

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Zemědělská fakulta

Studijní obor: Agroekologie

Katedra rostlinné výroby

Diplomová práce

Pěstování kukuřice k energetickým účelům

Vedoucí diplomové práce:

doc.Ing. Jiří Diviš,CSc.

Autor diplomové práce:

Bc. Martin Navrátil

České Budějovice 2009

Děkuji **doc. Ing. Jirímu Divišovi, CSc.** za vedení mé diplomové práce a za veškerou pomoc při jejím uskutečnění. Dále děkuji všem, kteří měli vliv na její vznik.

Prohlašuji, že svoji diplomovou práci 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 diplomové práce, a to v nezkrácené podobě – v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných zemědělskou fakultou elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

V Českých Budějovicích

dne 27.4.2009

.....

podpis autora

Abstract:

In experiment we grown two maize hybrids for energy purpose. Growth was established as small plats. Yield of biomass, drymass percent, yield of drymass and production of biogas were assessed. At one year assess were noticed tendency of better output at energy processing hybrid.

Keywords: maize; biomass; energy

Výtah:

V pokusu byly vypěstovány dva hybridy kukuřice pro energetické účely. K hodnocení byl porost založen jako maloparcelní. Hodnocen byl výnos biomasy, obsah sušiny, výnos sušiny a produkce bioplynu. U jednoletých hodnocení byl zaznamenán trend lepších výsledků u hybridu šlechtěného k energetickým účelům.

Klíčová slova: kukuřice; biomasa; energie

Obsah:

1. Úvod	1
2. Literární přehled	3
2.1. Státní politika - Akční plán	3
2.2. Charakteristika kukuřice	4
2.2.1. Kořenový systém	4
2.2.2. Stéblo	4
2.2.3. Listy	5
2.2.4. Květenství, květy, zrno	5
2.2.5. Klíčení obilky	5
3. Faktory uplatňující se při pěstování kukuřice	7
3.1. Abiotické faktory	7
3.1.1. Půda	7
3.1.2. Sluneční záření - světlo	8
3.1.3. Teplota	8
3.1.4. Voda	8
3.2. Biotické faktory	9
3.2.1. Fotosyntéza	9
4. Agrotechnika	12
4.1. Zařazení do osevního postupu	13
4.2. Zpracování půdy	13
4.3. Volba hybridu	14
4.4. Setí kukuřice	17
4.5. Ošetření porostu kukuřice	19
4.6. Hnojení kukuřice	21
4.7. Sklizeň kukuřice	23
4.8. GM kukuřice	24
5. Kukuřice k energetickým účelům	25
5.1. Spalování biomasy	25
5.1.1. Pojem spalování	25
5.1.2. Obecné požadavky na konstrukci spalovacích zařízení na biomasu	25

5.2. Anaerobní digesce biomasy	26
5.2.1. Pojem anaerobní digesce	26
5.2.2. Anaerobní konverze organických substrátů	26
6. Cíl práce	29
7. Metodika	30
8. Výsledky práce	34
9. Diskuse	46
10. Závěr	48
11. Seznam použité literatury	50

1. Úvod

Využití biomasy k energetickým účelům se postupem času jeví jako stále perspektivnější způsob získávání energie. V okolních zemích, zejména v Německu a Rakousku, již řadu let fungují bioplynové stanice zemědělského typu. Vláda v minulých letech uvolnila nemalé prostředky na výstavbu a modernizaci bioplynových stanic v Čechách. Tento způsob získávání čisté obnovitelné energie je ekonomicky přijatelný i bez dotačních titulů. Zároveň lze touto cestou ušetřit na spotřebě fosilních paliv a tím snížit znečišťování životního prostředí.

Kukuřice patří k typu rostlin s efektivnější fotosyntézou. Oproti jiným plodinám ukládá větší množství sluneční energie a přeměňuje ji na organickou hmotu. Pokud má kukuřice příznivé podmínky, dokáže vyprodukovat značné množství organické hmoty. Z této vyprodukované biomasy lze získat v bioplynových stanicích bioplyn nebo biomasu spalovat. Její obrovský potenciál je znám po celém světě a nejen proto je třetí nejpěstovanější plodinou světa.

