

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH  
BUDĚJOVICÍCH  
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: B 4131 Zemědělství

Studijní obor: Trvale udržitelné systémy hospodaření v krajině

Katedra: Rostlinné výroby a agroekologie

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

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Pěstování kukuřice pro výrobu bioplynu

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

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

Autor bakalářské práce: Marek Poslušný

České Budějovice, duben 2013

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Marek POSLUŠNÝ**  
Osobní číslo: **Z10393**  
Studijní program: **B4131 Zemědělství**  
Studijní obor: **Trvale udržitelné systémy hospodaření v krajině**  
Název tématu: **Pěstování kukuřice pro výrobu bioplynu**  
Zadávající katedra: **Katedra rostlinné výroby a agroekologie**

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

**Abstrakt:** Stručný popis řešeného tématu, jeho hospodářský, ekologický a ekonomický význam. Cíl práce. Stručný popis metodiky a způsobů řešení tématu. Přehled nejdůležitějších výsledků a doporučení, vyplývajících z řešené problematiky.

**Úvod a cíl práce:** Bakalářská práce bude zpracována formou literární rešerše, doplněné případně o tabulkové a grafické zpracování získaných údajů a o vlastní komentář (diskuzi) k literárním údajům. Cílem práce bude posouzení energetického využití kukuřice, vhodnosti vybraných hybridů pro pěstování na energetické využití s ohledem na pěstební technologii a posouzení vhodnosti různých způsobů zpracování a získávání energie. Stručný nástin hospodářského, ekonomického a ekologického významu tématu.

#### **Literární přehled:**

Charakteristika vhodných hybridů pro energetické účely. Agrotechnika. Sklizeň a výnos biomasy. Posklizňové zpracování a nároky na skladování. Technologie zpracování biomasy na bioplyn. Výtěžnost energie v biomase. Digestát. Bioplynové stanice. Tabulkové a grafické zpracování zjištěných hodnot a jejich vyhodnocení vhodnými grafickými metodami. Porovnání různých literárních údajů.

**Závěr:** Přehledné shrnutí nejdůležitějších poznatků a doporučení vyplývajících ze studované problematiky.

**Seznam použité literatury:** V abecedním řazení podle ČSN 01 01 97 Bibliografická citace.

**Obsah:** Uvedení stran jednotlivých kapitol práce.

Rozsah grafických prací: 5-10 stran

Rozsah pracovní zprávy: 30 stran

Forma zpracování bakalářské práce: tištěná

Seznam odborné literatury:

Zimolka, J. a kol.: Kukuřice - hlavní a alternativní užitkové směry. Praha. Profi Press, 2008, 200 s.

Haš, S. a kol.: Energie v zemědělství, SZN, Praha, 1985, 380 s.

Kára, J. a kol.: Výroba a využití bioplynu v zemědělství. VÚZT, Praha, 2007, 120 s.

Časopisy: Plant, Soil and Environment, Journal of Agrobiology, Úroda, Agromagazín

Internetové databáze: ISI Web of Knowledge, Scopus, Agris, Agricola, Agroweb

Vedoucí bakalářské práce:

**Ing. Romana Novotná, Ph.D.**

Katedra rostlinné výroby a agroekologie

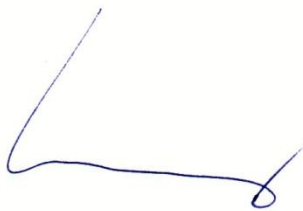
Konzultant bakalářské práce:

**Ing. Milan Kobes, Ph.D.**

Katedra rostlinné výroby a agroekologie

Datum zadání bakalářské práce: 31. ledna 2012

Termín odevzdání bakalářské práce: 15. dubna 2013



prof. Ing. Miloslav Šoch, CSc.

proděkan pověřený vedením ZF

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



prof. Ing. Vladislav Čurn, Ph.D.

vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 31. ledna 2012

## Prohlášení

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci na téma „Pěstování kukuřice pro výrobu bioplynu“ jsem vypracoval samostatně, pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě (v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Zemědělskou fakultou JU) elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

V Českých Budějovicích 11.4.2013

Marek Poslušný

## Poděkování

Děkuji paní Ing. Romaně Novotné Ph.D., za cenné rady a odborné vedení mé bakalářské práce.

Dále děkuji všem, kteří měli vliv na vznik této práce.

## **Abstrakt**

Ve své bakalářské práci se zabývám pěstováním kukuřice a její nezastupitelnou rolí při výrobě bioplynu v BPS z pohledu výběru vhodného hybridu pro dané výrobní podmínky. Toto alternativní využití kukuřice jako energetické plodiny je jedním z možných směrů, kterým se ubírají některé zemědělské podniky. S ohledem na využití stávajících technologií na výrobu kukuřičné siláže, s možností použití digestátu jako plnohodnotného hnojiva a především samotnou výrobou bioplynu se stabilizují tyto podniky po ekonomické stránce.

**Klíčová slova:** kukuřice, bioplynová stanice, siláž, energie, bioplyn

## **Summary**

In my bachelor`s thesis I deal with a corn growing and it`s irreplaceable role in a biogas production in BPS according to a suitable hybrid for given manufacturing conditions. The alternative use of corn as an energy plant shows one of the ways which are followed by some agricultural companies. With regard to use of current technologies for a corn silage production, and a possibility to use a biogas waste product as an adequate fertilizer and mainly the biogas production helps to stabilize the companies financially.

**Key words:** corn, biogas plant, silage, energy, biogas

## OBSAH

1. ÚVOD.....	9
2. LITERÁRNÍ PŘEHLED.....	11
2.1 Zemědělství a produkce energie.....	11
3. KUKUŘICE ( <i>ZEA MAYS</i> L.).....	12
3.1 Kukuřice – význam a historie této plodiny.....	12
3.2 Využití produkce kukuřice.....	12
3.3 Botanické rozdělení a biologická charakteristika.....	13
3.4 Vývoj (vývin) kukuřice.....	16
3.4.1 Klíčení obilky (zrna).....	16
3.4.2 Kořenový systém.....	17
3.4.3 Stéblo.....	17
3.4.4 Listy.....	18
3.4.5 Květenství kukuřice.....	19
3.5 Faktory uplatňující se při pěstování kukuřice.....	20
3.5.1 Abiotické faktory.....	20
3.5.1.1 Půda.....	20
3.5.1.2 Sluneční záření – světlo.....	21
3.5.1.3 Teplo.....	21
3.5.1.4 Voda.....	22
3.5.2 Biotické faktory.....	23
3.5.2.1 Fotosyntéza.....	23
3.6 Agrotechnika.....	25
3.6.1 Zařazení do osevního postupu.....	25
3.6.2 Prostředí.....	26
3.6.3 Zpracování půdy, výživa a hnojení.....	27
3.6.4 Výběr hybridu.....	34
3.6.4.1 Hybridy vyšlechtěné pro bioplyn.....	36
3.6.5 Zakládání porostů.....	39
3.6.6 Ošetření porostu během vegetace.....	42
3.6.7 Sklizeň a konzervace.....	48
3.6.7.1 Optimální termín sklizně.....	48
3.6.7.2 Požadavky na sklízecí techniku.....	49



3.6.7.3 Udusání.....	49
3.6.7.4 Požadavky na uskladnění.....	49
3.6.7.5 Silážní zralost.....	51
3.6.7.6 Hygienická nezávadnost.....	52
3.6.7.7 Technika odebrání hmoty.....	52
3.6.7.8 Stanovení ukazatelů kvality siláží.....	52
3.6.7.9 Hodnocení jakosti siláží.....	53
4. BIOPLYNOVÉ STANICE.....	54
4.1 Rozdělení bioplynových stanic.....	54
4.2 „Výživa“ bioplynových stanic.....	55
4.2.1 Substrát.....	56
4.3 Jak vzniká bioplyn.....	57
4.3.1 Anaerobní fermentace.....	58
4.3.2 Charakteristika bioplynu.....	59
4.3.3 Vlastnosti bioplynu a jeho složení.....	60
4.3.4 Výtěžnost bioplynu.....	60
4.4 Digestát.....	61
5. DISKUZE.....	64
6. ZÁVĚR.....	66
7. PŘEHLED POUŽITÉ LITERATURY.....	68
8. PŘÍLOHY.....	73

## 1. ÚVOD

Rostoucí spotřeba energie, pokles zásob fosilních paliv, s využíváním fosilních paliv spojené znečišťování životního prostředí a mnoho dalších faktorů jsou důvody, proč se společnost snaží nalézt co nejlepší způsoby využívání energie z obnovitelných zdrojů.

V sousedních zemích, Německu a Rakousku, již řadu let fungují bioplynové stanice zemědělského typu. Po roce 2000 se jako stále perspektivnější způsob získávání energie jeví využívání biomasy k energetickým účelům. V ČR byl usnesením vlády schválen scénář „Energetické politiky“ č. 50 z 12. ledna r. 2000, program úspor energie a využívání obnovitelných zdrojů.

Obnovitelné zdroje energie budou mít významný regionální přínos, ačkoliv se nestanou rozhodujícím výrobcem elektrické energie. Tímto pak klesnou i emise oxidu uhličitého v atmosféře, jež vznikají těžbou a užíváním fosilních paliv.

Nejvýznamnější jednoletou plodinou vhodnou k tomuto účelu je kukuřice na siláž. Díky svému vysokému výnosovému potenciálu patří kukuřice mezi nejpěstovanější plodiny nejen v naší republice, ale i na celém světě.

Oproti jiným plodinám ukládá kukuřice větší množství sluneční energie a přeměňuje ji na organickou hmotu, proto patří k rostlinám s efektivnější fotosyntézou. Pěstuje se především pro potravinářské a krmivářské účely.

V našich podmínkách není problém přejít na výrobu kukuřičné biomasy k energetickým účelům. Agrotechnika pro pěstování kukuřice je prověřená léty výroby kvalitní siláže, která se takřka shoduje s kukuřičnou biomasou pro bioplynové stanice. Podniky pěstující v současnosti kukuřici na siláž již mají veškerou potřebnou techniku i skladovací prostory. Je tedy nutné pouze vybrat správný hybrid kukuřice pro energetické účely, který bude pro místní podmínky a danou lokalitu nejvhodnější. Zároveň je nezbytné veškerou technologii pěstování kukuřice uplatňovat jako neměnný

celek – to znamená od zařazení do osevního postupu a předset'ové přípravy až po sklizeň a následné zpracování (NAVRÁTIL, 2009).

Při pěstování kukuřice musí být věnována dostatečná péče zejména zakládání porostu kukuřice. Pěstitel by se měl vyhnout nejčastějším chybám v podobě nevhodné hloubky setí, přehuštění porostu, zaplevelení kukuřice již ve fázi raného vývoje, přehnojení dusíkem či volbou nevhodného hybridu pro danou pěstitelskou oblast. S přibývajícím plochou kukuřice vzniká nebezpečí zařazení ploch na pozemky ohrožené erozí a zařazení kukuřice na stejný pozemek vícekrát po sobě (WOLLNER, 2011).

Cílem bakalářské práce je posouzení energetického využití kukuřice, vhodnosti vybraných hybridů pro pěstování na energetické využití s ohledem na pěstební technologii.

Bioplynové stanice využívají pro výrobu bioplynu proces anaerobní digesce. V této práci byla pozornost věnována bioplynovým stanicím zemědělského typu, jež zpracovávají kukuřičnou siláž.

V ČR nyní nastává boom v oblasti bioplynových stanic. Výstavba bioplynové stanice je sice finančně náročná záležitost, ale jak už bylo řečeno na začátku, získávání energie z obnovitelných zdrojů má nyní silnou politickou podporu, se kterou se počítá i do dalších let.

## **2. LITERÁRNÍ PŘEHLED**

### **2. 1 Zemědělství a produkce energie**

Využívání bioplynu ze zemědělských bioplynových stanic je významným prvkem pro diverzifikaci příjmů zemědělců, napomáhá řešit problematiku nezaměstnanosti na venkově i nezávislost zemědělských podniků na dodávkách energií. Příznivě působí zemědělské bioplynové stanice také v synergii se živočišnou výrobou, kdy kejda a hnůj jsou využívány jako vstupní suroviny do bioplynových stanic a pro přípravu ostatních vstupních surovin (siláž, senáž apod.) se využívají technologické linky v zemědělských podnicích. Rozvoj bioplynových stanic také pomáhá řešit úbytek organické hmoty v půdě v souvislosti s výrazným poklesem stavu zvířat, především skotu, tím, že výstup bioplynové stanice (digestát) je využíván jako hnojivo. To je v době převládajícího zastoupení obilovin v osevních postupech velmi důležité z pohledu udržování úrodnosti půd (DIVIŠ a KAJAN, 2010).

### **3. KUKUŘICE (*ZEA MAYS* L.)**

#### **3.1 Kukuřice – význam a historie této plodiny**

Význam kukuřice pro lidstvo je zřejmý z toho, že se dnes pěstuje v pěti světadílech. Objevením Ameriky se stala majetkem celého světa a spolu s pšenicí a rýží je nejdůležitější obilninou ve výživě lidí, dnes i významnou krmnou, průmyslovou a energetickou plodinou. Z porovnání osevních ploch, celkové sklizně a výnosů těchto tří hlavních obilnin vyplývá, že kukuřice je nejen nejproduktivnější, ale poskytuje zároveň nejlepší předpoklady pro další růst svých výnosů (ZIMOLKA a kol., 2008).

Nejpravděpodobnějším prapředkem kukuřice je planě rostoucí tráva teosinte (*Euchlaena mexicana*) s podobnými morfologickými znaky, o shodném počtu chromozomů a s dobrou křížitelností s kukuřicí. Příbuznost teosinte prokazuje i shoda výsledků elektroforetické analýzy bílkovin s kukuřicí (GRAMAN a ČURN, 1998).

S pěstováním kukuřice začali Aztékové, Mayové a Inkové před 5 600 lety (SKLÁDANKA, 2006).

Vysoké stáří plodiny prokazují jeskynní nálezy zbytků palic v její pravlasti (GRAMAN a ČURN, 1998).

Objevením Ameriky se stala kukuřice vlastnictvím celého světa. Do Čech se rozšířila přes Maďarsko a Slovensko (DIVIŠ, 2010).

U nás se pěstování kukuřice více rozšířilo až na začátku 20. století, zvláště se zaváděním hybridního osiva (ZIMOLKA a kol., 2008).

#### **3.2 Využití produkce kukuřice**

Existují tři hlavní linie pěstování kukuřice: kukuřice na zrno, kukuřice na siláž a kukuřice na zeleno.

Kromě těchto hlavních užitkových směrů se i u nás rozvíjejí další, alternativní formy zpracování produkce kukuřice. Jedná se zvláště o využití zrna v potravinářském průmyslu na výrobu škrobu, izoglukózy, tuku a olejů,

nových mlýnských a pekárenských produktů. Pro průmyslové zpracování slouží kukuřice jako surovina pro výrobu obnovitelných zdrojů energie (bioetanol, bioplyn, biomasa), jak uvádí ZIMOLKA a kol. (2008).

### 3.3 Botanické rozdělení a biologická charakteristika

#### **Kukuřice obecná (*Zea mays*)**

Podtřída: jednoděložné (*Monotyledonae*)

Řád: lipnicokvěté (*Poales*)

Čeleď: lipnicovité (*Poaceae*)

Skupina: kukuřicovité (*Maydeae*)

V botanickém systému je kukuřice (*Zea mays* L.) zařazena jako jednoletá rostlina, jednodomá, různopohlavní, typu rostlin diklinických s prašnikovými (samčími) a pestíkovými (samičími) květy, uspořádanými do oddělených květenství (laty a palice). Je cizoprašná (ZIMOLKA a kol., 2008).

Kukuřice je rostlinou, která v krátkém vegetačním období vytváří značné množství ústrojně hmoty vysoké energetické hodnoty. To znamená, že její nadzemní asimilační orgány i kořenový systém mají velkou schopnost přijímat energii a živiny z prostředí a přeměňovat je v organickou hmotu (VELICH a kol., 1994).

Vedle kukuřice obecné, tvrdé (*Zea mays* L. convar. *indurata*) se pěstuje kukuřice koňský zub (*Zea mays* L. convar. *indentata*), kukuřice polozubovitá (*Zea mays* L. convar. *aorista*), kukuřice pukancová – praskavá (*Zea mays* L. convar. *evarta*), kukuřice cukrová (*Zea mays* L. convar. *saccharata*), kukuřice vosková (*Zea mays* L. convar. *ceratina*), kukuřice škrobnatá (*Zea mays* L. convar. *amylacea*), kukuřice pluchatá (*Zea mays* L. var. *tunicata*) a jako zvláštní variety se ještě uvádějí kukuřice škrobocukrová (*Zea mays* L. convar. *amyleasaccharata*) a kukuřice pestrolistá (*Zea mays* L. var. *japonica*).

Největší význam z hospodářského hlediska má kukuřice koňský zub, kukuřice obecná (tvrdá) a kukuřice polozubovitá (DIVIŠ, 2010).

Kukuřice se dělí na dva hlavní typy podle typu zrna, který je dán rozdílným poměrem tvrdého (sklovitého) a měkkého (moučnatého) endospermu – flint a dent. Tvrdý endosperm potřebuje delší dobu na změknutí (bobtnání). Má tedy nižší degradovatelnost škrobu v bachoru, zbývající škrob se tráví ve střevě.

U zubových forem je tomu naopak. Zubové hybridy mají zpravidla vyšší číslo FAO, vyšší výnosový potenciál, avšak zpravidla také horší chladuvzdornost. Pro chladné oblasti jsou výhodnější hybridy se zrnem typu flint, které se vyznačují zpravidla nižším číslem FAO a také zpravidla nižším výnosovým potenciálem. V našich podmínkách se pěstuje celá škála hybridů s typem zrna od čistých forem typu dent přes řadu mezitypů až po čisté formy typu flint (TRINÁCTÝ a kol., 2012).

Kukuřice obecná, tvrdá (*Zea mays* L. convar. *indurata*) je velmi polymorfni a patří k nejstarším. Zrno má tvrdé, okrouhlé, lesklé, s moučnatým endospermem pouze ve střední části zrna. Okrajová část endospermu je sklovitá rohovitěho vzhledu. Zahrnuje odrůdy ranější s rychlejším růstem a vývojem v počátečních stádiích. Uvádí se též nižší výnos v porovnání s kukuřicí koňský zub.

Kukuřice koňský zub (*Zea mays* L. convar. *indentata*) má zrno vyznačující se nižší tvrdostí oproti kukuřici obecné. Má však nápadný tvar a strukturu. Má obvykle klínovitý tvar s malou jamkou nahoře. Po stranách je sklovité a tvrdé, vnitřní a horní část endospermu je měkká a moučnatá. Jamka vzniká vysycháním endospermu při zrání zrna. Odrůdy náležející do této variety jsou zpravidla pozdnější než kukuřice obecná, méně odnožující, jsou však výnosnější.

