Podle CELJAKA (2008) je biomasa definována jako hmota organického původu, takže se pod tímto pojmem zahrnuje veškerá živá příroda. V souvislosti s využíváním energetické biomasy se rozumí rostlinnou biomasou především dřevo a různorodý dřevní odpad, resp. jiné energetické rostliny vhodné pro spalování v různých topeništích, jako jsou zemědělské produkty a jejich zbytky nebo cílené pěstované energetické rostliny.

Příroda neustále obnovuje surovinu „biomasu“ pro výrobní řetězec chemických látek, paliv a materiálu pro kosmetiku a farmaceutický průmysl. Velká část průmyslu bio výrobku, které jsou používány v současné době, má základ v přímém fyzikálním nebo chemickém zpracování biomasy, například celulóza, škrob, oleje, protein, lignin a terpeny (KUŽEL et al., 2010).

Zdroje energie z biomasy jsou různorodé, a proto je potřeba existence komplexního klasifikačního systému. Jedna z možností, jak biomasu rozdělovat, může být na základě základních složek. Konkrétně se jedná o celulózu, hemicelulózu a lignin, procentuální obsah složek a jejich chování (KHAN et al.2009).

3.2 Klasifikace biomasy

Podle www.biomasa-info.cz můžeme rozdělit biomasu do kategorií

- a) Primární zbytky: Vedlejší produkty potravinářských plodin a lesních výrobků (dřevo, sláma, obilí, kukuřice apod.).

- b) Sekundární zbytky: Vedlejší produkty zpracování biomasy pro výrobu potravinářských výrobků nebo materiálu z biomasy (dřevní a papírové piliny, potravinářství a nápojový průmysl, pecky, semena, slupky atd.).
- c) Terciární zbytky: Vedlejší produkty použité biomasy jako surovina (odpad a dřevo z demolic apod.).
- d) Energetické plodiny.

3.2.1 Zdroje biomasy

3.2.1.1 Zbytková biomasa

Zbytková biomasa je v našich podmínkách převážně snadno dostupná a levná forma paliva. Bývá tedy prvním a zatím také hlavním zdrojem biopaliv v existujících nebo budovaných výtopnách a kotelnách na spalování biomasy (HAVLÍČKOVÁ, WEGER et al., 2006).

3.2.1.2 Rostlinné odpady

Zemědělské sklizňové zbytky, zejména obilná sláma, mají široké uplatnění. Energetické využití u nás se začíná rozšiřovat, i když v porovnání se skandinávskými zeměmi se zpožděním. Řepková sláma s výhřevností 15-17,5 GJ/t se přibližuje lepším druhům hnědého uhlí. Častou námitkou proti spalování je, že veškerá sláma, která v daném roce na polích narostla, musí přijít zpátky do půdy jako hnojivo. Ve skutečnosti je ve slámě velmi málo živin. Není pro ni prakticky jiné využití než v energetice (HAVLÍČKOVÁ et al., 2007).

3.2.1.3 Lesní těžební zbytky

Slibným zdrojem je odpadní dřevní biomasa z výchovných a mýtných těžeb v lesních porostech. Přesto, že její potenciál je velmi vysoký, není v takové míře využíván, protože lesnické společnosti, které provádějí těžbu, většinou nejsou schopny tuto biomasu vyklízet z lesa ekonomicky rentabilním způsobem (HAVLÍČKOVÁ et al., 2007).

3.2.1.4 Organické odpady z průmyslových výro

Nejčastějším zdrojem bývají pilařské a dřevozpracující provozy, které často jako odpadní produkt poskytují piliny, odřezky, hobliny a kůru. Tato forma biomasy začíná být pomalu zcela využita zejména na výrobu biopaliv, např. lisovaných dřevních pelet a briket.(HAVLÍČKOVÁ, WEGER et al., 2006)

3.2.1.5 Záměrně produkovaná biomasa

Poměrně novým zdrojem biomasy jsou porosty tzv. energetických rostlin. Tímto termínem jsou označovány botanické druhy dřevin, trvalek a bylin, jejich kultivary a odrůdy, přírodní a záměrní kříženci. Jejich růst a zejména objemová produkce při intenzivním pěstování výrazně převyšuje průměrné hodnoty ostatních plodin ve sledované oblasti (HAVLÍČKOVÁ, WEGER et al., 2006). Obecně platí, že ekonomicky a energeticky efektivnější je pěstování rostlin víceletých a vytrvalých než tradičních jednoletých (pokud není vedlejší produkt sláma obilovin či olejnin). Pěstováním netradičních vytrvalých plodin lze efektivně snížit celkové náklady na produkci jednotky biomasy a zásadně zvýšit poměr výstupu energie ke vstupu, neboli „output : input“, dle zahraničních zdrojů až 4–10x (MOUDRÝ, SOUČKOVÁ et al., 2006).

3.2.2 Rozdělení energetických rostlin

3.2.2.1 Energetické rostliny nedřevnaté

Jejich hlavní předností je, že dosahují vysokých výnosů a sklizejí se běžnými zemědělskými stroji. Mnohé z nich jsou víceleté. Šťovík, ozdobnice čínská nebo topinambur. Produkované s nižšími výrobními náklady, například konopí seté – energetické využití pazdeří. Všechny tyto plodiny se liší od potravinářských plodin tím, že jsou pěstovány pro výnos hmoty a ne živin (HAVLÍČKOVÁ et al., 2007).

V poslední době, s ohledem na vysoké výnosy sušiny fytohmoty z plochy, se uvažuje o křídlatce (*Reynoutria*) jako alternativním obnovitelným zdroji energie. Z Japonska jsou hlášeny výnosy sušiny 12-27 t/ha. Podobných výnosů lze dosáhnout i u nás (MOUDRÝ, SOUČKOVÁ et al., 2006).

3.2.2.2 Energetické dřeviny

Jedná se o tzv. rychle rostoucí dřeviny (RRD), které jsou schopné produkce vysokého výnosu nadzemní biomasy v krátkém obmýti (3-6 let) s životností 20-35 let (HAVLÍČKOVÁ et al., 2007). U plantáží RRD se v příznivých podmínkách může dosáhnout průměrného ročního výnosu 10 – 20tun hmoty v absolutní sušině z plochy 1 ha (MOUDRÝ, SOUČKOVÁ et al., 2006).

3.2.3 Biochemická přeměna biomasy

3.2.3.1 Metanové kvašení

Do metanového kvašení patří výroba bioplynu, což je uměle vyvolaný anaerobní rozklad organického materiálu. Zemědělství vytváří velké množství organických odpadů, které anaerobní fermentace umožňuje nejen likvidovat ale také energeticky využívat (VAEZI et al., 2012).

PETŘÍKOVÁ et al. (1996) uvádí, že pro výrobu bioplynu jsou vhodné rostliny s vyšším obsahem N a nižším poměrem C:N (pod 33). Zelené rostliny se hodí pro výrobu bioplynu jak v čerstvém, tak i silážovaném stavu a proto je možno pro metanogenezi použít výrazně širší spektrum rostlin, než pro výrobu tuhých paliv. EDER a SCHULZ (2001) potvrzují, že metanogenezi je vhodné kombinovat se zpracováním kejdy a organických odpadů.

K anaerobnímu rozkladu se používají dvě skupiny bakterií – kyselinotvorné a metanotvorné. Metanové bakterie vyžadují ke své činnosti specifické prostředí, které je dáno hodnotou pH, teplotou, obsahem živin, dobou zdržení, koncentrací pevných látek, mícháním apod. Pro výrobu bioplynu se používají jednoduché nebo složité systémy. Složité systémy se sestávají prakticky ze stejných částí jako jednoduché. Mají však při provozu vyšší energetickou náročnost a jsou tedy méně hospodárné než jednoduchá zařízení (MOUDRÝ a STRAŠIL, 1999).

Základními stavebními prvky jsou čerpací jímka, vyhřívací nádrž (fermentor), zásobník plynu, kotelna a příslušné řídicí a monitorovací přístroje. Systémy pro výrobu bioplynu se však mohou lišit podle vlastností reagujícího materiálu, který je v nich odbouráván a také podle velikosti tuhých částic a obsahu sušiny ve zpracovávaném materiálu, uvádí STRAKA et al. (2003). V počáteční fázi se nahromaděné odpady předzpracovávají (míchání a rozmělnování). Následuje

plnění vyhnívacích nádrží. Zde probíhá zahřívání, míchání a nakonec vyprazdňování. Plyn se odvádí a skladuje v plynojemech, jejichž základní funkcí je právě akumulace plynu pro vyrovnávání rozdílu mezi výrobou a spotřebou, jak dále vysvětluje STRAKA et al. (2003). Vyhnílý kal se skladuje a využívá k různým účelům. Obsahuje nerozložené složky výchozí biomasy a mikroorganismy. Obsahuje také dusíkaté látky, je tedy využitelný jako hnojivo a po usušení i jako krmivo. Fermentory jsou stavěny z různých materiálů, jako je ocel, beton a plasty, a to podle konkrétních specifických podmínek. Existuje několik systémů výroby bioplynu. Dnes je standardním průtokový (kontinuální) systém. K dalším základním typům patří zásobníkový (diskontinuální) systém a systém střídavých zásobníků.

MOUDRÝ a STRAŠIL (1999) dále uvádějí, že bioplyn obsahuje 55 – 80 % metanu, 20 – 45 % oxidu uhličitého, síru ve formě sirovodíku, dusík, vodu aj. EDER a SCHULZ (2001) uvádějí složení bioplynu následně- metan (40 - 75 %), oxid uhličitý (25 – 55 %), vodní páry (0 – 10 %), dusík (0 – 5 %), kyslík (0 – 2 %), vodík (0 – 1 %), čpavek (0 – 1 %) a sulfan (0 – 1 %). Energeticky hodnotný je v bioplynu metan a vodík.

Problematickými jsou sirovodík a čpavek, které je často nutné před energetickým využitím bioplynu odstranit, aby nepůsobily agresivně na strojní zařízení. To potvrzuje i STRAKA et al. (2003), který uvádí, že obtížný je obsah sirovodíku v bioplynu. Tento plyn je toxický a má korozivní účinky. Proto se obvykle provádí odsířování bioplynu. Nejjednodušším řešením je aplikace 3 až 5 % vzduchu do bioplynu v nádrži, jehož působením dojde k rozložení sirovodíku na vodu a elementární síru. Po zapravení fermentovaného materiálu na pole je síra zpětně využita rostlinami. STRAKA et al. (2003) dodává, že majoritní složky bioplynu jsou v nejužším hodnocení u kvalitních plynů pouze dvě: metan a oxid uhličitý.