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 v současnosti pěstující 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 předseťové přípravy až po sklizeň a následné zpracování.

Tato práce se zabývala výběrem výhodnějšího hybridu pro energetické nároky bioplynových stanic. Na maloparcelním pozemku v Českých Budějovicích byl zaset hybrid kukuřice k energetickým účelům a jako druhý silážní hybrid kukuřice. Byly sledovány růstové fáze a vzcházení porostů. Ke zjištění výnosu biomasy bylo provedeno několik sklizní a zjistil se obsah sušiny v rostlinách.

Z celkového výnosu se určilo, zda je produkce ekonomicky přijatelná a který hybrid je tedy pro produkci biomasy k energetickým účelům vhodnější. Dále se hodnotil celkový výnos sušiny a množství vyfermentovaného plynu z biomasy. Ze získaných dat

se určil nejvhodnější hybrid a technologie zpracování vyprodukované kukuřičné biomasy.

2. Literární přehled

Předností kukuřice je schopnost vytvořit značné množství organické hmoty vysoké kalorické hodnoty (Svoboda 2004).

2.1. Státní politika - Akční plán

Ministerstvo zemědělství ČR připravilo návrh Akčního plánu pro biomasu 2008 – 2010 (dále jen AP) a v současné době pracuje na jeho dokončení. AP vychází z doporučení Akčního plánu pro biomasu EU COM (2005) 628, ze Státní energetické koncepce a z Dohody o budoucím směřování EU v oblasti energetiky a je zpracován tak, jak bude předložen k projednání Vládou ČR.

K cílům AP patří pomoci naplnit závazky ČR pro výrobu energie z obnovitelných zdrojů energie (OZE) k roku 2010, resp. 2020, vyplývající z přístupové dohody k EU, ze Státní energetické koncepce a z Dohody o budoucím směřování EU v oblasti energetiky. Dále si dává za cíl pomoci nastartovat investice do čistého způsobu získávání energie spolu se snižováním energetické náročnosti a podporovat širší domácí využití energie z biomasy a zpřístupnit ji pro co nejširší cílovou skupinu. Zaměřuje se na oblasti venkova jako hlavního dodavatele energie z biomasy a s tím související rekvalifikací zemědělců, vybavení pro výrobce biomasy, investice do zařízení na výrobu biopaliv a přechod dodavatelů elektřiny a tepla na biomasu. Je zde uplatňován princip udržitelného rozvoje a prosazována všechna hlediska související s životním prostředím (MZE 2008).

V současnosti leží ladem asi 0,5 mil. ha půdy. Z hlediska trvale udržitelného rozvoje však nezbytné s touto půdou nadále dobře hospodařit. Jednou z významných možností je pěstování energetických plodin, přičemž pro naplnění cíle 2010 (viz. AP) by stačilo využít asi polovinu uvedené výměry, tj. asi 250 tisíc ha. V horizontu 30 let lze využít až 1,5 mil. Ha, tj. asi 35 % výměry zemědělské půdy v ČR, v souladu s osevními postupy (kolektiv 2006).

2.2. Charakteristika kukuřice

Kukuřice (*Zea mays* L.) patří do čeledi lipnicovitých (Poaceae) a skupiny kukuřicovité (Maydeae) (**Diviš 2000**).

2.2.1. Kořenový systém

Kukuřice má svazčitý kořenový systém, jehož kořeny pronikají podle stanovištních podmínek poměrně hluboko do půdy (1,5 – 3m) a zajišťují dobré zásobování rostliny vodou ze značné hloubky. Převážná část jemných kořínků je však rozložena v orniční půdní vrstvě do hloubky 20 cm, kolem stébla v okruhu jednoho metru a více (**Hruška 1962**).

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 adventivních kořenů (**Diviš 2000**).

