

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: B4131 Zemědělství

Studijní obor: Trvale udržitelné systémy hospodaření v krajině

Katedra: Katedra rostlinné výroby a agroekologie

Vedoucí katedry: prof. Ing. Vladislav Čurn, Ph.D.

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Různé způsoby využití silážních hybridů kukuřice

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Romana Novotná, Ph.D

Konzultant bakalářské práce: Ing. Milan Kobes, Ph.D.

Autor: Iva Vojtová

České Budějovice, duben 2011

Prohlášení o autorství:

Prohlašuji, že jsem svoji bakalářskou práci na téma „Různé způsoby využití silážních hybridů kukuřice“ vypracovala samostatně, s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

V Českých Budějovicích dne 11. 4. 2011

.....

Poděkování:

Děkuji vedoucí bakalářské práce Ing. Romaně Novotné, Ph.D. za cenné rady, připomínky, metodické vedení práce a za čas mne věnovaný. Též za poskytnuté informace, za pomoc a připomínky ke správné formulaci této práce.

ABSTRAKT

VOJTOVÁ, I. *Různé způsoby využití silážních hybridů kukuřice*. České Budějovice, 2011. Bakalářská práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. Zemědělská fakulta. Vedoucí práce Ing. Romana Novotná Ph.D.

Klíčová slova:

Kukuřice, siláž, biomasa, digestát.

V bakalářské práci jsem se věnovala tématu různým způsobům využití silážních hybridů kukuřice.

Cílem práce bylo efektivně popsat a zhodnotit výnosové potenciály, technologie zpracování a využití hybridů kukuřice pro různé účely.

K dané problematice jsem v jednotlivých kapitolách uvedla názory a poznatky odborníků.

Součástí bakalářské práce bylo shrnout literární údaje k vybraným druhům kukuřice, vhodnost pěstování v zemědělských výrobních oblastech a způsobu jejich využití.

Pozornost jsem věnovala i hybridům kukuřice, které jsou použitelné pro píceinářské využití nebo vhodné pro energetické účely a jsou tak vhodným substrátem pro bioplynové stanice.

ABSTRACT

VOJTOVÁ, I. *Different ways to use corn silage hybrids*. České Budějovice, 2011. Bachelor thesis. University of South Bohemia in the České Budějovice. Faculty of Agriculture. Supervisor Ing. Romana Novotná Ph.D.

Key words:

Corn, silage, biomass, Digest.

The work is devoted to various related uses of corn silage hybrids.

The aim was to describe and evaluate the effective yield potentials, processing Technology and utilization of maize hybrids for different manufacturing and industrial purposes.

The issue that I stated in the individual chapters and opinions from experts.

The thesis was to summarize the literature data on selected types of maize cultivation in the agricultural suitability of the producing regions and how their use.

I pay attention and corn hybrids that are applicable or appropriate Fodder utilization for energy purposes and are thus suitable substrate for biogas plants.

OBSAH

1. ÚVOD.....	8
2. KUKUŘICE SETÁ (<i>Zea mays L.</i>).....	10
2.1. Botanická charakteristika.....	10
3. VYUŽITÍ KUKUŘICE K SILÁŽNÍM ÚČELŮM.....	11
3.1. Kvalita silážovaného krmiva.....	12
3.1.1. Smyslové hodnocení siláží.....	13
3.1.2. Chemické složení siláží.....	13
3.1.3. Fyzikální charakteristika siláží.....	13
3.2. Technologická kvalita.....	14
3.3. Hodnocení ranosti hybridů.....	14
3.4. Další hospodářské vlastnosti.....	15
4. VHODNÁ VOLBA ODRŮDY.....	15
4.1. Šlechtitelské poznatky z hlediska biologického.....	16
4.2. Charakteristika vybraných silážních druhů kukuřice.....	17
4.3. Výběr správného hybridu.....	19
4.4. Geneticky modifikovaná kukuřice.....	20
4.5. Růst a vývoj.....	20
4.6. Vliv hustoty porostu silážní kukuřice na obsah a výnos sušiny.....	21
5. AGROTECHNICKÁ OPATŘENÍ.....	23
5.1. Zpracování půdy.....	24
5.2. Zakládání porostů kukuřice.....	24
5.3. Ochrana kukuřice před škodlivými činiteli.....	25
5.3.1. Regulace plevelů v kukuřici.....	26
5.3.2. Ochrana proti živočišným škůdcům.....	27
5.3.3. Ochrana proti plísním a houbám.....	27
6. SKLIZEŇ SILÁŽNÍ KUKUŘICE.....	28
7. POSKLIZŇOVÁ ÚPRAVA.....	28
7.1. Požadavky na siláž.....	29
7.2. Silážování.....	29
7.3. Technologie silážování.....	32
7.4. Fermentační procesy v silážní kukuřici	34
8. TECHNOLOGIE ZPRACOVÁNÍ BIOMASY.....	35
8.1. Spalování.....	36
8.2. Zplyňování.....	37

8.3. Pyrolýza.....	37
8.4. Metanové kvašení.....	38
8.5. Alkoholové kvašení.....	38
8.5.1. Kukuřice pro produkci bioetanolu.....	39
9. ZPŮSOBY VYUŽITÍ BIOMASY.....	40
9.1. Rentabilita bioplynových stanic.....	41
9.2. Produkce bioplynu.....	42
9.3. Digestát jako hnojivo.....	42
9.4. Nepotravinářské využití škrobu a oleje.....	43
9.5. Biomasa ke spalování.....	44
9.6. Využití biopaliv.....	45
9.7. Průmyslové využití slámy.....	45
10. EKONOMICKÝ A HOSPODÁŘSKÝ VÝZNAM BIOMASY.....	45
10.1. Ekonomická a energetická efektivnost.....	46
10.2. Legislativní podpora využití biomasy.....	47
11. DISKUZE.....	48
12. CÍL PRÁCE A ZÁVĚR.....	50
13. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	51
14. SEZNAM PŘÍLOH.....	55

1. ÚVOD

Stejně jako ve světovém měřítku se kukuřice v České republice řadí mezi vysoce energeticky hodnotná krmiva. Pěstuje se převážně jako krmivo pro zvířata ve formě zrna či siláže, nebo jako surovina pro zpracovatelský průmysl.

S dohlednou vyčerpatelností fosilních energetických zdrojů roste význam obnovitelných zdrojů energie a stává se jednou z hlavních podmínek trvale udržitelného rozvoje nejen zemědělství, ale i celé společnosti (PLÍŠTIL, MALAŤÁK, 2004).

Při pěstování kukuřice na siláž je snahou pěstitelé získat z hektaru maximum kvalitního produktu (s vysokým výnosem sušiny a výbornou výživovou hodnotou), a tím zhodnotit optimální dávku v krmných dávkách pro skot. Z kukuřice lze vyrobit velmi kvalitní siláž pouze za předpokladu, že v době sklizně obsahuje vysoké procento sušiny na úrovni 30 – 35 % a dále že jsou dodrženy všechny předepsané postupy při výrobě siláže, jako délka řezanky, řádné udusání, rychlost sklizně kukuřice a naplnění silážního žlabu či vaku. Tímto doporučeným postupem dojde k vytvoření anaerobního a kyselého prostředí ($\text{pH} = 4$) a usnadní se tak průběh mléčného kvašení, který je žádoucí pro správnou fermentaci (KŮST, 2010).

Klesající ceny mléka nutí farmáře hledat netradiční způsoby odbytu vlastní produkce. Jednou z možných cest je využití kukuřičné siláže na výrobu bioplynu.

Někteří prvovýrobci, také poptávají hybridy vhodné k peletizaci. Pěstování obnovitelné biomasy k energetickým účelům vyžaduje pečlivou přípravu a přesné provedení (WEGSCHEIDER, 2006).

FAJMAN (2008) cituje, že kukuřice má jako rostlina C4 ze všech našich kulturních rostlin nejvyšší výnosový potenciál. Pro tuto plodinu se zároveň diferencovaně vyvinuly a technologicky optimalizovaly systémy pěstování, sklizně, konzervace i přepravy. Zemědělské podniky jsou již často vybaveny veškerou mechanizací, potřebnou pro produkci kukuřice jak na zrna (bioetanol), tak na silážování (bioplyn).

Při využití jako nosiče energie energetických rostlin je důležitá elementární (prvková) analýza, kterou se zjišťuje procentuální podíl uhlíku, vodíku, kyslíku, síry, dusíku a veškeré vody v původním palivu (MALAŤÁK, 2004).

V roce 2009 se v ČR kukuřice na zeleno a siláž pěstuje na celkové výměře 179,7 tis. ha. V porovnání s rokem 2008 jde o nevýznamný pokles o 114 ha (0,1 %).

Přesto lze příčiny tohoto mírného poklesu spatřit především v dalším poklesu stavu hospodářských zvířat v ČR (hlavně skotu – pokles o 2,7 %). Průměrný výnos v roce 2009 je odhadován (podle ČSÚ k 15. 9. 2009) na úrovni 36,14 t/ha (KÚST, 2010).

V roce 2010 byl ČSÚ uveden odhad kukuřice na zeleno a siláž při předpokládaném hektarovém výnosu 34,75 tun (skutečný výnos v předešlém roce 38,15 tun) by měla sklizeň dosáhnout úrovně 6 323 tis. tun

<http://www.czso.cz/csu/csu.nsf/informace/cskl101210.doc>).

2. KUKUŘICE SETÁ (*Zea mays* L.)

Podle PULKRÁBKA (2008) je kukuřice plodina, jejíž role v rostlinné a živočišné výrobě středoevropských zemědělců se v poslední době velmi výrazně mění. Zvyšující se zájem o ni je vyvolán potřebou levné a pracovníě nenáročné plodiny. Je to rostlina, u níž díky výraznému pokroku ve šlechtění vzrostl produkční potenciál. Byly propracovány a v odborné praxi jsou nabízeny moderní způsoby konzervace, další pěstitelská a technologická vylepšení. Současné příznivé klima a inovovaná pěstitelská technologie včetně zužitkování sklizené produkce silně podporují její pěstování i v oblastech, kde to nebylo dříve možné. Kukuřice je plodina s velmi širokými možnostmi, které jsou v dnešní době využívány daleko více, než tomu bylo v minulosti (sklizeň vlhkého zrna, surovina na produkci izoglukózy, bioplynu a lihu, vyšší využití v lidské výživě atd.).

Kukuřice stále patří k nejvýznamnějším krmným plodinám (obr. č. 1) a představuje z celkové plochy pícnin na orné půdě 45,3 %. Za poslední období se úroveň pěstování silážní kukuřice významně zvýšila. Z kukuřice lze vyrobit velmi kvalitní siláž, protože v době sklizně obsahuje vysoké procento sušiny a má vynikající energetickou hodnotu (KŮST, 2010).

2.1 Botanická charakteristika

Robustní jednoletá tráva, dorůstající nejčastěji do výšky 1 – 3 m. Někdy zvláště v suchých podmínkách může být i nižší, např. jen 0,5 m, jsou ale známy rostliny i šestimetrové. Listy jsou střídavé, přisedlé s listovými pochvami a souběžnou žilnatinou. Čepele jsou asi 30 – 90 cm dlouhé a asi 12 cm široké. Květy jsou jednopohlavní, v pohlavně rozlišených květenstvích (obr. č. 2). Samčí květenství je vrcholová lata klásků, někdy je interpretováno jako několik hroznů vyrážející z hlavní osy. Samčí klásky jsou uspořádány v párech, kdy jeden klásek je stopkatý a druhý přisedlý a každý klásek obsahuje 2 květy. Na bázi každého klásku jsou 2 plevy, které na rozdíl od některých divokých druhů nejsou na kýlu křídlaté. Každý samčí květ obsahuje pluchu a plušku. Tyčinky jsou tři, plenyky dvě. Samičí květenství vyrůstají z úžlabí listu. U pěstované kukuřice seté pravé to je ztlustlý klas, někdy nazývaný palice, který se skládá v průměru z 12 - 16 řad obilek, nesoucích v průměru 200 – 500 zrn. U divokých subspecíí je samičí květenství mnohem skromnější dvouřadý klas či hrozen (záleží na interpretaci), pouze asi 1 cm silný a obsahuje jen 4 – 15 obilek. U

divokých forem se klas za zralosti rozpadá, u pěstované kukuřice zůstává vcelku. Celý samičí klas je uzavřen v pochvách listenů, u divokých forem bývá obalová pochva jen jedna, na vrcholu vyčuhuje chomáč čnělek s bliznami. Samičí klásky jsou podobně jako samčí dvoukvěté, ale dolní květ je sterilní, proto z každého klásku vzniká pouze jedna obilka.

Na bázi klásku jsou dvě plevy, ve kterých je u divokých forem obilka uzavřena, u pěstované kukuřice jsou plevy redukovány. Každý fertilní květ obsahuje jednu suchomázdřitou pluchu a plušku, pleny u samičích květů chybí, čnělky jsou dvě, ale jsou skoro po celé délce srostlé, jen nahoře dvouklané. Původně se jednalo o diploida, počet chromozómů je $2n = 20$, dnes se však pěstují i tetraploidi, $2n = 40$. Kukuřice je větrosprašná (anemogamie).

Pylová zrna jsou relativně těžká a velmi rychle vysychají. Udává se životnost 10 až 30 minut. Pyl je rozprašován zhruba po dobu 14 dní. Samčí pohlavní orgán většinou dozrává dříve než samičí, což je považováno za původní mechanismus zabezpečující cizosprášení. U mnohých moderních odrůd však dozrávají obě květenství ve stejnou dobu. V přirozených podmínkách se kukuřice rozmnožuje pouze semenem. Zhruba 95 % semen je oplodněno cizosprášením, zbytek samosprášením. Kukuřice během domestikace ztratila schopnost uvolňovat semena z palice a tak je zcela závislá na pomoci člověka. Kukuřice se nerozmnožuje vegetativně. Je sice teoreticky možné rozmnožovat kukuřici pomocí sterilních technik z tkáňových kultur, ale je to na rozdíl od některých jiných kulturních plodin velmi obtížné a nespolehlivé. Kukuřice je jako mnohé další tropické rostliny plodina s fotosyntézou typu C4. Díky tomu je kukuřice schopná za dostatečného osvětlení velmi rychle růst a produkovat enormní množství biomasy. Udává se maximální výnos až 23 t z hektaru. Není rovněž příliš náročná na vodu

http://cs.wikipedia.org/wiki/Kuku%C5%99ice_set%C3%A1#Agrotechnika).

3. VYUŽITÍ KUKUŘICE K SILÁŽNÍM ÚČELŮM

Podle KOLÁŘOVÉ (2005) je kukuřičná siláž nejčastěji používané krmivo v zemědělských podnicích zaměřených na chov skotu. Je oblíbená pro její potenciálně nižší ztrátu živin při sklizni a skladování (obr. č. 3). Další výhodou je možnost pěstování kukuřičných rostlin od nížinných, až po horské oblasti. Je nutné si uvědomit,

že silážní hmota nikdy není statická, jde o dynamické krmivo, které se může za určitých podmínek změnit k horšímu. Silážní proces je anaerobní mikrobiální fermentace vodou rozpustných cukrů na kyselinu mléčnou, která sníží pH až po hodnotu, kdy je inhibována další mikrobiální fermentace. Cílem je rapidní snížení pH, aby byla minimalizována ztráta živin v krmivu.