Podle EDER a SCHULZ (2001) je dalším problémem vysoká vlhkost bioplynu. Ta se dá odstranit sušením. To se provádí kvůli prevenci koroze zařízení pro využívání bioplynu (např. kogeneračních jednotek). Nepříliš hluboké sušení bioplynu je možné zabezpečit prostřednictvím tepelného čerpadla. Bioplyn je ve výměníku tepla chlazen chladícím agregátem a odloučená voda (kondenzát) je z plynu odstraněna. Poté je plyn opět zahřát teplou částí chladícího agregátu. Tato technologie zabezpečí vzdálení vlhkosti bioplynu od rosného bodu, je relativně jednoduchá, má nízkou spotřebu energie a ve většině případů je dostačující. Při

ochlazení bioplynu na 20°C dojde ke snížení obsahu vody při 100% nasycení na 17,3 g/m³, což odpovídá 2,3 % objemovým. Hluboké sušení bioplynu je možné realizovat za pomoci tuhých sorbentů.

Bioplyn má mnohostranné využití. V plynových motorech na pohon tlakových ventilátorů, čerpadel, generátorů. Po malých úpravách v plynových spotřebičích. V plynových motorech se dá měnit na elektrický proud. Z 1 m³ se vyrobí 1,6 - 1,9 kWh (MOUDRÝ a STRAŠIL, 1999).

4. BIOPLYNOVÉ STANICE

4.1 Rozdělení bioplynových stanic

SKALICKÝ (2006) uvádí podle největšího procentní zastoupení zpracovávaného substrátu, se BPS dělí do čtyř základních skupin: průmyslové bioplynové stanice, bioplynové stanice komunálních čistíren odpadních vod, skládkové bioplynové stanice kde zpracovávají bioodpad, komunální odpad, zbytky potravinářského průmyslu a zemědělské bioplynové stanice. Podle RATAJ (2011) se setkáváme se dvěma druhy procesu, a tou je mokrá fermentace – zpracování biomasy s obsahem sušiny < 12 %, a suchá fermentace – zpracování biomasy s obsahem sušiny 20 – 60 %.

4.2 Vznik bioplynu

HOFMANOVÁ (2006) uvádí, že biologický rozklad organických látek je složitý vícestupňový proces, na jeho konci působením metanogenních acetotrofních a hydrogenotrofních mikroorganismu vzniká bioplyn, který se v ideálním případě skládá ze dvou plynných složek, metanu (CH₄) a oxidu uhličitého (CO₂). Průběh tohoto procesu ovlivňuje rada dalších procesních a materiálových parametru, například složení materiálu, podíl vlhkosti, teplota prostředí, číslo pH neboli kyselost materiálu, anaerobní (bezokyslíkaté) prostředí, absence inhibičních biochemických látek atd. KÁRA a kol., (2007) říká, že výsledkem metanové fermentace je vždy směs plynu a zbytek organické látky.

4.3 Anaerobní fermentace

MAHMOOD a kol.,(2012) říká, že se jedná se o velmi složitý biochemický proces, který se skládá z mnoha na sebe navazujících fyzikálních, fyzikálně-chemických a biologických procesů. KÁRA a kol., (2007) uvádí, že anaerobní fermentace organických látek má čtyři základní fáze: hydrolyza, acidogeneze, acetogeneze, metanogeneze. První fáze hydrolyza začíná v době, kdy prostředí obsahuje vzdušný kyslík. Předpokladem pro její nastartování je mimo jiné dostatečný obsah vlhkosti nad 50 % hmotnostního podílu. Hydrolytické mikroorganismy ještě nevyžadují striktně bezkyslíkaté prostředí. Enzymatický rozklad mění polymery (polysacharidy, proteiny, lipidy, ...) na jednodušší organické látky. Druhá fáze acidogeneze (zpracovávaný materiál může obsahovat ještě zbytky vzdušného kyslíku), ve které dojde definitivně k vytvoření anaerobního (bezkyslíkatého) prostředí. Zajistí to četné kmeny fakultativní anaerobních mikroorganismů, které se aktivují v obou prostředích. Vznik CO_2 , H_2 a CH_3COOH umožňuje metanogenním bakteriím tvorbu metanu. Kromě toho vznikají jednodušší organické látky (vyšší organické kyseliny, alkoholy). Třetí fáze acetogeneze je někdy označována jako mezifáze. Acidogenní specializované kmeny bakterií transformují vyšší organické kyseliny na kyselinu octovou (CH_3COOH), vodík (H_2) a oxid uhličitý (CO_2). Čtvrtá fáze metanogeneze, kdy metanogenní acetotrofní bakterie rozkládají především kyselinu octovou (CH_3COOH) na metan CH_4 a oxid uhličitý CO_2 , hydrogenotrofní bakterie produkují metan CH_4 z vodíku H_2 a oxidu uhličitého.

4.4 Výtěžnost bioplynu z kukuřice

KOLONICNÝ (2011) uvádí, že z jedné tuny kukuřičné siláže se dá získat až 1 MWh. Kukuřice oproti jiným plodinám dává nejvyšší výnos bioplynu (5 700 až 7 800 m^3/ha) a následně elektrické energie z hektaru. Jit při výnosu 50t/ha je energetický zisk 16 MWh/ha v podobě elektrické energie.

5. Kukuřice historie a význam

ZIMOLKA a kol., (2008) říká, že význam kukuřice pro lidstvo je zřejmý z toho, že se dnes pěstuje v pěti světadílech. Spolu s pšenicí a rýží je nejdůležitější

obilninou ve výživě lidí, dnes i významnou krmnou, průmyslovou a energetickou plodinou. WEGER et al., (2012) říká, že historie pěstování kukuřice (*Zea mays* L.) jako kulturní plodiny je stará déle než 5 600 let. HANCOVÁ A PECHAROVÁ (1993) uvádí, že místem vzniku kukuřice je Střední Amerika, kde vznikla jako mezirodový kříženec mezi druhy *Euchlaena mexicana* a *Tripsacum dactyloides*.

5.1 Botanická charakteristika kukuřice

ZIMOLKA a kol., (2008) uvádí, že Kukuřici řadíme do Podtřídy: jednoděložné (*Monotyledonae*), řádu: lipnicokveté (*Poales*), čeledi: lipnicovité (*Poaceae*), Skupiny: kukuřicovité (*Maydeae*). V botanickém systému je kukuřice (*Zea mays* L.) zaražena jako jednoletá rostlina, jednodomá, různopohlavní, typu rostlin diklinických s pestíkovými (samičími) s prašníkovými (samčími) květy, uspořádanými do oddělených květenství (laty a palice). Je cizosprašná.

VELICH a kol., (1994) říká, že kukuřice je rostlinou, která v krátkém vegetačním období vytváří značné množství ústrojné hmoty vysoké energetické hodnoty. DIVIŠ et al. (2010) uvádí, že primární kořenovou soustavu tvoří kořeny, které se zakládají již v zárodku, sekundární kořenovou soustavu tvoří soubor stonkových adventivních kořenu. Stéblo kukuřice je plné a je současně zásobním orgánem. Stéblo kukuřice je rozdělené kolénky. Výška stébla se v našich podmínkách v závislosti na hybridu pohybuje od 1,2 do 3 m. Listy kukuřice jsou protistojné. Listová čepel je široká s nápadným středním žebrem. ZIMOLKA et al. (2008) uvádí, že většina skupin kukuřic se dělí na nižší botanické jednotky podle barvy nebo tvaru zrna a podle barvy pluch na větenech palic. Vedle kukuřice obecné, tvrdé (*Zea mays* L. convar. *indurata*) se pěstuje kukuřice koňský zub (*Zea mays* L. convar. *indentata*), kukuřice polozubovitá (*Zea mays* L. convar. *aorista*), kukurice pukancová – praskavá (*Zea mays* L. convar. *everta*), kukuřice cukrová (*Zea mays* L. convar. *saccharata*), kukuřice vosková (*Zea mays* L. convar. *ceratina*), kukuřice škrobnatá (*Zea mays* L. convar. *amylacea*), kukuřice pluchatá (*Zea mays* L. var. *tunicata*) a jako zvláštní variety se ještě uvádějí kukuřice škrobocukrová (*Zea mays* L. convar. *amyleasaccharata*) a kukuřice pestrolistá (*Zea mays* L. var. *japonica*). Největší význam z hospodářského hlediska má kukuřice koňský zub, kukuřice obecná (tvrdá) a kukuřice polozubovitá (DIVIŠ, 2010).

5.2 Abiotické faktory ovlivňující růst a vývoj kukuřice

Vnější faktory jsou soubor jevu a přírodních úkazu, které mají přímý vliv na život rostlin. Z půdy rostlina získává vodu a živiny v ní obsažené. Světlo – světelné záření je neméně důležité pro život rostliny, avšak jeho takřka nekonečná nepřetržitá dodávka z něj dělá méně důležitý faktor NAVRÁTIL (2009). Pro dobrý vývoj a vysoké výnosy vyžaduje kukuřice harmonické působení všech vegetačních faktorů. Potřebuje hodně světla, rozvíjí se v podmínkách vysokých teplot, za vegetaci spotřebuje značné množství vody i minerálních živin a vytváří velkou plochu asimilačních orgánů (VELICH, 1994).

5.2.1 Půda

STACH (1995) uvádí, že kukuřici je možno pěstovat na všech půdách, pokud jsou dostatečně vzdušné, propustné a biologicky činné. Kukuřice má dobře vyvinutý a rozložený kořenový systém, proto si dobře opatruje živiny, ale potřebuje jich velké množství. Podle DOLEŽAL et. al. (2012) pro pěstování kukuřice jsou vhodná všechna stanoviště mimo extrémně vysušené půdy a půdy jílovité, zamokřené se zhutnělým orníčním a podorníčním profilem. Větší výnosovou jistotu kukuřici poskytují půdy střední až těžší s pH 5,6 – 7.

SKLÁDANKA, (2006) říká, že nároky na půdu jsou závislé na oblasti pěstování, na půdní podmínky není kukuřice příliš náročná. K nejvhodnějším patří černozemní půda humózních, vápnem bohatých aluviálních náplav, nepříliš těžkých a hnědozemní půda v chráněných polohách na jižních svazích. Podle SVOBODA (2004) v ČR se preferují bramborářské a chladnější řepařské výrobní oblasti kde jsou půdy hluboké, hlinité, výhřevné s dostatkem humusu. Snáší i půdy slabě kyselé nebo slabě zásadité. Na půdách s pH < 5 se snižuje výnos rostlinné hmoty až o 30 %. Jak uvádí SKLÁDANKA (2006) kukuřici nevyhovují jí půdy kamenité, zamokřené a mrazové kotliny nebo pozemky erozně ohrožené. Kukuřice je teplomilná rostlina.

V souladu s nařízením vlády č. 479/2009 došlo k rozšíření podmínek dobrého zemědělského a environmentálního stavu, konkrétně standardu GAEC 2, který je zaměřen na protierozní ochranu půdy. S účinností od 1. července 2011 musí zemědělci chránit i mírně erozně ohrožené půdy. Na nich můžou pěstovat širokořádkové plodiny pouze s využitím půdoochranných technologií. Toto opatření

se vztahuje i na pěstování kukuřice na erozně ohrožených půdních blocích (MZE, 2011).