Většina dnes pěstovaných hybridů kukuřice vznikla z kukuřice obecné a koňského zuba (ZIMOLKA a kol., 2008).

Typy hybridů  $F_1$  uvádí GRAMAN a ČURN (1998). Jedná se o dvouliniové (single cross – Sc) – A x B; tříliniové (three way cross – Tc) – (A x B) x C; čtyřliniové (double cross – Dc) – (A x B) x (C x D) /písmena A – D značí izuchtované linie/; kombinované odrůdoliniové (O x linie), nebo linioodrůdové (linie x O), v sestavách Sc i Tc; tzv. backcrossové, zpětné

hybridy  $(A \times B) \times A$ ; a tzv. modifikované (s využitím sesterských linií na pozici mateřského, nebo otcovského komponenta, nebo na pozici obou komponentů: u Sc  $(A \times A^1) \times B$ , nebo  $(A \times A^1) \times (B \times B^1)$ , u Tc  $(A \times B) \times (C \times C^1)$ ).

Kukuřice má nároky na určitou intenzitu a délku osvětlení, a to v dané vývojové fázi (světelné stadium). Kratší světelný den urychluje kvetení, ale zmenšuje počet listů a výšku rostlin. Zemědělské výrobní oblasti (ZVO) charakterizují výrobní podmínky a využití zemědělského půdního fondu z hlediska půdně klimatických podmínek. Člení se do pěti výrobních oblastí a jednadvacet podoblastí.

Jako nejvhodnější pro pěstování kukuřice je výrobní oblast kukuřičná (KVO), která zahrnuje území ve velmi teplém a suchém klimatu s převahou nejproduktivnějších půd. Zabírá asi 6,7 % zemědělské půdy ČR s nadmořskou výškou do 250 m a průměrnými ročními srážkami 500 – 600 mm. Pěstují se hybridy s číslem FAO 300 až 400.

Další vhodná výrobní oblast je řepařská (ŘVO), která se vyznačuje teplým, mírně vlhkým klimatem a převahou nejproduktivnějších řepařských půd. V řepařských oblastech, pro které je typické lepší zásobení vodou, občas v květnu a počátkem června klesají noční teploty pod 10 °C, což limituje výběr hybridů. V nadmořských výškách 250 – 350 m tvoří 24,3% podíl zemědělského půdního fondu. Je vhodné tam pěstovat raný sortiment hybridů s flexibilním počtem řad zrn a zrn v řadě, které se s občasnými poklesy teplot dobře vyrovnávají.

Pro pěstování kukuřice je vhodná také výrobní oblast obilnářská (OVO) s mírně teplým klimatem až územím s výraznou klimatickou heterogenitou a vyšší členitostí terénu. Nadmořská výška je 300 - 600 m a s 40,5 % má největší podíl na zemědělském půdním fondu.

Podprůměrnými podmínkami pro pěstování kukuřice se vyznačuje výrobní oblast bramborářská (B) s mírně teplým, vlhkým až mírně chladným klimatem a výrazně členitým terénem v nadmořských výškách 400 - 650 m, která zaujímá 18,5 % půdního fondu. Doporučují se rychle dozrávající hybridy, tolerantní vůči chladu s FAO 190 až 220.



Výrobní oblast pícninářská (P) má mírně chladné až chladné klima v nadmořské výšce nad 600 m, zatím je hodnocena jako víceméně nevhodná pro pěstování kukuřice (TŘINÁCTÝ a kol., 2012).

### **3.4 Vývoj (vývin) kukuřice**

#### **3.4.1 Klíčení obilky (zrna)**

Obilka je bez rýhy, HTS 300 – 350 g ([www.biomasa-info.cz](http://www.biomasa-info.cz); staženo dne 2. 12. 2012).

Ke klíčení obilky kukuřice dochází v důsledku komplexního projevu biochemických, fyziologických a morfologických pochodů. Začíná klíčit za vyhovujících tepelných a vlhkostních podmínek ve vzduchu i v půdě. V laboratorních podmínkách bývá doba klíčení pět až šest dní, v polních podmínkách sedm až deset dní, v teplé a vlhké půdě může vyklíčit i za pět dní. V současné době vyšlechtěné odrůdy mohou klíčit již při 5,5 °C. Nejnižší obsah vody v zrně, při kterém dochází k růstu kořínků, je 57 % při teplotě 30 °C. Při teplotě 12 °C je to již 75 %. Růstový vrchol začíná růst při obsahu vody o 7 – 10 % vyšším než má kořínek. Problematikou pronikání vody do zrna při klíčení se zabývalo mnoho badatelů. Zjistili, že za normálních podmínek klíčení voda proniká do zrna nejen přes osemení a klíček (zárodek), nýbrž celým povrchem zrna. Sací mechanismus vznikající bobtnáním zrna má pro příjem vody nepodstatný význam. Na úzkých zaoblených místech se silnějším oplodím proniká voda do zrna pomaleji než na rovných či zploštělých částech. Zde tedy hraje roli i tvar a stavba zrna. Pletiva v klíčku mají vyšší sorpční schopnost pro vodu, než ostatní pletiva v zrně.

Při klíčení se začnou nejdříve prodlužovat buňky koleorhizy, která pronikne oplodím, načež se její růst zastaví. Současně s aktivizací koleorhizy se aktivuje základ primárního (zárodečného) kořínku. Ten na rozdíl od koleorhizy pokračuje v růstu, až pronikne do půdy. Na opačné straně embrya (zárodku) vyrůstá nahoru koleoptile. I tato pochva, stejně jako koleorhiza, má omezený růst. Otvorem na jejím vrcholu prorůstá ven první asimilující list.

Základy dalších embryonálních kořenů prorůstají oplodím nejdříve směrem vzhůru, později se ohýbají. Klíček je ve fázi klíčení vyživován z endospermu prostřednictvím klíčku. Další vývoj klíčení rostliny pokračuje tvorbou nadzemních i podzemních vegetativních orgánů (ZIMOLKA a kol., 2008).

### **3.4.2 Kořenový systém**

Kukuřice vytváří svazčitý kořenový systém, jehož provazčité kořeny pronikají poměrně hluboko do půdy, podle stanovištních podmínek 1,5 – 3 i více metrů, a zajišťují zásobování vodou ze značné hloubky. Převážná část jemných kořínků je však rozložena mělce v orniční vrstvě do 20 cm, kolem stébla v okruhu okolo 100 cm i více (ZIMOLKA a kol., 2008).

Kořeny kukuřice se dle svého původu rozdělují na primární a sekundární. Primární kořenovou soustavu tvoří kořeny, které se zakládají již v zárodku, sekundární kořenovou soustavu tvoří soubor stonkových adventivních kořenů (DIVIŠ, 2010).

Rychlost tvorby kořenů je v počátečním růstovém období velká. Kukuřice zakořeňuje do hloubky 300 – 400 mm již v prvních čtyřech týdnech po vzejití, tj. v době, kdy vytváří dva až tři listy. Kromě funkčních adventivních kořenů může kukuřice vytvářet vzdušné kořeny, které ji chrání před polehnutím (kořeny opěrné). Jsou-li v kontaktu s kyprou půdou, mohou rostliny i vyživovat a dokáží zužitkovat srážky (i rosu), zvláště ve druhé polovině léta. Ty vznikají v bazálním interkalárním meristému spodního článku stébla. Bývají hojnější a silnější u vzrůstnějších hybridů a za vlhkého počasí (ZIMOLKA a kol., 2008).

### **3.4.3 Stéblo**

Stéblo kukuřice je plné (vyplněno dřevem) a je současně zásobním orgánem. Stéblo kukuřice je rozdělené kolénky (nody) na články (internodia). Články stébla nejsou stejně dlouhé. Nejkratší jsou bazální články (DIVIŠ, 2010).

Počet nadzemních článků a kolének je podmíněn délkou vegetační doby (ranosti hybridu) a stanovištními podmínkami. U současných hybridů jich bývá okolo 11 až 15 (ZIMOLKA a kol., 2008).

Výška stébla se v našich podmínkách v závislosti na hybridu pohybuje od 2,1 do 3 m. (DIVIŠ, 2010).

Výška stébla ve stejných podmínkách může být ukazatelem ranosti hybridu a kromě toho bývá ovlivněna stanovištěm, zejména úrodností půdy, zásobením živinami a vodou, teplotou, délkou dne i organizací porostu (ZIMOLKA a kol., 2008).

### 3.4.4 Listy

Kukuřice má listy široké, dlouze kopinaté (ZIMOLKA a kol., 2008).

Podle postavení a počtu v jednom nodu má kukuřice jeden list v nodu - listy střídavé (alternus; alternate; wechselständig). Dvouřadé upořádání listů, distichie (distichus; distichous; distich) je postavení, kdy následující list je na opačné straně stonku než předchozí – listy ve 2 řadách. Tento typ se vyskytuje hlavně u jednoděložných rostlin (*Poaceae*), jak udává webová stránka [www.botanika.bf.jcu.cz/morfologie/MorfologieList.htm](http://www.botanika.bf.jcu.cz/morfologie/MorfologieList.htm) (staženo dne 3. 3. 2013)

Listová čepel je široká s nápadným středním žebrem. Povrch je slabě ochlupený. Listovou pochvou přisedá list ke stéblu. Počet listů je odrůdový znak a je rozdílný v závislosti na ranosti hybridů. Nejméně listů mají velmi rané hybridy (8 – 10), nejvíce pozdní hybridy (DIVIŠ, 2010).

Žlábkovité, šikmo vzhůru postavené listy umožňují kukuřici využít i nepatrných srážek (včetně rosy) a odvádět je ke kořenům. Listy mají hodně průduchů (stomat) se dvěma svěřacími buňkami. Velikost, tj. délka, šířka a plocha listů kukuřice, je rozdílná a zvětšuje se s pořadím jejich tvorby odspodu až ke čtvrtému listu, který patří ke skupině největších, a směrem k vrcholu opět klesá. Na vrchní straně listové čepele se v menších odstupech nacházejí skupiny nápadně velkých tenkostěnných elastických buněk (cellulae bulliformes), které jsou ponořeny hluboce do mezofylu. Tyto buňky při nabobtnání – zvyšování turgoru list rozvinují, při ztrátě turgoru (horké a

suché počasí) zavínají, a tím částečně regulují transpiraci. (ZIMOLKA a kol., 2008).

Podle postavení listu k povrchu půdy rozeznáváme typ planofilní (horizontálně postavený list) a typ erektofilní (vertikálně postavený list), jak uvádí SKLÁDANKA (2006).

### 3.4.5 Květenství kukuřice

Stavbou květenství se kukuřice výrazně liší od jiných lipnicovitých druhů (ZIMOLKA a kol., 2008).

Kukuřice patří mezi rostliny jednopohlavné a jednodomé. Samčí tyčinkovité květy tvoří klásky v latách. Samičí pestíkovité květy vytváří palice. Je to klas s hrubou hlavní osou, na které jsou zrna v řadách. Počet řad je obvykle od 8 do 16 (DIVIŠ, 2010).

Palice je tvořena větvením. Do podélně uspořádaných jamek větvením přisedají klásky. Klásky jsou dvoukvěté (jeden klásek je plodný a jeden neplodný). Větvením palice je obaleno listeny (SKLÁDANKA, 2006).

Pokud nastane situace, kdy dojde k opylení obou květů, vzniká anomálie, která se projevuje nepravidelností zrnových řad.

Lata kvete 4 – 5 dnů, u linií vytváří okolo 25 tisíc a u hybridů přes 1 milion pylových zrn. Pyl má velké zrno, je životný asi 24 hod., životnost rychle ztrácí zejména při vysokých teplotách. Při kvetení pronikají nitkové čnělky listeny palice. Nejdelší čnělky jsou z nejspodnějších květů, nejkratší z horních květů. Palice kvete 5 – 10 (u hybridu 10 – 12) dnů, je schopna opylení do 20 dnů, oplození nastává za 17 – 28 hod. po opylení (GRAMAN a ČURN, 1998).

## **3.5 Faktory uplatňující se při pěstování kukuřice**

### **3.5.1 Abiotické faktory**

Jako abiotické se nazývají přírodní jevy a vlivy, které jsou nezbytné pro vzejití a správný růst kukuřice. Jejich vliv je důležitější pro realizaci dobrého výnosu než vliv faktorů biotických. Bez abiotických faktorů by ani porost nevzešel.

Vnější faktory jsou soubor jevů a přírodních úkazů, které mají přímý vliv na život rostlin. Z půdy rostlina získává vodu a živiny v ní obsažené. Světlo – světelné záření je neméně důležité pro život rostliny, avšak jeho takřka nekonečná nepřetržitá dodávka z něj dělá méně důležitý faktor (NAVRÁTIL, 2009).

#### **3.5.1.1 Půda**

Nároky na půdu jsou závislé na oblasti pěstování (SKLÁDANKA, 2006).

Na půdní podmínky není kukuřice příliš náročná. Nejvhodnější jsou půdy hluboké, dobře zpracovatelné, strukturní, s dobrou přirozenou úrodností a neutrální reakcí. K nejvhodnějším patří černozemní půda humózních, vápnem bohatých aluviálních náplav, nepřilíš těžkých a hnědozemní půda v chráněných polohách a na jižních svazích (SVOBODA, 2004).

V bramborářské a chladnější řepářské výrobní oblasti preferuje půdy hluboké, hlinité, výhřevné s dostatkem humusu. Snáší i půdy slabě kyselé nebo slabě zásadité. Na půdách s  $\text{pH} < 5$  se snižuje výnos rostlinné hmoty až o 30 %. Nevyhovují jí půdy kamenité, zamokřené a mrazové kotliny nebo pozemky erozně ohrožené (SKLÁDANKA, 2006).

Kukuřice nemá vyhraněné požadavky na půdní reakci (SVOBODA, 2005).

### 3.5.1.2 Sluneční záření – světlo

Záření je šíření energie prostorem. Sluneční záření je mimořádně významným faktorem určujícím klimatické podmínky na naší planetě (PROCHÁZKA a kol., 1998).

Kukuřice má nároky na určitou intenzitu osvětlení, ale také na délku osvětlení v dané vývojové fázi. Kratší světelný den urychluje kvetení, ale zmenšuje počet listů a výšku rostlin. Pro využití dopadajícího světla je důležité rozmístění rostlin v porostu (hustší porost znamená větší rostliny). Pozdní výsev se odráží na špatném nasazení palic (SKLÁDANKA, 2006).

Dále viz. kap. 3.5.2.1 Fotosyntéza

### 3.5.1.3 Teplo

Důležitá pro kukuřici je teplota. Průměrná teplota by měla být kolem 13 °C. Suma teplot v průběhu celého životního cyklu by měla být od 1 700 do 3 120 °C. Suma teplot se snižuje u raných hybridů kukuřice (využití ve vyšších polohách). Kukuřice je citlivá na kolísání teplot v průběhu vegetačního období (SKLÁDANKA, 2006).

Hybridy kukuřice se pro účely registrace zkouší buď pro využití na siláž nebo na zrno či současně pro oba tyto způsoby. Vzhledem k velkým rozdílům mezi odrůdami v délce vegetační doby je zkoušení rozděleno do čtyř skupin (sortimentů) dle ranosti:

Tab. č. 1: Hybridy na siláž ([www.ukzuz.cz](http://www.ukzuz.cz); staženo dne 2. 12. 2012)

<b>Hybridy na siláž / Sortiment</b>	<b>Číslo ranosti <sup>*)</sup></b>	<b>Spon</b>
VR – velmi raný	do 220	70 x 15
R – raný	220 – 260	70 x 15
SR – středně raný	260 – 300	70 x 15
SP – středně pozdní	nad 300	70 x 15,5

\*) Od roku 1999 ÚKZUZ vyjadřuje ranost odrůd kukuřice dle metodiky vypracované a ověřené německým Spolkovým odrůdovým úřadem

(Bundessortenamt). U zrnové kukuřice číslo ranosti odpovídá klasickému „FAO číslu“, u kukuřice na siláž se však namísto sušiny zrna odvozuje číslo ranosti od sušiny celé rostliny. Tím je ranost silážních odrůd vyjádřena objektivněji, neboť rychlost dozrávání (sesychání) palice a ostatních částí rostliny může být u různých typů hybridů rozdílná.

Ranost je doba do květu blizen (dny) – počet dnů od setí do květu blizen (kvete 50 % rostlin na parcele), jak uvádí [www.ukzuz.cz](http://www.ukzuz.cz); staženo dne 2. 12. 2012.

V současné době ranost hybridu ukazuje tzv. číslo FAO. 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, čísla FAO je u stejného hybridu v různých státech rozdílné. Hybrid Benicia (PR38 F70) má číslo FAO v České republice, 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.

V posledních letech se začíná situace v České republice zlepšovat a u hybridů se začíná udávat číslo ranosti FAO na siláž S a na zrno Z. A opět ten samý hybrid Benicia (PR38 F70) má v Německu číslo FAO na siláž 280 a na zrno 250 a v České republice číslo FAO 300S a 280Z. To nám alespoň pomáhá v orientaci, zda daný hybrid je z hlediska sklizně na siláž rychle, rovnoměrně nebo pomalu dozrávající (tzv. stay green hybrid), jak uvádí ZIMOLKA a kol. (2008).

#### **3.5.1.4 Voda**

Vysoké nároky má kukuřice na vláhu. Transpirační koeficient je 256. Transpirační koeficient udává, kolik gramů vody musí rostlina vypařit, aby vytvořila 1g sušiny, jak udává [www.priroda.cz](http://www.priroda.cz) (staženo dne 3. 1. 2013).

Nadbytek vláhy a nedostatek vzduchu v půdě se projeví na barvě listů (světlá barva) a na tvorbě zakrnělých palic.

Rychlost růstu při klíčení je závislá na příjmu vody (SKLÁDANKA, 2006).

### **3.5.2 Biotické faktory**

#### **3.5.2.1 Fotosyntéza**

Rostliny představují otevřené systémy, v nichž dochází k trvalé výměně prvků a látek ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ , minerální živiny), energie a informací s okolím (PROCHÁZKA a kol., 1998).

Kukuřice vykazuje v porovnání s jinými zemědělskými plodinami vysoké nároky na teplo a dále se vyznačuje dobrým využitím sluneční energie. S tím je spojena i odlišná cesta asimilace oxidu uhličitého a efektivnější využití přijatých živin na tvorbu výnosu (ZIMOLKA a kol., 2008).