3.1 Kvalita silážovaného krmiva

Ačkoli jsou siláže nejpoužívanějšími krmivy na farmě, jsou zároveň i nejvariabilnější. Z tohoto důvodu jsou častou příčinou vzniku problémů způsobených krmivy. Pro zdárný průběh silážního procesu sledujeme obecné ukazatele a kritické hodnoty pro stanovení kvality siláže:

1. Rychlý pokles pH na optimální úroveň
2. Správné spektrum fermentačních kyselin
3. Konzervace vodorozpustných sacharidů
4. Kontrola teploty fermentace
5. Minimalizace aerobní aktivity při zkrmování

Stejně jako u jiných krmiv, může být kvalita stanovena ve třech odlišných úrovních – smyslové hodnocení, chemický rozbor a fyzikální charakteristika (KOLÁŘOVÁ, 2005).

ČERNÍK (2005) uvádí, že kukuřičná siláž je z dietetického hlediska ceněným glycidovým krmivem, které je součástí základní krmné dávky dospělého skotu.

Svou produkční účinností zaujímá první místo mezi konzervovanými objemnými krmivy v krmných dávkách skotu. Dobře zvládnuté pěstování kukuřice a následná výroba kvalitní siláže přinášejí zemědělcům řadu výhod, ze kterých jmenujeme několik hlavních:

- vysoká koncentrace energie
- méně riziková a ekonomicky náročná sklizeň ve srovnání s ostatními konzervovanými statkovými krmivy
- velmi efektivní fermentace vzhledem k vysokému obsahu lehce zkvasitelných sacharidů a účinku silážního inokulantu
- levné skladování
- nižší ekonomická náročnost oproti ostatním glycidovým krmivům
- relativně nízké pořizovací náklady

3.1.1 Smyslové hodnocení siláží

Mělo by zahrnovat vůni, vzhled a pohmat siláží nebo senáží, které nám prozradí hodně o jejich kvalitě. Smyslové posouzení může poskytnout vodítko pro další chemické, nebo fyzikální analýzy, zaměřené k identifikaci problémů. Smyslové hodnocení siláží by mělo zahrnovat kontrolu tvaru přední stěny siláže, barvu siláže, vůni siláže (KOLÁŘOVÁ, 2005).

3.1.2 Chemické složení siláží

Týká se sušiny hmoty – žlab 28 až 35 % - vak 32 až 36 %, živinových parametrů, fermentačního profilu (těkavé mastné kyseliny – VFS 10 až 14 %, kyseliny vznikající při mléčném kvašení 6 až 8 % z VFA. Rozdělení těchto kyselin – min. 60 % kyseliny mléčné, maximálně dvě procenta kyseliny octové, maximálně jedno procento kyseliny propionové, pod 0,1 % kyseliny máselné, 0 % etanolu (KOLÁŘOVÁ, 2005).

3.1.3 Fyzikální charakteristika siláží

Jednak je sledováno pH (3,8 – 4,2), teplota (při odběru by se siláž neměla zahřívat více než o 3 až 5 °C oproti venkovní teplotě), a v neposlední řadě velikost částí

- první síto = 2 – 4 % (není-li kukuřičná siláž jako jediná píce v krmné dávce), 10 – 15 % (je-li kukuřičná siláž jako jediná píce v krmné dávce)
- druhé síto = 40 – 65 %
- třetí síto = 20 – 30 %
- čtvrté síto = pod 5 %.

Tyto požadavky na kvalitu kukuřičných siláží jsou již pro mnohé chovatele velmi dobře známé (KOLÁŘOVÁ, 2005).

3.2 Technologická kvalita

Od roku 1999 ÚKZUZ využívá pro predikaci kvalitativních parametrů silážních hybridů Nera infra read spektroskopii (NIRS), která umožňuje rychle nedestruktivně a naráz stanovit několik parametrů. Postupně byl rozsah parametrů rozšiřován, v současné době ÚKZUZ hodnotí tyto parametry:

Škrob – obsah škrobu (Ewers)

ELOS – odhad stravitelnosti na základě stanovení podílu enzymaticky rozpustné organické hmoty (De Boever, 1986, 1988)

IVDOM – odhad stravitelnosti organické hmoty (Tilley, Terry, 1963)

NDF – neutrální detergentní vláknina (van Soest)

ADF – kyselá detergentní vláknina (van Soest)

Hrubá vláknina – (Tender – Fibertec)

Cukr – redukující cukry (Luff – Schoorl)

N-látky – (Kjeldahl)

Popel – tento parametr se stanovuje klasickou vážkovou metodou, NIRS nelze využít (POVOLNÝ, 2008).

3.3 Hodnocení ranosti hybridů

Sušina celkové suché hmoty při sklizni je podle normy ČSN ISO 467007 stanovena ze vzorku odebraného při sklizni parcely. Je hlavním ukazatelem ranosti silážních hybridů (POVOLNÝ, 2008).

V současné době ranost hybridů ukazuje tzv. číslo FAO. Jak uvádí ZIMOLKA a kol. (2008), jde o číslo hybridu, které je vypočítáno na základě středního obsahu sušiny v palici v době zralosti kukuřice na siláž ve srovnání s kontrolními hybridy.

Odchylka v obsahu sušiny o 1 % přitom odpovídá 10 FAO jednotkám. Jelikož se v různých státech ke stanovení čísla FAO využívá jako standardu jiná skupina hybridů, číslo FAO je u stejného hybridu v různých státech rozdílné. Hybrid Benicia (PR38 F70) má číslo v České republice 280, v Rakousku 300 a Maďarsku 340.

S nástupem moderních hybridů (především stay green) je určování ranosti podle FAO zkreslující a nepostihuje skutečnou ranost hybridu, především na siláž.

Registrací hybridů kukuřice a zároveň stanovením čísla ranosti se v České republice zabývá Národní odrůdový úřad se sídlem v Brně (NOÚ). Tento zařadil,

jednotlivé hybridy pro zkoušení podle ranosti do různých sortimentů. Pokud se jedná o obecné zařazení hybridů do jednotlivých skupin ranosti pěstovaných v Evropě, zahrnuje podstatně širší sortiment hybridů. Každá země si hybridy zařazuje do sortimentu podle konkrétních klimatických podmínek. Stanovení ranosti FAO vlivem využívání rozdílné skupiny standardních hybridů je poměrně nepřesné, a proto se ve světě začínají prosazovat metody využívající pro stanovení ranosti sumací teplot (PROKOP, 2008).

3.4 Další hospodářské vlastnosti

Odolnost proti poléhání (9 – 1) – kořenové poléhání (vyvracení se rostlin v bázi těsně nad zemí) – v podmínkách ČR se vyskytuje většinou jen sporadicky ve vlhčích ročnících, může však způsobit ztráty při sklizni. Příčinou je buď geneticky založená morfologická vlastnost odrůdy, nebo nižší odolnost odrůdy k houbovým chorobám.

Hodnotí se po polehnutí porostu a před sklizní.

Sněť kukuřice (*Ustilago maydis*) – napadá rostliny v průběhu celé vegetace.

Obvykle nezpůsobuje závažné škody. Napadené rostliny lze zkrmovat. Je hodnocen počet snětivých rostlin na parcele (%).

Zlomené rostliny pod palicí (%) – komplexní znak zahrnující všechny příčiny zlomení rostlin pod palicí (mykózy, napadení zavíječem, přirozený sklon k lámavosti).

Hodnotí se jako počet (%) zlomených rostlin pod palicí.

Výška rostlin a výška nasazení palic (cm) – objektivně vystihuje růstový typ hybridu (ZIMOLKA a kol., 2008).

4. VHODNÁ VOLBA ODRŮDY

Podle ZIMOLKY a kol. (2008) je šlechtění kukuřice založeno na využití heterózních efektu pomocí kontrolovaného křížení vybraných rodičovských komponent a produkci hybridního osiva. U kukuřice se jako rodičovské komponenty obvykle používají inbrední linie, tzv. linie vzniklé opakovaným samosprávním vybraných rostlin.

Vhodnou kombinací rodičovských komponent je možné získat hybridní odrůdy s vysokým výnosem potenciálem a vyšší rezistencí k chorobám.

Jednoduché dvouliniové hybridy (Sc – single cross) představují první generaci vzniklou křížením dvou inbredních linií. Hybridy tohoto typu jsou vzhledově vyrovnané a vykazují vysoký heterózní efekt.

4.1 Šlechtitelské poznatky z hlediska biologického

V biologických základech šlechtění je nutné spatřovat teoretickou základnu pro vědecky podloženou predikci, indukci, detekci a selekci požadovaných nových genotypů kulturních rostlin. Vychází z poslání šlechtění, tj. z projekce šlechtitelského ideotypu na výkonný fenotyp splňující morfologické, fyziologické, biochemické, výnosové a kvalitativní kritéria při požadované stabilitě, homogenitě a adaptaci na variabilní podmínky prostředí.

Cílem šlechtitelské práce je zlepšování nebo dokonce tvorba nových genotypů.

Tuto činnost umožňuje jen variabilita genetická, kdy rozdílné hodnoty znaků a vlastností jsou podmíněny odlišnostmi genetických základů. Genetickou variabilitu lze členit na přirozenou a uměle vyvolanou. Přirozená variabilita u šlechtěných plodin však většinou nesplňuje předpoklady pro přímé využívání. Z tohoto důvodu je genetická variabilita různými metodami a technikami rozšiřována (křížení, mutace), tak aby byla využitelná v procesu šlechtění (GERMAN, ČURN, 1998).

Pro šlechtění jsou významné ty oblasti z fyziologie rostlin, které mají těsný vztah k tvorbě výnosu biomasy, semen a k tvorbě obsahových látek - tj. oblast fotosyntézy, vodního režimu, výživy, problematika fyziologických základů tolerance/resistence abiotickým a biotickým stresům.

Důležitá je i oblast růstu a vývoje, jejich genetické podložení a jejich vzájemné vztahy, které v konečném důsledku ovlivňují a určují délku vývojového cyklu (ontogenezi). Z oblasti růstu je ve šlechtění využíván nástup a průběh fenologických fází. Praktického významu mají fenofáze snadno zjiitelné, viditelné a typické pro danou plodinu.

Z oblasti vývoje jsou významná 2 období - tepelné (jarovizační) a světelné.

Průběh vývoje rostliny je mnohdy poměrně složitě určován vnitřními faktory (dědičným základem) a vlastní průběh je pak regulován na základě interakce příslušných genů k některým podmínkám prostředí (teplota, délka dne, vlnové složení světla, hladina fytohormonů). Reakce na délku dne je významná pro určení ranosti genotypu a šlechtění na délku vegetační doby. Při znalostech požadavků daného

genotypu na podmínky jarovizace a délky světelného dne je možné pěstovat rostliny v umělých podmínkách, získat více generací během jednoho roku a zkrátit tak šlechtitelský proces (BOHÁČ, 1967).

4.2 Charakteristika vybraných silážních druhů kukuřice

HEXXER YG

Dvouliniový (Sc), geneticky modifikovaný, raný hybrid (číslo ranosti asi 240 S).

Rostliny jsou vysoké, listová čepel vzpřímená až slabě ohnutá, palice nasazený středně vysoko, počet řad zrn středně vysoký až vysoký, typ zrna mezityp.

Výnos celkové suché hmoty středně vysoký až vysoký, výnos celkové zelené hmoty středně vysoký, obsah škrobu středně vysoký až vysoký, stravitelnost (ELOS) středně vysoká až vysoká, stravitelnost (IVDOM) vysoká.

Hybrid je určen pro pěstování na siláž v zemědělských výrobních oblastech řepařské, obilnářské a bramborářské.

LAKTI CS

Dvouliniový (Sc), velmi raný hybrid (číslo ranosti asi 230 S). Rostliny jsou středně vysoké až vysoké, listová čepel slabě ohnutá, palice nasazený středně vysoko, počet řad zrn středně vysoký až vysoký, typ zrna tvrdý až mezityp. Výnos celkové suché hmoty středně vysoký, výnos celkové zelené hmoty středně vysoký, obsah škrobu středně vysoký až nízký, stravitelnost (ELOS) středně vysoká, stravitelnost (IVDOM) středně vysoká až vysoká.

Hybrid je určen pro pěstování na siláž v zemědělských výrobních oblastech řepařské, obilnářské a bramborářské.

MARETOR

Dvouliniový (Sc), středně pozdní hybrid (číslo ranosti asi 320 S). Rostliny středně vysoké až vysoké, listová čepel slabě ohnutá, palice nasazený středně vysoko až vysoko, počet řad zrn vysoký, typ zrna mezityp až koňský zub. Výnos celkové suché hmoty vysoký, výnos celkové zelené hmoty středně vysoký, obsah škrobu středně vysoký, stravitelnost (ELOS) středně vysoká až nízká, stravitelnost (IVDOM) středně vysoká až nízká.

Hybrid je určen pro pěstování na siláž v zemědělských výrobních oblastech kukuřičné a řepařské.

NEXXOS YG

Dvouliniový (Sc), geneticky modifikovaný, středně raný hybrid (číslo ranosti asi 270 S). Jedná se o geneticky modifikovanou verzi hybridu Nexxos. Rostliny jsou vysoké až velmi vysoké, listová čepel vzpřímená, palice nasazeny středně vysoko, počet řad zrn vysoký, typ zrna mezityp. Výnos celkové suché hmoty středně vysoký, výnos celkové zelené hmoty středně vysoký, obsah škrobu vysoký, stravitelnost (ELOS) vysoká, stravitelnost (IVDOM) vysoká.

Hybrid je určen pro pěstování na siláž v zemědělských výrobních oblastech kukuřičné a řepařské.

AMBROSINI

Tříliniový (Tc), velmi raný hybrid (číslo ranosti asi 220 S). Rostliny jsou středně vysoké až vysoké, listová čepel vzpřímená až slabě ohnutá, palice nasazeny středně vysoko, počet řad zrn středně vysoký až vysoký, typ zrna tvrdý až mezityp. Výnos celkové suché hmoty vysoký, výnos celkové zelené hmoty středně vysoký až vysoký, obsah škrobu vysoký, stravitelnost (ELOS) středně vysoká až vysoká, stravitelnost (IVDOM) středně vysoká.

Hybrid je určen pro pěstování na siláž v zemědělských výrobních oblastech řepařské, obilnářské a bramborářské.

BONPI CS

Tříliniový (Tc), středně raný hybrid (číslo ranosti 270 S). Rostliny jsou středně vysoké až vysoké, listová čepel slabě ohnutá, palice nasazeny středně vysoko až vysoko, počet řad zrn středně vysoký až vysoký, typ zrna mezityp. Výnos celkové suché hmoty středně vysoký až vysoký, výnos celkové zelené hmoty středně vysoký, obsah škrobu středně vysoký až vysoký, stravitelnost (ELOS) středně vysoká až vysoká, stravitelnost (IVDOM) středně vysoká až vysoká.

Hybrid je určen pro pěstování na siláž v zemědělských výrobních oblastech kukuřičné a řepařské.

JOGGER

Tříliniový (Tc), raný hybrid (číslo ranosti asi 240 S). Rostliny jsou vysoké, listová čepel vzpřímená až slabě ohnutá, palice nasazeny středně vysoko, počet řad zrn středně vysoký až vysoký, typ zrna tvrdý až mezityp. Výnos celkové suché hmoty středně vysoký, výnos celkové zelené hmoty středně vysoký, obsah škrobu středně vysoký až vysoký, stravitelnost (ELOS) středně vysoká až vysoká, stravitelnost (IVDOM) vysoká.

Hybrid je určen pro pěstování na siláž v zemědělských výrobních oblastech řepářské, obilnářské a bramborářské.