5.2.2 Světlo

PROCHÁZKA a kol., (1998) říká, že záření je šíření energie prostorem. Sluneční záření je mimořádně významným faktorem určujícím klimatické podmínky na planetě ŠANTRŮČEK (2001). Uvádí že, kukuřice využívá velmi dobře světlo. Na jeden ha pudy vytváří 20 000 – 60 000 m² asimilační plochy (LAI 2 - 6). Kukuřice má nároky nejen na určitou intenzitu osvětlení, ale i na délku osvětlení v dané vývojové fázi. Kratší světelný den sice urychluje kvetení, ale zároveň zmenšuje počet listů a výšku rostlin.

Pro využití dopadajícího světla je důležité rozmístění rostlin v porostu. Pozdní výsev může odrážet na špatném nasazení palic (SKLÁDANKA, 2006).

5.2.3 Teplo

Jak uvádí VELICH, (1994) zrno začíná klíčit, když teplota půdy dosahuje 7 – 8 °C. Pro nasazení dostatečného počtu palic a jejich vývoj jsou důležité teploty v srpnu a počátkem září. SKLÁDANKA (2006) říká, že průměrná teplota by měla být kolem 13 °C, suma teplot se snižuje u raných hybridů kukuřice (využití ve vyšších polohách). Kukuřice je citlivá na kolísání teplot v průběhu vegetačního období. Jak uvádí VRZAL a NOVÁK (1995) nároky na celkovou sumu teplot jsou dané raností hybridu a pohybují se v rozmezí 1700- 3200°C. ŠANTRŮČEK et al., (2008) říká, že velmi rané hybridy mají nižší nároky na sumu teplot a lze je pěstovat i v teplotně méně příznivých oblastech. Na základě dosažené sumy efektivních teplot (SET) lze předpovědět dobu květu kukuřice a odhadnout termín sklizně. V České republice se osvědčil model výpočtu, při kterém se od výsevu kukuřice sčítají střední denní teploty minus fyziologická minimální teplota 6 °C dle vzorce $(t_{\min} + t_{\max} / 2) - 6$. Nárůst biomasy se zastavuje při teplotách pod 6 °C a nad 28 °C, a proto se zohledňují teploty pouze v tomto rozsahu. Optimální teplota pro klíčení je podle VRZAL a NOVÁK (1995) 25-28°C.

5.2.4 Voda

Rychlost růstu při klíčení je závislá na příjmu vody ŠANTRŮČEK (2007). Transpirační koeficient je poměrně nízký, pohybuje se v rozpětí 240 – 370. Transpirační koeficient udává, kolik gramu vody musí rostlina vypařit, aby vytvořila 1g sušiny, jak udává www.priroda.cz (staženo dne 17. 3. 2015). Podle půdních podmínek je kukuřice schopná čerpat vláhu až z hloubky 2,5 m díky bohatě rozvinutému kořenovému systému a dobrému hospodaření s vláhou dobře překonává krátké přísušky (PULKRÁBEK et al., 2003).

K vysoké produkci zrna potřebuje kukuřice dostatek vody, zejména v období intenzivního růstu tj. v období mezi metáním a mléčnou zralostí, to je v období intenzivního růstu (VRZAL a NOVÁK, 1995). Jak uvádí ŠNOBL et al., (2011) na sucho je kukuřice velmi citlivá v době květu blizen, kdy dochází k jejich zasychání. SKLÁDANKA (2006) říká, že zase nadbytek vláhy a nedostatek vzduchu v půdě se projevuje na světlé barvě listu a na tvorbě zakrnělých palic.

6. AGROTECHNIKA

6.1 Zařazení do osevního postupu

Jak uvádí STACH, (1995) kukuřici botanicky radíme do hospodářské skupiny obilnin. Z pohledu způsobu pěstování a působení v osevním postupu se radí jako okopanina. Pokud se ke kukuřici dobře hnojí, na předplodinu výrazně nereaguje. ZIMOLKA a kol. (2008) uvádí, že kukuřice dobře snáší především hnojení organickými hnojivy. Při posuzování vlivu předplodiny na hnojení kukuřice je třeba vycházet z půdních a klimatických podmínek, které výrazně ovlivňují jak vodní, tak i živinný režim pud. Podle DOLEŽAL et al., (2012) kukuřice není náročná na předplodinu. Obvykle se zařazuje v osevním postupu po obilninách, ale velmi často i vícekrát po sobě. Především při pěstování kukuřice po sobě je třeba mít na zřeteli některé živočišné škůdce, které způsobují poměrně závažné přímé i nepřímé hospodářské ztráty. Při pěstování po sobě se za účelný považuje dvouletý až tříletý sled kukuřice. ZIMOLKA a kol., (2008) uvádí, že při dlouhodobějším pěstování kukuřice po sobě je nezanedbatelné rozšiřování škůdců. Patří k nim hlavně zavíječ kukuřičný (*Ostrinia nubilalis*) a bázlivec kukuřičný (*Diabrotica virgifera virgifera*).

Ani na úrodné půdě se nedoporučuje pěstování po sobě více než pět až šest let SVOBODA, (2004). Jak uvádí ZIMOLKA et al., (2008) dobrými předplodinami jsou jeteloviny a luskoviny, které obohacují půdu o dusík a zanechávají v ní velmi kvalitní posklizňové zbytky.

VRZAL a NOVÁK (1995) uvádí, že mezi další předplodiny patří například víceleté pícniny a okopaniny hnojené statkovými hnojivy. Kukuřice je zlepšující plodinou nejčastěji pro obiloviny. DIVIŠ, (2010) říká, že kukuřice je vhodná pro ozimé obiloviny jen tehdy, je-li čas na přípravu půdy a dodržení agrotechnického termínu setí. Kukuřice se podle ZIMOLKA a kol., (2008) zařazuje mezi dvě obilniny (pšenice ozimá – kukuřice na siláž /zrno/ - ječmen jarní), dále pak dvouleté pěstování kukuřice po sobě mezi dvěma obilninami (ječmen jarní – kukuřice na zrno – kukuřice na siláž – pšenice ozimá).

6.2 Zpracování pudy

Jak říká ŠNOBL et al., (2011) kukuřice je na přípravu půdy velmi náročná. Vyžaduje půdy hluboko zpracované, aby se mohl plně rozvinout její mohutný kořenový systém a tím vytvořit příznivé podmínky pro příjem vody a živin. ZIMOLKA a kol., (2008) uvádí, že u kukuřice je vhodné provést na podzim podrývání. Jehož cílem je zlepšit biologickou aktivitu půdy, zmenšit utužení, zlepšit hospodaření s půdní vláhou. Podrývání se zpravidla dělá na hloubku 45 – 50 cm (pokud to umožňuje hloubka ornice) a je možno ho spojit se základním hnojením. Podrývání se provádí zpravidla jednou za 4 – 5 let. Při pěstování kukuřice po obilninách předchází orbě podmítka. Ta se provádí v co nejkratší době po sklizni. Po podmítce následuje střední orba do hloubky 0,22 m, kterou jsou zpravidla do pudy zapravována organická a minerální hnojiva. Jarní příprava pudy pro kukuřici musí zabezpečit rychlé prohřátí pudy, zajistit dostatek vzduchu pro klíčení osiva a současně šetřit půdní vodou. Hloubku přípravy pudy je nutné volit pouze do hloubky setí. SVOBODA (2004) říká, že při jarní přípravě pudy se snažíme vyvarovat použití smyku. Používáme brány nebo kombinátory (kompaktory). Snažíme se půdu neutužit a nepřerušit, prokypřit jen na hloubku setí (5 – 10 cm), nenarušit půdní kapilaritu a přirozenou výměnu vzduchu.

PROCHÁZKOVÁ a kol., (2005) uvádí, že z hlediska ochrany půdního a životního prostředí je používání minimalizačních technologií zpracování pudy ke

kukuřici žádoucí. Významné je především omezení eroze pudy a ztrát pohyblivých forem dusíku z půdního prostředí do podzemních vod. Problémem při využívání minimalizačních technologií u kukuřice je nedostatečné prohřívání pudy v jarním období. To může oddálit termín výsevu, zpomalit vzcházení a počáteční růst kukuřice. Vlhkostní podmínky pudy při nižší intenzitě zpracování jsou naopak příznivější než po orbě. Problémy možného poklesu výnosu kukuřice při používání minimalizačních technologií v chladnějších podmínkách a na těžší půdě lze do určité míry řešit používáním hlubšího kypření pudy na podzim.

Ochranu porostu proti plevelům je možno provádět před setím chemicky nebo mechanicky (PETR a HÚSKA, 1997).

6.3 Výživa a hnojení

Pro kukuřici je charakteristický velmi pomalý počáteční růst a malý příjem živin. Potom následuje období velmi intenzivního růstu a příjmu živin. Za 35 – 45 dní je pojata 70 – 75 % všech živin ŠANTRŮCEK et al., (2008). Kukuřice příznivě reaguje na živiny v tzv. „staré půdní síle“, proto je výhodné hnojit intenzivněji předplodinu. Živiny je pak kukuřice schopna čerpat i z hlubšího půdního horizontu. Naopak na přímé hnojení nereaguje porost příliš výrazně Vrzal a Novák (1995). Na 1 t zrna průměrně odčerpá 25-30 kg N, 4,5-7 kg P a 23-29 kg K. Draselná a fosforečná hnojiva se zapravují nejlépe na podzim při zpracování půdy. Dusíkatá hnojiva se aplikují na jaře jednorázově před setím nebo volíme dělení dávky na dávku před setím a v době vegetace do fáze 5-7. Listu. Uplatňuje se i hnojení „pod patu“ NPK hnojiv nebo Amofos, případné foliární hnojení (Diviš, 2010).

Z organických hnojiv je nejčastěji používán chlévský hnůj. Na půdách méně úrodných s nedostatkem humusu, zejména po obilninách, na něj kukuřice reaguje obvykle kladně. V suchých ročnících je účinnost nižší. Optimální dávky hnoje se pohybují v rozpětí od 30 do 40 t.ha⁻¹. Kukuřice je řazena mezi plodiny, které velmi pozitivně reagují na hnojení kejdou nebo močůvkou. Zvláště vhodné je hnojení kukuřice kejdou prasat, kejdou skotu nebo digestátem z kejdy, resp. z kejdy prasat a kukuřičné siláže ZIMOLKA et al., (2008). Živiny dodané ve statkových hnojivech se uvolňují postupně v průběhu vegetace, podle potřeby rostlin. Pro dosažení výnosu sušiny 10 – 12 t.ha⁻¹ a při normálním podílu palic 40 % je nutno pozemek dobře

zásobit všemi živinami. Na vyprodukování uvedeného množství hmoty je zapotřebí kukuřici dodat 120 - 180 kg N.ha⁻¹, 30 – 45 kg P.ha⁻¹ a 80 – 160 kg K.ha⁻¹. Vyšší dávky hnojiv používáme v bramborářském výrobním typu a na půdách s nižší zásobou živin. (VRZAL et al., 1995).