Kukuřice patří mezi rostliny typu  $\text{C}_4$ . Cesty utilizace a přeměn uhlíku jsou biologií fotoautotrofní rostliny. Uhlík je přijímán u všech rostlin ve formě  $\text{CO}_2$  průduchy listů a v malém množství i kořeny jako aniont  $\text{HCO}_3^-$ . V průběhu fotosyntézy je světelná energie absorbována chloroplasty a přijímána molekulami chlorofylu a dalších aktivních pigmentů na adenzindifosfát (ADP), z něhož vzniká energeticky bohatší adenzintrifosfát (ATP). Ve druhé fázi dochází k vlastní vazbě  $\text{CO}_2$  do organických sloučenin. Tato reakce probíhá ve tmě a vlastním akceptorem  $\text{CO}_2$  je u rostlin typu  $\text{C}_3$  ribulosadifosfát a u rostlin  $\text{C}_4$  fosfoenolpyruvát (PEP).

Primární fixace  $\text{CO}_2$  enzymem Rubisco je typickým rysem fotosyntézy rostlin typu  $\text{C}_3$ . Výrazně odlišný způsob fotosyntetické redukce  $\text{CO}_2$  se vyskytuje u rostlin  $\text{C}_4$ . Zde dochází k vazbě  $\text{HCO}_3^-$  na fosfoenolpyruvát enzymem fosfoenolpyruvátkarboxylázou (PEP karboxyláza, PEPc) za vzniku oxalacetátu, tedy čtyřuhlíkaté sloučeniny, a proto označení rostlin jako  $\text{C}_4$ .



PEPc je cytozolový enzym přítomný ve vyšších rostlinách, řasách, sinicích i bakteriích. V nefotosyntetických systémech má anaplerotické funkce. Jeho uhlíkovým substrátem je  $\text{HCO}_3^-$ . Ve vlastní reakci však nejprve váže  $\text{Mg}^{2+}$ , potom PEP a nakonec  $\text{HCO}_3^-$ . Vyskytuje se v mnoha izoformách.

Bylo prokázáno, že i rostliny C4 mají všechny enzymy Calvinova cyklu. Fixace  $\text{CO}_2$  zde probíhá doslova dvakrát. Atmosférický  $\text{CO}_2$  je nejprve fixován v buňkách mezofylu, a to v cytoplazmě PEPkarboxylázou. Vzniklý oxalacetát se mění na malát nebo aspartát (podle druhu rostlin) a je pak transportován do buněk pochev cévních svazků. Zde je dekarboxylací uvolněn  $\text{CO}_2$  a znovu fixován, tentokrát cyklem Calvinovým.

Metabolismus C4 zahrnuje sérii reakcí v cytoplazmě, mitochondriích a chloroplastech včetně transportu intermediárních produktů mezi intracelulárními kompartmenty i mezi sousedními buňkami. Tento metabolismus je tedy spjat i se specifickou anatomickou strukturou listu. Buňky pochev cévních svazků mají silné stěny s minimem intercelulár. Přitom jsou četnými plazmodezmami propojeny s buňkami mezofylovými. A konečně stěny buněk na rozhraní mezi parenchymatickou pochvou a mezofylem vytvářejí silnou suberinovanou lamelu, představující výraznou bariéru difuzi  $\text{CO}_2$ , který je uvolňován při dekarboxylaci.

Specifita metabolismu rostlin C4 spočívá tedy i v tom, že představuje funkční spojení přenosu  $\text{CO}_2$  do buněk pochev cévních svazků s jeho hromaděním v místech karboxylace RuBP-karboxylázou.

Tímto způsobem dosahuje komplex strukturních a funkčních znaků rostlin C4 rychlé prvotní fixace  $\text{CO}_2$  buňkami mezofylu i při nízkých koncentracích  $\text{CO}_2$  a na druhé straně při nezměněných vnějších podmínkách zajišťuje srovnatelné rychlosti fixace  $\text{CO}_2$  v buňkách pochev cévních svazků. Dalším důsledkem je potlačení fotorespirace.

V průběhu růstu listu rostliny C4 dochází k významným změnám v podílu primární fixace  $\text{CO}_2$  enzymem Rubisco a enzymem PEPc (PROCHÁZKA a kol., 1998).

Kukuřice ve srovnání s C3 rostlinami má efektivnější fotosyntézu. Vděčí za to přidatnému cyklu biochemických reakcí, jež jim dovolují koncentrovat v rostlinných pletivech oxid uhličitý. C3 rostliny nejsou s to „nakrmit“ klíčový fotosyntetický enzym Rubisco takovou dávkou oxidu

uhličitého, jakou by vyžadoval. C4 rostliny jsou v tomto ohledu mnohem výkonnější. Kukuřice a další C4 rostliny se prosazují především ve velmi dobrých světelných podmínkách a dobře se jim daří v teplém klimatu. V chladnějším podnebí svůj potenciál neuplatní. V mírném pásu se proto kukuřice vysévá poměrně pozdě a rostliny promarní příznivé světelné podmínky jarních dnů.

Principálně je celkem jednoduché zvýšit produkci enzymu PPK i u kukuřice. Pokud by se to podařilo, získali bychom linie kukuřice s výrazně prodlouženou vegetační sezónou (PETR, 2008).

## **3.6 AGROTECHNIKA**

### **3.6.1 Zařazení do osevního postupu**

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 chladnějším 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. Kukuřice na siláž i na zrno bývá také často předplodinou pro ječmen jarní, který tak vhodně využívá starou půdní sílu (ZIMOLKA a kol., 2008).

Při pěstování po sobě se za účelný považuje dvouletý až tříletý sled kukuřice. Ani na úrodné půdě se nedoporučuje pěstování po sobě více než pět až šest let (SVOBODA, 2004).

Při současných tržně orientovaných osevních sledech s vysokým podílem obilnin a olejnin se opakované pěstování kukuřice po kukuřici často uplatňuje. Při dlouhodobějším pěstování kukuřice po sobě je nezanedbatelné rozšiřování škůdců. Patří k nim hlavně zavíječ kukuřičný (*Ostrinia nubilalis*) a bázlivec kukuřičný (*Diabrotica virgifera virgifera*).

Typickým článkem osevního postupu je kukuřice zařazená mezi dvě obilniny (pšenice ozimá – kukuřice na siláž /zrno/ - ječmen jarní), dále pak dvouleté pěstování kukuřice po sobě mezi dvěma obilninami (ječmen jarní – kukuřice na zrno – kukuřice na siláž – pšenice ozimá). Méně častým článkem osevního postupu je vojtěška – kukuřice na zrno /siláž/ - ječmen jarní nebo jetel – kukuřice na siláž (ZIMOLKA a kol., 2008).

### **3.6.2 Prostředí**

Jako teplomilná kulturní rostlina vyžaduje spíše teplejší stanoviště a pozitivně reaguje na jarní oteplování. S vyšší teplotou půdy (od 8 °C) rychle klíčí, vzchází a její vývoj je celkově rychlejší. Tyto vlivy se pak promítají na jejím výnosu a kvalitě.

Kukuřice je pěstována ve všech výrobních oblastech a téměř na všech půdních druzích a typech, které mají v severnějších, chladnějších oblastech pH 5,5 – 6,2 s lehčí půdou, která se rychleji ohřeje, s dobře rozdělenými srážkami a v teplejších oblastech s půdou bohatou na humus

s dostatečnou zásobou živin a vláh s pH 6,5 – 7,0 (černice, černozemě, hnědozemě), jak udává HRUBÝ (2001).

### 3.6.3 Zpracování půdy, výživa a hnojení

Při pěstování kukuřice po obilninách předchází orbě podmítka. Ta se provádí v co nejkratší době po sklizni. Po podmítce následuje střední orba do hloubky 0,22 m, kterou jsou zpravidla do půdy zapravována organická a minerální hnojiva. Jarní příprava půdy pro kukuřici musí zabezpečit rychlé prohřátí půdy, zajistit dostatek vzduchu pro klíčení osiva a současně šetřit půdní vodou. Hloubku přípravy půdy je nutné volit pouze do hloubky setí (ZIMOLKA a kol., 2008).

Při jarní přípravě půdy se snažíme vyvarovat použití smyků. Používáme brány nebo kombinátory (kompaktory). Snažíme se půdu neutužit a nepřerušit, prokypřit jen na hloubku setí (5 – 10 cm), nenarušit půdní kapilaritu a přirozenou výměnu vzduchu (SVOBODA, 2004).

Z hlediska ochrany půdního a životního prostředí je používání minimalizačních technologií zpracování půdy ke kukuřici žádoucí. Významné je především omezení eroze půdy a ztrát pohyblivých forem dusíku z půdního prostředí do podzemních vod. U technologických postupů s výsevy kukuřice do meziplodin je navíc půda obohacována o snadno rozložitelnou organickou hmotu meziplodin, což zvyšuje mikrobiální aktivitu půdy. Organická hmota z kořenů a nadzemních částí meziplodin dále zlepšuje fyzikální, zejména strukturní stav půdy.

Problémem při využívání minimalizačních technologií u kukuřice je nedostatečné prohřívání půdy v jarním období (v době setí a počátečních fázích růstu a vývoje). To může oddálit termín výsevu, zpomalit vzcházení a počáteční růst kukuřice. Vlhkostní podmínky půdy při nižší intenzitě zpracování jsou naopak příznivější než po orbě.

Problémy možného poklesu výnosů kukuřice při používání minimalizačních technologií v chladnějších podmínkách a na těžší půdě lze do určité míry řešit používáním hlubšího kypření půdy na podzim (PROCHÁZKOVÁ a kol., 2005).

Kukuřice se vyznačuje velmi pomalým počátečním růstem a v té době malým příjmem živin (SVOBODA, 2005).

Množství živin potřebných na produkci jedné tuny zrna a odpovídajícího množství slámy, resp. jedné tuny silážní hmoty, udává tab. č. 2.

Tab. č. 2: Normativní potřeba živin pro kukuřici (VANĚK a kol., 2007)

	N ( kg.t <sup>-1</sup> )	P ( kg.t <sup>-1</sup> )	K ( kg.t <sup>-1</sup> )	Ca ( kg.t <sup>-1</sup> )	Mg ( kg.t <sup>-1</sup> )	S ( kg.t <sup>-1</sup> )
Silážní hmota	3,4- 4,0	0,7 – 0,9	2,9 – 3,7	0,9 – 1,3	0,3 – 0,6	0,4, - 0,5

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

Počátek vegetace je u kukuřice charakterizován velmi malým růstem a také nízkým odběrem živin. První měsíc svého růstu kukuřice odčerpá z hektaru 3,3 – 5,6 kg N, kdežto před mléčnou zralostí toto množství dusíku přijme za jeden den. Při výšce porostu 0,4 – 0,5 m a hmotnosti jedné rostliny kolem 50 g sušiny kukuřice již odčerpala 132 kg N, 15,4 kg K, 17,6 kg Ca a 10,1 kg Mg. Před objevením laty přijme až 75 % všech živin. V těchto vývojových fázích má kukuřice vedle velkých požadavků na dusík ještě větší nároky na draslík.

Kukuřice nemá zvlášť vyhraněné požadavky na půdu. Větší výnosovou jistotu poskytují půdy středně těžké až těžké s půdní reakcí od pH 5,6 do 7,0. Vyloučit je třeba půdy extrémní, značně štěrkovité, s vysokou hladinou podzemní vody. Nejlepšími půdami pro její pěstování jsou černozemě, degradované černozemě, hnědozemě, illimerizované hnědozemě a rendziny. Nejedná se však o půdy těžké, jílovité, ale spíše o půdy hlinité nebo písčitohlinité čili středně těžké. Obecně vyžaduje půdy strukturní, středně hluboké až hluboké s dostatečným obsahem humusu a hlubokým půdním profilem.

V případě, že půda má půdní reakci kyselou až silně kyselou, provádí se její úprava vápněním již k předplodinám nebo ihned po jejich sklizni. Na kyselých půdách je výrazně redukován nejen příjem všech živin a tvorba biomasy, ale hlavně výnos zrna.

Půdní reakce se hodnotí podle tab. č. 3 a dávka vápenatého hnojiva se volí podle tab. č. 4.

Tab. č. 3: Kritéria hodnocení půdní reakce (ZIMOLKA a kol., 2008)

<b>Hodnota pH</b>	<b>Půdní reakce</b>
do 4,5	extrémně kyselá
4,6 – 5,0	silně kyselá
5,1- 5,5	kyselá
5,6 – 6,5	slabě kyselá
6,6 – 7,2	neutrální
7,3 – 7,7	alkalická
nad 7,7	silně alkalická

Tab. č. 4: Roční normativy dávek CaO (t.ha<sup>-1</sup>) pro ornou půdu (ZIMOLKA a kol., 2008)

Lehká půda		Středně těžká půda		Těžká půda	
pH	CaO	pH	CaO	pH	CaO
do 4,5	1,20	do 4,5	1,50	do 4,5	1,70
4,6 – 5,0	0,80	4,6 – 5,0	1,00	4,6 – 5,0	1,25
5,1 – 5,5	0,60	5,1 – 5,5	0,70	5,1 – 5,5	0,85
5,6 – 6,0	0,30	5,6 – 6,0	0,40	5,6 – 6,0	0,50
		6,1 – 6,5	0,20	6,1 – 6,5	0,25

K vápnění jsou používány výhradně uhličitanové formy vápenatých hnojiv a tam, kde je v půdě nedostatek hořčíku, je preferován dolomitický vápenec. Při stanovení dávky vápenatého hnojiva se vychází z hodnoty pH/KCl nebo pH/CaCl<sub>2</sub> a je zohledňován půdní druh viz tab. č. 5. Je možné se orientovat i podle obsahu přístupného vápníku v půdě (tab. č. 5). Přitom je nutno dbát, aby u všech půdních druhů byla zásoba dobrá, a tím se předešlo jak možným nedostatkům vápníku v rostlinách, tak i přehnojení (ZIMOLKA a kol., 2008).

Tab. č. 5: Hodnocení obsahu přístupného vápníku podle Mehlicha III (kg.ha<sup>-1</sup>) (ZIMOLKA a kol., 2008)

Obsah	Půda		
	Lehká	Středně těžká	Těžká
Nízký	do 1 000	do 1 100	do 1 700
Vyhovující	1 001 – 1 800	1 001 – 2 000	1 701 – 3 000
Dobrý	1 801 – 2 800	2 001 – 3 300	3 001 – 4 200
Vysoký	2 801 – 3 700	3 301 – 5 400	4 201 – 6 600
Velmi vysoký	nad 3 700	nad 5 400	nad 6 600

Případný negativní vliv předplodiny lze snadno vyrovnat hnojením organickými (například zeleným hnojením nebo vhodnou meziplodinou) a průmyslovými hnojivy (HOFMANOVÁ, 2006).

Statková hnojiva zauímají ve výživě kukuřice jedno z nejvýznamnějších postavení, neboť jejich aplikací se vpravuje do půdy velké množství organických látek, základních živin a důležitých mikroelementů a stopových prvků. Jejich vliv na udržování půdní úrodnosti je nenahraditelný (KOVAEVIC a kol., 2004).

Nejrozšířenějším statkovým hnojivem je hnůj, kukuřice je plodinou, která ho umí dobře využívat prostřednictvím půdy, do které je zapraven. Kvalitním hnojem se snižuje potřeba využívání aplikace průmyslových hnojiv, čímž se podstatně zvyšuje rentabilita jejího pěstování vzhledem ke stoupajícím cenám průmyslových hnojiv. Při bilancování živin je třeba vědět, že celkový obsah živin z hnoje se v období dvou let využije u dusíku ze 60 %, a u fosforu a draslíku z 80 %.

K dalším ztrátám dochází při aplikaci na pozemek nezapravením hnoje do půdy. Za jeden den dochází ke ztrátě až 20 % živin a za tři dny dokonce až 40 %. Je třeba proto věnovat pozornost nejen na kvalitu hnoje, ale i na skladování a okamžitému zapravení po aplikaci na pozemek (KADAR a kol., 2000).

Z organických hnojiv můžeme vedle chlévského hnoje využít i kejdu. Kukuřice je jednou z nejvhodnějších plodin pro využití kejdy, kterou můžeme aplikovat v podzimním i jarním období, ale také přihnojování během vegetace. O agrotechnickém účinku kejdy rozhoduje hlavně její kvalita a z hlediska termínu aplikace jsou podstatné půdní podmínky. Na střední až těžké půdě je vhodnější podzimní aplikace, na lehčí půdě dáváme přednost jarní, kdy je také vyšší účinnost kejdy (HOFMANOVÁ, 2006).

Při hnojení kukuřice se zejména na půdě s nižší úrodností používají organická hnojiva. Běžné dávky chlévského hnoje jsou do 40 t/ha aplikované při základním zpracování půdy na podzim (SVOBODA, 2005).

Kukuřice je řazena mezi plodiny, které velmi pozitivně reagují na hnojení kejdou nebo močůvkou. Zvláště vhodné je hnojení kukuřice kejdou prasat, kejdou skotu nebo digestátem z kejdy, resp. z kejdy prasat a kukuřičné siláže. Z provozního hlediska je výhodné, že se hnojení kejdou ke kukuřici může uskutečňovat v létě na posklizňové zbytky (při zaorávání slámy u obilní předplodiny), na podzim k meziplodinám (vyjma čistých porostů jetelovin a luskovin) a mimo tyto případy také aplikací po 15. říjnu v tzv. I. a II.



aplikačním pásmu. Po novelizaci akčního programu je možné aplikovat kejdu i ve III. pásmu, avšak pouze při použití inhibitoru nitrifikace. V období od předseťové přípravy půdy pro kukuřici až po plnou vegetaci rostlin není výše dávky omezena. Přesto lze doporučit aplikaci 2 – 4 dávek statkových hnojiv s rychle uvolnitelným dusíkem (kejda, močůvka, hnojůvka, digestát z metanové anaerobní fermentace) s přihlédnutím k půdním a povětrnostním podmínkám. Nutné je dodržet nařízení, že celková normativní dávka dusíku nesmí překročit pro kukuřici na zrno nebo na siláž 260 kg/ha. Z tohoto důvodu je třeba dávky kejdy volit podle chemického složení (ZIMOLKA a kol., 2008).

Jednorázová dávka kejdy se pohybuje v rozmezí 10 – 20 m<sup>3</sup>. ha<sup>-1</sup>, většinou podle délky pozemku a možnosti plnění hadicového aplikátoru (přístupnost pozemku z více stran je výhodou). V mnoha případech jsme organickým hnojením schopni pokrýt základní potřebu příjmu živin kukuřice. Aplikací vepřové kejdy dodáváme do půdy i dostatek Zn, který je pro kukuřici důležitým prvkem (WOLLNER, 2011).

Z celkové vysoké spotřeby dusíku je zřejmé, že dávka dusíku v průmyslových hnojivech by měla podle předpokládaného (plánovaného) výnosu a po odečtení dodaného dusíku organickým hnojivem, posklizňovými zbytky a zásoby přijatelného dusíku z půdy pohybovat mezi 80 – 200 kg N/ha. Se zřetelem na ekonomické i ekologické aspekty a tvorbu výnosu u kukuřice je vhodné hnojení dusíkatými hnojivy rozdělit do dvou termínů. Rozhodující část dusíku se většinou aplikuje před setím. V sušších oblastech až do dávky 120 kg/ha, v humidnějších oblastech a na lehké půdě asi do 70 kg/ha.