Nově registrovanými druhy, jak jmenuje POVOLNÝ (2010) jsou **PR39W45, PROSIL, SL DEVINO, SL ENORMO, SL MAGELLO, TAXXOA YG**

Dvojité (čtyřliniové) hybridy (Dc – double cross) vznikají postupným křížením čtyř odlišných inbredních linií, osivo finálního hybridu je získáno křížením dvou jednoduchých hybridů. V porovnání s předchozími typy jsou Dc hybridy vzhledově méně vyrovnané a vykazují nižší heterozí, zároveň jsou adaptabilnější a vykazují vyšší výnosovou stabilitu (ZIMOLKA a kol., 2008).

Vysvětlivky

ELOS – odhad stravitelnosti na základě stanovení podílu enzymaticky rozpustné organické hmoty (De Boever) metodou NIRS

IVDOM – odhad stravitelnosti organické hmoty (Tilley Terry) metodou NIRS

NIRS – blízká infračervená spektroskopie

(POVOLNÝ, 2010).

4.3 Výběr správného hybridu

Teorie ČERNÍKA (2005) udává, že jedním z klíčových faktorů, které ovlivňují výslednou nutriční hodnotu kukuřičné siláže, je výběr vhodného hybridu kukuřice. Jde o zásadní rozhodnutí, které může mít značný vliv na rentabilitu výroby masa a mléka v příští sezoně. Výběr silážního hybridu významně ovlivňuje náklady na výrobu siláže, a to zejména cenou osiva a hektarovým výnosem. Cena osiva však nesmí být hlavním kritériem! Je jen dobře, že moderní chovatele dojnic zajímá kromě hektarového výnosu

sušiny i výnos energie, stravitelnost a podíl vlákniny. Znamená to, že k volbě hybridu je třeba přistupovat nejen z hlediska agronomického, ale i výživářského.

4.4 Geneticky modifikovaná kukuřice

Pěstitelů geneticky modifikované kukuřice v Evropské unii ubývá. Zatímco před dvěma roky se nacházela na polích osmi unijních států, tak nyní je jen v pěti zemích, včetně České republiky.

Evropská unie tím stále víc zaostává v rozšíření pěstování GM plodin za světem, kde se jejich plochy naopak rozrůstají. V roce 2007 skončila s pěstování GM kukuřice Francie a ještě vloni pěstovali němečtí a polští farmáři na polích GM kukuřici.

Od letošního roku je však pěstování GM kukuřice v Německu a Polsku zakázáno. V současné době pěstuje GM kukuřici Česká republika, Španělsko, Portugalsko, Slovensko a Rumunsko. V České republice se v roce 2009 počet tuzemských pěstitelů Bt – kukuřice snížil ze 171 na 125 a výměra poklesla na 6480 hektarů.

Geneticky modifikované hybridy kukuřice řeší spolehlivě problémy s výskytem zavíječe kukuřičného (KÚST, 2010).

KOCOUREK (2008) uvádí, že 100 % účinnost, minimalizace výskytu mykotoxinů v produkci a také doposud neprokázaný negativní vliv na necílové složky agroekosystému motivuje k upřednostnění této metody. Jediným reálným rizikem je selekce rezistentních populací zavíječe vůči Bt toxinu. Preventivně je třeba v porostech zakládat tzv. refugia s ne-Bt kukuřicí. Další povinností pěstitelů je dle stanovené legislativy respektování pravidel koexistence, jež spočívají v dodržování izolačních vzdáleností, nahlašovací povinnosti, evidenci údajů o nakládání s Bt kukuřicí aj. Z hlediska zachování účinnosti této technologie po co nejdelší dobu se jako racionální jeví zařazení Bt kukuřice do systému, kdy jsou využívány další metody ochrany.

4.5 Růst a vývoj

Z hlediska praktického využití výsledků sledování růstových a vývojových změn během ontogeneze kukuřice rozlišujeme dvě základní období: vegetativní (klíčení, vzcházení, příp. odnožování) a generativní (sloupkování, metání, kvetení, tvorba zrna

a zrání). V rámci uvedených základních období je možno přesněji definovat růstové fáze pomocí stupnic zaznamenávajících momentální stav rostlin v porostu, důležitých pro určení optimálních termínů vhodných a agrotechnickým vstupům do porostů. V současné době převažují stupnice s desetinným kódem – DC a BBCH, které nejlépe splňují požadavky na registraci výpočetní technikou.

Kukuřice se podle způsobu fixace CO_2 (při fotosyntéze) řadí k rostlinám typu C4, tzn., že v Hatch-Slackově cyklu tvoří primárně čtyřuhlíkatou sloučeninu – molekulu oxalacetátu. Pro tento typ, kam kromě kukuřice patří i další tropické rostliny, je mj. typická vyšší rychlost fotosyntézy (okolo 60 mg CO_2 na 0,01 m² asimilačního povrchu za jednu hodinu) a rovněž vysoká účinnost fotosyntézy. Díky specifické stavbě listů dosahuje totiž efektivnějšího využívání vody a živin při tvorbě sušiny (2 – 3 x vyšší než u rostlin C3).

Svou fotoperiodickou reakcí patří kukuřice mezi krátkodenní rostliny, z čehož vyplývá, že na prodlužující se délku dne reaguje urychlením vývoje a intenzitou růstu, a to podle genotypu. Limitní teplota pro růst kukuřice je mezi 5 – 6°C, spotřeba vody (transpirační koeficient) na produkci 1000 g sušiny je u kukuřice udávaná 349 l H_2O (ječmen 527 l, proso 277 l, řepa cukrová 443 l, jetel 693 l) ZIMOLKA (2008).

4.6 Vliv hustoty porostu silážní kukuřice na obsah a výnos sušiny

V nadmořské výšce 380 m u hybridů kukuřice s rozdílnou délkou vegetační doby byl v letech 2003 až 2005 sledován vliv hustoty porostu na obsah výnos sušiny biomasy a palic.

Hustota porostu 110 000 rostlin.ha⁻¹ přinesla snížení obsahu sušiny biomasy a palic. Nejvyšší obsah sušiny v biomase a palicích byl zjištěn u hustoty 95 000 rostlin.ha⁻¹. U hustoty porostu 110 000 rostlin.ha⁻¹ znamenala ve srovnání s ostatními hustotami nižší výnos sušiny biomasy a palic. S narůstajícím číslem FAO se zvyšoval výnos sušiny.

Výživa skotu v ČR je a bude i nadále orientována na maximální využití biomasy. Pro skot a především pro dojnice je nezbytně nutné zabezpečit kvalitní krmnou dávku bohatou na energii. Z tohoto pohledu je kukuřice na siláž nosnou krmnou plodinou a pro dosažení výnosu kvalitní biomasy musí být jejím pěstováním věnována maximální pozornost. Kukuřice k silážním účelům jako významný zdroj

energie pro skot se pěstuje v širokém rozsahu nadmořské výšky. Produkce energie je ovlivněna obsahem a výnosem sušiny (DIVIŠ, 2002). S narůstající nadmořskou výškou klesá stabilita výnosu a kvality (KUDRNA, 1984). Má-li být kukuřice zdrojem levné energie v teplotně méně příznivých oblastech, je nezbytně nutné vytvořit pěstitelské podmínky pro využití produkčních schopností hybridů. Vliv počasí a pěstitelské chyby se sčítají a výsledkem je nízký výnos biomasy horší kvality (DIVIŠ, 1993).

Podle DIVIŠE (1994) dosažení obsahu a výnosu sušiny se řeší volbou vhodných hybridů, organizací porostu (hustota porostu, doporučují hustotu 100 000 rostlin na 1 ha) a vzdálenost řádků. Oproti tomu ŠREIBER (2001) uvádí, že tradičně doporučovaný výsevek 100 000 zrn na 1 ha je nevhodný a způsobí zpomalení vývoje a pozdější nástup sklizňové zralosti. Za vhodný považuje výsevek do 80 tisíc zrn na 1 ha. Má-li být kukuřice zdrojem levné energie je nezbytně nutné vytvořit pěstitelské podmínky pro využití produkčních schopností hybridů. Jednotlivé pěstitelské chyby se sčítají a výsledkem je nízký výnos biomasy horší kvality.

Ve srovnání hustoty 80 000 a 95 000 rostlin.ha⁻¹ byl zaznamenán u všech hybridů nárůst obsahu sušiny biomasy ve prospěch vyšší hustoty. Nejvyšší nárůst byl zjištěn u hybridů s číslem FAO 220 o 2,09 %. Hustota 110 000 zrn přinesla snížení obsahu sušiny biomasy ve srovnání s hustotou 80 000 a 95 000 rostlin.ha⁻¹, které nepřesáhlo 1 %. Sušina palic byla téměř u všech hustot téměř stabilní a shodná.

Pouze u hybridu s číslem FAO 300 došlo u nejvyšší hustoty porostu ke snížení obsahu sušiny palic až o 1,5 % ve vztahu k hustotě porostu (tab. č. 1). Dosažené výsledky u obsahu sušiny nekorespondují s údajem ŠREIBRA (2001), který uvádí vhodné hustoty pod 80 000 rostlin.ha⁻¹. Naopak se přiklání k údaji DIVIŠE (1994), který uvádí vhodnou hustotu do 100 000 rostlin.ha⁻¹.

S narůstající hustotou se zvyšoval výnos biomasy. Tento nárůst biomasy znamená i vyšší výnos sušiny biomasy při nižším obsahu sušiny. Obsah sušiny v biomase kukuřice na siláž je ovlivněn hustotou porostu. Výsledky potvrzují údaj DIVIŠE (1993). Nárůst hustoty porostu nepřináší nárůst výnosu sušiny palic. Výnos sušiny palic u jednotlivých hybridů není prakticky ovlivněn. Pouze u hybridu s číslem FAO 250 byl zaznamenán výraznější nárůst sušiny palic u hustoty 95 000 rostlin.ha⁻¹ (tab. 2). Na rozdíl od ŠREIBRA (2001) lze doporučit na základě dosažených výsledků hustotu porostu do 95 000 rostlin. ha⁻¹ (tab. č. 2).

Na základě dosažených výsledků u obsahu a výnosu sušiny biomasy a palic lze doporučit na rozdíl od ŠREIBRA (2001) hustotu porostu kukuřice do 95 000 rostlin.ha⁻¹.

5. AGROTECHNICKÁ OPATŘENÍ

KŘEN (2008) uvádí, že kukuřice je obilnina, která má svými požadavky na agrotechniku a hnojení charakter okopaniny. Dobře snáší především hnojení organickými hnojivy. V období metání lat až do mléčné zralosti má vysoké nároky na vláhu. Při posuzování vlivu předplodiny na hnojení kukuřice je třeba vycházet z půdních a klimatických podmínek, které výrazně ovlivňují jak vodní, tak i živinný režim půd.

Nejvhodnějšími předplodinami pro kukuřici jsou plodiny, které zanechávají větší množství posklizňových zbytků. Luxusními předplodinami jsou jeteloviny a luskoviny, které obohacují půdu o dusík a zanechávají v ní velmi kvalitní posklizňové zbytky. Při využití jetelovin jako předplodin pro kukuřici musíme brát v úvahu výrobní oblast.

V teplejších zónách je vhodnější využití vojtěšky. Naproti tomu ve vlhčích a chladnějších oblastech je vhodnější jetelovinou jetel luční. Výbornými předplodinami jsou také okopaniny hnojené chlévským hnojem. Dalšími vhodnými předplodinami jsou olejniny.

Při současné struktuře plodin však přichází v úvahu zařazování kukuřice po jetelovinách, luskovinách a okopaninách spíše ve výjimečných případech. Proto je kukuřice nejčastěji zařazována mezi dvě obilniny jako zlepšující plodina. Plní tak i funkci přerušovače obilných sledů. V tomto případě se považuje za lepší předplodinu pšenice ozimá než ječmen jarní. Kukuřice je rovněž plodinou, která je často zařazována v rámci osevních postupů jako náhradní plodina při vymrznutí ozimů. Toto opatření lze uplatnit z hlediska pozdního setí kukuřice, kdy po vymrznutí ozimů je dostatek času pro přípravu půdy a následné setí kukuřice v agrotechnickém termínu.

Úspěšně je možné kukuřici pěstovat také několik let po sobě, ale zvyšují se nároky na agrotechniku a hnojení. Kukuřice je plodina snášenlivá také s ostatními plodinami. Ve výnosech nebyl zjištěn podstatný rozdíl mezi širokolistými a stébelnatými předplodinami. Běžně se můžeme setkat s dvou až tříletým monokulturním pěstováním. Při dlouhodobějším pěstování kukuřice po sobě je

zanedbatelné rozšiřování škůdců. K nim hlavně patří zavíječ kukuřičný (*Ostrinia nubilalis*) a bázlivec kukuřičný (*Diabrotica virgifera virgifera*).

5.1 Zpracování půdy

PROKEŠ, ZEMAN (2010) uvádí, že systém zpracování půdy a zakládání porostů je důležitou složkou pěstebních technologií plodin. Pro kukuřici je v současné době široký výběr technologických postupů. Volbu způsobu zpracování půdy je potřeba přizpůsobit stanovištním podmínkám, zařazení kukuřice do osevního postupu, stavu půdy po sklizni předplodiny i dalším faktorům. Z nichž je třeba pozornost věnovat především problematice eroze. Vzhledem k tomu, že kukuřice je pěstována v širokých řádcích a pomalému růstu na začátku vegetace, dochází k pozvolnému zapojení porostu. To je příčinou častého vzniku škod způsobených vodní erozí.

U kukuřice je možné využít jak tradiční technologie zpracování půdy orbou, tak minimalizační technologie bez použití orby.

5.2 Zakládání porostů kukuřice

Správné založení porostu kukuřice je jedním ze základních předpokladů dosažení vysoké produkce a kvality všech variant jejího využití. Kukuřici je možno vysévat v relativně širokém časovém rozpětí, přitom však termín výsevu musí být zvolen tak, aby se co nejlépe a nejdéle využila vhodná doba vegetativního období.

Předčasný výsev může být v chladnějších oblastech na závadu z hlediska vzcházení rostlin. Rovněž opoždění výsevu snižuje výnos obvykle o 15 % i více a prodlouží termín dozrávání (ZIMOLKA, 2008).

DIVIŠ (1993) uvádí, že hustotu porostu je potřebné diferencovat v závislosti na hybridech a agrotechnických podmínkách. Hustota porostu se hůře určuje pro teplotně méně příznivé podmínky, kde v závislosti na letech bývají v průběhu počasí velké rozdíly. Za optimální hustotu je potřebné považovat takovou, při které se dosahuje u většiny let dobrý výnos zelené hmoty, s dobrým podílem palic a požadovanou silážní zralostí.

Hloubka setí se diferencuje v závislosti na typu půdy, na vlhkostních a teplotních podmínkách a na velikosti zrna.

Dodržení hloubky seťové přípravy má velký význam pro kvalitu setí, hloubku výsevu a její rovnoměrnost. Nerovnoměrnost hloubky výsevu ovlivní vzcháživost a celkovou vyrovnanost porostu.

Válení po výsevu v humidnějších oblastech je vhodné na lehčích půdách. Po uválení se doporučuje pozemek převláčet lehkými branami ještě před vzejitím kukuřice pro zachování půdní vláhy. Časový odstup mezi válením a vláčením před vzejitím kukuřice je vhodné přizpůsobit intenzitě klíčení plevelů.

Opakem, jak zmiňuje ZIMOLKA (2008), příznivě působí na růst rostlin provzdušnění půdy s účinným odplevelujícím vlivem, plečkování.

Ochrana proti plevelům za vyhovujících vlhkostních poměrů je možné realizovat i oborávkou rostlin, čímž se část nodálních kořenů přikryje zeminou. Je to vhodné zejména u hybridů s mělkí kořenovou soustavou (DIVIŠ, 1993).