ZIMOLKA et al., (2008) dále uvádí, že pro hnojení na začátku a v průběhu vegetace se u kukuřice osvědčily aplikátory s povrchovou podlistovou aplikací (v praxi povrchové řádkové hnojení) s dávkami kolem 10 – 20 t.ha⁻¹. Aplikace kejdy pomocí vlečných hadic do výšky porostu asi 30 cm s sebou nese riziko těkání čpavku, zejména při suchém počasí. I malé dešťové srážky zapraví kejdu do půdy a významně tyto ztráty sníží. Výhodnější je ale aplikovat kejdu, až kukuřice dosáhne výšky 50 až 70 cm, kdy rostliny zakrývají povrch půdy a tím se výrazně sníží ztráty na dusíku. Na půdách s nižší sorpční schopností je zásobní hnojení průmyslovými hnojivy často spojeno se značnými ztrátami živin vyplavením do podzemních vod.

Jak uvádí KADAR a kol., (2000) při bilancování živin je třeba vědět, že celkový obsah živin z hnoje se v období dvou let využije u dusíku ze 60 %, a u fosforu a draslíku z 80 %. K dalším ztrátám dochází při aplikaci na pozemek nezapravením hnoje do půdy. Za jeden den dochází ke ztrátě až 20 % živin a za tři dny dokonce až 40 %. Je třeba proto věnovat pozornost nejen na kvalitu hnoje, ale i na skladování a okamžitému zapravení po aplikaci na pozemek.

ŠANTRŮCEK et al., (2008) říká, že rozhodující část dusíku se obvykle aplikuje před setím, ale vysoký příjem rostlinami je až v období intenzivního růstu, tedy asi za 8 – 10 týdnů. Maximální dávka pro základní hnojení je 70 kg N.ha⁻¹ na lehčích půdách a 120 kg N.ha⁻¹ na těžších půdách. K základnímu hnojení před setím jsou vhodná hnojiva s amonným a ledkovým dusíkem (síran amonný, močovina, DAM 390). Přihnojení během vegetace je nejefektivnější v období, kdy porosty dosáhly výšky 0,2 – 0,4 m. Dávka by se měla pohybovat mezi 20 – 40 kg N.ha⁻¹. Nedostatek dusíku se projevuje zpravidla až po odkvětu. Palice jsou malé, nevyvinuté, méně ozrněné.

Nedostatek fosforu snižuje odolnost rostlin proti chladu, chorobám, suchu a poléhání. Špatné zásobení rostlin fosforem se projeví nejvýrazněji u mladých rostlin hlavně před metáním. Listy jsou užší, tmavé modrozelené zbarvené a konce horních listů jsou červeno-purpurové. Palice jsou malé, zdeformované, často ohnuté VRZAL et al., (1995). Kukuřice je plodinou náročnou na fosfor, zvláště v počátečních

růstových fázích. Proto je potřeba zajistit jeho optimální množství v celém půdním profilu. To se projeví ve zvýšené tvorbě fytomasy kořenů a nadzemních částí rostlin (ZIMOLKA et al., 2008).

Jako zvláště výhodná je aplikace fosforečných hnojiv společně s posklizňovými zbytky, nebo ještě lépe s organickými hnojivy. Posklizňové zbytky a organická hnojiva zabezpečí alespoň z části biologickou sorpci fosforu a zvýší jeho využitelnost pro rostliny. Společně s organickými hnojivy je možné dělat zásobní hnojení fosforem na dva až tři roky, poněvadž se využije efektu, tzv. biologické sorpce fosforu. U kukuřice se osvědčuje lokální aplikace startovací dávky fosforečných hnojiv „pod patu“. Především pak Amofosu, který obsahuje vodorozpustný fosfor (52 % P_2O_5 a 12 % N) jak uvádí (DOLEŽAL et al., 2012). LOŠÁK, (2006) uvádí že, odběr fosforu představuje u kukuřice téměř přímku s mírným stoupáním až do sklizně. Avšak i u této živiny jsou dvě kritická období. První se objevuje na počátku růstu, kdy se začíná tvořit kořenový systém, a druhé v době objevení laty až kvetení.

Draselnými hnojivy se hnojí zpravidla na podzim nebo před setím. Zvláště vhodná je společná aplikace s posklizňovými zbytky před orbou, kdy lze docílit lepšího rozmístění draslíku v půdním profilu. Z hnojiv upřednostňujeme draselná hnojiva chloridového typu. Zvýšení výnosu zrna může být způsobeno odstraněním chloridového deficitu, potlačením kořenových chorob a zlepšením vodního režimu rostliny ZIMOLKA et al., (2008). Draslík podporuje asimilaci a zvyšuje výnos energie ŠANTRŮCEK et al., (2008). Draslík také výrazně ovlivňuje vodní režim rostliny a buněčný turgor, tvorbu sacharidů, jejich přeměny a ukládání do zásobních orgánů. Dále má výrazný vliv na hospodaření s energií a velmi pozitivně ovlivňuje spotřebu vody na produkci jednotky sušiny, zlepšuje využití dusíku a podporuje tvorbu bílkovin, zvyšuje odolnost proti mrazu a vláhovému deficitu. DOLEŽAL et al. (2012). U draslíku je vrchol jeho příjmu ve fázi voskové zralosti, pak následuje částečný pokles doprovázený vylučováním draslíku přes kořenový systém do půdy. U kukuřice na siláž k tomuto jevu nedochází, protože ji sklízíme ve voskově - mléčné zralosti. Příjem draslíku je výrazně ovlivňován interakcemi antagonistického charakteru. Zvyšující se koncentrace draslíku v půdě snižuje příjem hořčíku, vápníku, zinku, manganu a stimuluje příjem ledkového dusíku ($N-NO_3$), fosforu a síry. Nedostatek draslíku snižuje syntézu organických látek a zvyšuje respiraci, čímž

se omezuje energetický stav rostliny. Draslík zasahuje do tvorby cukru a do syntézy škrobu, což se projevuje při transportu a přeměnách vytvořených cukru (LOŠÁK, 2006).

Kukuřice, a to hlavně pozdější hybridy, vytváří mohutný kořenový systém, a to jí umožňuje dobře využívat živiny z hlubších půdních vrstev. Hloubka půdního profilu, odkud dochází k odběru živin, se během vegetace mění. Rovnoměrné rozvrstvení živin v půdním profilu omezuje zvýšení osmotického tlaku, což má příznivý vliv na příjem živin a současně je podporován rozvoj kořenového systému. O tom, že kukuřice vyžaduje živiny rozmístěné v celém půdním profilu, svědčí výsledky, které dokumentují, že při jejím několikaletém monokulturním pěstování se nejvíce snížil obsah živin v podorničních vrstvách. Ke zvýšení obsahu živin v těchto vrstvách je proto třeba dosáhnout většího vertikálního pohybu všech živin včetně dusíku. Nedostatečný vertikální pohyb živin z orniční vrstvy vede ke zvýšení koncentrace solí, která zvláště v suchých obdobích působí na rostliny depresivně. (KOVAEVIC a kol., 2004).

7. Ochrana a ošetření

7.1 Regulace plevelu

ZIMOLKA a kol., (2008) uvádí, že ochrana kukuřice se soustřeďuje na chemické hubení plevelu (moření osiva proti půdním škůdcům a chorobám v období vzcházení; insekticidní ošetření proti škůdcům vzešlých rostlin), dále na chemickou nebo biologickou likvidaci zavíječe kukuřičného (i dalších škůdců) a v neposlední řadě jsou šlechtěny nové hybridy odolné vůči škůdcům i chorobám. V kukuřici jsou nyní v ČR využívány pouze herbicidy a insekticidy, fungicidy jsou výhradně součástí mořidel osiva. Jak uvádí ŠANTRŮCEK et al., (2008) regulace zaplevelení je účinná pouze tehdy, jestliže jsou jednotlivé zásahy součástí celého systému, který obsahuje strukturu osevních sledů, zpracování půdy, předseťovou přípravu, kultivační zásahy během vegetace a promyšlené použití herbicidů. O ochraně kukuřice před zaplevelením rozhoduje především správné načasování zásahu. Ochranu porostů proti plevelům je možno provádět mechanicky nebo chemicky. Výhodou mechanického ošetření porostů, vedle likvidace plevelů, je provzdušnění půdy a vytvoření příznivých podmínek pro růst rostlin. PETERKA a STACH (2007) uvádí, že plevele odebírají živiny, světlo, vláhu kulturním rostlinám, zabraňují prohřívání

pudy a negativně ovlivňují růst rostlin v počátečních růstových fázích. Zásah chemický nebo mechanický musí vytvořit takové podmínky, aby byl stav porostu kukuřice prvních 40-50 dní od vzejití bezplevelný (Diviš, 2010).

Kukuřice roste v počátečním vývinu velmi pomalu, a to bývá příležitost pro rychlý růst plevelu. Kultivační opatření v počátečních fázích růstu musí směřovat k potlačení plevelu VRZAL, NOVÁK a kol., (1995). Kukuřice je plodinou velmi citlivou na zaplevelení a nekvalitně či pozdě provedená ochrana může zcela ohrozit konečný produkt, tj. dostatek kvalitní siláže nebo zrna. Zaplevelený porost silážní kukuřice poskytuje často nižší výnos až o 30 - 50 % (ŠUK, 2001 in PETERKA, 2007). V kukuřici se vyskytují téměř všechny plevelné druhy, především však skupina pozdních jarních druhů (laskavec ohnutý, merlík bílý, mléč zelinný, rdesno blešník, bažanka roční aj.) a plevele vytrvalé (pcháč oset, pýr plazivý) (ZIMOKA et al., 2008).

Kritickým obdobím, kdy kukuřice trpí konkurencí plevelu nejvíce, je fáze 4 – 6 listu. Po vytvoření 6. listu kukuřice začíná diferenciací vzrostlého vrcholu a každá aplikace herbicidu v této době může negativně ovlivnit další růst a vývoj kukuřice a tím i její výnos PETERKA a STACH (2007). Základem nechemické regulace plevelů je především meziřádková kultivace (plečkování). Nečastěji jsou používány pasivní (nožové) či aktivní (rotační) plečky. Plevely vyskytující se v rádcích kukuřice mohou být účinně eliminovány vláčením. Nejčastěji jsou používány prutové brány ZIMOLKA et al., (2008). Jak uvádí ŠANTRŮCEK et al., (2008) že porost je třeba vláčet za teplejšího a slunného počasí, kdy jsou rostliny částečně zavadlé a méně se poškozují. V současné době kukuřici ve velkovýrobních podmínkách nelze bez použití herbicidů pěstovat. Z hlediska pěstebních technologií lze herbicidy aplikovat před setím, po zasetí před vzejitím – preemergentně (nejběžnější způsob ochrany kukuřice proti plevelům), po vzejití – postemergentně (aplikace druhu a dávky herbicidu podle skutečného zaplevelení), nebo využít dělené aplikace herbicidů (osvědčují se při hubení vytrvalých plevelů). Pro úspěšné hubení jednoděložných plevelu (ježatka kuří noha, béry, sveřepy, lipnice) a dvouděložných plevelu (merlíkum, laskavcum, lebedám, svízeli, hermánku, lilikum aj.) během klíčení a vzcházení lze použít pro preemergentní aplikaci herbicidní přípravek Outlook Pack (účinná látka: DMTA – P + pendimethalin) s účinkem i na rezistentní populace laskavců (ŠÁCHA, 2007 in PETERKA, 2007).