Nejvhodnějšími jsou hnojiva s amonným a amidickým dusíkem. Síran amonný (má kyselou reakci a jeho použití má svá negativa) působí příznivě i tím, že nitrifikace dodaného dusíku probíhá pozvolněji, uvolňují se kationty ze sorbčního komplexu a zvyšuje se rozpustnost půdního fosforu. Zlepšuje tak výživu kukuřice v raných fázích růstu. Vhodné jsou i močovina a DAM za předpokladu jejich následného zapravení do půdy (SVOBODA, 2005).

Odběr fosforu představuje u kukuřice téměř přímku s mírným stoupáním až do sklizně. Avšak i u této živiny jsou dvě kritická období. První

se objevuje na počátku růstu, kdy se začíná tvořit kořenový systém, a druhé v době objevení laty až kvetení. Na půdě s nízkou zásobou fosforu může docházet k hyperchlorofylaci rostlin (červenofialové zabarvení stonku až celé rostliny), zvláště při nižších teplotách v květu. Je to důsledek omezeného příjmu fosforu při teplotách vzduchu nižších než 10 °C, které mohou malý obsah této živiny v půdě prohloubit.

Proto se doporučuje startovací hnojení fosforem nebo hnojení fosforem společně s výsevem (pod patu) v superfosfátech nebo Amofosu. Přitom se zpravidla nedoporučuje překračovat dávku 70 – 100 kg hnojiva na hektar. Druhým kritickým obdobím je fáze kvetení. Pro kukuřici je zvláště výhodné, aby rostliny do této doby přijaly dostatek fosforu, protože pak následuje jeho translokace do palic. Tento požadavek bude méně významný na půdě s příznivými vlhkostními poměry a s dobrou zásobou přístupného fosforu (LOŠÁK, 2006).

K přehnojení fosforem nedochází, ale při jeho vysokém obsahu v půdě může být omezen příjem zinku (ZIMOLKA a kol., 2008).

U draslíku je vrchol jeho příjmu ve fázi voskové zralosti, pak následuje částečný pokles doprovázený vylučováním draslíku přes kořenový systém do půdy. U kukuřice na siláž k tomuto jevu nedochází, protože ji sklízíme ve voskově - mléčné zralosti. Příjem draslíku je výrazně ovlivňován interakcemi antagonistického charakteru. Zvyšující se koncentrace draslíku v půdě snižuje příjem hořčíku, vápníku, zinku, manganu a stimuluje příjem ledkového dusíku (N-NO<sub>3</sub>), fosforu a síry.

Nedostatek draslíku snižuje syntézu organických látek a zvyšuje respiraci, čímž se omezuje energetický stav rostliny. Draslík zasahuje do tvorby cukru a do syntézy škrobu, což se projevuje při transportu a přeměnách vytvořených cukrů (LOŠÁK, 2006).

Také hnojení draslíkem je nutné věnovat náležitou pozornost. Vhodnými hnojivy jsou draselné soli. Při hnojení vyššími dávkami draslíku je výhodnější podzimní aplikace. Na nedostatek draslíku reaguje kukuřice výrazněji než na nedostatek fosforu. Výnosová reakce na hnojení draslíkem je také většinou vyšší než u cukrovky. Jestliže není používáno organické hnojení ke kukuřici, doporučují některé evropské systémy pro kukuřici tuto

kombinaci hnojení: NPK hnojení při předseťové přípravě a NP hnojivo pod patu (VANĚK a kol., 2007).

Nedostatek draslíku se projevuje u rostlin s omezeným vývojem listů a postupně je změněn celý habitus rostliny. Deficit se může projevit i na stanovištích s jeho relativním dostatkem za nepříznivých podmínek pro jeho příjem (např. za sucha). Již mírný nedostatek draslíku omezuje tvorbu bílkovin, cukru a škrobu v rostlinách. Větší nedostatek draslíku se projevuje postupným zasycháním okrajů starších listů, které nekrotizují v prouzcích a postupně se spojují do velkých ploch, až celý list odumře. Pro kukuřici je typické „véčko“, které na rozdíl od dusíku směřuje k apikální části listu. Při deficitu draslíku pozorujeme také nedostatečné vyzrávání pletiv, nižší pevnost buněčných stěn, omezený vodní provoz rostlin a zhoršenou odolnost proti suchu a nízkým teplotám. U některých hybridů mohou být rovněž palice od apikální části špatně ozrněné (ZIMOLKA a kol., 2008).

V tab. č. 6 uvádí Vaněk a kol. (2007) střední odběr živin v kg na tunu produktu.

Tab. č. 6: Střední odběr živin kukuřicí v kg na tunu produktu (VANĚK a kol., 2007)

<b>Produkt</b>	<b>N</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>
Zrno	22 – 26	4,4 - 6,6	21 – 33	4,3 – 7,1	4,0 – 6,0
Siláž	3,5 – 4,0	0,7 – 0,9	2,9 – 3,7	0,9 – 1,3	0,3 – 0,6

### 3.6.4 Výběr hybridu

Pěstování obilnin, jako jednoletých plodin k energetickým účelům má oproti jiným plodinám přednosti zvláště v tom, že technologie jejich pěstování se v zásadě neliší od běžných postupů, nevyžaduje větších investic, nevníká časová prodleva od prvního výnosu a energetická bilance je výrazně pozitivní. Z uvedeného vyplývá, že pěstování obilnin je jedna z nejvhodnějších variant pro cílené pěstování energetických rostlin, které by navíc zlepšilo rajonizaci pěstování obilnin. Pro krmné a technické využití by se využívala obilní produkce marginálních oblastí, zatímco pěstování obilí

k potravinářským a sladovnickým účelům by bylo rajonizováno do produkčních oblastí (HAVLÍČKOVÁ a kol., 2005).

Při přímém tepelném využití obilnin záleží prvořadě na výnosu biomasy, méně na její kvalitě. Pro dosažení přiměřeného výnosu se využívá dělené výživy porostů dusíkem (absence produkčního a pozdního přihnojení) a ušetří se i na pesticidech (ŠNOBL a kol., 2004).

Kukuřice je pro anaerobní fermentaci ideální plodinou ve formě kukuřičné siláže, která je právě schopna zajistit po celý rok kvalitativně stejné parametry vstupního substrátu BPS s vhodným chemickým složením. Pro zlepšení podmínek fermentoru bývá často do substrátu přidáváno i zrno kukuřice o vysoké vlhkosti.

U příslušných hybridů kukuřice pro efektivní produkci bioplynu je požadován vysoký výnos silážovatelné hmoty, 50 – 70 t/ha. Při tak vysokém odběru hmoty z pozemku je nutno doplnit řádově 250 kg/ha N, k čemuž je možné použít i vznikající digestát. Je též nutné zajistit dostatečný vývin palic a zrn (jsou důležité pro celkový výnos bioplynu), a proto je také třeba co nejvíce eliminovat případné poškození škůdci a chorobami. Případné toxiny by totiž opět inhibovaly fermentační proces (ZIMOLKA a kol., 2008).

Je všeobecně známo, že limitujícím faktorem při biologickém rozkladu kukuřičné hmoty je její lignocelulózová složka a její rozložitelnost závisí na poměru základních komponent celulózy, hemicelulózy a ligninu (ČERNÝ, 2010).

Výběr hybridu patří mezi nejdůležitější pěstitelská opatření. Číslo FAO (číslo ranosti) určuje délku vegetační doby hybridu. Rozdíl o 10 čísel FAO znamená rozdíl ve zralosti o 1 - 2 dny, případně 1 - 2 % sušiny v době dozrávání.

Jak uvádí materiály (KWS OSIVA s.r.o., KUKUŘICE V PRAXI 2011), pro výrobu bioplynu volíme hybrid kukuřice podle těchto kritérií:

Ranost hybridu - musí být dosaženo minimálně 28 % obsahu sušiny. Pro výrobu bioplynu je lepší nižší obsah sušiny než u krmiva, proto jsou vhodnější hybridy, jež mají vyšší FAO, oproti hybridům, které se užívají na výrobu siláže pro skot.

Druhým požadavkem je výkonnost hybridu - je nutné vybírat hybridy s největším výnosovým potenciálem silážní hmoty z hektaru (měřeno v suché hmotě), protože když je vyšší výnos biomasy z hektaru, je také vyšší výnos metanu z hektaru.

Třetí kritérium představují požadavky na energetickou hodnotu hybridu, důležité jsou nejen maximální výnosy, ale i energetické hodnoty hybridů pro výrobu bioplynu. Velký obsah škrobu není pro fermentační zařízení (oproti výživě zvířat, kdy má škrob se svými nutričními hodnotami velký význam) přínosem. Pro výtěžnost metanu je určující vláknina. Ta je obsažena ve stéble a částečně ve vřetenu.

Čtvrtým kritériem je výnosová stabilita hybridu - cílem je zajištění dostatku kvalitního celoročně dostupného substrátu, proto je důležité vybírat hybrid jak s výnosovým potenciálem, tak se stabilitou výnosu, což znamená dobrý zdravotní stav rostlin, rychlý počáteční vývoj a tolerance vůči přísušku.

#### **3.6.4.1 Hybridy vyšlechtěné pro bioplyn**

Doporučení o volbě příslušných hybridů: jedná se zejména o odrůdy kukuřice s delší vegetační dobou, které tvoří velké množství sušiny. V dané oblasti je doporučeno pěstovat odrůdy s vyšším číslem ranosti (podle FAO o 30 – 40 jednotek) oproti běžné silážní kukuřici, pěstované na daném území. V Rakousku a v podhůří Alp se osvědčily odrůdy Barter, KWS 1393, PR37W05 a Pixxia, pro sušší podmínky potom Saxxoo (ZIMOLKA a kol., 2008).

Velkým příkladem jsou i naši sousedé v Německu, kde využití BPS pro výrobu elektřiny má velmi silné zázemí. Právě Německo patří mezi největší producenty elektřiny z tohoto alternativního zdroje na světě. Monsanto vyvíjí Dekalb bioplynové hybridy ve dvou šlechtitelských stanicích, jedna se nachází v Bavorsku, kde jsou BPS nejvíce rozšířené, a druhá ve Westfálsku, kde je šlechtění zaměřeno na velmi raný segment. Cílem šlechtitelského úsilí je získat hybridy s vysokým výnosem biomasy a výbornou stravitelností zbytku rostliny, což se velmi úspěšně daří, důkazem je již pěstitelům známý hybrid DKC 5542, DKC 3871, YieldGard<sup>®</sup> hybrid

DKC 3946YG a novinka pro sezónu 2011 hybrid DKC 3409 (ČERNÝ, 2010).

DKC 3409 (FAO 250):

Tento hybrid kukuřice je vysokého vzrůstu s bohatě olistěnými rostlinami, které jsou zárukou velmi vysokého stabilního výnosu zelené hmoty, určený primárně pro výrobu bioplynu v raném segmentu. Šlechtitelé se u tohoto hybridu zaměřili kromě výnosu také na výtěžnost metanu, což tento hybrid odlišuje od standardních silážních hybridů. DKC 3409 je velmi přizpůsobivý chladným klimatickým podmínkám (výborně se hodí například na Vysočinu), proto je vhodný i do okrajových oblastí pro pěstování kukuřice zaměřených na produkci bioplynu. Jde o úplnou novinku, která byla zaregistrována ve Francii v roce 2010 (ČERNÝ, 2010).

DKC 3871 (FAO 270):

Dalším hybridem speciálně pro bioplyn je úspěšná novinka roku 2009 DKC 3871 pocházející také z německého šlechtění. Jde o trochu pozdnější typ než předchozí hybrid. Spolu tvoří výbornou dvojici, která se může doplňovat při postupném rozložení sklizně. Výnos hmoty tvoří především mohutným stonkem, který je výborně olistěný. DKC 3871 je velmi adaptabilní hybrid, který se doporučuje pro pěstování v obilnářské, bramborářské a částečně řepařské oblasti. Výborná chladuvzdornost a rychlý start umožňují hybrid zasít na počátku jara, aby využil včas svou vitalitu při tvorbě biomasy. Jeho dlouhý staygreen efekt umožní pěstiteli postupně sklízet v optimální silážní zralosti bez rizika přesušení hmoty a vyvarovat se problémům dusání přeschlé hmoty (ČERNÝ, 2010).

DKC 5542 (FAO 350):

Středně pozdní, mohutný a vysoký hybrid v posledních třech letech (psáno v roce 2010) dosahoval pravidelně u pěstitelů výnosů hmoty mezi 65 až 70 t/ha. V teplejších oblastech, zejména v kukuřičné výrobní oblasti, dosáhl dokonce rekordního výnosu okolo 90 t/ha čerstvé hmoty při sušině 30 – 32 %. Jde o kukuřici s delší vegetační dobou, kterou využívá pro maximalizaci tvorby biomasy. Nejvhodnější oblastí pro jeho pěstování je

kukuřičná, řepařská a okrajově ostatní teplejší výrobní oblasti. Aby byl maximálně využit jeho výnosový potenciál, doporučujeme sít co nejdříve na jaře, jakmile to dovolí podmínky. Má velmi dobrou rychlost počátečního růstu a chladuvzdornost, což znamená, že se seje na počátku agrotechnického termínu. Vykazuje silný staygreen efekt, vysokou stravitelnost vlákniny, zejména NDF, což zabezpečuje rychlou fermentaci a tvorbu bioplynu z vodorozpustných cukrů, které jsou obsaženy ve stoncích a listech (ČERNÝ, 2010).

#### DKC 3946YG (FAO 300):

Mezi důležité faktory při hodnocení biomasy patří i nezávadnost celkové hmoty. Při jakémkoliv znehodnocení hmoty plísněmi, zavíječem, mykotoxiny apod. dochází k rychlému snížení výkonnosti BPS. Do rizikových oblastí, které jsou zasaženy zavíječem kukuřičným a kde následně dochází k druhotnému rozšíření plísní a mykotoxinů kukuřičné hmoty v průběhu fermentace, se nejlépe osvědčil hybrid DKC 3946YG, který díky zabudované technologii YieldGard<sup>®</sup> zajišťuje výbornou ochranu proti zavíječi po celou dobu vegetace. Takto sklizený hybrid je zárukou dostatečného množství zdravé a nezávadné hmoty (ČERNÝ, 2010).

#### SL ARISTO (FAO 210 Z):

Dvouliniový hybrid Aristo je nový, rychle rostoucí zrnový hybrid. Extrémní ranost umožňuje jeho pěstování i ve vyšších oblastech. Aristo má rychlý počáteční růst, vysoký výnos zrna a vysokou koncentraci energie. To umožňuje jeho využití i na siláž a bioplyn. I přes vyšší rostliny má Aristo vynikající odolnost poléhání. Hybrid Aristo je určen do obilnářské, bramborářské a píceňářské oblasti pěstování ([www.fnagro.cz](http://www.fnagro.cz); staženo dne 4. 12. 2012).

#### SEIDDI (FAO 280):

Vykazuje dobrou odolnost vůči poléhání. Vysoký výnos a vyvážený poměr zrna ve sklizené hmotě je předpokladem uplatnění nejenom na výrobu siláže, ale také na výrobu biomasy. Seiddi disponuje vysokým výnosovým potenciálem a při dodržení intenzivní agrotechniky lze dosáhnout

nízkých nákladů na jednotku produktu, což představuje vyšší ekonomickou efektivitu výroby ([www.eurocorn.cz](http://www.eurocorn.cz); staženo dne 4. 12. 2012).

ATLETICO (FAO Z 280 / S 280):

První hybrid cíleně vyšlechtěný pro bioplynové stanice (KUKUŘICE V PRAXI 2010, SBORNÍK ZE SEMINÁŘE in RATAJ, 2011) je tento středně raná dvouliniová rostlina, která v této oblasti suverénně vede. Rychlý počáteční vývoj a její odolnost vůči chladu způsobuje rychlý start k jejímu velmi vysokému vzrůstu pevného a vysokého stébla s bohatým olistěním. Má vysoký podíl lehce degradovatelné vlákniny, čímž má předpoklad k vynikající výtěžnosti metanu. V podmínkách řepařských teplých i chladných oblastí a obilnářských oblastí se doporučuje výsevek 90 – 95 tisíc zrn podle kvality a vlhkosti stanoviště. Při sklizních se sušinou 28 – 30 % se právě uplatňuje jeho vysoká degradabilita celé rostliny.

### **3.6.5 Zakládání porostů**

Jak uvádí [www.agrokrom.cz](http://www.agrokrom.cz) (staženo dne 17. 2. 2013), za vhodný termín setí se považuje doba, kdy půda ve výsevni hloubce dosáhne teploty 6 – 8 °C. Optimální termín setí kukuřice je proto 15. až 25. 4. v teplých částech kukuřičné výrobní oblasti, 20. až 30. 4. v mírnější kukuřičné a v příznivější řepařské oblasti, 25. 4. až 5. 5. v méně příznivých částech řepařské oblasti a v příznivých částech obilnářské oblasti, 1. 5. až 10. 5. v méně příznivých podmínkách obilnářské oblasti (dřívější bramborářský výrobní typ), 5. až 15. 5. v okrajových částech obilnářské oblasti. Setí se má ukončit do 25. 5. v kukuřičné oblasti a do 15. 5. v ostatních oblastech.

V současné době, vedle klasické technologie zakládání porostů do půdy připravené tradičním postupem, existuje řada technologií využívajících omezené (minimalizační) a půdoochranné postupy zpracování půdy, včetně setí do mulče a nezpracované půdy. Přitom nelze paušálně doporučovat pro jakékoliv podmínky kterýkoliv z nich. Základním předpokladem je, aby byl zvolen odpovídající hybrid, správný výsevek, rovnoměrné rozmístění rostlin na ploše a v hloubce půdy. Dobře založený porost, se silnými a zdravými



rostlinami, s rychlým počátečním růstem je pak odolnější proti různým stresům a tlaku chorob.

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 vegetačního období. Standardní hranice začátku setí je dána teplotou půdy 8 až 10 °C, která je zároveň optimální pro klíčení kukuřice. Při časném setí je nutné přihlídnout ke kvalitě osiva, jeho moření a hodnotě chladového testu. Výhodnější je zvolit mělké setí (3 – 4 cm), aby osivo lépe využilo teplo akumulované v povrchové vrstvě ornice. Rovněž opoždění výsevu po 10. až 15. květnu (chladno, zamokření) snižuje výnos obvykle o 15 % i více a prodlouží termín dozrávání. Každý den výsevu po 10. květnu znamená také oddálení sklizně o dva dny.