Podle KOSTELANSKÉHO a kol. (1998) lze mělkým kypřením půdy za vláhově nepříznivých podmínek půdu připravit relativně s vyšší kvalitou a menší potřebou energie, než při zpracování půdy po orbě. Snížení hloubky i intenzity zpracování půdy při použití kypřičů vede k lepšímu hospodaření s půdní vodou.

Podle ŠIMONA a kol. (1999) má setí plodin do mulče z vymrzajících meziplodin výrazný půdoochranný účinek a specifický význam především u plodin s pomalým počátečním růstem a vývojem, pěstovaných v širších řádcích, které nechrání dostatečně půdu před vodní i větrnou erozí.

Termín setí závisí na teplotě půdy (obvykle počátkem května). Na hektar se vysévá přesný počet klíčivých zrn, který se v závislosti na hybridu pohybuje od 60 do 110 tisíc jedinců na 1 ha. Průměrná redukce počtu rostlin od setí do sklizně je 15 - 20 %. S tím je potřebné u výsevu počítat. Obvykle se volí vzdálenost řádků 0, 70 - 0,75 m. Při pěstování na siláž je možné volit i vzdálenost řádku 0, 50 m. Hloubka výsevu se pohybuje od 50 – 80 mm a to podle půdy a velikosti kalibrovaného zrna. Proti vyhrabávání a vyzobávání ptáky se doporučuje hloubka setí 6 – 9 cm

http://www2.zf.jcu.cz/~moudry/databaze/Kukurice_seti.htm).

5.3 Ochrana kukuřice před škodlivými činiteli

Podle ŘÍHY (2008) se ochrana kukuřice soustřeďuje především na chemické hubení plevelů (moření osiva proti chorobám a půdním škůdcům v období vzcházení a

insekticidní ošetření proti škůdcům vzešlých rostlin), chemickou nebo biologickou likvidaci zavíječe kukuřičného (případně dalších škůdců), šlechtění s využitím biotechnologií k získávání hybridů odolných vůči chorobám a škůdcům.

V kukuřici jsou nyní v ČR využívány pouze herbicidy a insekticidy. Fungicidy jsou výhradně součástí mořidel osiva a jsou používány pouze přípravky zapsané v platném vydání Seznamu registrovaných přípravků na ochranu rostlin, a to způsobem, který uvádí aktuální etiketa přípravku.

5.3.1 Regulace plevelů v kukuřici

Jak uvádí JURSIK (2010), kukuřice patří k plodinám se střední až nižší konkurenční schopností. Výnosové ztráty způsobené zaplevelením se proto při absenci regulace plevelů pohybují mezi 30 – 50 %, při extrémním zaplevelení se však může výnos snížit až o 90 %. Vedle sníženého výnosu může zaplevelení negativně ovlivňovat také jeho kvalitu, zvyšuje náchylnost kukuřice k poléhání, porosty dozrávají nerovnoměrně a v neposlední řadě bývá problematická sklizeň.

Plevelné spektrum kukuřice bývá poměrně úzké. Dominují obvykle merlíky, laskavce, rdesna a ježatka kuří noha. Lokálně mohou způsobovat problémy také další pozdní jarní plevele, především bery, bažanka roční, durman obecný, mračňák Theophrastův, či plevelná prosa, které mohou vzcházet z poměrně velké hloubky, čímž se stávají odolnější vůči preemergentní herbicidům. Časté je také zaplevelení vytrvalými plevele, zejména pýrem plazivým, pcháčem rolní a v posledních letech intenzivně se šířícím svlačcem rolním. Hlavní příčinou intenzivního šíření svlače rolního je teplejší klima posledních let. Pýr plazivý výrazným způsobem potlačuje kukuřici již při střední intenzitě zaplevelení, vhodné je proto řešit jeho regulaci již v mezíporostním období.

K typickým plevelům kukuřice patří opletka obecná, což je způsobeno její vysokou odolností k celé řadě herbicidů běžně používaných v kukuřici, ale také v obilninách.

Výše uvedené plevelné spektrum je však charakteristické především pro typické kukuřičné oblasti. V méně vhodných polohách pro pěstování kukuřice (vyšší polohy), nebo na lokalitách s extrémním zastoupením obilnin a řepky v osevním sledu, je nutné počítat také s vyšším výskytem ozimých a časných jarních plevelů, které při

vysoké intenzitě zaplevelení a vhodných vláhových podmínkách na počátku vegetace mohou kukuřici také výrazně konkurovat.

Poměrně velká meziřádková vzdálenost (70 až 75 cm) a často až příliš casné setí jsou hlavní příčinou poměrně dlouhého období od zasetí kukuřice do úplného zapojení porostu (obvykle 6 – 8 týdnů), což klade poměrně vysoké požadavky na účinnost herbicidů. Z hlediska konkurenčního působení plevelů je však kritické období poněkud kratší, obvykle od vzejití do čtyř až šesti listů kukuřice, přičemž při výskytu vytrvalých plevelů je toto období delší. Plevelé vzešlé po tomto období již obvykle nezpůsobují výraznější výnosové ztráty, mohou se však reprodukovat a obohatit tak půdní zásobu semen na několik dalších let. Naopak, jestliže je porost kukuřice vystaven intenzivnímu zaplevelení a ošetření proti plevelům je provedeno později, mohou plevelé konkurenčně způsobit již v relativně velmi raných růstových fázích kukuřice, což se projevuje drobnějším habitem a horším uspořádáním listů (nižší využití světelného záření). Mezi hybridy kukuřice však existují poměrně velké rozdíly v konkurenční schopnosti, které se projevují především při nižší intenzitě zaplevelení, kterému dokáží konkurenčně silnější hybridy odolávat výrazně lépe. Obecně lze říci, že ranější hybridy a hybridy s vyšším olistěním jsou konkurenčně silnější.

5.3.2 Ochrana proti živočišným škůdcům

Škůdci působí ztráty na porostu, výnosu i kvalitě kukuřice po celou dobu její vegetace. Nejvýznamnějšími škůdci vzcházející kukuřice jsou drátovci, larvy tiplic, housenice mūr (osenice), květilka všežravá a larvy nastupujícího bázlivce kukuřičného. Ochrana je založena na insekticidním moření osiva, na použití granulátů nebo na řádkové kapkové aplikaci karbamátů, v současnosti ještě povolené. Další možností je ničení migrujících dospělců ve fázi kladení vajíček. Velká část škůdců se vyvíjí uvnitř posklizňových zbytků. Proto je nutné jejich rozbití po sklizni na částice menší než 5 cm a následné postříkání zdrojem dusíku okamžitým zapravením do půdy nejméně 15 cm hluboko. To způsobí urychlení rozkladu organické hmoty a znemožní dozrání zárodků škůdců a také fruktifikaci hub. Tento zásah je předpokladem k podstatnému snížení následné populace škůdců (ZIMOLKA, 2008).

5.3.3 Ochrana proti plísním a houbám

DIVIŠ (1993) uvádí, že v nekukuřičných podmínkách jsou z hlediska chorob na silážní kukuřici závažné plísně, ale i fuzariózy, které napadají klíčící semeno. Zejména při setí do chladné půdy mohou být příčinou zvýšené redukce rostlin. Ochranou proti těmto chorobám je použití mořeného osiva.

V příznivých podmínkách bramborářské oblasti se můžeme setkat v porostech silážní kukuřice se snětí kukuřičnou (*Ustilago maydis* Corda), která napadá všechny části rostliny (obr. č. 4).

Na infikovaném místě vyrůstá nádor s černou hmotou chlamydospor.

Nejpodstatnější škody na vzcházející kukuřici působí některé nádorovité patogeny přenášené na osivu nebo uvnitř něj. Jejich nejčastějšími zástupci jsou kořenomorka (*Rhizoctonia solani*), černě (*Alternaria* spp.), spála listů (*Helminthosporium turcicum*) a růžová plísnovitost (*Fusarium* spp.).

Podle ŘÍHY (2008) houby napadají během celé vegetace kořenový systém kukuřice, který poškozují. Choroby stébla jsou způsobovány houbami rodů *Fusarium* a *Coletotrichum* spp. V období vlhkého počasí se šíří na zrajících porostech spála kukuřice (*Helminthosporium turcicum*), která je chápána jako závažná choroba.

Ochrana je založena zejména na dodržování agrohygieny (nakládání s posklizňovými zbytky).

6. SKLIZEŇ SILÁŽNÍ KUKUŘICE

Podle DIVIŠE (1993) se má kukuřice na siláž sklízet ve fázi mléčné voskové až voskové zralosti, tj. při obsahu sušiny v biomase 25 – 35 %. Při nižším obsahu sušiny přináší ztráty na živinách, kterou jsou ve vytlačených šťávách.

Při sklizni kukuřice na siláž, jsou sklízecí řezačky vybaveny řádkovým žacím ústrojím pro sklizeň celých rostlin kukuřice. Každý sklizený řádek je odřezán rotačním žacím ústrojím a stéblo je podávacími řetězy posouváno do průběžného šnekového dopravníku a odtud je vkládacím ústrojím dopravováno k řezacímu bubnu (ČERVINKA, 2008).

7. POSKLIZŇOVÁ ÚPRAVA

Kukuřice je vynikající vysokoenergetickou plodinou. Právě proto je považována za plodinu snadno silážovatelnou, což v některých případech může vést k podcenění opatření na zkvalitnění fermentačního procesu. Avšak stejně jako u silážování ostatních píce, je i u kukuřice velmi důležitá co nejrychlejší fermentace, která zajistí zachování co největšího množství živin v silážované hmotě a zajistí její výbornou chuť.

Kukuřičná siláž je nejvýznamnější energetické objemné krmivo, které sehrává důležitou stabilizační úlohu v krmné dávce skotu, neboť se zkrmuje celoročně a často tvoří až 50 % podíl sušiny krmné dávky.

Silážní aditiva, zejména mikrobiální inokulanty, se při silážování kukuřice používají hlavně pro snížení fermentačních ztrát a zvýšení aerobní stability. Při silážování produktů z dělené sklizně kukuřice jsou silážní přípravky nezbytné (ZEMAN, 2008).

7.1 Požadavky na siláž

Silážování představuje celkem složitý biologický a mikrobiální proces, při kterém jsou za anaerobních podmínek přeměňovány činností bakterií mléčného kvašení rostlinné cukry na konzervující kyselinu mléčnou, oxid uhličitý, za současného poklesu hodnoty pH.

MAŠEK (2010) uvádí, že z tohoto pohledu je důležité, aby byly rychle vytvořeny optimální podmínky pro mohutnou přeměnu rostlinných cukrů na kyselinu mléčnou, a tím vytvořeny předpoklady pro kvalitní siláže. Z uvedeného je zřejmé, že výsledná kvalita konzervovaného krmiva je výslednicí celé řady vnitřních faktorů (druh píce, obsah a složení sušiny, zejména množství cukrů a látek s pufrujícím účinkem), ale také vnějších faktorů (technické, technologicko-organizační, půdně-klimatické či povětrnostní a jiné).

Dále uvádí, že pozdější sklizní kukuřice dochází v krmivu ke snížení koncentrace energie, snížení stravitelnosti organické hmoty a výraznému zvýšení obsahu vlákniny. Z technologického hlediska je nutné dále poznamenat, že při sklizni kukuřice v pozdějším než v optimálním vegetačním stadiu je nutné při silážování počítat se zvýšeným rizikem obtížnějšího dusání, větší poréznosti uložených krmiv v silech, s větším rizikem nežádoucího zahřívání a vysoké tendence k druhotné fermentaci siláží, resp. snížené aerobní stability siláží. Při sklizni (obr. č. 5)

v pozdějším vegetačním stadiu se současně zvyšuje také riziko většího výskytu nežádoucích mikroorganismů, zejména plísní.

7.2 Silážování

Kukuřičná sláma jako krmivo se vyznačuje konzervačně přijatelným obsahem sušiny (35 – 40 %), která obsahuje mimo jiné dostatečné zbytky zkvasitelných sacharidů (zejména sláma ze sklizně metodou LKS), které jsou dále využívány bakteriemi mléčného kvašení. Pro silážování (obr. č. 6) je vhodná zejména sláma stay green hybridů, neboť sušina jejich stébel je obvykle nižší a pletiva zůstávají déle fyziologicky funkční, tedy čerstvá (ZIMOLKA a kol., 2008). Optimální délka řezanky pro silážování kukuřice je 4 – 8 mm.

Při zpřesňování optimálního termínu sklizně je nezbytné proto také přihlédnout ke specifickým vlastnostem jednotlivých hybridů kukuřice. Pro stanovení správného okamžiku sklizně krmných plodin je nutné podotknout, že tato doba je závislá nejen na chemickém složení sušiny (obsah cukrů, bílkovin a vlákniny), jejich vlivu na průběh zavadání, způsobu využití, resp. konzervace. Oddálení vhodné doby sklizně představuje vždy jen zhoršení průběhu sklizně a jakosti krmiva. Naopak siláže připravené z velmi mladých píceň, nebo siláže s nižším obsahem sušiny, mají zpravidla vždy vyšší hodnotu bachorové degradovatelnosti dusíkatých látek než siláže vegetačně starší, nebo s příznivějším fermentačním procesem, resp. s vyšším obsahem sušiny. V poslední době se rozšiřují hybridy typu „stay green“, které mají při optimální technologické zralosti palice dostatek zelené hmoty pro konzervaci. Čím je větší podíl sušiny v rostlině, tím kratší by měla být řezanka.

Lze konstatovat, že produkce a technologie silážování kukuřice musí být podmíněny požadavkům přeživkavců (zejména dojníc), kteří mají relativně vysoké nároky nejen na složení krmiv, vysoký obsah živin, dobrou stravitelnost organické hmoty, ale především na kontinuální vyrovnanost kvality krmné dávky v průběhu celého roku. Zohlední-li společně pěstitel i chovatel známé negativní souvislosti mezi výnosem hmoty (sušiny) a kvalitou krmiv s postupujícím vegetačním stářím píceň v závislosti i na počasí, potom mohou správnou volbou optimálního stadia sklizně připravit během celkové vegetační doby a i v jednotlivých sečích dostatek vysoce kvalitních objemných krmiv. Jednotný postup na úrovni pěstitel-chovatel je prospěšný nejen z důvodu množství a kvality krmiv, ale především i z ekonomického výsledku, který se projeví právě v podobě rozdílné produkční účinnosti vyrobených objemných krmiv. Dále je třeba poznamenat, že sklizeň a příprava kvalitních krmiv se samozřejmě

neobejdou bez moderní a vysoce výkonné sklízecí techniky, umožňující rychlé zavadnutí na optimální technologickou sušinu a plynulé naskladnění do silážních staveb. Sklizeň kukuřice ve správném vegetačním stupni zralosti je základní a limitující podmínkou, jejíž nezohlednění nebo nesplnění nelze napravit žádným dalším technologickým opatřením. Na důkladné vypuzení vzduchu dusáním musí v technologickém postupu navazovat pečlivé zakrytí žlabu pro vzduch neprostupnou fólií. V dnešní době je doporučován systém zakrytí pomocí dvou fólií, první smršťovací, která je vně kryta pevnější, popř. je dále zatížena panely nebo pásy, k zamezení vlivu poréznosti zejména u siláží s vyšším obsahem sušiny.

Pro vytvoření anaerobního prostředí je proto vzduchotěsné zakrytí silaže zcela nezbytné. Ke zlepšení hygienické kvality siláží se často doporučuje také aplikace 0,5 – 1,5 l/m² organických kyselin (směs mravenčí a propionové) nebo močoviny pod fólii před samotným zakrytím. U kukuřičných siláží lze také použít močovinu, ze které se po hydrolýze uvolňuje amoniak a rovněž působí antimikrobiálně v povrchové silážní vrstvě.