7.2 Škůdci a choroby kukuřice

V posledních padesáti letech dochází k podstatným změnám klimatu. Lze to prokázat mimo jiné i náhlým rozšířením některých teplomilných škůdců a chorob. Škůdci působí ztráty na porostu, výnosu i kvalitě kukuřice po celou dobu její vegetace. Zároveň jsou jimi způsobená poškození vstupním místem pro choroby, někteří škůdci jsou i jejich přímými přenašeči ZIMOLKA et al., (2008). Původci houbových chorob, především *Fusarium*, jsou kromě přímého vlivu na zdravotní stav rostliny, také producenty významných mykotoxinů. Mezi nejškodlivější choroby kukuřice patří houby rodu *Fusarium*, které napadají kořeny stéblo a palice. Napadené palice způsobují při jejich zkrmování u zvířat radu zdravotních poruch. Infekce je roznášena větrem a srážkami formou spor. Sněť kukuřičná (*Ustilago maydis* (DC.) Corda) je rozšířena po celém světě. Její škodlivost obvykle nepřesahuje 10 %, u běžně pěstovaných hybridů se pohybuje kolem 2 %. Napadá všechny části rostliny. ŠANTRŮCEK et al., (2008).

SVOBODA (2005) říká, že kukuřice je v porovnání s jinými plodinami výrazně méně napadána různými chorobami. Ochrana proti chorobám spočívá především v používání mořeného osiva. Rezistence hybridu je důležitá vůči chorobám, jako jsou sněť kukuřičná, lámavost stébel a pruhovitost listu. Za významné škůdce jsou považovány larvy kovaříkovitých brouků – drátovci, bzunka ječná, zavíječ kukuřičný a v budoucnu je nutno počítat i s bázlivcem kukuřičným. Zavíječ kukuřičný patří mezi nejvýznamnější škůdce kukuřice, protože se rozšířil do všech oblastí v České republice. Škodlivost zavíječe kukuřičného je přímá a nepřímá. Přímá je dána bezprostředně tím, že housenky vyžírají dřeň lodyh a palic. Při silném napadení dochází v místě žíru k lámání lodyh, což vede k přímým sklizňovým ztrátám. Nepřímá škodlivost spočívá ve snížení kvality produktu tím, že housenky svým žírem otevírají bránu houbovým infekcím KOCOUREK et al., (2008).

Ochrana kukuřice před zavíječem kukuřičným není jednoduchá a je nutné uplatňovat radu opatření, která vedou k redukcí jeho početnosti, jako jsou agrotechnická opatření (zpracování půdy, osevni postup, způsob sklizně), chemická opatření (aplikace dle typu přípravku), biologická ochrana (vaječný parazitoid rodu *Trichogramma*) a také geneticky modifikovaná kukuřice – Bt kukurice NEDELNÍK et al., (2011). Dalším z významných škůdců bázlivec kukuřičný se začíná v

posledních letech velmi významně rozšiřovat, a dnes se již běžně vyskytuje, ve všech pěstitelských oblastech. Hospodářské škody způsobují jak larvy, tak i dospělci. Larvy mohou ničit většinu kořenového systému rostlin, což vede k polehnutí rostlin a jejich kolenovitému vzhledu (tzv. husí krky). Dospělci způsobují žírem na listech malé otvory, nebo čárkovitý žír. KOCOUREK et al., (2008).

8. Výběr hybridu kukuřice

Jedná se zejména o odrůdy kukuřice s delší vegetační dobou, které tvoří velké množství sušiny. V dané oblasti je doporučeno pěstovat odrůdy s vyšším číslem ranosti (podle FAO o 30 – 40 jednotek) oproti běžné silážní kukuřici, pěstované na daném území ZIMOLKA a kol., (2008). Jak uvádí ČERNÝ (2010) pro výrobu bioplynu volíme hybrid kukuřice podle těchto kritérií: Ranost hybridu - musí být dosaženo minimálně 28 % obsahu sušiny. Pro výrobu bioplynu je lepší nižší obsah sušiny než u krmiva. Druhým požadavkem je výkonnost hybridu - je nutné vybírat hybridy s největším výnosovým potenciálem silážní hmoty z hektaru (měřeno v suché hmotě), protože když je vyšší výnos biomasy z hektaru, je také vyšší výnos metanu z hektaru. Třetí kritérium představují požadavky na energetickou hodnotu hybridu, důležité jsou nejen maximální výnosy, ale i energetické hodnoty hybridu pro výrobu bioplynu. Velký obsah škrobu není pro fermentační procesy přínosem. Pro výtěžnost metanu je určující vláknina. Ta je obsažena ve stéble a částečně ve vřetenu. Čtvrtým kritériem je výnosová stabilita hybridu - cílem je zajištění dostatku kvalitního celoročně dostupného substrátu, proto je důležité vybírat hybrid jak s výnosovým potenciálem, tak se stabilitou výnosu, což znamená dobrý zdravotní stav rostlin, rychlý počáteční vývoj a tolerance vůči přísušku. Kukuřice je pro anaerobní fermentaci ideální plodinou ve formě kukuřičné siláže, která je právě schopna zajistit po celý rok kvalitativně stejné parametry vstupního substrátu BPS s vhodným chemickým složením. Pro zlepšení podmínek fermentoru bývá často do substrátu přidáváno i zrno kukuřice o vysoké vlhkosti.

U příslušných hybridu kukuřice pro efektivní produkci bioplynu je požadován vysoký výnos silážovatelné hmoty, 50 – 70 t/ha. Při tak vysokém odběru hmoty z pozemku je nutno doplnit řádově 250 kg/ha N, k čemu je možné použít i vznikající digestát. Je též nutné zajistit dostatečný vývin palic a zrn (jsou důležité pro celkový výnos bioplynu), a proto je také třeba co nejvíce eliminovat případné poškození

škůdci a chorobami, případně toxiny, které by inhibovaly fermentační proces ZIMOLKA a kol., (2008).

8.1 Sklizeň kukuřice na využití pro výrobu bioplynu

Na fytomasu se sklízí kukuřice v mléčně voskové zralosti (obsah sušiny 27 %) sklízecí rezačkou při délce řezanky 25-25 mm. Sklizeň by měla být ukončena před příchodem prvních mrazíků. V příznivých podmínkách je možné sklízet kukuřici speciálními stroji dělenou sklizní a to technologií LKS - zpracování palic s listeny nebo CCM zpracování palic bez listenu MOUDRÝ (2006). Energetické využití kukuřice je zaměřeno hlavně na produkci bioplynu z kukuřičné siláže. Kukuřičná siláž, určená k výrobě bioplynu, by měla být zásadně jen ze zdravých, zelených a nepřemrzlých rostlin WEGER et al., (2012). Podstatným kritériem pro vysokou výtěžnost metanu z kukuřice je sklizen rostlin se správným obsahem sušiny. Optimální obsah sušiny je v rozmezí 28 – 34 %. Tento obsah sušiny zajišťuje výnosové maximum, stabilitu siláže, vysokou degradabilitu ve fermentoru, optimalizaci výtěžnosti metanu a optimální průběh fermentace v zařízení na výrobu bioplynu jak uvádí KWS OSIVA s.r.o., (KUKUŘICE V PRAXI 2011).

Kukuřice na zrno je fyziologicky zralá ke sklizni (žlutá zralost), když obsah sušiny v zrnu dosahuje hodnoty 60 – 62 %. Sklizen se provádí sklízecími mlátičkami s drobnými úpravami, např. adaptér pro odlamování palic. Optimální vlhkost je do 30 %. Při vyšší vlhkosti se začíná zvyšovat procento ztrát a poškození zrna a snižuje se výkonnost mlátičky VRZAL a NOVÁK (1995). Zrno po sklizni se musí buď vysušit na standardní vlhkost (14 %) nebo se konzervuje při sklizňové vlhkosti. Sušení se může provádět ohříváním vzduchem. Sušení celých palic se provádí zejména u osivové kukuřice a rovněž při využití na potravinářské účely ŠROLLER et al., (1997).

9. Cíle a hypotézy

Cílem práce bakalářské práce je shrnutí informací o pěstování a možnostech energetického využití kukuřice seté (*Zea mays* L.) v literárním přehledu. Praktickou částí práce byla aktivní účast při provádění agrotechnických operacích v porostu kukuřice seté, založené na pokusné lokalitě Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích.

9.1 Dílčí cíle

- 1) Založení pokusného porostu kukuřice seté a ošetřování porostu dle stanovené metodiky.
- 2) Sledování výnosového potenciálu kukuřice seté na založeném porostu.
- 3) Zpracování zjištěných dat.

9.2 Hypotézy

- 1) Kukuřice pěstovaná ve hnojené variantě dosáhne vyšších výnosů, než kukuřice nehnojená minerálními hnojivy.

10. Materiál a metodika

10.1 Založení porostu kukuřice a odebrání vzorů

Pěstování kukuřice se provádělo na experimentálním pozemku Zemědělské fakulty, který využívá Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. Jarnímu setí předcházela podzimní orba provedená dne 5. 11. 2013. Před orbou byl na pozemek aplikován kravský hnůj v dávce 40 t/ha. Samotné setí (hybrid SIMAO) proběhlo 15. 5. 2014 a setí proběhlo ve dvou variantách intenzity hnojení. První variantou bylo hnojení „pod patu“ v dávce 200 kg superfosfátu trojitého/ha. V této intenzitě bylo vyseto 200 m². Ve druhé variantě nedošlo k žádné aplikaci minerálních hnojiv. Plocha takto založeného porostu činila 50 m². 19. 5. byl v předepsané dávce na porosty preemergentně aplikován herbicid STARANE 250 EC proti dvouděložným plevelům.

K odebrání vzorků pro účely stanovení plošného výnosu došlo 30. 9. 2014. Sklizeň rostlin probíhala ručně, výška strniště dosahovala cca 15 cm. Odběr proběhl z plochy 10 m² ve třech opakováních. Byla zvláště zvažena hmotnost palic a hmotnost stonků. Fytomasa se nejdříve vážila v čerstvém stavu a poté byla rozšrotována a vysušena v sušárně určené k sušení vzorků. Z rozdílů hmotností byl vypočten obsah vody a přepočten výnos sušiny na plochu 1 ha. Zároveň se část čerstvé rozšrotované biomasy (hnojená varianta) zasilážovala do skleněné lahve (objem 3,7 l, objemová hmotnost 750 kg/m³) s přidavkem doplňkových látek pro siláž SILA-BAC. Takto upravená hmota byla následně odeslána do Chemické a mikrobiologické laboratoře v Písku za účelem zjištění objemu vyprodukovaného metanu z hmotnostní jednotky. Zjednodušený popis testu je popsán níže.