K výsevu kukuřice se dnes již téměř výhradně využívají přesné secí stroje, většinou pneumatické, které zajistí rovnoměrnou hloubku setí, požadovaný počet vysévaných semen a jejich rovnoměrné rozmístění na ploše. Nerovnoměrnost hloubky setí je příčinou nevyrovnaného vzcházení, snižuje výnos i kvalitu produkce. Způsob setí na pozemku se volí podle jeho tvaru a velikosti tak, aby směr řádků a jejich délka umožňovaly meziřádkovou kultivaci během vegetace a usnadňovaly sklizeň.

Doporučená meziřádková vzdálenost je 70 až 75 cm. Zajišťuje dostatek světla pro fotosyntézu, prohřívání půdy a minimální ztráty při sklizni řádkovými adaptéry. Vzdálenost rostlin v řádku se pohybuje v rozmezí od 12 – 15 do 30 cm.

Hustota porostu závisí na užitkovém směru a vlastnostech použitého hybridu. Zvláště je třeba zohlednit ranost, toleranci k zahuštění, vláhové poměry stanoviště, úroveň hnojení a intenzitu slunečního svitu (fotosynteticky aktivní radiaci). Doporučená hustota porostu klesá s prodlužující se vegetační dobou hybridů a obecně lze říci, že čím je horší stanoviště a podmínky pro pěstování kukuřice, tím se úměrně hustota snižuje. Naopak při závlaze se hustota zvyšuje o 10 – 15 %. Při stanovení skutečného výsevku se zvyšuje doporučený počet rostlin na jednotku plochy o 10 – 15 %. Eliminuje se tak nižší polní vzcháživost a úbytek rostlin v průběhu vegetace.

V klimatických podmínkách ČR se doporučená hustota porostů pohybuje od 7 do 11 rostlin na m<sup>2</sup>.

Pro stanovení reálné hustoty porostu se vychází ze zjištěného počtu rostlin v náhodně vybraných úsecích řádků na různých místech pozemku (délka úseku 5 m), jak uvádí ZIMOLKA a kol., (2008).

Na hektar se vysévá přesný počet klíčivých zrn, který se v závislosti na hybridu pohybuje od 75 000 – 95 000 tisíc jedinců na ha.

Doporučený výsevek na siláž:

90 000 – 95 000 zrn/ha (hybrid Eduardo); 85 000 – 90 000 zrn/ha (hybrid Sl Enormo, Sl Magello); 80 000 – 85 000 zrn/ha (hybrid Seddi), dle [www.saatbaulinz.cz](http://www.saatbaulinz.cz), (staženo dne 1. 12. 2012);

75 000 – 80 000 (hybrid Helena, Crazi, Maros) uvádí [www.eurocorn.cz](http://www.eurocorn.cz), (staženo dne 4. 12. 2012).

Přehušťování porostů kukuřice vede ke snižování podílu palic, pevnosti stébel, zpomaluje se proces dozrávání, a tím i výše a kvalita výnosu.

Hloubku setí volíme v závislosti na druhu půdy, kalibraci osiva (hmotnosti tisíce semen – HTS) a termínu setí. Na těžké, vlhké půdě sejeme mělčeji. Taková půda bývá chladnější a velká hloubka setí může způsobit potíže při vzcházení. Nízká teplota půdy, nedostatek vzduchu a nadbytek vody v půdě i fyzikální a mechanické vlastnosti takové půdy mohou nepříznivě ovlivnit zdravotní stav klíčících semen a celkovou vzcházivost.

Při setí v základním agrotechnickém termínu (při teplotě půdy 8 – 10 °C) určíme hloubku setí (cm) = (hmotnost tisíce semen x 2) : 100. Při ranějším setí odpovídá hloubka setí 1,5násobku HTS. Vhodně zvolenou hloubkou setí můžeme urychlit vzcházení a omezit napadání klíčících semen v půdě způsobené houbovými chorobami (SVOBODA, 2004).

Kvalita setí je ovlivněna pojezdovou rychlostí secího stroje. Z tohoto důvodu se nemá rychlost zvyšovat, a to ani v případech, kdy je nutné urychlit vysévání nebo zvýšit výkon secího stroje. Vysoká pojezdová rychlost má za příčinu nedodržení počtu vysetých zrn, nedodržení hloubky setí, pravidelného rozmístění semen v řádku i špatného zahrnutí semen půdou. Pneumatické secí stroje mají maximální rychlost 6 km/h; secí stroje s mechanickým výsevním ústrojím až 10 km/h (při této rychlosti je ale snížen výnos o 3 %), jak uvádí ZIMOLKA a kol. (2008).

Tab. č. 7: Orientační hodnoty pro určení hustoty porostu při sklizni  
(ZIMOLKA a kol., 2008)

<b>Skupina ranosti</b>	<b>Počet rostlin na 1 m<sup>2</sup></b>	<b>Počet rostlin na 1 m<sup>2</sup></b>
<b>(číslo FAO)</b>	<b>Vhodné podmínky</b>	<b>Méně vhodné podmínky<sup>*)</sup></b>
Do 220	10 – 11	7 – 9
230 – 250	9 – 10	6 – 8
260 – 290	8 – 9	6 – 7

Pozn.: <sup>\*)</sup> suchá stanoviště, vyšší polohy, chladné půdy, větrné polohy, pozdní výsev

Tab. č. 8: Potřeba osiva ve výsevních jednotkách na 1 ha (VJ)  
(ZIMOLKA a kol., 2008)

<b>Požadovaný počet rostlin na 1 m<sup>2</sup></b>	<b>Polní vzcházivost</b>	
	<b>%</b>	
	<b>90</b>	<b>95</b>
	<b>VJ</b>	<b>VJ</b>
8	1,8	1,7
9	2,0	1,9
10	2,3	2,1
11	2,5	2,3
12	2,7	2,5

Pozn.: VJ (výsevní jednotka) = počet semen v jednom obvyklém obalu. Příklad: KWS 50 tis.

### 3.6.6 Ošetření porostu během vegetace

Plevelé odebírají živiny, světlo, vláhu kulturním rostlinám, zabraňují prohřívání půdy a negativně ovlivňují růst rostlin v počátečních růstových fázích (PETERKA a STACH, 2007).

Kukuřice roste v počátečním vývinu velmi pomalu, a to bývá příležitost pro rychlý růst plevelů. Kultivační opatření v počátečních fázích

růstu musí směřovat k potlačení plevelů. Děje se tak cestou mechanického nebo chemického ošetření (VRZAL, NOVÁK a kol., 1995).

Kukuřice je plodinou velmi citlivou na zaplevelení a nekvalitně či pozdě provedená ochrana může zcela ohrozit konečný produkt, tj. dostatek kvalitní siláže nebo zrna. Zaplevelený porost silážní kukuřice poskytuje často nižší výnos až o 30 - 50 % (ŠUK, 2001 in PETERKA, 2007) a je výrazným zdrojem zaplevelení následných plodin (SOMMER, 2007 in PETERKA, 2007).

Častým prvním opatřením po zasetí kukuřice, zvláště na suchých půdách a za sucha, kdy se vzcházení porostů prodlužuje, bývá válení. Ve vlhčích oblastech se válí pouze na lehkých, příp. kamenitých půdách. Účelem, vedle urovnání povrchu, je zvýšení vlhkosti půdy (podporou kapilarity) v povrchové vrstvě ornice, které účinně přispívá ke klíčení a vzcházení kukuřice, ale i drobných semen plevelů. Vyšší vlhkost půdy v povrchové vrstvě příznivě působí i na aktivitu preemergentně aplikovaných herbicidů. Vhodným nářadím jsou jakékoliv válce kromě hladkých.

V zájmu snížení spotřeby či eliminace herbicidů, v limitních oblastech a v podmínkách ekologického zemědělství, je možné vzcházející plevele (zvláště širokolisté) účinně regulovat vláčením. Tento zásah je vhodný až po úplném vzejití porostů, při plném počtu rostlin, nejlépe lehkými hřebovými (či prutovými) branami, kolmo na směr řádků.

V uvedených podmínkách příznivě působí na růst rostlin provzdušnění půdy s účinným odplevelujícím vlivem, plečkování. Tento zásah je vhodný zvláště na těžkých půdách, vytvoří-li se škráloup. První plečkování se provádí do hloubky setí, případně další již mělčeji, s ponecháním širšího neošetřeného pruhu v blízkosti rostlin. Vzhledem k časové a finanční náročnosti mechanické kultivace, při přemnožení těžko hubitelných plevelů, převažuje v konvenčních postupech používání herbicidů, aplikovaných pre- i postemergentně.

Ochrana kukuřice se soustřeďuje na chemické hubení plevelů (moření osiva proti půdním škůdcům a chorobám v období vzcházení; insekticidní ošetření proti škůdcům vzešlých rostlin), dále na chemickou nebo biologickou likvidaci zavíječe kukuřičného (i dalších škůdců) a v neposlední řadě jsou šlechtěny nové hybridy odolné vůči škůdcům i chorobám.

V kukuřici jsou nyní v ČR využívány pouze herbicidy a insekticidy, fungicidy jsou výhradně součástí mořidel osiva (ZIMOLKA a kol., 2008).

Kritickým obdobím, kdy kukuřice trpí konkurencí plevelů nejvíce, je fáze 4 – 6 listů. Po vytvoření 6. listu kukuřice začíná diferenciaci vzrostlého vrcholu a každá aplikace herbicidů v této době může negativně ovlivnit další růst a vývoj kukuřice a tím i její výnos (PETERKA a STACH, 2007).

V současné době plní preemergentní aplikace také funkci určité pojistky, a proto je v mnoha podnicích obvyklý sled pre- a postemergentního zásahu (SOUKUP a kol., 2003 in PETERKA, 2007).

Preemergentní aplikace má řadu výhod, z nichž mezi nejdůležitější patří menší riziko fytotoxicity a delší reziduální půdní účinnost. Účinnost půdních herbicidů je mimořádně závislá na půdních vlastnostech, zejména sorpční schopnosti půdy, pH, struktuře půdy, vlhkosti půdy, které se v suchém jarním období nedostává (PETERKA a STACH, 2007).

Při rozhodování o způsobu a termínu ochrany nastává nejsložitější a nejnákladnější situace na pozemcích zaplevelených vytrvalými plevele – pýrem plazivým, pcháčem osetem aj., které reagují a vzcházejí až poměrně dlouho po výsevu kukuřice. V době nejvhodnějšího termínu zásahu proti nim již mnohdy nastává kritické období z hlediska škodlivosti jednoletých druhů, zvláště při vyšší úrovni jejich výskytu.

Další problém představují i zaplevelující kulturní rostliny – výdrol slunečnice a řepky. Proti těmto představují účinnou ochranu postemergentní herbicidy (SOUKUP a kol., 2006).

V posledních letech se v kukuřici výrazně rozšiřují těžko hubitelné plevele, jako jsou pcháč, lilek, durman, svlačce, pelyněk apod., společně se zaplevelením trávovitými plevele, které jsou preemergentním ošetřením nedostatečně řešeny. Pro postemergentní cílenou ochranu kukuřice proti jednoděložným a dvouděložným plevelům včetně plevelů vytrvalých se nabízí řešení s možností využití herbicidních přípravků: Grid<sup>®</sup>, Refine<sup>®</sup>, Titus<sup>®</sup> 25 WGG, Titus Plus<sup>®</sup>, Grid<sup>®</sup> + Click<sup>®</sup> 500 SC (SOMMER, 2007 in PETERKA, 2007).

Pro úspěšné hubení jednoděložných plevelů (ježatka kuří noha, béry, sveřepy, lipnice) a dvouděložných plevelů (merlíkům, laskavcům, lebedám, svízeli, heřmánků, lilkům aj.) během klíčení a vzházení lze použít pro preemergentní aplikaci herbicidní přípravek Outlook Pack (účinná látka: DMTA – P + pendimethalin) s účinkem i na rezistentní populace laskavců (ŠÁCHA, 2007 in PETERKA, 2007).

Vzhledem k velmi rozmanitému zastoupení druhového spektra plevelů nelze při aplikaci herbicidů vždy potlačit všechny plevelné druhy. Zpravidla jsou zasaženy druhy citlivé k danému herbicidu, ovšem ostatní plevelné rostliny přežívají. Dosáhnout trvalého snížení zaplevelení porostů kulturních rostlin lze pouze s využitím souboru všech dostupných agrotechnických a speciálních opatření včetně využití možnosti potlačení nebezpečných plevelů již v pěstovaných předplodinách. Kombinací intenzifikačních opatření je možné snížit nadměrnou konkurenci plevelů ve vztahu ke kulturním plodinám (PETERKA a STACH, 2007).

Kukuřice je v porovnání s jinými plodinami výrazně méně napadána různými chorobami. Ochrana proti chorobám spočívá především v používání mořeného osiva. Rezistence hybridů je důležitá vůči chorobám jako jsou snět kukuřičná, lámavost stébel a pruhovitost listů (SVOBODA, 2005).

Houby napadají během celé vegetace kořenový systém kukuřice, který poškozují. Působí je kořenomorka (*Rhizoctonia spp.*) a fuzária. Jejich výskyt a škodlivost rostou s příchodem přívalových dešťů, které utlumí nebo znemožní výměnu půdního vzduchu. Napadené porosty mají omezený příjem vody a živin, tím vznikají výnosové deprese. Častěji dochází k vyvracení rostlin anebo k poléhání porostu. Kvalita silážní hmoty je nízká, protože se tvoří malé klasy, které pozdě dozrávají. Ochranou je agrohygienu (nakládání s posklizňovými zbytky), výběr hybridů odolných proti fuzáriím a kořenomorci, fungicidní moření osiva různými přípravky (ZIMOLKA a kol., 2008).

Ze škůdců mohou škodit drátovci (larvy kovaříků) požíráním klíčících zrn a později vzházejících rostlin (SVOBODA, 2005).

Bzunka ječná (*Oscinella frit*) přezimuje ve stadiu dospělé larvy v ozimých obilninách nebo v travách. Imaga se vyskytují po celou dobu

vegetace. Samičky kladou vajíčka nejčastěji za pochvy listů. Larva vyžírá srdéčkové i ostatní listy podélnými (ojediněle i příčnými) řadami dírek. Napadené listy zůstávají dlouho svinuté a po rozvinutí jsou roztřepené nebo deformované. Silněji napadené rostliny zpomalují růst, někdy mívají nafialovělou barvu (podobné nedostatku fosforu). Na ochranu proti bzunce jsou použitelné pouze pyretroidy registrované proti zavíječi (všechny jsou kontaktní, mají jen krátkou dobu účinku). Pro zajištění účinnosti je potřeba aplikaci insekticidů provádět ve fázi druhého, nejpozději třetího listu (ZIMOLKA a kol., 2008).

Nejzávažnějším škůdcem kukuřice je zavíječ kukuřičný (*Ostrinia nubilalis*). Zavíječ klade vajíčka zpravidla od poloviny července, vylíhnuté housenky pronikají do stébla a žírem mohou poškodit všechny orgány rostliny. Poškození tímto významným škůdcem se projeví snížením výnosu (až o 30 %) a následné houbové infekce způsobují druhotné poškození a ztráty především na kvalitě silážní hmoty (SVOBODA, 2005).“

Možných technologií ochrany proti zavíječi kukuřičnému je několik, liší se v účinnosti, nákladnosti i potenciálním nepříznivém vlivu na životní prostředí. Agrohygienická opatření spočívají v rozbití posklizňových zbytků na částice menší než 5 cm, postřiku dusíkatým hnojivem (vyrovnání poměru C:N) a v dokonalém zapravení hluboko do půdy. Přirozená odolnost zajištěná mechanickými a fyziologickými vlastnostmi odrůdy, spolu s agrohygienou je nejekologičtější způsobem ochrany; tato odolnost je však dosti nízká a projevuje se nejvíce v maloparcelových pokusech, kde si škůdce může vybrat podle chuti vedle sebe pěstované odrůdy. Chemická ochrana – plošná aplikace insekticidů na porost kukuřice působí proti dospělcům motýlů, určitá část insekticidů s morforegulačními účinky na stadium vajíček či líhnoucích se larev. Proti dospělcům jsou v současnosti registrovány pouze pyretroidy, které mají sice krátkou dobu účinnosti (nevhodné vzhledem k délce trvání náletu dospělců), ale velmi široké spektrum účinku (nejsou selektivní).

Bázlivec kukuřičný (*Diabrotica virgifera virgifera*) rozšiřuje současný sortiment škůdců. Je relativně nedávným „importem“ z USA, kolem roku 1990 se objevil v Srbsku. V současné době jsou do lapáků v jižních oblastech Moravy zachycováni jedinci až desítky jedinců za jeden den

(hlavně v srpnu až říjnu) a první hospodářsky významné škody jsou potvrzeny z Přerovska. Koncem roku 2007 se objevil již v oblasti středních Čech (Příbram). Mladé larvy ožirají jemné kořínky, starší vyžirají dutiny v centrálním válci kořenů. Rostliny poškozené žírem larev jsou náchylné k poléhání nebo vyvracení. Rostliny se snaží opět vztyčit vegetační vrchol, a proto často dochází k jejich deformacím ve tvaru „husího krku“. Ochranou je rotační zpracování půdy, střídání plodin a odplevelený pozemek, insekticidní moření osiva (přípravky s dlouhodobou účinností!) a řádková aplikace granulovaných insekticidů

V současnosti podmínkám stanoveným Zákonem vyhovuje pouze insekt rezistentní modifikace kukuřice MON 810, uvolněná pro pěstování rozhodnutím EK ze dne 22. 4. 1998. Takto modifikovaná odrůda je toxická pro larvy zavíječe kukuřičného a některé příbuzné druhy živící se požerem na kukuřici.

Tato genetická modifikace bývá označována buď zkráceným identifikačním označením MON 810, nebo zkratkou Bt (*Bacillus thuringiensis*), na trhu se tyto hybridy většinou objevují s kódovým označením YG za názvem hybridu (zkratka obchodní značky Yield Guard).

V oblastech se silným výskytem zavíječe kukuřičného může být pěstování MON 810 hybridů alternativou k plošné, neselektivní nebo jen málo selektivní aplikaci insekticidů, mohou být i alternativou k aplikaci biologických prostředků ochrany (*Trichogramma evanescens*).

Stébla a palice nejsou poškozovány požerem zavíječe, méně se lámou, déle asimilují, snižují se ztráty při sklizni. V závislosti na stupni napadení porostu zavíječem mohou MON 810 hybridy dosahovat ve srovnání s konvenčními hybridy významně vyšších výnosů. V registračních zkouškách byl zjištěn nárůst v rozmezí od 10 do 15 %, ojediněle, na lokalitách s velmi silným výskytem zavíječe, až 30 %. V případě nízkého nebo téměř žádného výskytu zavíječe dosahovala většina MON 810 hybridů výnosů na úrovni konvenčních hybridů (ZIMOLKA a kol. 2008).



### 3.6.7 Sklizeň a konzervace

Pro sklizeň tradičních hybridů s tzv. rychlým dozráváním zbytku rostliny (stéblo a listy bez palice) se doporučuje optimální obsah sušiny 28 – 33 %.