Častá argumentace o vysokých nákladech na fólii k zakrývání žlabů je šetření na nesprávném místě, jak dokládá následující stručný výčet ztrát kukuřičné siláže v důsledku nezakrytí žlabu vlivem nezkrmitelného množství o celkové výšce 0,5 a 1 m po celém půdorysu.

Při odběru siláží ke krmení je třeba zdůraznit, že řezná plocha, resp. stěna žlabu musí být kompaktní, tedy celistvá. V každém případě se musíme vyvarovat toho, aby došlo k nežádoucímu provzdušnění uložené siláže, neboť vědomě probouzíme hybernáty – především kvasinky, které patří k hlavním původcům zahřívání siláží, a tím následného aerobního kažení. Také denní množství odebírané vrstvy musí být přizpůsobeno nejen venkovní teplotě (v zimě stačí 10 až 15 cm, v letním období se zpravidla doporučuje odběr více než 20 – 30 cm). V případě skladování siláže ve vaku by měl denní odběr dosahovat minimálně 50 cm. Nejlepší výsledky jsou získávány s blokovým vyřezávačem. Neměl by být používán drapák, který uloženou hmotu nejvíce načechrá a provzdušní a vystaví negativnímu vlivu kyslíku. Toto je zvláště důležité v letním období. Záleží také na stupni udusání, obsahu sušiny a koncentraci živin, které do značné míry rovněž ovlivní citlivost na aerobní změny. Siláže, obsahující vysoký počet kvasinek (nad 100 tisíc/1 g), budou velmi citlivé na zahřívání a aerobní oxidaci.

Aerobně znehodnocené siláže působí nejen dietetické potíže, ale jsou příčinou nutričních a ekonomických ztrát. Aerobní stabilitu siláží lze zlepšit dokonalým

odběrem, minimalizací velikosti styčné plochy, ale také úrovní technologických preventivních opatření již při samotném silážování.

Na zvýšenou činnost kvasinek, resp. nedokonalé udusání v průběhu silážování lze usoudit také podle nárůstu etanolu v siláži. V aerobních podmínkách je etanol kvasinkami metabolizován. K dalším příčinám zahřívání kukuřičných siláží a snížení aerobní stability siláží patří – vysoký obsah sušiny silážované píce, čímž dochází k těžkostem při dusání; příliš dlouhá řezanka; pomalé plnění; pozdní zakrytí; neuspokojivý průběh fermentace (redukce kvašení), nejčastější příčinou zahřívání a následného kažení ať už siláže z celých rostlin (GPS), ale i LKS a CCM zejména v teplejším ročním období, jsou malá množství odebíraných siláží a zejména nesprávný způsob odběru (MAREŠ, 2010).

7.3 Technologie silážování

Podle MAREŠE (2010) je důležité zvolit správný termín sklizně. Doporučuje se období zralosti určovat podle tzv. mléčné linie v zrna, která by v době sklizně ideálně měla být ve dvou třetinách zrna. V tu dobu většinou kukuřice obsahuje zhruba 33 % sušiny. Obsah sušiny lze ovlivnit například výškou sekání, tedy výškou zbylého strniště. Nejekonomičtější je udržet strniště v rozmezí deseti až patnácti centimetrů. Při zvýšení strniště na 30 cm lze předpokládat snížení výnosu až o 15 procent, přitom ale produkce mléka od jedné dojnice klesne „jen“ zhruba o 3,5 %. Zvýšení strniště se tedy doporučuje pouze v případě, že chovatel potřebuje zvětšit sušinu sklizené hmoty nebo v siláži snížit obsah nitrátů a zárodků plísní, když se sklízí po dešti v bahnitém terénu.

Při vysoké sušině rostlin, například když před sklizní mrzlo nebo bylo dlouho sucho, je lépe sklízet při délce strniště 10 až 15 cm.

Ke sklizni kukuřice se používají vysoce výkonné řezačky. Když se silážuje, přísun silážované hmoty do silážních prostor je obrovský. To je často příčinou nedostatečného vytěsnění vzduchu ze silážované hmoty. Podmínkou úspěchu silážování kukuřice je vždy dobře fungující silážní linka. Teoretická délka řezanky by měla být nastavena zhruba na hodnotu 8 mm, což se považuje za limit pro strukturální vlákninu. Důležitější než délka řezanky je však její mechanické zpracování. Bez drtičů zrna, tzv. corncrackerů, se sklizeň kukuřice řezačkami neobejde.

Pro dusání se již běžně využívají speciální dusače píce vyrobené ze železničních kol. Mnohé z nich však mají vnější rám, a tak s nimi nelze dusat v

silážním žlabu až do krajů. To je ale velká chyba. Siláž v blízkosti stěny žlabu pak má ve srovnání se siláží ze střední části žlabu i méně než poloviční objemovou hmotnost.

To má za následek vznik plísní a kažení. Pokud se zkažená vrstva odstraní, zvyšují se ztráty sušiny siláže, jestliže se ale neodstraní, může to u zvířat způsobit snížení užitkovosti a zdravotní problémy, což je mnohem horší.

Nezbytnou podmínkou pro získání kvalitní siláže je její dokonalé utěsnění proti vnikání vzdušného kyslíku. Již běžně se u nás používají dvě vrstvy, spodní průhledná fólie a horní černá nebo černobílá plachta. Plachta se pak zatíží po celém povrchu pneumatikami. Ve světě jsou však již dál. Zjistilo se, že ani tyto dvě vrstvy silážovanou hmotu od vnějšího prostředí dokonale neizolují. Byly již vynalezeny fólie, které mají průchodnost vzduchu mnohonásobně nižší. Jsou sice ve srovnání s klasickými plachtami dražší, ale když se spočítá, kolik kvalitní siláže se tím ochrání před zkažením, ekonomika je srovnatelná. Aby tato technologie fungovala, je ale třeba ji používat tak, jak je doporučeno, průhledná nebo gold fólie se pokryje síťovinou nebo těžkou tkaninou, a pak se vše utěsní pomocí speciálních pytlů pokládanych v řadě za sebou (podrobnější popis by si vyžádal více místa, které je ale pro tento příspěvek limitováno).

S přidáváním aditiv je to tak, že fermentační proces, pokud jsou pro něj vytvořeny požadované podmínky, proběhne většinou úspěšně i bez přídavku biologických nebo chemických přípravků. Aditiva se používají hlavně pro omezení rizika (kdyby něco nevyšlo), když nejsou vytvořené ideální podmínky, ale hlavně pro omezení aerobní degradace. U kukuřice je problém v tom, že když je při sklizni příliš vlhká, může prokvasit až moc, siláže jsou pak natolik kyselé, že je nutné je neutralizovat. Když je kukuřice při sklizni moc suchá, je pak nedostatečně udusaná a vytvářejí se plísně. Většinou se však podaří kukuřici dobře zakonzervovat, fermentační proces proběhne poměrně rychle, ale v siláži zůstane relativně dost neprokvašených cukrů. To pak způsobuje nízkou aerobní stabilitu, siláž po otevření „hřeje“, tedy ztrácí energii. Větším problémem tedy není vlastní kvasný proces, ale především riziko následného aerobního kažení. Pro zvýšení aerobní stability se používají přípravky obsahující heterofermentativní bakterie (například buchneri), chemické přípravky s vyšším obsahem kyseliny propionové nebo její soli, případně přípravky, které omezí růst plísní a kvasinek. Ekonomicky nejvýhodnější je přídavek nebiřkovinného dusíku (NPN), například ve formě močoviny, čpavkové vody nebo kapalného amoniaku (bezvodý čpavek). Takto amonizovaným kukuřičným silážím je připisována nejen větší aerobní stabilita, omezení růstu plísní a kvasinek a vyšší nutriční hodnota z pohledu

obsahu dusíkatých látek, ale i větší chutnost, a tím i vyšší příjem. Aplikace NPN je sice velmi levná, ale po bezpečnostní stránce velmi náročná.

7.4 Fermentační procesy v silážované kukuřici

Kukuřičná siláž vzniká fermentací vodorozpustných sacharidů obsažených v silážní biomase kukuřice za anaerobních podmínek. Fermentačním procesem dochází ke vzniku organických kyselin, zejména kyseliny mléčné a octové. Současně vzniká i minoritní množství alkoholu. Fermentací sacharidů a produkcí kyseliny mléčné dochází již na začátku fermentace ke snížení hodnoty pH, která se pohybuje u kukuřičných siláží v rozmezí 3,7 – 4,4.

Při silážování kukuřice je nutné, vzhledem k významu tohoto krmiva a zlepšení výsledné kvality siláže, věnovat patřičnou pozornost mnoha důležitým aspektům, mezi které řadíme zejména výběr vhodných odrůd s ohledem na způsob využití a agrotechnickým podmínkám, faktor silážní zralosti a způsobu jeho určení, faktor stravitelnosti organické hmoty nejen celé rostliny, ale i jejího zbytku, podíl palice na sušině celé rostliny, složení epifytní mikroflóry silážní kukuřice, způsob sklizně a konzervace silážní hmoty, otázka výběru a aplikace silážních aditiv pro zlepšení průběhu fermentace a aerobní stability siláží, možnost zlepšení využití škrobu a snížení celkových skladovacích ztrát, optimální růstové fáze sklizené kukuřice určené k silážování, optimální obsah sušiny silážní kukuřice (28 – 34 %), optimální délka řezanky v závislosti na obsahu sušiny a stupni zralosti, dodržování zásad technologického postupu, aplikaci účinných konzervačních prostředků (ZEMAN, 2008).

MAREŠ (2010) též uvádí, že kukuřice se konzervuje pro účely krmení, nejen v zimních měsících, silážováním.

Silážování je proces, při kterém se uplatňuje konzervační efekt organických kyselin (především kyseliny mléčné), vzniklých metabolickou činností mikroorganismů.

Tyto mikroorganismy se na porostech vyskytují přirozeně (jako tzv. epifytní mikroflóra) a jejich poměrné i celkové zastoupení je specifické pro každý druh pícniny.

Ve většině případů jsou však vybrané kmeny bakterií přidávány do silážované hmoty externě, jako tzv. inokulanty. Ty usměrňují fermentační proces žadaným směrem a svým intenzivním rozvojem zabraňují pomnožení ostatních, nežádoucích a škodlivých mikroorganismů. Přídavek těchto silážních přísad dává předpoklad pro

výrobu kvalitních siláží s nízkými ztrátami energie, živin a sušiny, mohou pozitivně ovlivnit aerobní stabilitu těchto siláží po otevření sila či vaku. Je nutno mít na paměti, že proces silážování vždy vede ke ztrátám živin, energie a sušiny, jde však o to, v jakém rozsahu.

O míře ztrát živin, energie a sušiny, ale také o výskytu nežádoucích, ba i škodlivých látek, rozhoduje druh a míra hlavních kvasných procesů v silážích. Kvasné procesy lze usměrnit (resp. jsou ovlivněny) technologickými faktory.

Jako hlavní lze uvést sušinu rostlin při sklizni, délku řezanky, stupeň udusání, zakrytí, ale také již zmiňovaná silážní aditiva.

8. TECHNOLOGICKÉ ZPRACOVÁNÍ BIOMASY

Nejvhodnější způsob využití biomasy k energetickým účelům je, jak tvrdí DAŇKOVÁ (2002), do značné míry předurčen jejími fyzikálně-chemickými a technicko-energetickými vlastnostmi. Způsob využití rostlinné hmoty tedy závisí na její skladovatelnosti, obsahu vody, struktuře a látkovém složení (MOUDRÝ, STRAŠIL, 1999).

Termické procesy jsou zatím nejrozšířenějším energetickým využitím biomasy.

Tyto termické reakce jsou pro laika, těžko rozlišitelné. Jsou skutečně velmi podobné, neboť vesměs jde o suchou destilaci biomasy bez přístupu vzduchu či s minimálním přívodem vzduchu. Mají ovšem jiný výsledek (PASTOREK a kol., 2004).

Dále uvádí přeměny vlhkou cestou. Jde o přeměny biomasy ve vlhkém prostředí procesy fermentace, které vedou ke vzniku metanu a etanolu. Právě tyto technologické postupy výroby metanu (bioplynu) a etanolu z biomasy nabyly v posledních letech na významu a jsou technicky nejvíce zpracovány.

KŮST (2010) zase uvádí, že prostřednictvím výroby elektrické energie z bioplynu dokáží kontrolovat uzavřený cyklus od prvovýroby až po prodej konečného výrobku. Budoucí bioplynové stanice pak mohou následně vyrobeným teplem a elektřinou zásobovat nejen svůj provoz, ale mohou případné přebytky energií nabídnout do celostátní sítě. A právě takovéto projekty podporuje Evropská unie ve snaze snížit závislost na spotřebě fosilních paliv. Při výběru vhodného substrátu pro tyto stanice jsou vhodné zejména rostliny bohaté na škrob. Proto se při realizaci projektů a provozu zemědělských bioplynových stanic hlavní pozornost věnuje

přípravě kvalitního substrátu, tj. výrobě kvalitní kukuřičné siláže, která se objeví jako nejvhodnější a nejekonomičtější substrát v současnosti. Z těchto důvodů se řada šlechtitelských firem již zabývá šlechtěním kukuřice pro využití na bioplyn, kdy hlavním rozdílem mezi hybridem určeným pro výrobu bioplynu a hybridem určeným pro skot je větší podíl stonků a listů a menší podíl zrna či škrobu. Důvodem je fakt, že se ze zrn vyprodukuje zhruba o 20 % méně bioplynu než ze zelených částí rostliny. Na druhou stranu určitý podíl zrna či škrobu na výnose hmoty je potřebný i z důvodu, aby při požadované sušině hmoty 30 – 33 % při silážování netekly silážní šťávy. To je o to důležitější, že při sklizni na bioplyn se zkracuje řezanka na 3 – 8 mm, ale současně musí být rostlina zelená, aby byla „stravitelná“ s co největším výtěžkem bioplynu.

8.1 Spalování

Spalování je chemický proces rychlé oxidace, kterým se uvolňuje chemická energie vázaná ve spalovaném palivu na energii tepelnou.

Spalování biomasy většinou nevyžaduje předběžnou speciální úpravu paliva.

Je přijatelná i vyšší vlhkost suroviny. Vzhledem k charakteru biomasy a jejímu proměnnému složení je nutno věnovat značnou pozornost optimálním podmínkám při spalování a při čištění výstupních spalin, kde je nutno především kontrolovat emise oxidu uhelnatého a tuhých látek

<http://cs.wikipedia.org/wiki/Spalov%C3%A1n%C3%AD>.

Spalování biomasy má podle MOUDRÉHO, STRAŠILA (1996) své kladné a záporné stránky. Při spalování biomasy nevzniká více CO₂, než bylo předtím rostlinami přijato. Biomasa neobsahuje téměř žádnou síru (ve slámě je asi 0,1 %, ve dřevě téměř není, nejvíce je v seně 0,5 %, hnědé uhlí má min. 2 %). Tvorbu NO_x je možno kontrolovat udržováním optimální teploty plamene.

Obsah těžkých kovů v biomase je velmi nízký a se spalinami se do ovzduší nedostane.

UŠŤAK (2006) uvádí, že jako u každého paliva jsou úspěšnost a technologická specifika spalování biomasy závislé na 3 základních vlastnostech – výhřevnosti, obsahu těkavých látek a obsahu a kvalitě popelovin.