10.2 Vývoj plynu ze substrátu (organická hmota), inkubací v médiu (směsný digestát fermentoru)

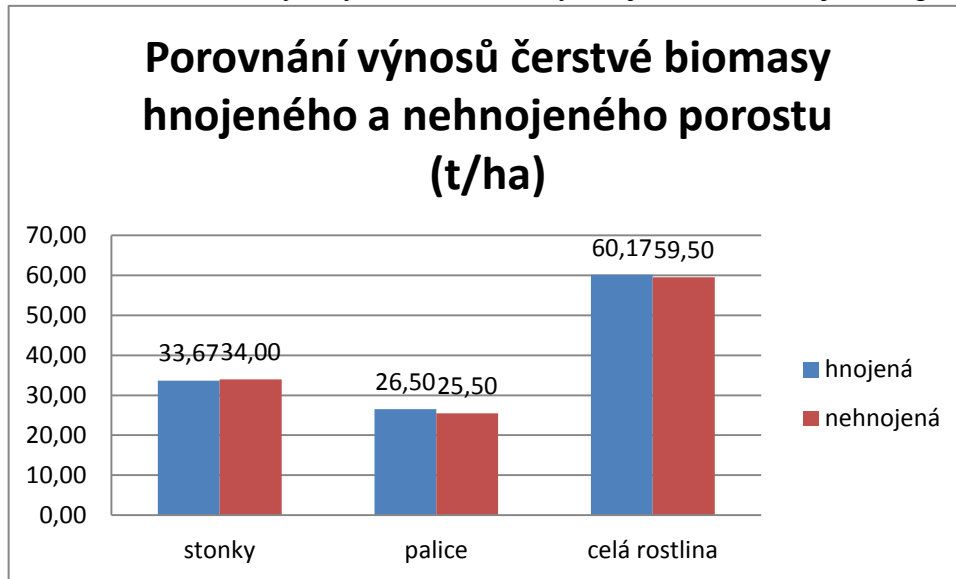
10.2.1 Zkrácený popis testu

Testovaný substrát je inkubován v digestátu fermentoru bioplynové stanice (dále BPS), u kterého je jistota, že funguje tzv. normálně. To znamená, že nevykazuje abnormální hodnoty kyselin, snížené pH apod. Je použit směsný digestát fermentorů různých bioplynových stanic, kde se využívá různá „výživa“ bakterií, tedy kukuřice, trávy, hovězí kejda apod. Jsou vyloučeny BPS, které využívají různé zbytkové substráty, prasečí kejdy, ptačí trus atp. Před použitím je digestát scezen sítím s oky průměru 2 mm a minimálně týden inkubován v lázni při teplotě 40 °C.

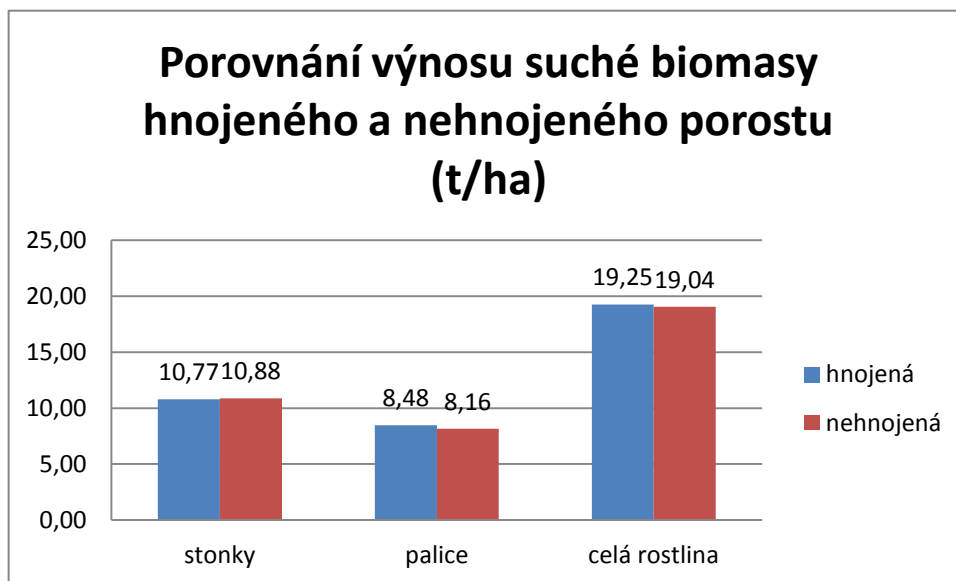
Do takto připraveného inokula (INO) se přidá určité množství zhomogenizovaného substrátu a v anaerobním prostředí se inkubuje při teplotě 40 °C. Plyn se jímá do speciální baňky se stupnicí, kde se odečítají výsledky. Cestou do této baňky je možné využít probublávání plynu přes roztok NaOH, kdy se zachytí oxid uhličitý a výsledkem je produkce metanu, s malou chybou vzniklou vlivem minoritních plynů nezachycených v hydroxidu. Množství těchto plynů se pohybuje souhrnně do 2%. Inkubuje se do úplného vyčerpání potenciálu substrátu. Jako slepý vzorek je použito samotné INO. Množství plynu vyprodukovaného tímto slepým testem se od výsledků substrátu odečte. Výtěžnost metanu byla sledována ve dvou opakováních z jednoho substrátu.

11. Výsledky a diskuze

Graf č. 1: Průměrné výnosy čerstvé biomasy hnojeného a nehnojeného porostu



Graf č.2: Průměrné výnosy suché biomasy hnojeného a nehnojeného porostu



Jak je patrné v Grafech 1 a 2, navzdory hypotéze, byl výnos kukuřice téměř shodný jak ve variantě hnojené superfosfátem trojitým, tak ve variantě, kde k minerálnímu přihnojování nedošlo. Rozdíly v hektarovém výnosu jsou minimální při porovnání čerstvé i suché hmoty. Kukuřice pěstovaná ve hnojené variantě dosáhla jen zanedbatelně vyšších výnosů, než v nehnojené variantě. Je to dáno tím, jak uvádí

Vrzal a Novák (1995), že kukuřice příznivě reaguje na živiny v tzv. „staré pudní síle“, proto je výhodné hnojit intenzivněji předplodinu. Naopak na přímé hnojení nereaguje porost příliš výrazně.

Výsledky můžeme porovnat s výnosy u jiných hybridů, které uvádí PROCHÁZKA J., DOHÁNYOS M. et al., (2012). Kukuřičná siláž je substrát s velkým potenciálem pro výrobu bioplynu, avšak rozdíly mezi výtěžky v různých lokalitách a mezi různými hybridy mohou být značné. U hybridu LG 2280 průměrné výnosy na stanovišti v Českých Budějovicích činily 29,8 t/ha čerstvé biomasy a 9,1 t/ha u suché biomasy při obsahu sušiny v době sklizně 30,5%, na stanovišti Lukavec 64,4 t/ha u čerstvé biomasy a 17,2 t/ha u suché biomasy při obsahu sušiny v době sklizně 26,8%, na stanovišti Sokolov – výsypka 9,5 t/a 2,1 t/ha u suché biomasy při obsahu sušiny v době sklizně 21,9%. U hybridu ATLETICO průměrné výnosy čerstvé biomasy na stanovišti v Českých Budějovicích činily 37,2 t/ha a suché biomasy 11,9 t/ha při obsahu sušiny v době sklizně 31,9%, na stanovišti v Lukavec 76,3 t/ha čerstvé hmoty a 15,9 t/ha suché biomasy při obsahu sušiny v době sklizně 25%, na stanovišti Sokolov – výsypka 30,8 t/ha čerstvé biomasy a 7 t/ha suché biomasy při obsahu sušiny v době sklizně 23,8%. Můžeme vidět, že hybrid SIMAO v Českých Budějovicích dosahoval, vyšších výnosů jak suché tak čerstvé biomasy, než oba zmiňované hybridy.

Klíčem pro dosažení vysokých a stabilních výnosů kukuřice je, jak uvádí N.U. AGRAR CZ S.R.O. (2013), zpracování půdy od sklizně předplodiny až po setí. Jak uvádí ŠANTRŮCEK et al., (2008), neméně důležitá je volba hybridu. Nejen z hlediska kvalitativních a kvantitativních parametrů, ale také z hlediska vhodnosti pro určitou oblast pěstování.

ŠANTRŮCEK et al., (2008), PETR a HÚSKA (1997) uvádějí, že optimální hodnota sušiny při sklizni celé rostliny kukuřice je v rozpětí 27 – 33 %. Oproti tomu ZIMOLKA et al., (2008) uvádí optimální sušinu celé rostliny 28 – 34 %, s výjimkou hybridů v rozpětí 33 – 35 %. Při sklizni pokusného porostu obsahovala biomasa kukuřice 32% vody.

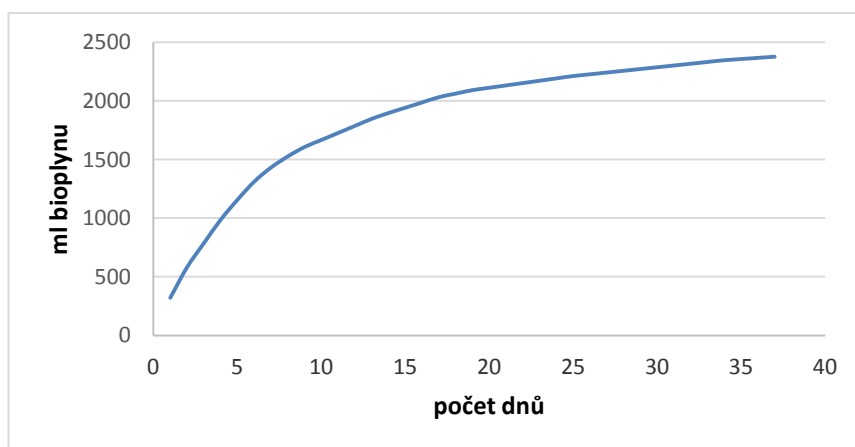
11.1 Výstupy testu (vývoj plynu ze substrátu)

Výsledky testů vývinu metanu zobrazuje následující tabulka a grafy.