Platí zásada, že čím je vyšší obsah sušiny silážní kukuřice, tím kratší musí být délka řezanky (< 10 mm) a je nutné zajistit důkladné narušení zrna i stébla (použití corn crackeru), jak uvádí ZIMOLKA a kol. (2008).

#### 3.6.7.1 Optimální termín sklizně

Podstatným kritériem pro vysokou výtěžnost metanu z kukuřice je sklizeň rostlin se správným obsahem sušiny. Optimální obsah sušiny je v rozmezí 28 – 34 %. Tento obsah sušiny zajišťuje výnosové maximum, stabilitu siláže, vysokou degradabilitu ve fermentoru, optimalizaci výtěžnosti metanu a optimální průběh fermentace v zařízení na výrobu bioplynu (žádná tvorba plovoucí vrstvy atd.), jak uvádí KWS OSIVA s.r.o., (KUKUŘICE V PRAXI 2011).

Pozdní sklizeň (> 35 % sušiny) nemusí dovolit optimální udušení. Kromě toho se zvyšuje zatížení odumřelých zbytkových rostlinných částí nečistotami a nežádoucími mikroorganismy. Zvyšuje se riziko pozdější tvorby plísní (KRAMER, 2011).

Otázka volby termínu sklizně je z důvodu lepšího silážování hmoty a optimální produkce metanu velmi důležitá. Z pokusů prováděných v Německu je zřejmé, že se zvyšující se zralostí celých rostlin nad 35 % obsahu sušiny výrazně klesá specifická schopnost tvorby metanu, při 30 % obsahu sušiny je pak kukuřice optimálně silážovatelná. Specifická výtěžnost metanu má své optimum mezi 30 a 35 % obsahu sušiny, proto má kukuřičná siláž v růstové fázi začátek vytváření palic pro tvorbu metanu evidentně příznivější poměr obsažených látek hrubého proteinu, tuku a složek hrubé vlákniny (celulózy, hemicelulózy, ligninu), jakož i škrobu a cukru než kukuřičná siláž rostlin ve fázi konec voskové zralosti (při podílu palic rostlin > 55 % a obsahu sušiny > 38 %). Příznivý model živin silážovatelných rostlin

kukuřice je pro tvorbu metanu tedy v rozsahu 31 až 34 % sušiny. Sklizeň celé rostliny s obsahem sušiny < 25 % není žádoucí (i když se vzrůstem sušiny nad 22 % specifická schopnost tvorby metanu klesá). Kukuřičná siláž totiž produkuje silážní šťávu a má sklon k vytváření zápachu (ZIMOLKA a kol., 2008).

### **3.6.7.2 Požadavky na sklízecí techniku**

Lepší využití zrna je možné zajistit již při vlastní sklizni (použití sklízecích rezaček pro silážní drtě) a využitím některých typů vybíračů, které zrno narušují. Jako vhodné sklízecí rezačky jsou doporučovány takové typy, které jsou schopné narušit zrno: Claas Jaguar 682, Fiatagri atd. ([www.agrokrom.cz](http://www.agrokrom.cz); přečteno dne 6. 1. 2013).

Z pohledu optimálního udusání by měla být délka řezanky při normálním obsahu sušiny 4 – 8 mm. Při obsahu sušiny menší než 30 % může být zlepšena účinnost struktury a zabránit odtoku silážní šťávy, pokud se délka řezanky zvýší na 10 – 12 mm (KRAMER, 2011).

### **3.6.7.3 Udusání**

Udusání ovlivňuje velkou měrou kvasný proces a pozdější stabilitu při skladování. Maximální výška dusané vrstvy by neměla přesáhnout 30 cm. Minimálně by se měla přejet třikrát rychlostí < 6 km/h, abychom dosáhli udusání > 230 kg sušiny/m<sup>3</sup> (KRAMER, 2011).

### **3.6.7.4 Požadavky na uskladnění**

Cílem silážování musí být konzervace sklizené kvalitní biomasy hmoty v optimální kvalitě a minimalizace ztrát silážní hmoty. Stabilní siláže se dosáhne jen tehdy, když se kyslík rychle vydýchá, zabrání se dalšímu přístupu vzduchu a vzniklý oxid uhličitý se zadrží v krmivu (KWS OSIVA s.r.o., KUKUŘICE V PRAXI 2011).

Při naskladňování hmoty do silážního žlabu je nutno dodržet několik zásad, a to: rychlé naplnění silážního žlabu, správné naskladňování (maximální tloušťka vrstvy by neměla překročit 30 cm, plnění do „klínu“), vysoký stupeň zhutnění, rychlé a vzduchotěsné uzavření silážního žlabu a zabezpečení před poškozením ptáky a divokou zvěří.

Zhutnění musí být největší prioritou, aby se vytvořily anaerobní podmínky pro bakterie mléčného kvašení. Rychlost plnění žlabu určuje dusací technika, nikoliv řezačka. Optimálního zakrytí silážního žlabu docílíme použitím transparentní fólie, kvalitní polyetylenové fólie, tkaninové fólie, ochranné sítě a dostatečného zatížení celé plochy žlabu (DOLEŽAL a kol., 2008 in WOLLNER, 2011).

Zásadně se doporučuje použít strečové fólie. Použití PE-fólii s ověřenou kvalitou DLG pro překrytí strečové fólie a její dostatečné zatížení. V oblastech s vysokým výskytem vran je velmi dobrým pomocníkem ochranná síť (KRAMER, 2011).

Technologie silážování do vaků je neodmyslitelnou součástí většiny zemědělských firem, zabývajících se chovem skotu. Je to velmi univerzální technologie, která umožňuje skladovat širokou paletu krmiv a směsí ve velmi dobré kvalitě a s minimem ztrát. Pro zachování výživných hodnot je nezbytné uskladnit plodiny tak, aby bylo zabráněno přístupu vzduchu a zároveň, aby plodiny obsahovaly potřebnou hladinu vlhkosti. Umístění siláže do vaků je nejrychlejším způsobem, jak zabránit přístupu kyslíku ke krmivu. ([www.lukrom.cz](http://www.lukrom.cz); přečteno dne 17. 2. 2013).

V silážních vacích z PE fólie je možno krmiva skladovat 24 měsíců. Po tuto dobu je zaručena ochrana proti UV záření.

Tento způsob zpracování je vhodný k uskladnění trav, jetelů, vojtěšek, silážní kukuřice, GPS, LKS, šrotovaného, drceného nebo celého kukuřičného zrna, cukrovarnických řízků a odstředěných lihovarnických výpalků.

Do vaku o průměru 2,7 m a délce 60 m je možné uskladnit např. 230 tun kukuřice. ([www.silaznivaky.cz](http://www.silaznivaky.cz); přečteno dne 17. 2. 2013).

Silážování je konzervace zelené píce pomocí bakterií mléčného kvašení

za anaerobních podmínek. Pro úspěšné silážování je třeba splnit tři základní podmínky:

a) Musí být přítomen **dostatek zkvasitelných cukrů**, tak aby konečné pH výrobku pokleslo na 4,0 – 4,2. Což je ovlivněno hlavně použitou surovinou. Nejlepší je kukuřice v mléčně-voskové zralosti. U některých surovin (vojtěška, luskoviny) jsou překážkou látky s pufrujícím účinkem (hlavně bílkoviny). Pokud je použita surovina na zkvasitelné cukry chudá (patevní porosty) je možno tyto látky dodat (např. ve formě melasy), nebo zvýšit jejich obsah přidávkem hydrolytických enzymů (amylázy, hemicelulázy, celulózy).

b) **Přítomnost bakterií mléčného kvašení (BMK)**, laktokoky, streptokoky, leukonostokoky, pediokoky, laktobacily, zejména *Lactobacillus plantarum*. BMK za anaerobních podmínek pomocí homo a heterofermentativního mléčného kvašení vytvoří kyselinu mléčnou, která prostoupí a konzervuje rostlinnou hmotu.

c) **Anaerobní podmínky** jsou zajištěny tím, že rostlinná hmota je nařezána na drobné kousky (5 - 10 cm) a je důkladně utlačena v silážním žlabu – ideálně na hodnotu cca 600 kg/m<sup>3</sup>. Silážní žlab je po stranách částečně zakryt nejprve stranovými fóliemi (tloušťka 120 - 160 µm), na celý povrch se následně rozprostře podkladová folie (tloušťka 40 µm), která dokonale přilne k povrchu a nakonec se aplikuje vlastní silážní fólie o tloušťce 125 - 200 µm. Na povrch je možno ještě umístit ochrannou síť proti divokým zvířatům. Nakonec se povrch rovnoměrně zatíží, přičemž místo „klasických“ ojetých pneumatik jsou vhodnější zátěžové rašlové pytle naplněné šterkem (Anonym 1 in: RADA, 2009)

### 3.6.7.5 Silážní zralost

Hlavní proces kvašení trvá 4 až 6 týdnů. U siláží ošetřených heterofermentativními bakteriemi mléčného kvašení je nutno dodržet dobu zrání siláže 6 až 8 týdnů, protože proces kontrolované tvorby kyseliny octové, která zvyšuje aerobní stabilitu siláže, je ukončen teprve po několika týdnech. Dřívější otevření sila může způsobit problémy se stabilitou hmoty – následné zahřívání z důvodu přístupu vzduchu (KRAMER, 2011).

### 3.6.7.6 Hygienická nezávadnost siláže

Znečištění znamená vnesení inhibitorů kvašení a závadných příměsí (např. písku) do kvasného substrátu, což může vést k narušení fermentace a k poruchám zařízení na výrobu bioplynu. Inhibitory kvašení (např. plísně produkující mykotoxiny) vedou k závadnému kvašení a ztrátám na substrátu. Písek nebo podobná znečištění způsobují tvorbu sedimentu a znamenají zvýšené opotřebení čerpací a mísící techniky, popřípadě zanesení fermentoru (KWS OSIVA s.r.o., KUKUŘICE V PRAXI 2011).

Dobře zkvašená kukuřičná siláž se vyznačuje relativně vysokým zbytkem fermentovatelných uhlovodíků. Pochybení v silážním managementu, jako je malý odběr hmoty nebo špatné udusání, se projeví aerobní nestabilitou s následným zahříváním, které je způsobeno masivním pomnožením kvasinek na odebírané ploše siláže (MATHIES a KURTZ 2009).

### 3.6.7.7 Technika odebírání hmoty

Po otevření sila může nesprávná technika odebírání hmoty významně snížit kvalitu siláže. V zásadě platí používat jen takovou techniku odběru hmoty, která zanechá plochu odběru hladkou a téměř nenačechranou, aby do siláže proniklo pouze minimum kyslíku a nedocházelo k následnému zahřívání hmoty (KRAMER, 2011).

### 3.6.7.8 Stanovení ukazatelů kvality siláží

Sušina se stanoví podle ČSN 46 7093 Výživná hodnota krmiv a při výpočtu obsahu sušiny se přihlíží k odpařeným těkavým látkám. Obsah korigované sušiny v procentech se vypočte podle vzorce:

$$X = s + 0,94 \text{ TMK} + 0,08 \text{ M} + 0,09 \text{ A}$$

$$Y = s + 0,75 \text{ TMK} + 0,08 \text{ M} + 0,09 \text{ A} + 0,47 \text{ NH}_3$$

$$Z = s + 0,52 \text{ TMK} + 0,08 \text{ M} + 0,09 \text{ A} + 0,74 \text{ NH}_3$$

Kde X = obsah korigované sušiny v procentech pro siláž s pH do 4,0  
Y = obsah korigované sušiny v procentech pro siláž s pH 4,0 – 5,0  
Z = obsah korigované sušiny v procentech pro siláž s pH nad 5,0  
s = obsah sušiny siláže v procentech stanovené pro ČSN 46 7093

Výživná

hodnota krmiv

TMK = součet těkavých mastných kyselin (octová a máselná v procentech)

M = kyselina mléčná v procentech

A = alkohol v procentech

(KACEROVSKÝ a kol., 1990)

### 3.6.7.9 Hodnocení jakosti siláží

Při stanovení výsledné třídy jakosti siláží se vychází jednak z výsledků fermentačního procesu vyjádřeného stupněm jakosti a počtem záporných bodů, jednak ze smyslového hodnocení vyjádřeného počtem záporných bodů a v neposlední řadě ze zjištěné výživné hodnoty vyjádřené počtem záporných bodů (KACEROVSKÝ a kol., 1990).

V tab. č. 9 uvádí Kacerovský (1990) požadované hodnoty kukuřičných siláží.

Tab. č. 9: Požadované hodnoty kukuřičných siláží  
(KACEROVSKÝ a kol., 1990)

Stupeň jakosti	Optimální sušina	Kyselina mléčná	Kyselina octová	Kyselina máselná	pH
	%				
I	24,0 - 34,9	min.1,5	max. 0,8	max. 0,1	max. 4,3
II	20,0 - 23,9 35,0 - 40,0	min.1	max. 1,2	max. 0,1	max. 4,3
III	17,9 - 19,9	min. 0,6	max. 1,7	max. 0,2	max. 4,3
IV	Siláže neodpovídající stupni I až III				

## 4. BIOPLYNOVÉ STANICE

### 4.1 Rozdělení bioplynových stanic

Podle zdroje, který má největší procentní zastoupení zpracovávaného substrátu, se BPS dělí do čtyř základních skupin: zemědělské bioplynové stanice (zpracovávají zemědělské produkty); bioplynové stanice komunálních čistíren odpadních vod; průmyslové bioplynové stanice – musí splňovat nařízení EU a přísná hygienická pravidla (zpracovávají např. odpad z jatek, tuky); skládkové bioplynové stanice – zpracovávají bioodpad, komunální odpad, zbytky potravinářského průmyslu (SKALICKÝ; 2006).

RATAJ (2011) uvádí, že principiálně se setkáváme se dvěma druhy procesů, a tou je mokrá fermentace – zpracování biomasy s obsahem sušiny < 12 %; a suchá fermentace – zpracování biomasy s obsahem sušiny 20 – 60 %. Z hlediska reakční teploty (resp. druhu anaerobních mikroorganismů) se v praxi nejčastěji setkáme s procesy:

- mezofilní (35 °C až 40 °C) – např. při zpracování prasečí a hovězí kejdy v zemědělství

- termofilní (55 °C) – např. zpracování kalů na ČOV (vyšší teplota pro hygienizaci kalů)

## 4.2 „Výživa“ bioplynových stanic

Využívání kukuřice se stává konkurencí objemným krmivům pro skot. Bioplynové stanice bývají často nazývány „betonové krávy“, protože mohou být jednak „krmeny“ podobnými surovinami a jednak jsou anaerobní procesy v BPS velmi podobné činnosti bachorové mikroflóry velkých přežvýkavců. V praxi to znamená, že pro dosažení vysoké produktivity je nutno se ve „výživě“ BPS chovat podobně jako u výživy skotu. U jednou zahájeného fermentačního procesu je nutné zvolenou recepturu dodržovat, popř. přecházet na jiné složení vstupního substrátu pozvolna. Bakterie podílející se na anaerobní digesti musí mít totiž možnost adaptace, aby nedošlo ke zvrhnutí fermentace nežádoucím směrem (zejména zakyselení bioreaktoru).

Receptury pro konkrétní BPS jsou silně závislé na dostupných zdrojích substrátu. Provozovatel BPS musí mít zajištěn dostatečný přísun hmoty v odpovídajícím složení a kvalitě po celý rok. Musí také disponovat příslušnými skladovacími kapacitami podle instalovaného výkonu jak pro vstupní surovinu, tak i pro fermentované hmoty – digestát. Pro 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. Primárním cílem provozovatele by mělo být zabezpečit v receptuře vysoký podíl energeticky bohatých surovin za minimální ceny tak, aby dosáhl maximální výtěžnosti bioplynu za minimálních nákladů. Zároveň však musí být respektovány potřeby mikroorganismů zajišťujících fermentační proces, zejména poměr C : N a C : P, přičemž poměr C : N je pro správnou činnost bakterií zásadní. Různé literární prameny uvádí nejvhodnější poměr C : N na úrovni 20 – 30 : 1 a při poměru 30 : 1 poměr C : P na úrovni 200 : 1. Na volbě receptury do jisté míry závisí stavební uspořádání BPS, zejména pokud se jedná o rozměry



bioreaktorů a dokvašovacích nádrží, na druhé straně to znamená, že pro již provozovanou BPS není možné recepturu zásadně měnit. Protože BPS patří k investičně velmi náročným projektům, je nutné plánovat skladbu receptury a zajištění surovin z dlouhodobého horizontu (uvažujeme o životnosti staveb na úrovni 20 let). Stejně tak je třeba plánovat uplatnění vznikajícího digestátu, v některých konkrétních instalacích navazují na BPS kompostovací linky. U farmářských BPS je možno uvažovat o použití digestátu jako hnojiva. Z důvodů udržování celkové půdní úrodnosti je však nutné provádět jeho rozbor a případné nedostatky včas eliminovat dodatky chybějících elementů a zároveň zabezpečit při dlouhodobé aplikaci digestátů i sledování strukturního stavu půd.

Nelze zapomínat ani na tekutý podíl po fermentaci jak s kapacitou pro jeho skladování, tak i s následným užitím. Lze ho použít jako hnojiva, ovšem se znalostí složení a hygienické nezávadnosti. Potom pro něj platí přiměřeně pravidla jako pro nakládání s kejdou.

Při základních úvahách o projektu bioplynové stanice je třeba zhodnotit dostupnost následujících prostředků: pěstitelských ploch, ploch pro skladování, objemu fermentoru a objemu zbytků z fermentace, dodatečné pracovní síly, kapitálu (ZIMOLKA a kol., 2008).

#### **4.2.1 Substrát**

V bioplynové stanici lze zpracovávat kejdu, hnůj a jiné odpady z živočišné výroby, fytomasu, odpady z rostlinné výroby, ze stravování, biologicky rozložitelný komunální odpad a čistírenské kaly. Vhodné jsou zvláště materiály s vyšší vlhkostí. Často se uplatňuje kofermentace (SCHULZ a EDER, 2004).

Kofermentace je zpracovávání různých materiálů v jednom zařízení. Vhodnou kombinací substrátů lze docílit složení, které bude mít příznivý vliv na průběh procesu, a tím i na výsledné množství a kvalitu bioplynu. Jsou to např.: běžné produkty zemědělské výroby (silážovaná kukuřice, senáž nebo čerstvá tráva, energetické rostliny); biologicky rozložitelný podíl komunálního odpadu; odpad z údržby zeleně; kuchyňský odpad (WOLLNER, 2011).