8.2 Zplyňování

Zplyňování biomasy je proces termochemické přeměny pevného materiálu na plyn (obr. č. 7), který se používá jako palivo nebo dále pro chemickou syntézu na výrobu metanolu. V porovnání s biochemickými reakcemi, je zplyňování rychlou reakcí, která nevyžaduje velká, investičně nákladná zařízení. Rozložit biomasu na plynné palivo je možné různými způsoby (PASTOREK a kol., 2004).

8.3 Pyrolýza

Pyrolýza, stejně jako zplyňování, je „suchý“ chemický proces, kdy se biomasa při nízkých teplotách rozkládá na dehet, olejová paliva a plyny (H_2 a CO). V porovnání s biochemickými reakcemi je pyrolýza stejně jako zplyňování rychlou reakcí, nevyžadující velká, investičně nákladná zařízení.

Pyrolýza je termický rozklad organických látek na nízkomolekulární sloučeniny, které se mohou využívat k syntézám výrobám nebo jako topný olej, popř. topný plyn.

Podle druhu zpracovávaného materiálu a požadovaných produktů se pyrolýza provádí při atmosférickém, zvýšeném nebo sníženém tlaku za vysokých nebo nízkých teplot.

Kombinace zpracování pěstované biomasy a odpadů v jednom zařízení při výrobě užitečných produktů je považována za perspektivní (PASTOREK a kol., 2004).

V závislosti na dosažené teplotě, lze při pyrolytickém procesu pozorovat řadu dějů, které je možné pro jednoduchost rozdělit do 3 teplotních intervalů. V oblasti teplot do 200 °C dochází k sušení a tvorbě vodní páry fyzikálním odštěpením vody.

Tyto procesy jsou silně endotermické. V rozmezí teplot 200 až 500 °C následuje oblast tzv. suché destilace. Zde nastává ve značné míře odštěpení bočních řetězců z vysokomolekulárních organických látek a přeměna makromolekulárních struktur na plynné a kapalné organické produkty a pevný uhlík. Ve fázi tvorby plynu v oblasti teplot 500 až 1200 °C jsou produkty vzniklé suchou destilací dále štěpeny a transformovány. Přitom jak z pevného uhlíku, tak i z kapalných organických látek vznikají stabilní plyny, jako je H_2 , CO , CO_2 a CH_4 .

Většina v současné době provozovaných pyrolýzních systémů je založena na termickém rozkladu odpadu v rotační peci vytápěné zevně spaliny, které vznikají z následného spalování pyrolýzních plynů v tzv. termoreaktoru. Pyrolýzní jednotky bývají

vhodné pro šaržovitý provoz pro odpad, který nemá příliš vysoký obsah škodlivin a nemá tendenci ke spékání. Zbytek energie ze spálení plynů, která se nespotřebuje na ohřev vsádky, se využívá v kotlích na odpadní teplo k výrobě páry nebo teplé užitkové vody. Jiný modernější přístup, který je uvažován mimo jiné v rámci této práce, předpokládá využití pyrolýzního plynu jako chemické suroviny nebo jako topného plynu např. pro motory kogeneračních jednotek

http://cs.wikipedia.org/wiki/Rychl%C3%A1_pyrol%C3%BDza.

8.4 Metanové kvašení

Podle MOUDRÉHO, SOUČKOVÉ (2006) je anaerobní fermentace rozkladem biomasy bez přístupu vzduchu za pomoci speciálních bakterií, jež uvolňují zplodinu metabolismu – metan (obr. č. 8), který se využívá ke sdružené výrobě elektrické energie a tepla (kogenerace).

Jak uvádí MOUDRÝ, STRAŠIL (1996), metanové kvašení je uměle vyvolaný anaerobní rozklad organického materiálu. Zemědělství vytváří velké množství organických odpadů, které anaerobní fermentace umožňuje nejen likvidovat ale také energeticky využívat. Pro výrobu bioplynu se dají využívat také městské odpady a komunální odpadní vody. Ze zemědělských odpadů se nejvíce využívají kejda, sláma, zbytky travin apod.

Základními stavebními prvky jsou čerpací jímka, vyhnívací nádrž (fermentor), zásobník plynu, kotelna a příslušné řídicí a monitorovací přístroje. 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, vyhnílý kal se skladuje a využívá k různým účelům.

Vyhnílý kal obsahuje po fermentaci nerozložené složky výchozí biomasy a mikroorganismy. Obsahuje 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.

8.5 Alkoholové kvašení

Etanol vzniká, jak uvádí ŠNOBL a kol. (2004), alkoholovým kvašením cukrů. Výchozími surovinami jsou produkty obsahující cukr, škrob příp. celulózu.

Teoreticky je možno vyrobit z 1 kg cukru 0,65 l čistého etanolu. V praxi je však výtěžnost 90-95 %, protože vedle etanolu se tvoří vedlejší produkty jako např. glycerin.

Fermentace cukrů probíhá v mokré prostředí, vzniklý alkohol je nakonec oddělován destilací. Pro získání alkoholu musíme vynaložit 1 jednotku energie, abychom získali 1,5 až 2 jednotky pohonné hmoty.

U olejů na jednu jednotku je to více a to 4 až 5 jednotek. Při spalování, zplyňování je to na jednu jednotku 10 – 15 jednotek. Vedlejší produkt výroby je vysoce hodnotné krmivo. V poslední době roste zájem o získávání alkoholu ze surovin obsahujících celulózu. Celulóza se chemicky hydrolyzuje kyselinami nebo louhy za zvýšeného tlaku a teploty. Protože je tento způsob nákladný, hledají se nové možnosti jako např. využití hub štěpících celulózu (např. *Trichoderma viride*) nebo se zkoušejí termofilní kmeny *Clostridií*, kde se celulóza při teplotách 60 – 70 °C kvasí na etanol.

Etanol je vysoce hodnotné palivo pro spalovací motory. Jeho předností je ekologická čistota a antidetonační schopnosti. Nedostatkem etanolu jako paliva pro motory je jeho schopnost vázat vodu a působit tím korozi motoru, což je možné eliminovat přidáním antikoročních přípravků.

8.5.1 Kukuřice pro produkci bioetanolu

V současnosti je u kukuřice primární produkce bioetanolu ze zrna, i když v souvislosti s konkurencí v produkci potravin a krmiv by bylo zřejmě vhodnější uvažovat o produkci bioetanolu ze zbytku pro sklizni zrna. Kukuřičné zrno poskytuje škroby, nikoli přímo fermentované cukry (jako např. u cukrové třtiny). Proto i vlastní zrno musí být před fermentací upraveno do podoby zpracovatelné bakteriemi alkoholového kvašení, tedy zajištěna konverze škrobů na cukry. Celý proces produkce etanolu je potom tvořen fází zbavení zrna klíčků, mletí (zde jsou tři možnosti – obrušování celého zrna, suché mletí, mokré mletí – poslední z těchto tří je nejdražší, ale také nejflexibilnější, co se týče vedlejších produktů), separace endospermu (skýtajícího škrob) od plev, vytvoření kašovité směsi/zkapalňování, hydrolýza škrobu na cukry obvykle enzymem amylázou, fermentace (obvykle kvasinkami druhu *Saccharomyces cerevisce*), destilace, dehydratace.

Využití zbytků po sklizni zrna, tedy slámy a palic, je procesem zpracování celulózních materiálů. Tyto materiály se obecně skládají z ligninu, hemicelulózy a celulózy a v prvním kroku musí být zbaveny ligninu (ZIMOLKA a kol., 2008).

KUNETOVÁ (2010) označuje bioetanol jako termín, používaný v poslední době pro označení kvasného lihu, určeného k palivovým účelům. Má vysokou výhřevnost (27 MJ/kg) a je možné ho s dobrou účinností spalovat v plynových turbínách či kotlích.

Při jeho spalování nedochází ke ztrátám tepla do škváry a do popela, vznikají jen ztráty komínové. Ve světě je ale bioetanol používán výhradně jako motorové palivo, a to většinou ve formě nízkopodílové složky benzínové směsi. Spaliny lihu neobsahují popel a síru a mají oproti benzínu nižší podíl oxidu uhličitého a oxidů dusíku. Výchozí surovinou pro výrobu bioetanolu jsou škrobnaté či cukernaté zemědělské plodiny, které se lihovarnickými postupy zpracovávají na finální produkt.

Ten je pak ve směsi s benzinem distribuován do spotřební sítě. Tento systém využití bioetanolu funguje v mnoha zemích světa, kde je podporován státem (dotacemi či daňovými úlevami) jako součást politiky využívání domácích zdrojů.

Výchozí podmínky ze souvisejících předpisů Evropské komise jsou v ČR formulovány v nařízení vlády č. 66/2005 Sb.

Stanovené minimální hodnoty biopaliva podle nařízení vlády:

- 2% ze energetického obsahu jejich celkových dodávek k 31. 12. 2005
- 5,75% z energetického obsahu jejich celkových dodávek k 31. 12. 2010
- Objem bioetanolu pro období od 1. 1. 2007 do 31. 12. 2012 ve výši 2 mil. h/rok
- Objem bionafty pro období od 1. 1. 2007 do 31. 12. 2012 ve výši 200 tis. t/rok.

Podle údajů Ministerstva zemědělství bylo v roce 2006 vyprodukováno 1789/7 tuny bioetanolu, z toho 1531,6 t nadvýrobu ETBE. Výrobní kapacity představovaly lihovary Bobrovice (kapacita 1 mil. h/rok) a Vrdu (600 tis. h). Výchozími surovinami je cukrovka, resp. zrniny (převážně však pšenice) Kukuřice tedy není doposud základní surovinou produkce bioetanolu.

9. ZPŮSOBY VYUŽÍVÁNÍ BIOMASY

Obecně se biomasou rozumí jakákoliv obnovující se látka organického původu, tj. rostliny, živočichové a jejich odpady. Biomasa je obrovský zdroj obnovitelných surovin a energie (tab. č. 3), kterého lze využít k mnoha účelům ve speciálních průmyslových, technických a energetických odvětvích MOUDRÝ, STRAŠIL (1999).

Energetické využití biomasy je po právní stránce, jak uvádí PASTOREK a kol. (2004), řízeno základními právními normami a koncepčními materiály z oboru:

- požadavků na výrobky
- odpadů
- energetiky
- podnikání
- ochrany životního prostředí a zemědělství

Obecně jsou požadavky na výrobky stanoveny zákonem č. 22/1997 Sb., ve znění pozdějších předpisů a příslušnými nařízeními vlády ČR. Ochranu spotřebitelů zajišťuje zákon č. 634/1992 Sb., ve znění pozdějších předpisů (poslední změna je obsažena ve znění zákona č. 439/2003 Sb.

V případě, že vedlejším produktem při energetickém využití biomasy je hnojivářský substrát, musí být respektován režim zákona o hnojivech č. 156/1998 Sb., ve znění zákona č. 308/2002 Sb.

9.1 Rentabilita bioplynových stanic

Nejdůležitějším ukazatelem termínu sklizně je sušina rostliny. Dříve, v počátcích výroby bioplynu z kukuřice, se doporučovala sušina substrátu v rozpětí 28 až 30 %. Důvodem byla sklizeň zelené rostliny s minimálním obsahem ligninu a vysokým podílem metanu v bioplynu. Nyní, po praktických zkušenostech s provozem BPS, se ukazuje jako optimální stav vyšší sklizňová sušina, v hodnotách 30 – 33 %.

Bioplyn vzniká z organických látek, jejichž základním stavebním kamenem je uhlík.

Jejich obsah je dán množstvím sušiny v substrátu. Proto více sušiny znamená více bioplynu. S narůstající sušinou ovšem rostlina stárne a stárnutí rostliny znamená přeměnu celulózy v nežádoucí lignin. Siláž z porostů o vysoké sušině nad 35 % nebo z viditelně proschlých porostů kukuřice není schopna dát požadované množství bioplynu a metanu. Výtěžnost z hektaru se snižuje, lignifikované části rostliny odchází jako odpad do digestátu. Zralost kukuřice a termín sklizně ovlivňuje hybrid, jeho způsob a rychlost dozrávání, stupeň intenzity agrotechniky, půdní a klimatické podmínky stanoviště. Vhodným pomocníkem pěstitele pro stanovení termínu optimální sklizně kukuřice na siláž je suma efektivních teplot (SET). Její průběžné sledování upozorní pěstitele na stupeň naplnění teplotních požadavků pěstovaného hybridu (KAČICOVÁ, 2010).

Podle KAJMANA (2008) jsou receptury pro konkrétní BPS silně závislé na dostupných zdrojích substrátu. Provozovatel BPS musí mít zajištěn dostatečný přísun hmoty v odpovídajícím složení v kvalitě po celý rok. Musí také disponovat příslušnými skladovacími kapacitami (obr. č. 9) podle instalovaného výkonu jak pro vstupní suroviny, tak i pro fermentované hmoty – **digestát**. Pro tzv. farmářské bioplynové stanice je významnou složkou substrátu většinou kukuřičná siláž v kombinaci s kejdou. Existují však i BPS na čistě rostlinné materiály, bioplyn může být generován i z hmot o poměrně vysoké sušině (např. oproti kejdě), tzv. suchá fermentace (KAČICOVÁ, 2010).

9.2 Produkce bioplynu

Jak uvedl PROKEŠ (2010) vysoký hektarový výnos zelené hmoty předurčuje kukuřici k energetickému využití. Výsledkem šlechtitelské práce využitelným kromě jiného v bioenergetice, je například hybrid Gavott nebo KWS 1393.

Výroba bioplynu je efektivní způsob využití biomasy. Vedle tradičních bioplynových stanic, známých z návaznosti na čistírny odpadních vod nebo při využití odpadů, se v poslední době budují bioplynové stanice zemědělského typu PETŘÍKOVÁ (2008) s předpokladem až 200 těchto bioplynových stanic v roce 2011.

Anaerobní digesce biomasy označuje mikrobiální přeměnu organických látek bez přístupu vzduchu za vzniku bioplynu a fermentačního zbytku (digestátu) HAVLÍČKOVÁ a kol. (2008). Vysoký energetický potenciál a výnos biomasy kukuřice je důvodem využití kukuřičné biomasy ve formě siláže jako nosného substrátu pro výrobu bioplynu (graf č. 1).

Plocha silážní kukuřice, která poklesla se sníženým stavem hospodářských zvířat, může opět narůst při využití kukuřičné siláže v bioplynových stanicích zemědělského typ, bez negativních dopadů. Podle DIVIŠE, KAJANA, PROCHÁZKY (1998) klasický silážní hybrid poskytne maximálně 6000 m³ metanu z 1 ha. Využitím hybridů šlechtěných k energetickým účelům je cílem dosáhnout 10 000 m³ metanu z 1 ha.

9.3 Digestát jako hnojivo

Podle KAČICOVÉ (2010) vyplývá, že vedlejším produktem zemědělských bioplynových stanic je digestát, který vzniká anaerobní fermentací při výrobě bioplynu výhradně ze statkových hnojiv a objemných krmiv. Tento druh digestátu je ve vyhlášce č. 474/2000 Sb., o stanovení požadavků na hnojiva ve znění pozdějších předpisů – vyhl. č. 271/2009 Sb., definován jako organické hnojivo – typové (typ 18. 1. e).

Digestát je svou podstatou organické hnojivo, ale svými vlastnostmi a působením se přibližuje kombinovaným minerálním hnojivům. Při fermentaci substrátu je spotřebováván uhlík z organické hmoty k tvorbě metanu, v digestátu pak musí zákonitě organické látky chybět. Zužuje je poměr C/N, proto se digestát řadí mezi organická hnojiva s rychle uvolnitelným dusíkem s poměrem C/N do 10 (u digestátu klesá poměr C/N velmi často ke 4).