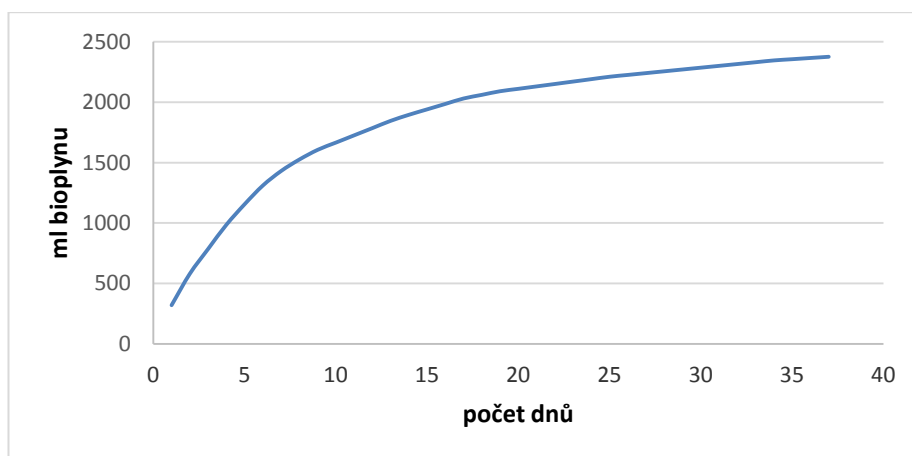
Tabulka č. 1 Výsledky testů produkce metanu

	Test 1	Test 2
v litrech metanu na kg vzorku	109,8	119,8
v litrech metanu na kg sušiny	388	423
v litrech metanu na kg organické sušiny	405	442

Graf č. 3: Nápočtová křivka denních produkcí z testu č.1



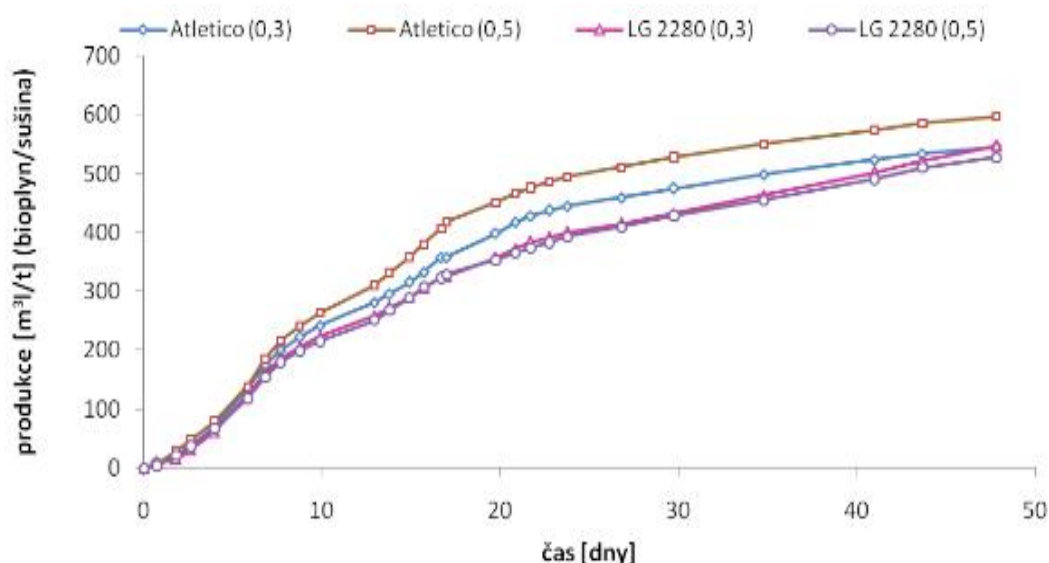
Graf č. 4: Nápočtová křivka denních produkcí z testu č.2



U grafů č. 3 a 4 je znázorněn průběh produkce bioplynu, která trvala 37 dní.

Výsledky produkce bioplynu u hybridů LG 2280 a ATLETICO uvádí PROCHÁZKA J., DOHÁNYOS M. et al., (2012) (graf č. 5). Po 48 dnech fermentace bylo dosaženo nejvyššího výtěžku u substrátu ATLETICO, a to při zatížení 0,5 g/g (CHSK substrátu/organická sušina inokula) téměř 600 m³/t (bioplyn/sušina). Produkce z ATLETICO při zatížení 0,3g/g (CHSK substrátu/organická sušina inokula) a LG 2280 u obou zatížení jsou prakticky stejné, a sice 530 – 550 m³/t.

Graf č. 5 Produkce bioplynu hybridů ATLETICO a LG 2280



PROCHÁZKA J., DOHÁNYOS M. et al., Produkce bioplynu z kukuřice (2012)

Dostupné z: <http://www.czba.cz/produkce-bioplynu-z-kukurice.html>

Jak uvádí DOHÁNYOS M. (2012) ze zjištěné produkce metanu z kukuřice a zjištěné vyprodukované biomasy lze vypočítat výtěžnost metanu na hektar. Průměr vyprodukovaného metanu byl 114,8 l/ kg vzorku a z množství vyprodukované biomasy bylo v průměru 60,17 t/ha.

$$M = R \cdot V$$

M je výtěžnost metanu (m³/ha), V je průměrný výnos čerstvé hnojené biomasy 60,17 t/ha a R je zjištěný obsah metanu 114,8 l/kg vzorku.

$$M = 114,8 \cdot 60,17$$

$$M = 6907,57 \text{ m}^3/\text{ha}$$

PROCHÁZKA J., DOHÁNYOS M. et al., (2012) uvádí průměrné výsledky vyprodukovaného metanu u hybridu ATLETICO 3786 m³/ha a hybridu LG 2280 který vyprodukoval průměrně 5860 m³/ha. Jak uvádí KUTIL J. a DOHÁNYOS M. (2005) z 1 m³ bioplynu lze v kogenerační jednotce takto vyrobit 2,216 kWh elektrické energie při výhřevnosti metanu, která je 33,8 MJ/m³.

ZIMOLKA a kol. (2008) uvádí, že kukuřice oproti jiným plodinám dává nejvyšší možný výnos bioplynu (5 700 až 7 800 m³/ha) a následně elektrické energie z hektaru. Již při výnosu 50t/ha je energetický zisk 16 MWh/ha v podobě elektrické energie. Takovému výtěžku nemůže konkurovat ani cukrovka a ani potenciál hustě setých obilnin v energetickém výnosu je výrazně nižší. Pokud vezmeme v úvahu skutečnost, že z 1 t kukuřičné siláže vyrobíme v BPS 417 kW elektrické energie při výkupní ceně 4 Kč za 1 kW, dostaneme se k tržbě 83.400 Kč.

Web VPAGRO uvádí, že kombinace kukuřičné siláže a žitné GPS při poměru 30% žitné GPS a 70% kukuřičné siláže vytvoří až o 41% více metanu než ve srovnání s čistě 100% kukuřičné siláže.

12. Závěr

Kukuřice je plodina, která je využívána nejen ve výživě lidstva a hospodářských zvířat, ale i v mnohých průmyslových odvětvích. V ČR lze bez problému, s výjimkou erozně ohrožených lokalit, pěstovat kukuřici pro energetické účely, neboť se zde již řadu let pěstuje tato plodina pro výrobu siláže a agrotechnika pěstování se v ničem zásadně neliší. Pěstování kukuřice pro výrobu bioplynu se v současné době jeví jako jeden ze směrů, kterým se mohou dnešní zemědělské podniky ubírat. A právě výroba elektrické energie spalováním bioplynu v bioplynových stanicích je do budoucna jednou z možností úspor. Při sklizni kukuřice pro výrobu bioplynu se musí dbát na tři základní kritéria, jimiž jsou optimální obsah sušiny 28 – 34 %, narušení zrna a délka řezanky do 8 mm. Cílem silážování musí být konzervace sklizené kvalitní biomasy v optimální kvalitě a minimalizace ztrát silážní hmoty. Příčinou rozvoje nových technologií zpracování biomasy je mimo jiné i hrozba konečného vyčerpání fosilních zdrojů. Bioplynové stanice zemědělského typu, které zpracovávají kukuřičnou siláž ve směsi s chlévským hnojem, napomáhají rovněž ke stabilizaci ekonomické situace zemědělských podniků včetně udržení živočišné produkce.

Průměrný výnos z pěstovaného hybridu SIMAO činil u hnojené varianty čerstvé biomasy 60,17 t/ha u suché biomasy 19,25 t/ha, u nehnojené varianty čerstvé biomasy 59,50 t/ha u suché biomasy 19,05 t/ha při obsahu sušiny 32%. Následně zjištěná výsledná produkce metanu z kukuřice činila v průměru 405 litrů metanu na kilogram sušiny. Zjištěná teoretická výtěžnost metanu byla 6907,57 m³/ha. I když kukuřice oproti jiným plodinám dává nejvyšší možný výnos bioplynu a následně elektrické energie z hektaru je třeba brát v úvahu, jak je uvedeno v literární rešerši, že je nevhodné pěstovat kukuřici na svažitéch pozemcích ohrožených vodní erozí. Kukuřice má také značné nároky na živiny a proto by se měla věnovat pozornost poměru jejího zastoupení v osevních postupech.

13. Použitá literatura

BERANOVSKÝ, Jiří a Jan TRUXA. *Alternativní energie pro váš dům*. 2. aktualiz. vyd. Praha: EkoWATT, 2004, 125 s. ISBN 80-86517-89-6.

CELJAK, Ivo: *Biomasa je nezbytná součást lidského života*. Biom.cz [online]. 2008-12-22 [cit. 2013-10-21]. Dostupné z <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/biomasa-jenezbytna-soucast-lidskeho-zivota>. ISSN: 1801-2655.

CERNÝ, O.: Hybridy vyšlechtěné pro bioplyn, *Úroda*, r. 58, c.11, 2010, s. 16- 17.

DOHÁNYOS M. Bilance tvorby bioplynu – metanizace [cit. 2015-03-2] Dostupné z: <http://www.czba.cz/bilance-tvorby-bioplynu-metanizace.html>

DOLEŽAL, P. *Konzervace krmiv a jejich využití ve výžive zvířat*.: Petr Baštan, Olomouc, 2012, 307 s. ISBN 978-80-87091-33-3.

HAVLÍCKOVÁ, Kamila a Jan WEGER. *Zhodnocení ekonomických aspektu pěstování a využití energetických rostlin: vědecká monografie*. V Českých Budějovicích: Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta, 2007, 92 s. ISBN 978-80-7040-948-0.

HAVLÍCKOVÁ, Kamila a Jan WEGER. *Metodika analýzy potenciálu biomasy jako obnovitelného zdroje energie: metodická příručka*. Pruhonice: Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, c2006, 132 s. ISBN 80-865-5955-6.

JAKUBES, J., SPLÍTEK, V., KODYTEK, Z.: Reálné podmínky a možnosti využití obnovitelných a netradičních zdrojů energie včetně malé kogenerace v ČR do r. 2010.[cit.2015-02-10]. Dostupné:http://new.ekowatt.cz/upload/185e8ebf18feb4362c73f87f56e58606/97Metodika_oze_doplnena.pdf

KADAR, I. – GULYAS, F. – GASPAR, L. – ZILAHY, P.: Mineral nutrition maize (*Zea mays* L.) on chernozem soil, *Novenytermeles*, b.49, c. 4, 2000, s. 371 - 388.