### 4.3 Jak vzniká bioplyn

Biologický rozklad organických látek je složitý vícestupňový proces, na jehož konci působením metanogenních acetotrofních a hydrogenotrofních mikroorganismů vzniká bioplyn, který se v ideálním případě skládá ze dvou plynných složek, metanu ( $\text{CH}_4$ ) a oxidu uhličitého ( $\text{CO}_2$ ). Průběh tohoto procesu ovlivňuje řada dalších procesních a materiálových parametrů, například složení materiálu, podíl vlhkosti, teplota prostředí, číslo pH neboli kyselost materiálu, anaerobní (bezokyslíkaté) prostředí, absence inhibičních biochemických látek atd.

Biologický rozklad organických látek v anaerobních podmínkách je proces, který se nazývá metanová fermentace, metanové kvašení, anaerobní fermentace, anaerobní digesce, biogasifikace, biometanizace, biochemická konverze organické látky. Tento proces probíhá v přírodě za určitých podmínek samovolně nebo je vyvolán záměrně pomocí biotechnických zařízení. Výsledkem metanové fermentace je vždy směs plynů a fermentovaný zbytek organické látky. Pro tuto směs plynů, obsahujících vždy dva majoritní plyny (metan  $\text{CH}_4$  a oxid uhličitý  $\text{CO}_2$ ) a v praxi početnou, avšak objemově zanedbatelnou řadu minoritních plynů, se ustálily různé názvy podle jejich původu nebo místa vzniku. Tak rozeznáváme: zemní plyn, důlní plyn, kalový plyn, skládkový plyn, bioplyn.

Název bioplyn lze obecně použít pro všechny druhy plynných směsí, které vznikly činností mikroorganismů. Tím je vyjádřeno, že všechny druhy bioplynů anaerobního původu vznikají principálně stejným způsobem, ať probíhá metanogenní proces pod povrchem země, v zažívacím traktu živočichů, zvláště přežvýkavců, ve skládkách komunálních odpadů, v lagunách nebo v řízených anaerobních reaktorech. V technické praxi se ustálilo použití názvu bioplyn pro plynnou směs vzniklou anaerobní fermentací vlhkých organických látek v umělých technických zařízeních - reaktorech, digestorech, lagunách se zařízením na jímání bioplynu, atd. (KÁRA a kol., 2007).

### 4.3.1 Anaerobní fermentace

Jedná se o velmi složitý biochemický proces, který se skládá z mnoha dílčích na sebe navazujících fyzikálních, fyzikálně-chemických a biologických procesů. Metanogeneze je pouze konečná fáze biochemické konverze biomasy v anaerobních podmínkách na bioplyn a zbytkový fermentový materiál.

Anaerobní fermentace organických látek má čtyři základní fáze: hydrolýza, acidogeneze, acetogeneze, metanogeneze.

První fáze hydrolýza začíná v době, kdy prostředí obsahuje vzdušný kyslík. Předpokladem pro její nastartování je mimo jiné dostatečný obsah vlhkosti nad 50 % hmotnostního podílu. Hydrolytické mikroorganismy ještě nevyžadují striktně bezkyslíkaté prostředí. Enzymatický rozklad mění polymery (polysacharidy, proteiny, lipidy, ...) na jednodušší organické látky (monomery).

Druhá fáze acidogeneze (zpracovávaný materiál může obsahovat ještě zbytky vzdušného kyslíku), ve které dojde definitivně k vytvoření anaerobního (bezkyslíkatého) prostředí. Zajistí to četné kmeny fakultativní anaerobních mikroorganismů, které se aktivují v obou prostředích.

Vznik  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2$ , a  $\text{CH}_3\text{COOH}$  umožňuje metanogenním bakteriím tvorbu metanu. Kromě toho vznikají jednodušší organické látky (vyšší organické kyseliny, alkoholy).

Třetí fáze acetogeneze je někdy označována jako mezifáze. Acidogenní specializované kmeny bakterií transformují vyšší organické kyseliny na kyselinu octovou ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ), vodík ( $\text{H}_2$ ) a oxid uhličitý ( $\text{CO}_2$ ).

Čtvrtá fáze metanogeneze, kdy metanogenní acetotrofní bakterie rozkládají především kyselinu octovou ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) na metan  $\text{CH}_4$  a oxid uhličitý  $\text{CO}_2$ , hydrogenotrofní bakterie produkují metan  $\text{CH}_4$  z vodíku  $\text{H}_2$  a oxidu uhličitého  $\text{CO}_2$ . Určité kmeny metanogenních bakterií se chovají jako obojetné.

Pro stabilitu procesu anaerobní fermentace organických materiálů je velmi důležitá optimální rovnováha v kinetice jednotlivých fází, probíhajících

s odlišnou kinetickou rychlostí. Metanogenní fáze probíhá přibližně 5x pomaleji než zbylé tři fáze. Tomu je třeba přizpůsobit konstrukci bioplynových technologických systémů a dávkování surového materiálu, jinak hrozí přetížení fermentoru se všemi nepříznivými důsledky.

Při aerobním procesu zůstává významné množství stabilizovaného substrátu (např. kompost), který se intenzívně sám zahřívá.

V anaerobním procesu se odbourává velký podíl organické sušiny, materiál se sám prakticky zahřívá velmi málo, získáváme však bioplyn jako doplňkový zdroj energie (KÁRA a kol., 2007).

### **4.3.2 Charakteristika bioplynu**

Princip vzniku bioplynu je ve všech popisovaných případech (zemní plyn, důlní plyn, kalový plyn, skládkový plyn, reaktorový plyn) stejný. Jeho fyzikální a chemické vlastnosti však závisí na materiálových a procesních parametrech. V ideálním případě by bioplyn obsahoval pouze dva majoritní plyny, a to metan ( $\text{CH}_4$ ) a oxid uhličitý ( $\text{CO}_2$ ). Koncentrace metanu se obvykle pohybuje od 50 % do 75 %. V ideálním případě jej doplní 25 – 50 % oxidu uhličitého. V praxi je však surový bioplyn tvořen příměsí dalších minoritních plynů, které mohou signalizovat přítomnost některých chemických prvků v materiálu nebo poruch průběhu anaerobní fermentace (KÁRA a kol., 2007).

Vodík ( $\text{H}_2$ ) je sice energetickou složkou, je však obsažen v tak malém množství, že nemá významnou úlohu. Sirovodík ( $\text{H}_2\text{S}$ ) vzniká při rozkladu bílkovin, které jsou obsaženy v organické hmotě. Tento plyn je jedovatý a značně napadá koncové plochy v plynovém hospodářství bioplynové stanice. Čpavek ( $\text{NH}_3$ ) se může v nepatrném množství dostat do bioplynu. Vzniká štěpením organické hmoty a je rovněž výrazně korodujícím činitelem. Napadá hlavně mosaznou aparaturu (HAŠ a kol., 1985).

### 4.3.3 Vlastnosti bioplynu a jeho složení

Hodnota výhřevnosti bioplynu je určena majoritním obsahem metanu ( $\text{CH}_4$ ). Ostatní minoritní plyny v bioplynu ( $\text{H}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ , ...) mají prakticky zanedbatelný energetický význam. Spalné teplo suchého bioplynu má hodnotu stejnou jako výhřevnost.

Hranice zápalnosti metanu ve směsi se vzduchem je 5 – 15 % objemových. Tato koncentrace metanu již tvoří výbušnou směs. Zápalná teplota bioplynu je určena stejnou hodnotou pro metan, tj. 650 – 750 °C.

Hodnota hustoty metanu a bioplynu s 60 % podílem  $\text{CH}_4$  - bioplyn je těžší než vzduch a vytváří pro živočichy i člověka smrtelně nebezpečné prostředí v reaktorových nádobách. Po separaci obou hlavních složek bioplynu (kterou zpravidla naruší termodifuze), klesá oxid uhličitý ( $\text{CO}_2$ ) dolů (KÁRA a kol., 2007).

### 4.3.4 Výtěžnost bioplynu

Zatímco z jedné tuny kejdy o obvyklém podílu sušiny (5 až 7 %) lze reálně získat přibližně 100 kWh energie v podobě bioplynu, z jedné tuny kukuřičné siláže je to desetkrát více, tj. 1 MWh, a v případě oleje či tuku biologického původu až 3,5 MWh, což je 35 krát více energie na jednotku vstupu.

Kukuřice oproti jiným plodinám dává nejvyšší možný výnos bioplynu (5 700 až 7 800  $\text{m}^3/\text{ha}$ ) a následně elektrické energie z hektaru. Již při výnosu 50t/ha je energetický zisk 16 MWh/ha v podobě elektrické energie. Takovému výtěžku nemůže konkurovat ani cukrovka a potenciál hustě setých obilnin v energetickém výnosu je výrazně nižší.

Výtěžnost jednotlivých částí substrátu je možno stanovit laboratorně, proto je vhodné před spuštěním BPS ověřit parametry receptury právě pomocí laboratorních testů. V takovém případě lze využít standardu DIN 38414, což je skupina norem, zabývající se standardizací odběru vzorků, jejich vlastnostmi a podmínkami při stanovování výtěžnosti v rámci laboratorních zkoušek.

Při vlastním provozu, a zejména ve fázích spouštění BPS, je vhodné řídit plnění bioreaktoru na základě laboratorních analýz vzorků z fermentoru. Při spouštění BPS je možné optimalizovat složení receptury a rychleji tak dosáhnout plného výkonu (včasnější dosažení maximálního objemu prodeje elektrické energie, přibližně do šesti týdnů oproti několika měsícům, pokud nejsou laboratorní testy prováděny). Při provozu bioplynové stanice lze laboratorním rozbořem odhalit včas případné nedostatky a nežádoucí posuny ve vývoji fermentační mikroflóry. Je tak možno předejít ekonomickým ztrátám v dodávkách bioplynu a také kritickému okamžiku zvrhnutí obsahu bioreaktoru a následné likvidaci nefermentovatelného substrátu. Ze zkušenosti vyplývá, že často i malé změny ve způsobu přípravy téhož substrátu či doplnění malého množství stopových prvků formou doplňkového substrátu vedou k významným posunům ve výkonnosti produkce.

Častým problémem provozu BPS je doprovodný zápach. Pokud pomíneme speciální stanice zabývající se likvidací komunálních, popř. jatečních odpadů, kde zdrojem zápachu může být i samotný příjmový koš, pak by farmářské stanice neměly své okolí případným zápachem obtěžovat, a to ani ze vznikajícího digestátu. Pokud přece jen tato situace nastane, je to především v důsledku nedodržení technologické kázně (nejčastěji ve snaze v krátkém časovém horizontu dosáhnout maximálního vývinu bioplynu přetížením bioreaktoru) a následným nesprávným vývojem obsahu fermentoru. Zároveň pak oproti záměru provozovatele dochází k poklesu výnosu bioplynu, a tím k ekonomickým ztrátám. Náklady nutné na průběžné laboratorní sledování obsahu fermentoru tak mohou dostatečně vyvážit případné hospodářské ztráty. Sledování rozborů fermentačních vzorků lze tedy provozovatelům BPS jednoznačně doporučit (ZIMOLKA a kol., 2008).

#### **4.4 Digestát**

Digestát – nerozložený podíl zpracovávané suroviny a biomasa mikroorganismů účastnících se fermentace, vzniká jako vedlejší produkt výroby bioplynu. Jelikož v průběhu fermentace klesá jeho obsah organických látek ve zpracovávané surovině, je složení závislé hlavně na složení zpracovávané suroviny. Výsledná sušina digestátu se v naprosté většině případů pohybuje v rozsahu 4 – 9 % (HAVLÍČKOVÁ a kol., 2008).

Digestát se dělí na dvě složky:

- Separát – jedná se o tuhý vyhníly zbytek se sníženým obsahem biologicky rozložitelných látek. Tento materiál pokud vyhovuje všem normám a shoduje se s parametry vyhlášky stanovené Ministerstvem životního prostředí, lze využívat jako hnojivo, přídavek do kompostu nebo k vyrovnání povrchu terénu (VERNER, 2010).

- Fugát – neboli procesní voda, je tekutý produkt vyhnívajícího procesu a má charakter vody odpadní. Je silně zakalený a obsahuje produkty anaerobního rozkladu organických látek. Zpravidla je odváděn do čistírny odpadních vod ([www.enviweb.cz](http://www.enviweb.cz); přečteno dne 5. 1. 2013 ).

V tab. č. 10 uvádí Havlíčková (2008) k porovnání obsah organických látek a rostlinných živin v tuhé a tekuté části digestátu a v tab. 11 uvádí obsah těžkých kovů v digestátu z kukuřičné siláže.

Tab. č. 10: Obsah organických látek a rostlinných živin v tuhé a tekuté části digestátu

(HAVLÍČKOVÁ a kol., 2008)

Paremetr	Jednotka	Kejda prasat		Siláž kukuřice	
		tuhý	tekutý	tuhý	tekutý
sušina	%	27,20	5,20	26,10	4,90
organické látky	% suš.	51,80	47,30	83,30	64,60
dusík N	% suš.	3,90	11,00	2,70	9,90
fosfor P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	% suš.	5,60	5,40	5,00	3,90
draslík K <sub>2</sub> O	% suš.	1,60	5,80	1,70	9,10
vápník CaO	% suš.	4,90	3,00	2,20	2,60
hořčík MgO	% suš.	6,10	1,70	2,00	1,00
uhlík C	% suš.	25,90	23,60	41,15	32,30
C:N	X	8,93	2,15	15,20	3,26

Tab. č. 11: Obsah těžkých kovů v digestátu z kukuřičné siláže  
(HAVLÍČKOVÁ a kol., 2008)

Těžký kov	v mg/kg suš	
	tuhý digestát	tekutý digestát
arsen (As)	< 0,10	0,18
kadmium (Cd)	< 0,15	0,35
olovo (pb)	< 3,50	3,3
rtuť (Hg)	0,003	0,021
chrom (Cr)	6,8	57
měď (Cu)	10	49
molybden (Mo)	1,5	4,4
zinek (Zn)	54	280



## 5. DISKUZE

Vysoký výnosový potenciál kukuřice je znám po celém světě, a proto se řadí k nejpěstovanějším plodinám světa.

Jako stále perspektivnější způsob získávání energie se jeví využívání biomasy k energetickým účelům. Tím se snižuje i znečišťování životního prostředí, neboť tak klesá spotřeba fosilních paliv.

Jak uvádí PETŘÍKOVÁ a kol. (2006), je hlavní důvod pro omezování využití fosilních paliv a jejich nahrazování obnovitelnými energiemi především ekologický. V zájmu trvale udržitelného života je třeba zastavit nebo alespoň snížit globální oteplování a klimatickou změnu, která je dnes potvrzena nejen meteorologickým měřením, ale i vyšší frekvencí tajfunů, tornád a záplav způsobených přívalovými dešti.

Oproti tomu na jiném místě PETŘÍKOVÁ a kol. (2006) uvádí názor, že stávající znalosti neumožňují rozlišit změny v klimatu, které jsou způsobeny dlouhodobými změnami podnebí naší planety a změny antropogenní a narůstání koncentrace oxidu uhličitého v atmosféře je považováno za pozitivní zprávu, neboť dojde k zintenzivnění fotosyntézy a k rychlejšímu růstu rostlin, tedy bujnější vegetaci.

Kukuřice je rostlina s efektivnější fotosyntézou. Ukládá větší množství sluneční energie, kterou přeměňuje na organickou hmotu. Velké množství organické hmoty, jež kukuřice vyprodukuje za příznivých půdně klimatických podmínek, lze používat jako substrát do bioplynové stanice (BPS).

V České republice má pěstování kukuřice dlouholetou tradici, a proto není problém přejít na výrobu kukuřičné biomasy pro energetické účely. Kukuřičná siláž tvoří 35 % substrátu všech zemědělských bioplynových stanic, kolem 85 % tohoto substrátu je tvořeno energetickými hybridy kukuřice. Výběr hybridu kukuřice je podmíněn půdně-klimatickými podmínkami. Důležitější faktor, než je samotný výběr hybridu, je u kukuřice hmotnost sušiny na hektar. Při sklizni má být dosaženo obsahu sušiny u všech

hybridů v rozmezí 28 – 34 %. Nezbytností je uplatňování veškerých technologií jako neměnného celku, od zařazení do osevního postupu až po sklizeň a její zpracování. Je nutné dodržení všech postupů při výrobě siláže, jako je délka řezanky, řádné udusání, naplnění silážního žlabu (NAVRÁTIL, 2009).

Někdy dochází k paušalizaci názorů na BPS, že tyto nadměrně zapáchají, což se děje v důsledku několika málo problémových projektů, u kterých došlo k nepřiměřené medializaci. Jak uvádí ZIMOLKA a kol. (2008), častým problémem provozu BPS je doprovodný zápach. Pokud pomineme speciální stanice zabývající se likvidací komunálních, popř. jatečních odpadů, kde zdrojem zápachu může být i samotný příjmový koš, pak by farmářské stanice neměly své okolí případným zápachem obtěžovat, a to ani ze vznikajícího digestátu. Pokud přece jen tato situace nastane, je to především v důsledku nedodržení technologické kázně (nejčastěji ve snaze v krátkém časovém horizontu dosáhnout maximálního vývinu bioplynu přetížením bioreaktoru) a následným nesprávným vývojem obsahu fermentoru. Zároveň pak oproti záměru provozovatele dochází k poklesu výnosu bioplynu, a tím k ekonomickým ztrátám.

Dalším tématem do diskuze o BPS je ekonomický pohled. Jelikož prodejní cena mléka klesá, musí zemědělci využívat i další možnosti odbytu své produkce. Jednou z nich je i využití kukuřičné siláže pro výrobu bioplynu a jeho následné spalování a výroba elektrické energie. Budeme-li brát v úvahu modelový příklad, že při výnosu 50 t/ha kukuřičné siláže a ceně tohoto krmiva 700 Kč/t, dojdeme pak k tržbě při prodeji tohoto krmiva 35.000 Kč. Pokud vezmeme v úvahu skutečnost, že z 1 t kukuřičné siláže vyrobíme v BPS 417 kW elektrické energie při výkupní ceně 4 Kč za 1 kW, dojdeme k tržbě 83.400 Kč.

Tím nám do budoucna může vyvstat problém, který popisuje ZIMOLKA a kol. (2008). Pro využití kukuřice jako vstupního substrátu BPS bude kritická cena této suroviny a provozovatelé BPS se stanou konkurenty krmivářské spotřeby kukuřičné siláže.

Zemědělské bioplynové stanice tedy dávají jednoznačně zemědělským podnikům stabilní zisky, a dokonce pomáhají plnit závazky České republiky. Těmi je (do roku 2020) 13 % produkce energie z obnovitelných zdrojů.

## 6. ZÁVĚR

Pěstování kukuřice pro výrobu bioplynu se v současné době jeví jako jeden z možných směrů, kterým se mohou dnešní zemědělské podniky ubírat.