Vlastnosti a složení digestátu závisí na výchozích surovinách a fermentačním procesu. Sušina digestátu se pohybuje v rozmezí 2 až 8 %, obsahem živin se digestát podobá kejďě. Digestát se od kejdy liší ne obsahem, ale formou dusíku – stoupá podíl amoniakálního na úkor dusičnanového. Při velmi úzkém poměru C/N a vysokém obsahu amoniakálního dusíku působí digestát jako hnojivo se super rychlým účinkem na rostliny. Do několika dnů od aplikace se na porostu projeví výrazný efekt hnojení. Vysoký podíl amoniakálního dusíku je také příčinou alkalického pH digestátu.

Z hlediska obsahu živin je digestát ceněn jako kvalitní kompletní hnojivo, které dokáže pokrýt většinu potřeby živin kukuřice i ostatních plodin.

Vliv digestátu jako dodavatele organických látek do půdy je minimální. Proto je vhodným hnojivem v kombinaci se slámou, posklizňovými zbytky kukuřice nebo zeleným hnojením. Jeho možnosti použití zpravidla odpovídají použití kejdy, dávky na hektar se vypočítávají podle celkové potřeby dusíku. Ostatní deficitní živiny je potřeba operativně doplňovat minerálními hnojivy.

9.4 Nepotravinářské využití škrobu a oleje

V posledních letech se v Evropě ustálí poměr spotřeby na 50 % kukuřičného škrobu. V severnějších zemích včetně ČR, pochopitelně výrazně klesá podíl spotřeby kukuřičného škrobu a převládá zde spotřeba škrobu bramborového a obilního. V ČR se kukuřičný škrob ani jiný zatím nevyrábí.

Škrob je zásobní polysacharid, vytvářený fotosyntézou v rostlinách. Ukládá se zejména v semenech, hlízách a oddencích. Škrob je složen z 15 – 25 % amylozy a 75 – 85 % amylopektinu a malého množství esterově vázané kyseliny trihydrogenfosforečné a lipidů.

Poměr amylozy a amylopektinu ve škrobu závisí na rostlinném původu, většina škrobu obsahuje podstatně více amylopektinu než amylozy.

Škrob jako výchozí surovina je v ČR základnou rozsáhlé průmyslové výroby, kde se využije téměř 40 % z jeho celkové produkce. Již v současnosti se využívá přírodní škrob například na výrobu obalového papíru a lepenky, lepidel, na škrobení prádla a na výrobu aviváží, sádrokartonových desek, omítek, zubních past, šampónů.

Modifikovaný škrob potom slouží farmaceutickému průmyslu a chemickému průmyslu.

Ve světě převažuje produkce kukuřičného škrobu (83 %). Hlavním producentem jsou USA s roční produkcí 25 mil. tun kukuřičného škrobu (MOUDRÝ a kol., 2006).

Dále se zmiňuje o velkém počtu rostlinných druhů, které produkují rostlinné oleje. Jsou v současnosti využívány především pro výrobu kapalných paliv (bionafty), ale nachází uplatnění i při výrobě mnoha produktů (glycerolu, vyšších mastných kyselin, jejich solí, esterů atp.), které se používají k výrobě plastických hmot, laků, detergentů, umělých vláken, mazacích prostředků, aditiv atp.

9.5 Biomasa ke spalování

Země EU věnují využití fytohmoty k energetickým účelům zvýšenou pozornost.

Pro získání energie spalování rostlinné biomasy lze využívat také běžně pěstované zemědělské komodity. Příkladem je kukuřice setá (*Zea mays L.*).

Biomasa se může spalovat samostatně nebo např. ve formě pelet ve směsi s aditivem (např. hnědé uhlí – max. 20 %), čímž se zvyšují užitné vlastnosti paliva.

Využití biomasy jako obnovitelného zdroje energie je možné v elektrárnách, ale důležité je i pro řešení energetické koncepce jednotlivých obcí využití menších tepláren.

V České republice by se mělo biopaliv kukuřičné slámy využívat především na venkově a nahradit tak ekologicky nevhodné hnědé uhlí (SVĚTLÍK, 2006).

9.6 Využívání biopaliv

SVĚTLÍK (2006) dále uvedl, že Evropská unie nechce dále pokračovat v trendu růstu spotřeby fosilních paliv a motivuje k přechodu na jiná alternativní pohonná média.

Vedle výroby nejvíce rozšířených biopaliv jako bioetanol a bionafta se v současnosti zkouší i pokročilejší technologie. Výroba syntetických pohonných hmot a chemikálií z biomasy by mohla být další variantou jejího zhodnocení. Lze ji realizovat různými termo – chemickými procesy přímo nebo nepřímo. Mezi přímé postupy patří tzv. „mžiková pyrolýza“ biomasy poskytující bio – olej. Druhým postupem přímé výroby je proces označován jako HTU (Hydro Thermal Upgrading), jehož hlavním produktem je uhlovodíková směs podobná ropě, označovaná jako „bio – ropa“, kterou lze dále zpracovat na různé produkty.

Nepřímý postup výroby kapalných paliv a chemikálií z biomasy zahrnuje v prvním kroku výrobu syntézního plynu a jeho čištění. Zplyněním biomasy lze vyrobit také vodík a vyrobený syntézní plyn je možné konvertovat na metan.

9.7 Průmyslové využití slámy

Ověřování možností využití slámy pro průmyslové účely se v uplynulých letech orientovalo především do oblastí výroby stavebních panelů a lisované slámy. Ze slámy je možné vyrábět vynikající papír. Celulóza ze slámy může být použita při výrobě většiny druhů papíru jako náhrada celulózy z tvrdého dřeva. Výnos celulózy ze slámy činí 45 % (SVĚTLÍK, 2006).

10. EKONOMICKÝ A HOSPODÁŘSKÝ VÝZNAM BIOMASY

Biomasa je definována jako substance biologického původu. Je buď záměrně získávána jako výsledek výrobní činnosti, nebo se jedná o využití odpadů ze zemědělské, potravinářské a lesní výroby, z komunálního hospodářství a údržby krajiny a péče o ni.

Teoretické propočty různých odborníků uvádějí roční celosvětovou produkci biomasy na úrovni 100 miliard tun, jejíž energetický potenciál se pohybuje kolem 1400 EJ. To je téměř pětikrát více, než činí roční světová spotřeba fosilních paliv (300 EJ) PASTOREK a kol. (2004).

Dodává, že produkce biomasy pro energetické účely konkuruje dalším způsobům využití biomasy (například k potravinářským a krmivářským účelům, zajištění surovin pro průmyslové účely, uplatnění mimoprodukční funkce biomasy).

Zvyšování produkce biomasy vyžaduje rozšiřovat produkční plochy nebo zvyšovat intenzitu výroby biomasy, což přináší potřebu zvyšovat investice do výroby biomasy.

Technický rozvoj a zvyšující se vstupy „cizí“ energie umožnily zlepšit využití produkčního potenciálu nových druhů rostlin a plně využít zemědělskou půdu pro produkci potravin. Současná nadprodukce potravin vyvolává možnost vrátit část zemědělské půdy původnímu účelu, tj. krytí části energetických potřeb zemědělství a venkova. Ekologie a bioenergetika se stávají středem pozornosti podnikatelských subjektů na venkově.

10.1 Ekonomická a energetická efektivnost

Závažným problémem jsou investice, tj. náklady na vybudování objektů a pořízení technologií pro zpracování rostlinných surovin, což v začátcích této činnosti prodražuje konečné produkty či výrobky.

Nejméně investičně náročná jsou zařízení na spalování (dřevo, sláma, domovní odpady apod.), rekuperační výměníky tepla a bionafta. Vyšší investiční náklady mají tepelná čerpadla a bioplynové stanice. Vzhledem k těmto okolnostem nelze u všech druhů produktů finančně jednoznačně vyhodnotit jejich ziskovost nebo ztrátovost. Za jednodušší se považují kalkulace přímých nákladů na vypěstování produkce některých plodin a rostlin, které se nepotravinářsky zpracovávají nebo se používají jako fytopaliva (tab. č. 4).

Za výhodné a konkurence schopné současným klasickým fosilním palivům se považují ty plodiny a rostliny pěstované na biomasu, z kterých získáme nejméně 10 jednotek energie na jednotku vloženou. Při dosažení hranice 12 t.ha⁻¹ sušiny rostlinné biomasy lze již tyto plodiny považovat za „energeticky“ významné. Aby byly i ekonomicky efektivní, je nutné dosahovat alespoň produkce sušiny 15 t.ha⁻¹

<http://www2.zf.jcu.cz/~moudry/skripta/4/index.html>).

10.2 Legislativní podpora využití biomasy

Nejvýznamnějším dokumentem zavádění a pěstování energetických rostlin je zákon ČNR o ochraně přírody a krajiny č. 114/1992 Sb. Zde je v příslušném paragrafu podmíněno šíření nepůvodních druhů souhlasem orgánů ochrany přírody (ÚO MŽP).

<http://www2.zf.jcu.cz/~moudry/skripta/4/index.html>)

11. DISKUZE

V rozvinutých zemích se kukuřice pěstuje převážně jako krmivo pro dobytek ať už ve formě zrna či siláže, nebo jako surovina pro zpracovatelský průmysl. Její přímá spotřeba jako potraviny je okrajová, přestože roste význam sladké kukuřice jako zeleniny. V potravinářském průmyslu slouží kukuřice jako zdroj oleje, škrobu, glukózy, fruktózového sirupu a bioetanolu.

Uvažuje se rovněž o použití kukuřice pro výrobu biodegradovatelných plastů a proteinů pro medicínské účely.

V rozvojových zemích Latinské Ameriky a v Africe je kukuřice převážně spotřebována jako hlavní zdroj kalorií pro venkovské obyvatelstvo. V rozvojových zemích Asie je zhruba vyrovnatelné její použití jako potraviny i krmiva.

Největším světovým pěstitelem kukuřice jsou Spojené státy americké a v současnosti dominují v pěstování této plodiny. Trendy a novinky související s jejím pěstováním pocházejí převážně z amerického kontinentu. Kukuřice je vhodnou plodinou pro půdoochranné (minimalizační, bezorebné) technologie, které zvyšují její výnosy, snižují náklady i riziko větrné a vodní eroze půdy. Půdoochranné technologie jsou nejvíce používány v Severní a Jižní Americe a v Austrálii. V posledních desetiletích byl zaznamenán jejich rozvoj i v Evropě. Podle HŮLY a kol. (2008) v třicátých letech minulého století zapříčinila kombinace intenzivního zpracování půdy a sucha v obilnářských oblastech USA prašné bouře a katastrofální větrnou erozi, což vedlo ke vzniku agentury na ochranu půdy. V druhé polovině 20. století byly tyto agentury vytvořeny také v mnoha dalších zemích světa. Od šedesátých let minulého století dochází po celém světě k postupnému přechodu od tradičních způsobů zpracování s orbou k různým formám minimalizačních technologií. Celosvětově je prováděn rozsáhlý výzkum technologií zpracování půdy bez orby. Je zaměřen především na hodnocení vlivu různých systémů zpracování půdy a zakládání porostů na kvalitu půdního a životního prostředí, na růst, výnosy, a kvalitu pěstovaných plodin, na ekonomiku a trvalou udržitelnost rostlinné produkce. Výsledky obecně ukazují, že snížení hloubky a intenzity zpracování půdy má většinou příznivý vliv na půdní a životní prostředí.

Půdoochranné technologie s mělkým zpracováním půdy a přímého setí plodin do nezpracované půdy jsou intenzivně (dominantně) používány v Severní Americe.

Zemědělce zde ke změně technologie vedly především důvody ekonomické (silná konkurence na trhu, snížení státních dotací a drahá pracovní síla) a ekologické. HŮLA a kol. (2008) uvádí, že půdoochranné technologie v Jižní Americe byly přijaty dokonce rychleji než v USA. Nejvíce jsou používány v Brazílii, Argentině a v Chile.

Přímé setí plodin do nezpracované půdy má v Jižní Americe ještě větší význam než v Severní (oblast bohatá na srážky, nutná protierozní ochrana).

V České republice došlo k intenzivnímu rozšiřování půdoochranných technologií v posledním desetiletí 20. století. Podle HŮLY a kol. (2008) technologie zpracování půdy a zakládání porostů bez použití orby je v současnosti používána na více než 30 % orné půdy ČR. Systémy zpracování půdy bez orby, zejména systém s mělkým kypřením a přímé setí, jsou doporučovány především pro oblasti s nižšími srážkami a vyšší průměrnou teplotou vzduchu. MIŠINA, KOVÁČ (1993) uvádějí jako vhodné podmínky pro přímé setí: úrodné půdy, nezaplevelené vytrvalými plevely, nadmořská výška do 350 m, roční úhrn srážek do 600 mm, průměrná roční teplota vzduchu nad 8 °C. Půdoochranné technologie, založené na mělkém zpracování půdy (podmítka, opakovaná podmítka) jsou doporučovány především do sušších oblastí.

Důvodem je šetření půdní vláhou. Intenzivní kultivace vede k prosušení půdy a tím ke špatnému a nepravidelnému vzcházení porostů. Přednosti těchto technologií z hlediska úspory času i nákladů však vedou k jejich rozšiřování i do humidních oblastí, příkladem je současný zvýšený zájem o tyto technologie v ČR, a to i podniků hospodařících v pahorkatinách s vyšším ročním úhrnem srážek a nižší teplotou vzduchu.

12. CÍL PRÁCE A ZÁVĚR

Cílem práce bylo efektivně popsat a zhodnotit výnosové potenciály, šlechtitelské poznatky, technologie zpracování a využití hybridů kukuřice pro různé účely zpracování.

Kukuřice se řadí k nejvýkonnějším zemědělským plodinám a významnou měrou se podílí na zabezpečování potravin pro lidstvo i surovin pro řadu průmyslových odvětví (škrobárny, lihovary, chemický průmysl, průmysl izolačních hmot apod.).

Při konzervaci zelené píce (silážování) dochází k nízkým ztrátám živin. Při zkrmování siláží odpadá problém s prachem. Při dobré hygienické kvalitě je siláž srovnatelná se senem, ne-li lepší.

V současnosti se relativně velké perspektivy kukuřice otevírají v jejím využití jako obnovitelného zdroje pro výrobu energie. Zde se nabízí využití kukuřičného zrna k výrobě bioetanolu a dále pak využití biomasy kukuřice pro výrobu bioplynu a následně pak k výrobě elektrické energie.

Úbytek fosilních zdrojů nás znepokojuje především z důvodů zabezpečení budoucích generací energií. V současné době nastává rozvoj technologií na zpracování biomasy, případně bioodpadů, na rozsáhlou škálu produktů dříve vyráběných z neobnovitelných surovin.

Biomasa a bioodpady nám nahradí neobnovitelné fosilní zdroje po jejich úplném vyčerpání. Proto je potřeba technologie, které látkově a energeticky využívají biomasu, co nejvíce rozvíjet a zabezpečovat recyklaci veškerých bioodpadů.

Kukuřice má budoucnost především v pěstování na zrno a pro výrobu bioplynu.

Cena zrna kukuřice stále roste a s velkou pravděpodobností dále i bude, vzhledem k rozsáhlým možnostem jeho uplatnění. Očekává také růst spotřeby siláže v důsledku dalšího rozvoje bioplynových stanice, kterých by mohlo být až 700.

V Německu vzrostly plochy kukuřice za posledních deset let téměř o milión hektarů.

13. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

Monografie

BOHÁČ, J.: Šlachtěníe a semenárstvo, SVPL Bratislava, 1967, 540 s.