KÁRA, Jaroslav. *Výroba a využití bioplynu v zemědělství*. Vyd. 1. Praha: VÚZT, 2007. ISBN 978-80-86884-28-8

KHAN, A. A., de JONG, W., JANSSENS, P.J., SLPLIETHOF, H. Biomass combustion in fluidized bed boilers: Potential problems and remedies. *Fuel Processing Technology*. 2009, vol. 90, issue 1, s. 21-50. DOI: 10.1016/j.fuproc.2008.07.012

KOCOUREK, F. *Metody ochrany kukuřice proti zavíječi kukuřičnému - ochrana genetická, chemická, biologická a agrotechnická: Obecná biologie. Mikrobiologie. Botanika. Mykologie. Ekologie. Genetika.* VÚRV, Praha, 2008, 112 s. ISBN 978-80-87011-90-4.

KOVAEVIC, V. a kol.: Fertilization impacts on the yield and nutritional status of maize (*Zea mays* L.), *Cereal Research Communications*, b.32, c. 3, 2004, s. 403 - 410.

KUTIL, Josef, DOHÁNYOS, Michal: Efektivní využití a likvidace čistírenských kalů. *Biom.cz* [online]. 2005-01-05 [cit. 2015-03-21]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/efektivni-vyuziti-a-likvidace-cistirenskych-kalu-2>>. ISSN: 1801-2655.

KRAVKA, Miroslav. *Plantáže dřevin pro biomasu, vánoční stromky a zalesňování zemědělských půd: metody vhodné pro malé a střední provozy.* 1. vyd. Praha: Grada, 2012, 102 s. ISBN 978-80-247-3925-0.

KUŽEL, Stanislav, Jiří PETERKA, Ladislav KOLÁR. *Komplexní využití biomasy: I. díl.* České Budějovice, 2010. Skripta. JU v Českých Budějovicích.

KWS OSIVA s.r.o., *Kukuřice v praxi 2011: Sborník z odborného semináře*, Brno: AF Mendelova univerzita v Brně, 2011, 55 s.

LOŠÁK, T.: Vybrané poznatky z výživy a hnojení kukuřice, *Úroda*, r. 54, c. 3, 2006, s. 30 - 31.

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

MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ: *Kontrola podmíněnosti, Cross compliance.* MZe, Praha, 2011, 208 s. ISBN 978-80-7084-962-0

MOUDRÝ, Jan. *Energetické rostliny: Multimediální texty.* [online]. 2007 [cit. 2015 04-2]. Dostupné z: <http://www2.zf.jcu.cz/~moudry/EKOENERGETIKA/>

MOUDRÝ, Jan. *Kukuřice setá (Zea mays L).* Multimediální texty [online]. 2006 [cit. 2015-04-2]. Dostupné z: http://www2.zf.jcu.cz/~moudry/databaze/Kukurice_seta.htm

MOUDRÝ, J., STRAŠIL, Z.: *Skripta z předmětu pěstování alternativních plodin*, ZF Jihočeské univerzity, České Budějovice, 1999, 165 s., ISBN 80-7040-383-7.

NAVRÁTIL, M.: *pěstování kukuřice k energetickým účelům*, Diplomová práce, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích 2009, 59 s.

NEDELNÍK, J. *Výroba kukuricné siláže z různých fyziologických typu hybridu kukurice: uplatněná certifikovaná metodika.* Profi Press, Brno, 2011, 36 s. ISBN 978-80-86908-25-0.

OCHODEK Tadeáš, KOLONIČNÍ Jan, JANÁSEK Pavel. Potenciál biomasy, druhy, bilance a vlastnosti paliv z biomasy. [cit. 2015-03-2] Dostupné z: <http://www.biomasa-info.cz/cs/doc/prirucka1.pdf>

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

PETERKA, J. – STACH, J.: Kukurice – plodina citlivá na zaplevelení, *Agromagazín*, r. 8, c. 5, 2007, s. 12 - 17.

PETERKA Jiří, Stanislav KUŽEL a Ladislav KOLÁŘ. *Komplexní využití biomasy: (návod pro cvičení)*. 1. vyd. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, 2011. ISBN 978-80-7394-264-9.

PETR, Jiří a Jozef HÚSKA. Speciální produkce rostlinná. Vyd. 1. Praha: Česká zemědělská univerzita, Agronomická fakulta, 1997, 193 s. ISBN 80-213-0152-X.

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

PROCHÁZKA, J., M. DOHÁNYOS, M. KAJAN a Jiří DIVIŠ. Produkce bioplynu z Kukuřice. In: *Česká bioplynová asociace*. [online]. 2013. [cit. 2015-03-12]. Dostupné z: <http://www.czba.cz/produkce-bioplynu-z-kukurice.html>

VP AGRO. Bioplyn systém výroby. [online]. 2010. [cit. 2015-03-11]. Dostupné z: <http://www.vpagro.cz/userfiles/file/bioplyn2010.pdf>

PROCHÁZKOVÁ, B. A kol.: Minimalizace zpracování pudy a zakládání porostu kukuřice, *Úroda*, r. 53, c. 3, 2005, s. 19 - 21.

POŽÁROVÁ Ivana. Alternativní zdroje energie-biopaliva. Zlín, 2007. ISBN 80-73660717.

PULKRÁBEK, Josef, Ivana CAPOUCHOVÁ a Karel HAMOUZ. Speciální fytotechnika. 2. vyd. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, c2003, 188 s. ISBN 80-213-1020-0.

ŠANTRŮCEK, J. *Encyklopedie pícninářství*. CZU, Praha, 2007, 157 s. ISBN 978-80-213-1605-8.

SCHÖNBERGER, H. N. U. Agrar CZ s.r.o.: *Poradenství mezi výzkumem a praxí*. N.U. Agrar GmbH, Aschersleben-Schackenthal, 2013, c. 22, s. 259, ISSN 1617-3511.

SCHULZ, H., EDER, B.: *Biogas – Praxis: Grundlagen, Planung, Anlagenbau, Beispiele*, Staufen bei Freiburg: Ökobach Verlag, 2001, 165 s., ISBN 3-922964-59-1.

SKLÁDANKA, J.: Kukuřice setá /*Zea mays* L./ (2006); dostupné na http://www.web2.mendelu.cz/af_222_multitext/picniny/sklady.php [citace dne 6.3.2015/].

ŠNOBL, Josef. Rostlinná výroba IV.: (chmel, len, konopí, využití biomasy k energetickým účelům). Vyd. 1. V Praze: Česká zemědělská univerzita, Agronomická fakulta, Katedra rostlinné výroby, 2004, 119 s. ISBN 80-213-1153-3.

SOUCKOVÁ, Helena a Jan MOUDRÝ. *Nepotravinářské využití fytomasy*. 1. vyd. České Budějovice: Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta, 2006. ISBN 80-704-0857-X.

STACH, J. *Základní agrotechnika: Osevní postupy*. JČU, České Budějovice, 1995, 98 s. ISBN 80-704-0117-6.

STRAKA, F. a kol.: Bioplyn: příručka pro výuku, projekci a provoz bioplynových systému, Ríčany, 2003, 517 s., ISBN 80-7328-029-9.

STROSSER, Eduard. *Návody na cvičení z předmětu bioplyn a anaerobní zpracování biomasy*. 1. vyd. České Budějovice: Jihočeská univerzita (České Budějovice). Zemědělská fakulta, 2011, 46 s. ISBN 978-80-7394-265-6.

SVOBODA, M. K pestování kukurice. In: *Úroda: časopis pro rostlinnou výrobu*. Min. Zemelství a Výživy. Praha: Profi Press s.r.o, 2005, s. 23-26. ISSN 0139-6013.

SVOBODA, M.: Zakládání porostu kukurice, *Úroda*, r. 52, c. 3, 2004, s. 19 - 21 .

ŠNOBL, Josef. Rostlinná výroba IV.: (chmel, len, konopí, využití biomasy k energetickým účelům). Vyd. 1. V Praze: Česká zemědělská univerzita, Agronomická fakulta, Katedra rostlinné výroby, 2004, 119 s. ISBN 80-213-1153-3.

ŠROLLER, Josef et al. *Speciální fytotechnika - rostlinná výroba*. 1. vyd. Praha 4: EKOPRESS, s.r.o., 1997. ISBN 80-86119-04.

VAEZI M., PASSANDIDEH-FARD, M., MOGHIMAN, M., CHARMCHI, M. (JUN 2012), On a methodology for selecting biomass materials for gasification purposes *Fuel Processing Technology*. 2012, vol. 98, s. 74-81. DOI: 10.1016/j.fuproc.2012.01.026

VELICH, Jiří. *Pícninářství*. Vyd. 1. V Praze: Vysoká škola zemědělská, 1994, 204 s. ISBN 80-213-0156-2.

VRÁBLÍKOVÁ, Jaroslava. *Úvod do agroenergetiky*. 1. vyd. Ústí nad Labem: Univerzita J.E.Purkyně - fakulta životního prostředí, 2000, 140 s. ISBN 80-7044-231-x.

VRZAL, J., NOVÁK, D. *Základy pěstování kukuřice a jednoletých pícnin*. IVV MZe, Praha, 1995, 32 s. ISBN 80-710-5097-0.

WEGER Jan, Zdenek STRAŠIL, Roman HONZÍK a Jaroslav BUBENÍK. Možnosti pěstování biomasy jako energetického zdroje v Ústeckém kraji. Průhonice: Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, 2012, 78 s. ISBN 978-80-85116-66-3. Dostupné z: <http://www.obv.cz/files/publikace01.pdf>

14. Přílohy

Příloha č. 1: Tabulka výnosových parametrů kukuřice v hnojené a nehnojené formě

		Datum: 30. 9. 2014				
		Čerstvá (kg/10 m ²)	Suchá (kg/10 m ²)	Sušina (%)	Čerstvá (kg/ha)	Suchá (kg/ha)
1. Opakování	Stonky	35	11,2	32	11200	11200
	Palice	30,5	9,76	32	9760	9760
	Celá rostlina	65,5	20,96	32	20960	20960
2. Opakování	Stonky	31	9,92	32	9920	9920
	Palice	26	8,32	32	8320	8320
	Celá rostlina	57	18,24	32	18240	18240
3. Opakování	Stonky	35	11,2	32	11200	11200
	Palice	23	7,36	32	7360	7360
	Celá rostlina	58	18,56	32	18560	18560
1. Opakování	Stonky	37	11,84	32	11840	11840
	Palice	25,5	8,16	32	8160	8160
	Celá rostlina	62,5	20	32	20000	20000
2. Opakování	Stonky	31	9,92	32	9920	9920
	Palice	26	8,32	32	8320	8320
	Celá rostlina	57	18,24	32	18240	18240
3. Opakování	Stonky	34	10,88	32	10880	10880
	Palice	25	8	32	8000	8000
	Celá rostlina	59	18,88	32	18880	18880