Kukuřice je plodina, jež je využívána nejen ve výživě lidstva a hospodářských zvířat, ale i v mnohých průmyslových odvětvích. V poslední době je využívána také jako obnovitelný zdroj v energetice pro výrobu energie. A právě výroba elektrické energie spalováním bioplynu získaného anaerobní digescí kukuřičné siláže v bioplynových stanicích je do budoucna jednou z možností úspor.

Příčinou rozvoje nových technologií zpracování biomasy je mimo jiné i hrozba konečného vyčerpání fosilních zdrojů energie.

V ČR lze bez problémů pěstovat kukuřici pro energetické účely, neboť se zde již řadu let pěstuje tato plodina pro výrobu siláže a agrotechnika pěstování se v ničem zásadně neliší. Důležitá je volba hybridu s ohledem na lokalitu a dané podmínky. Při zakládání porostů je třeba vyvarovat se chyb, jako je nevhodná hloubka setí, přehuštění porostu, zaplevelení kukuřice či přehnojení dusíkem. Další chybou je i pěstování kukuřice na jednom pozemku několik let po sobě. Při sklizni kukuřice pro výrobu bioplynu musí dbát na tři základní kritéria, jimiž jsou optimální obsah sušiny 28 – 34 %, narušení zrna pomocí corncrakeru a délka řezanky do 8 mm. Cílem silážování musí být konzervace sklizené kvalitní biomasy v optimální kvalitě a minimalizace ztrát silážní hmoty. Stabilní siláže se dosáhne jen tehdy, když se kyslík rychle vydýchá, zabrání se dalšímu přístupu vzduchu a vzniklý oxid

uhličité se zadrží v krmivu. Zhutnění musí být největší prioritou, aby se vytvořily anaerobní podmínky pro bakterie mléčného kvašení.

Bioplynové stanice zemědělského typu, které zpracovávají kukuřičnou siláž ve směsi s chlévským hnojem, napomáhají rovněž ke stabilizaci živočišné výroby daného zemědělského podniku. Právě dobře fungující živočišná výroba umožňuje správné dodržování osevních postupů potřebou pěstování krmných plodin pro hospodářská zvířata a naopak produkce chlévského hnoje nám umožňuje použití kvalitních organických hnojiv, ať již přímo či nepřímo použitím digestátu jako kvalitního organického hnojiva.

Z ekonomického hlediska výstavba bioplynových stanic napomáhá k překonání krize ve stavebnictví. Vždyť investice cca 100.000,- Kč na 1kW instalovaného výkonu bioplynové stanice jsou příležitostí pro regionální stavební firmy, které napomáhají k udržení zaměstnanosti v regionech.

Rovněž nastavení výkupních cen elektrické energie vyrobené v bioplynových stanicích se jeví jako optimální vzhledem k návratnosti investice, k finanční stabilizaci a možnosti budoucích investic do rozvoje daného zemědělského podniku, který tím v regionu taktéž přispívá k udržení zaměstnanosti na venkově.

Bioplynové stanice v naší republice prožívají nyní boom. Získávání energie z obnovitelných zdrojů má politickou podporu a i přesto, že je pořízení bioplynové stanice finančně náročná záležitost, počítá se s jejich další výstavbou.

## 7. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY A ZDROJŮ

ČERNÝ, O.: Hybridy vyšlechtěné pro bioplyn, Úroda, r. 58, č.11, 2010, s. 16- 17.

ČERNÝ, O.: Modrá pro bioplyn, Úroda, r. 58, č. 2, 2010, s.14 - 15 .

DIVIŠ, J. a kol.: Pěstování rostlin, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 2010, 260 s., ISBN: 978-80-7394-216-8.

DIVIŠ, J. - KAJAN, M.: Energie využitelná z kukuřice, Úroda, r. 57, č. 8, 2009, s. 26 - 28.

GRAMAN, J. – ČURN, V.: Šlechtění zemědělských plodin, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 1998, 194 s., ISBN: 978-80-7040-300-6

HAS, S. a kol.: Energie v zemědělství, Státní zemědělské nakladatelství Praha, 1985, 380 s.

HAVLÍČKOVÁ, K. a kol.: Rostlinná biomasa jako zdroj energie, Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví s Novou tiskárnou Pelhřimov, 2008, 83 s., ISBN: 978-80-7415-004-3.

HAVLÍČKOVÁ, K. a kol.: Biomasa jako obnovitelný zdroj energie: ekonomické a energetické aspekty, Průhonice: Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, 2005, 67 s., ISBN: 978-80-8511-638-0.

HOFMANOVÁ, D.: Budoucnost patří energii z bioplynu, Úroda, r. 54, č. 12, 2006, s. 14 - 15.

HRUBÝ, J.: Zpracování půdy k silážní kukuřici – poznatky z dlouhodobých pokusů, Agromagazín, r. 2, č. 3, 2001, s.19 - 20.

KACEROVSKÝ O. a kol.: Zkoušení a posuzování krmiv, Státní zemědělské nakladatelství Praha 1990, 213 s., ISBN: 978-80-2090-098-2.

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

KÁRA a kol.: Výroba a využití bioplynu v zemědělství, VUZT Praha Ruzyně, 2007, 117 s., ISBN: 978-80-8688-628-8.

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

KRAMER, E.: Silážování kukuřice – návod pro správný management, *Úspěch ve stáji*, r. 16, č. 1, 2011, s. 27.

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

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

MATHIES, E - KURTZ, H.: Stabilní siláže jistotou: Bonsilage Mais, *Úspěch ve stáji*, r. 14, č. 1, 2009, s. 12 - 13.

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

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

PETR, J.: Kukuřice možná bude odolná vůči chladu, *Úroda*, r. 56, č. 11, 2008, s. 26

PETŘÍKOVÁ, J. – SLADKÝ, V. – STRAŠIL, Z. – ŠAFAŘÍK, M. – UŠŤAK, S. – VÁŇA, V.: Energetické plodiny, Profí Press 2006, 127 s., ISBN 80-86726-13-4

PROCHÁZKA, S. a kol.: Fyziologie rostlin, Academia Praha 1998, 484 s., ISBN: 978-80-2000-586-1.

- PROCHÁZKOVÁ, B. a kol.: Minimalizace zpracování půdy a zakládání porostů kukuřice, *Úroda*, r. 53, č. 3, 2005, s. 19 - 21.
- RADA, V.: Siláž a zdraví zvířat, VUŽV Praha - Uhřetěves 2009, 40 s.
- RATAJ, D.: Energetické využití kukuřice seté, Diplomová práce, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích 2011, 72 s.
- SCHULZ, H - EDER, B.: Bioplyn v praxi – Teorie, projektování, stavba zařízení, příklady, HEL Ostrava 2004, 167 s., ISBN: 978-80-8616-721-3.
- SOUKUP, J. a kol.: Výběr herbicidů a časování ochrany v kukuřici, *Úroda*, r. 54, č. 4, 2006, s. 19 - 22.
- SVOBODA, M.: Zakládání porostů kukuřice, *Úroda*, r. 52, č. 3, 2004, s. 19 - 21 .
- SVOBODA, M.: K pěstování kukuřice, *Úroda*, r. 53, č. 4, 2005, s. 23 - 26.
- ŠNOBL, J. a kol.: Rostlinná výroba IV, Česká zemědělská univerzita Praha 2004, 119 s., ISBN: 80-213-1153-3.
- VANĚK, V. a kol.: Výživa polních a zahradních plodin, Profi Press Praha 2007, 167 s., ISBN: 80-867-2625-8, 978-80-8672-625-0 .
- VELICH, J. a kol.: Pícninářství, , Vysoká škola zemědělská Praha 1991, 204 s.
- VERNER, D.: Nakládání s digestátem zemědělských bioplynových stanic, Bakalářská práce, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích 2010, 41 s.
- VRZAL, J. – NOVÁK, D. a kol.: Základy pěstování kukuřice a jednoletých pícnin, Institut výchovy a vzdělávání ministerstva zemědělství České republiky Praha 1995, 32 s., ISBN: 978-80-7105-097-1.
- WOLLNER, A.: Využití kukuřice k energetickým účelům, Diplomová práce, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích 2011, 67 s.
- ZIMOLKA a kol.: Kukuřice – hlavní a alternativní užitkové směry, ProfiPress Praha 2008, 200 s, ISBN: . 80-867-2631-2, 978-80-8672-6-1

## ELEKTRONICKÉ ZDROJE

Anonym 1.

[http://www.agrokrom.cz/texty/metodiky/radce\\_hospodare/radce\\_kukurice\\_na\\_zrno\\_a\\_silaz\\_celkem.pdf](http://www.agrokrom.cz/texty/metodiky/radce_hospodare/radce_kukurice_na_zrno_a_silaz_celkem.pdf) [cit. 2013-01-13].

Anonym 2.

[http://www.agrokrom.cz/texty/METODIKY/RAM\\_METOD/ram\\_metod\\_kukurice.pdf](http://www.agrokrom.cz/texty/METODIKY/RAM_METOD/ram_metod_kukurice.pdf) [cit. 2013-02-17]

Anonym 3.

<http://www.biomasa-info.cz/cs/doc/kukurice.pdf> [cit. 2012-12-02].

Anonym 4.

[http://www.enviweb.cz/page/co\\_je\\_to\\_bioplynka](http://www.enviweb.cz/page/co_je_to_bioplynka) [cit. 2013-01-05].

Anonym 5.

[http://www.fnagro.cz/letaky/fn\\_kukurice\\_katalog.pdf](http://www.fnagro.cz/letaky/fn_kukurice_katalog.pdf) [cit. 2012-12-04].

Anonym 6.

[http://www.eurocorn.cz/cz/osivo\\_kukurice](http://www.eurocorn.cz/cz/osivo_kukurice) [cit. 2012-12-04].

Anonym 7.

<http://www.lukrom.cz/silaznivaky.html> [cit. 2013-02-17].

Anonym 8.

<http://www.priroda.cz/slovník.php?detail=656> [cit. 2013-01-03].

Anonym 9.

<http://www.saatbaulinz.cz/cz/nabidka> [cit. 2012-12-01].

Anonym 10.

<http://www.silaznivaky.cz/sluzby.html> [cit. 2013-02-17].



Anonym 11.

<http://www.ukzuz.cz/folders/Articles/9192> [cit. 2012-12-02].

Anonym 12.

[http://web2.mendelu.cz/af\\_217\\_multitext/prezentace/pp/show\\_rostlina\\_faze.php?ID\\_rostlina=23&ID\\_faze=14](http://web2.mendelu.cz/af_217_multitext/prezentace/pp/show_rostlina_faze.php?ID_rostlina=23&ID_faze=14) [cit. 2012-10-28].

Anonym 13.

<http://botanika.bf.jcu.cz/morfologie/MorfologieList.htm> [cit. 2013-03-03].

SKALICKÝ, V.: Bioplyn na pořadu dne (30.11.2006); dostupné na [http://www.agroweb.cz/Bioplyn-na-poradu-dne\\_s46x26370.html](http://www.agroweb.cz/Bioplyn-na-poradu-dne_s46x26370.html) [cit. 2013-01-05].

SKLÁDANKA, J.: Kukuřice setá /*Zea mays* L./ (2006); dostupné na [http://www.web2.mendelu.cz/af\\_222\\_multitext/picniny/sklady.php](http://www.web2.mendelu.cz/af_222_multitext/picniny/sklady.php) [citace dne 28.10.2012/].

TŘINÁCTÝ, J. – MATOUŠKOVÁ, H. – VYCHODILOVÁ, D.: Výběr hybridů kukuřice podle FAO, Náš chov, dostupné na

[http://www.naschov.cz/@AGRO/informacni-servis/Vyber-hybridu-kukurice-podle-FAO\\_s485x58617.html](http://www.naschov.cz/@AGRO/informacni-servis/Vyber-hybridu-kukurice-podle-FAO_s485x58617.html) [cit. 2013-02-17].

## 8. PŘÍLOHY

Obr. 1: *Zea mays* L. - porost



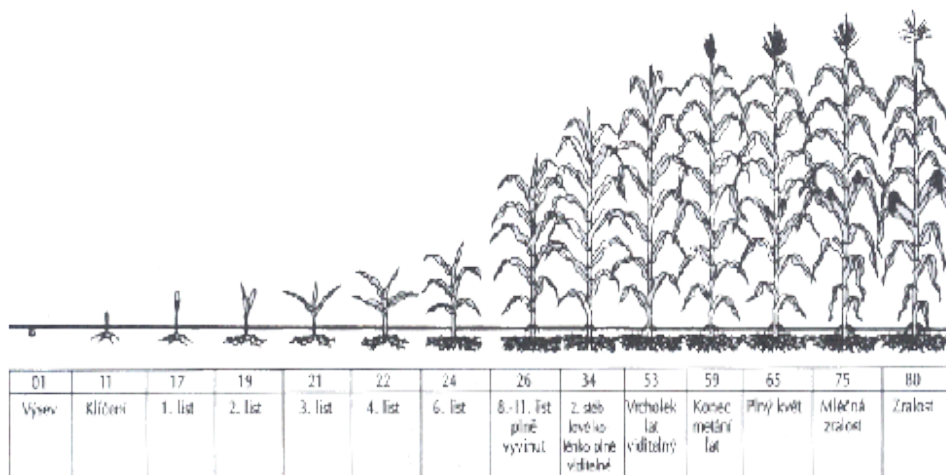
zdroj: foto Poslušný, 2012

Obr. 2: *Zea mays* L – detail rostliny



zdroj: foto Poslušný, 2012

Obr. 3: *Zea mays* L. – růstové fáze



zdroj: [www.web2.mendelu.cz](http://www.web2.mendelu.cz) (staženo dne 28. 10. 2012)

Obr.4: *Zea mays* L. – samčí květenství (lata)



zdroj: [www.web2.mendelu.cz](http://www.web2.mendelu.cz)  
(staženo dne 28. 10. 2012)

Obr.5: *Zea mays* L – samičí květenství (palice)



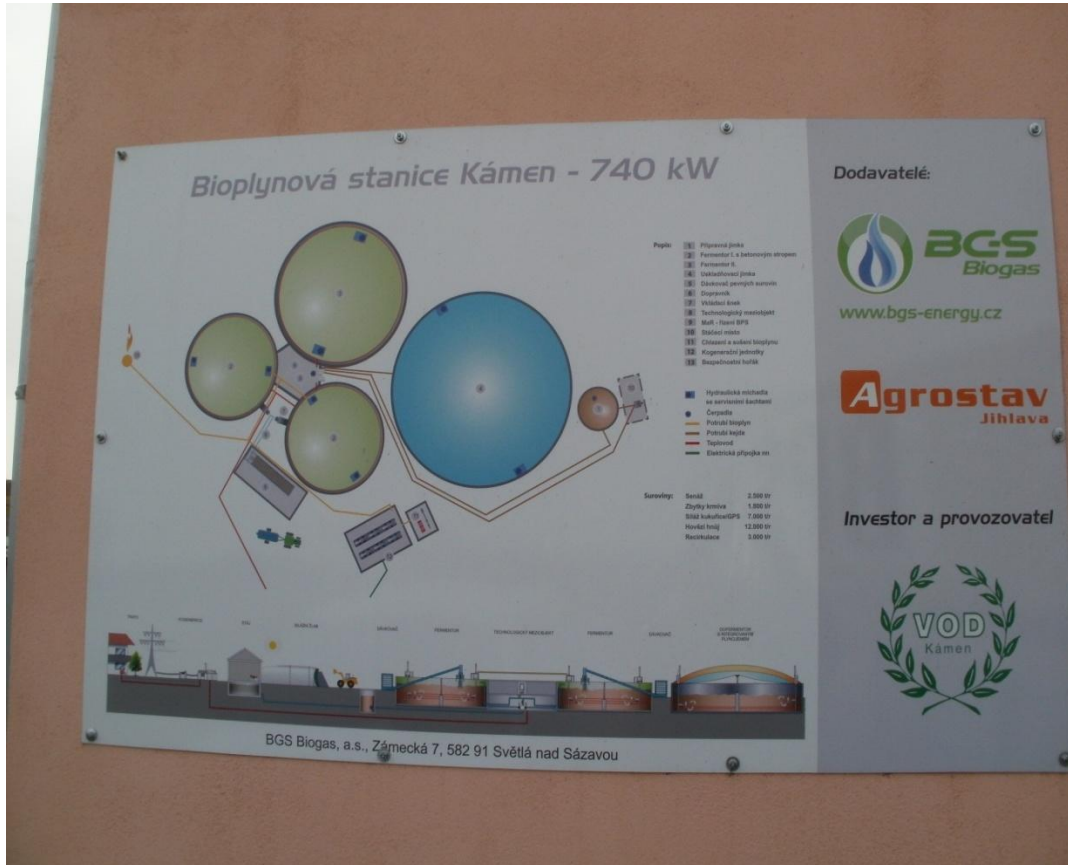
zdroj: [www.web2.mendelu.cz](http://www.web2.mendelu.cz)  
(staženo dne 28. 10. 2012)

Obr.6: *Zea mays* L. – vzrostlý porost, zdroj: [www.web2.mendelu.cz](http://www.web2.mendelu.cz)  
(staženo dne 28. 10. 2012)





Obr.7: Schéma bioplynové stanice Kámen – 740 kW, zdroj: foto Poslušný, 2013



Obr.8: Uskladnění siláže v BPS, zdroj: foto Poslušný, 2013



Obr.9: Směšovač a dávkovač substrátu v BPS Kámen, zdroj: foto Poslušný, 2013



Obr.10: Jímka s digestátem v BPS Kámen, zdroj: foto Poslušný, 2013



## SEZNAM PŘÍLOH

Obr. 1: *Zea mays* L - porost., zdroj: foto Poslušný, 2012

Obr. 2: *Zea mays* L – detail rostliny, zdroj: foto Poslušný, 2012

Obr. 3: *Zea mays* L. – růstové fáze), zdroj: [www.web2.mendelu.cz](http://www.web2.mendelu.cz)

(staženo dne 28. 10. 2012)

Obr. 4: *Zea mays* L. – samčí květenství (lata), zdroj: [www.web2.mendelu.cz](http://www.web2.mendelu.cz)

(staženo dne 28. 10. 2012)

Obr. 5: *Zea mays* L. – samičí květenství (palice), zdroj:

[www.web2.mendelu.cz](http://www.web2.mendelu.cz) (staženo dne 28. 10. 2012)

Obr. 6: *Zea mays* L. – vzrostlý porost, zdroj: [www.web2.mendelu.cz](http://www.web2.mendelu.cz) (staženo

dne 28. 10. 2012)

Obr. 7: *Schéma bioplynové stanice Kámen – 740 Kw*, zdroj: foto Poslušný,

2013

Obr. 8: *Uskladnění siláže v BPS*, zdroj: foto Poslušný, 2013

Obr. 9: *Směšovač a dávkovač substrátu v BPS Kámen*, zdroj: foto Poslušný,

2013

Obr. 10: *Jímka s digestátem v BPS Kámen*, zdroj: foto Poslušný, 2013