DAŇKOVÁ, L.: Využití spalování biomasy v mlékárenském provozu. In: EKOTREND 2002 – Trvale udržitelný rozvoj. – Sborník z mezinárodní konference 28. – 29. 3. 2001, JU ZF, České Budějovice, 2002, s. 17 – 20.

DIVIŠ, J., JŮZA, J., BIEDERMANNOVÁ, E.: Produkční a kvalitativní otázky silážní kukuřice pěstované v nekukuřičných oblastech In: ACTA SCIENTIFICA, JU ZF České Budějovice, 1992, 7 s. ISBN:80-85645-00-9

DIVIŠ, J.: Pěstování silážní kukuřice v teplotně méně příznivých podmínkách. Praha, ÚZPI, 1993, s. 6 – 20. ISSN: 0231-9470

GERMAN, J., ČURN, V.: Šlechtění rostlin. JU ZF České Budějovice, 1998, 6 s.

HŮLA, J., A KOL.: Minimalizace zpracování půdy. Profi press, s.r.o. Praha, 2008, 248 s.

KOBES, M.: Zvyšování konkurenceschopnosti v zemědělství, Sekce II Půda – základ konkurenceschopnosti zemědělství AGROREGION 2006, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích Zemědělská fakulta, 2006, 29 s. ISBN: 80-70140-870-7

KOCOUREK, F., STARÁ, J., FALTA, J., ROTREKL, J.: Metody ochrany kukuřice proti zavíječi kukuřičnému. Praha: VÚRV, 2008, 25 s. ISBN: 978-80-87211-90-4

KOSTELANSKÝ, F.: Obecná produkce rostlinná. AF MZLU Brno, 1998, 212 s.

MIŠINA, T., KOVÁČ, K.: Ochranné obrábanie pody. VÚRV Piešťany, 1993, 165 s.

MOUDRÝ, J., STRAŠIL, Z.: Alternativní plodiny. Jihočeská univerzita, ZF v Českých Budějovicích, 1996, 90 s.

MOUDRÝ, J., STRAŠIL, Z.: Energetické plodiny v ekologickém zemědělství. Spolek poradců v ekologickém zemědělství, 1998, 56 s.

MOUDRÝ, J., STRAŠIL, Z.: Pěstování alternativních plodin. Jihočeská univerzita ZF v Českých Budějovicích, 1999, 165 s.

MOUDRÝ, J. A KOL.: Nepotravinářské využití rostlinné produkce In: Sborník referátů, JU ZF České Budějovice, 2006, s. 8 – 9. ISBN: 80-7040-896-0

PASTOREK, Z., KÁRA, Z., JEVIČ, P.: Biomasa obnovitelný zdroj energie. Praha: FCC PUBLIC s.r.o., 2004, s. 264 – 286. ISBN: 80-86534-06-5

SOUČKOVÁ, H., MOUDRÝ, J.: Využití fytomasy pro energetické účely. Sborník vědeckých publikací z mezinárodního semináře „Nepotravinářské využití fytomasy“, JU ZF České Budějovice, VÚZE Praha 2005, s. 12. ISBN: 80-7040-833-2

ŠIMON, J., ŠKODA, V., HŮLA, J.: Zakládání porostů hlavních plodin novými technologiemi, Agrospoj, Praha, 1999, 78 s.

ŠNOBL, J., A KOL.: Rostlinná výroba IV.: Chmel, len, konopí, využití biomasy k energetickým účelům. Praha: ČZU, 2004, 119 s. ISBN: 80-213-1153-3.

UŠŤAK, S.: Rozvoj pěstování a využití biomasy pro energetické a průmyslové účely v ČR: technické a ekonomické aspekty a základní překážky. In: Energetické a průmyslové rostliny XI. - Sborník referátů CZ Biom, Chomutov, 2006, s. 118 – 133.

ZIMOLKA A KOL.: Kukuřice – hlavní a alternativní užitkové směry. Praha: Profi Press, 2008, 8 s., s. 29 – 37, s. 41, 43, s. 51 – 52, 171 s. 174 - 175, s. 179. ISBN: 978-80-86726-31-1

Časopisecké statě

JURSÍK, M.: Regulace plevelů v kukuřici In: Farmář, ročník 16, č. 2 (2010), Speciál kukuřice č. 2, příloha, XVI s. ISSN 1210 – 9789

KAČICOVÁ, L.: Bioplynový plamen se rozhořel naplno In: Farmář, ročník 16, č. 2 (2010), Speciál kukuřice č. 2, příloha, s. XX – XXI. ISSN 1210 – 9789

KŮST, F.: Kukuřice – plodina pro široké využití In: Farmář, ročník 16, č. 2 (2010), Speciál kukuřice č. 2, příloha, s. III – VI. ISSN 1210 – 9789

POVOLNÝ, M.: Nově registrované hybridy kukuřice In: Farmář, ročník 16, č. 2 (2010), Speciál kukuřice č. 2, příloha, s. X – XIII. ISSN 1210 – 9789

ROMÁNKOVÁ, Z.: Udržitelný systém pěstování silážní kukuřice pro efektivní výrobu mléka In: Krmivářství, ročník XIII., č. 1 (2009), 27 s. ISSN 1212 – 9992

Elektronické zdroje

ANONYM 1., <http://cs.wikipedia.org/wiki/Rychl%C3%A1_pyroly%C3%BDza>

ANONYM 2., <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Spalov%C3%A1n%C3%AD>>

ANONYM 3.,
<<http://www.dekalb.cz/dekalb/index.jsp?codeRubrique=81&siteCode=CS>>

ANONYM 4., <<http://www.czso.cz/csu/csu.nsf/informace/cskl101210.doc>>

ANONYM 5.,
<http://cs.wikipedia.org/wiki/Kuku%C5%99ice_set%C3%A1#Agrotechnika>

ANONYM 6.,
<http://www2.zf.jcu.cz/~moudry/database/Kukurice_seta.htm>

KUNETOVÁ, L.: Časopis BIOM, Bioetanol (2010). Dostupné na:
<http://stary.biom.cz/sborniky/sb98PrPetr/sb98PrPetr_kunt.html>

MAŠEK, J.: Hlavní zásady výroby kukuřičné siláže (2010). Česká zemědělská univerzita v Praze. Dostupné na:
<http://www.agroweb.cz/Hlavni-zasady-vyroby-kukuricne-silaze__s1307x47313.html>

ŠTAMBASKÝ, J.: Česká bioplynová stanice (2009). Dostupné na:
<<http://www.czba.cz/index.php?art=page&parent=provozovatele-a-investori&nid=optimalizace-stabilizace-cistirenskych-kalu-pomoci-hydrolytickych-enzymu-pripadova-studie>>

WEGSCHEIDER, Z.: Agroweb, Internetový zemědělský portál (9. 10. 2006)
<http://www.agroweb.cz/zivocisna-vyroba/Kukuricna-silaz-nejen-ke-zkrmovani__s45x26237.html>

14. SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 – Tabulka č. 1: Průměrný obsah sušiny v biomase a palicích % (2003 – 2005) Average kontent dry matter in biomass and cobs % (2003 – 2005)

Příloha 2 – Tabulka č. 2: Průměrný výnos sušiny v biomase a palicích t.ha⁻¹ (2003 – 2005) Average yield dry matter in biomass and cobs t.ha⁻¹ (2003 – 2005)

Příloha 3 – Tabulka č. 3: Celková energie z biopaliv v ČR v roce 2004 (dle statistik MPO ČR, 2005) uvedeno v UŠŤAK (2006)

Příloha 4 – Tabulka č. 4: Náklady na jednotku energie v závislosti na výnosu sušiny silážní kukuřice

Příloha 5 – Obr. č. 1.: (*Zea mays L.*), ČÍŽ, zdroj: biom.cz, 8. 1. 2010)

Příloha 6 – Obr. č. 2.: a) Samičí květenství (palice, klasy), b) Samčí květenství (lata), c) Kukuřice setá (*Zea mays L.*), zdroj: mendelu.cz

Příloha 7 – Obr. č. 3: Typické složení sušiny kukuřičné siláže, ŠTAMBASKÝ (2009)

Příloha 8 – Obr. č. 4.: zdroj: (<http://www.ewa.cz/pages1/565.htm>)

Příloha 9 – Obr. č. 5.: Sklízecí proces, PSOTA, zdroj: szes.cz, 14. 9. 2009

Příloha 10 – Obr. č. 6.: Silážování kukuřice, KOČMÁNEK, zdroj: szes.cz, 14. 9. 2009

Příloha 11 – Obr. č. 7.: Proces zplyňování, zdroj: (<http://www2.zf.jcu.cz/~moudry/skripta/4/index.html>)

Příloha 12 – Obr. č. 8.: Dvoufázový anaerobní proces
zdroj: (<http://www2.zf.jcu.cz/~moudry/skripta/4/index.html>)

Příloha 13 – Obr. č. 9.: Bioplynová stanice, zdroj: biom.cz, 2009

Příloha 14 – Graf č. 1.: Praktické navýšení produkce bioplynu, zdroj: ŠTAMBASKÝ (2009).

Příloha 1 – Tabulka č. 1: Průměrný obsah sušiny v biomase a palicích % (2003 – 2005) Average content dry matter in biomass and cobs % (2003 – 2005)

Hustota v tis.ha ⁻¹ / hnojení N kg.ha ⁻¹	Hybrid					
	FAO 220		FAO 250		FAO 300	
	biomasa	palice	biomasa	palice	biomasa	palice
80/150	27,23	57,7	25,81	57,7	26,85	58,26
95/150	29,32	57,61	26,54	58,81	27,18	58,53
110/150	27,54	56,72	26,17	57,14	28,89	57,08

Příloha 2 – Tabulka č. 2: Průměrný výnos sušiny v biomase a palicích t.ha⁻¹ (2003 – 2005) Average yield dry matter in biomass and cobs t.ha⁻¹ (2003 – 2005)

Hustota v tis.ha ⁻¹ / hnojení N kg.ha ⁻¹	Hybrid					
	FAO 220		FAO 250		FAO 300	
	biomasa	palice	biomasa	palice	biomasa	palice
80/150	7,73	6,17	8,51	6,17	9,56	7,52
95/150	8,85	6,8	9,37	7,25	10,3	7,73
110/150	8,22	6,54	9,32	7,03	9,67	7,53

Příloha 3 – Tabulka č. 3: Celková energie z biopaliv v ČR v roce 2004 (dle statistik MPO ČR, 2005) uvedeno v UŠŤAK (2006)

Druh obnovitelného zdroje energie (OZE)	Energie v palivu na výrobu		Energie z OZE celkem (TJ)	Podíl na PEZ ² (%)	Podíl na energii z OZE (%)
	Tepla (TJ ¹)	Elektřiny (TJ)			
Biomasa (mimo domácnosti)	18 440	4 155	22 595	1,17	40,42
Biomasa (domácnosti)	19 500	--	19 500	1,01	34,88
Biomasa celkem	37 940	4 155	42 095	2,18	75,3
Tuhé komunální odpady	2 452	53	2 505	0,13	4,48
Bioplyn	1 288	814	2 102	0,11	3,76
Kapalná biopaliva	--	--	1 313	0,07	2,35
Biopaliva celkem	41 680	5 022	48 015	2,49	85,89

Poznámky: ¹ 1 TJ = 10¹² J; ² PEZ – primární energetické zdroje, v ČR přibližně 1 700 PJ za rok (1PJ = 10¹⁵ J)

Příloha 4 – Tabulka č. 4: Náklady na jednotku energie v závislosti na výnosu
sušiny silážní kukuřice

Výnos sušiny (t/ha)	Elektrická energie (Kč/kWh)	Tepelná energie (Kč/GJ)
10	2,30	256
13	1,80	204
16	1,50	172

Zdroj VÚZE

Příloha 5 – Obr. č. 1.: (*Zea mays L.*), ČÍŽ, zdroj: biom.cz, 8. 1. 2010)



Příloha 6 – Obr. č. 2.: a) Samičí květenství (palice, klasy), b) Samčí květenství (lata),
c) Kukuřice setá (*Zea mays* L.), zdroj: mendelu.cz



a)



b)



c)

Příloha 7 – Obr. č. 3: Typické složení sušiny kukuřičné siláže, ŠTAMBASKÝ (2009).



Příloha 8 – Obr. č. 4.: Zdroj: (<http://www.ewa.cz/pages1/565.htm>)



Fuzarióza



Sněť kukuřičná + Fuzarióza

Příloha 9 – Obr. č. 5.: Sklízecí proces, PSOTA, zdroj: szes.cz, 14. 9. 2009.

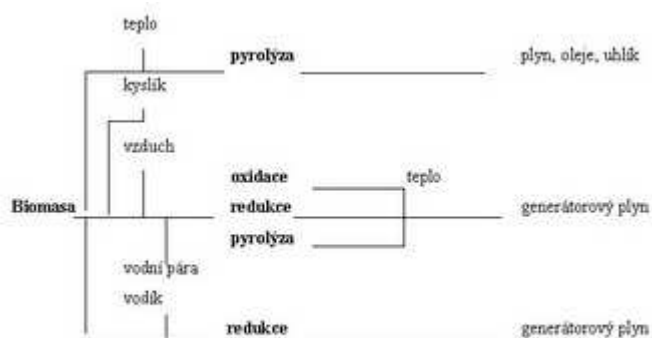


Příloha 10 - Obr. č. 6.: Silážování kukuřice, KOČMÁNEK, zdroj: szes.cz, 14. 9. 2009



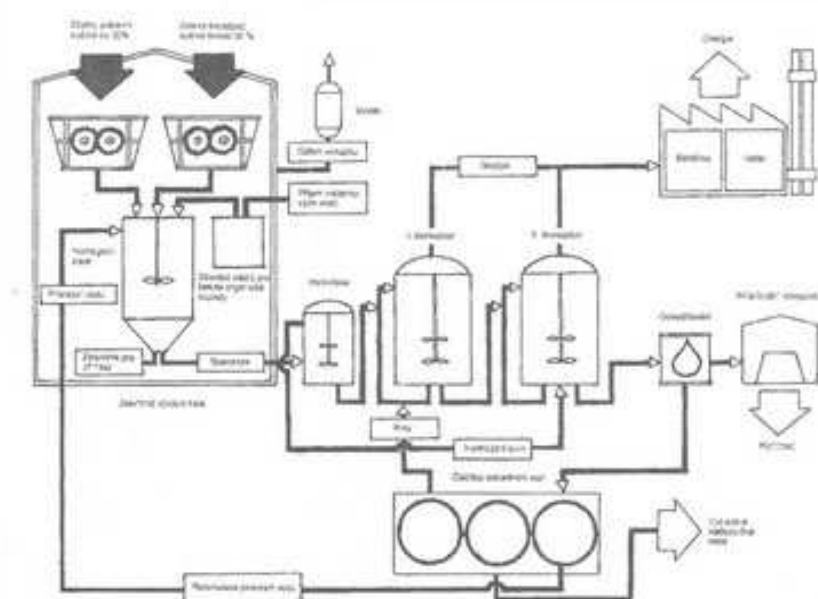
Příloha 11 – Obr. č. 7.: Proces zplyňování

Zdroj: <http://www2.zf.jcu.cz/~moudry/skripta/4/index.html>



Příloha 12 – Obr. č. 8.: Dvoufázový anaerobní proces

zdroj: <http://www2.zf.jcu.cz/~moudry/skripta/4/index.html>



Příloha 13 – Obr. č. 9: Bioplynová stanice, zdroj: biom.cz, 2009



Příloha 14 – Graf č. 1.: Praktické navýšení produkce bioplynu, zdroj: ŠTAMBASKÝ (2009).