Způsob zakořeňování kukuřice ovlivňuje nejen odrůda, ale značně také vodní a tepelné poměry půdní. Rané nízké odrůdy nezakořeňují tak do hloubky a šířky jako vysokovzrůstné pozdní (**Hruška 1962**).

Kořenové systémy a jejich modifikace mají rozhodující význam pro příjem živin a vody. Jejich tvorba probíhá podobně jako u nadzemních částí, tj. pod komplexním vlivem prostředí a genetických faktorů.

Podzemní orgány totiž ovlivňují chování a růst celé rostliny, zejména z hlediska odolnosti proti suchu a nízkým i vysokým teplotám. Dále působí na celý vývoj rostliny i zralost generativních orgánů. Významná je produkce auxinů, gibberelinů, cytokininů, vitamínů a jiných látek, které působí prostřednictvím kořenů a vzájemným působením mezi nadzemní a podzemní částí na celý metabolismus a růst, jeho zrychlení i zpomalení. Nemenší význam má i pohyb asimilátů a vitamínů z nadzemních částí do podzemních a jejich případný návrat zpět (**Petr-Černý-Hruška 1980**).

2.2.2. Stéblo

Stéblo kukuřice je plné (vyplněno dřevem) a je současně zásobním orgánem. Stéblo kukuřice je rozdělené kolénky (nody) na články (internódia). Články stébla

nejsou stejně dlouhé. Nejkratší jsou bazální články. Výška stébla se v našich podmínkách v závislosti na hybridu pohybuje od 1,2 do 3,0 metrů (**Diviš 2000**).

2.2.3. Listy

Listy kukuřice jsou protistojné. 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 (24 i více) (**Diviš 2000**).

Listy jsou nejvýznamnější morfologickou strukturou rostlin. Jsou adaptovány pro zabezpečení celého komplexu procesů souhrnně označovaných jako fotosyntéza. V celé říši rostlinných organismů představují listy rostlin orgány velmi specifické: tenké ploché útvary již napohled naznačují vývojové přizpůsobení k maximální absorpci slunečního záření a k maximálnímu zkrácení transportních drah při výměně plynů mezi vnitřním prostorem listu a okolní atmosférou (**Procházka 1998**).

2.2.4. Květenství a květ kukuřice

Kukuřice patří mezi rostliny jednopohlavné a jednodomé. Samčí tyčinkovité květy tvoří klásky v latách. Samičí pestíkové květy vytváří palice. Je to klas s hrubou hlavní osou, na které jsou zrna v řadách. Počet řad je obvykle od 8 do 18 (**Diviš 2000**).

2.2.5. Klíčení obilky (zrna)

Klíčení obilky kukuřice, podobně jako u všech jiných rostlin, je komplexem biochemických, fyziologických a morfologických pochodů. Zrno začíná klíčit za vhodných tepelných a vlhkostních podmínek vzduchu i půdy. V laboratorních podmínkách bývá doba klíčení zrna kukuřice 5 – 6 dní, kdežto v polních podmínkách 7 – 10 dní. Kulovitý semeník kukuřice se po oplození změní na plod a z oplodněného vajíčka se vyvine semeno. Zrno (caryopsis) je z botanického hlediska nažka, suchý, nepukavý, jednosemenný plod s tenkým oplodím. Tvar zrna je rozličný: u některých kultivarů jsou zrna hustě uspořádaná a jsou proto zploštěná, u jiných jsou uložena volně a jsou téměř kulovitá. Oplodí, které kryje semeno, je hladké, na vrcholu plodu s nepatrným zbytkem po zaschlé čnělce. Vlastní krycí vrstvou je velmi tenká

bezstrukturní vrstvička přiléhající k aleuronové vrstvě. Endosperm tvoří 80 – 84 % hmotnosti zrna. Jeho jednobuněčná, povrchová vrstva, diferencující se jako aleuronová vrstva, obsahuje aleuronová zrna, drobné bílkovinné útvary. Kromě bílkovin se v nich nacházejí i oleje. Ostatní buňky obsahují škrob, který představuje zásobní látku (**Belej 1982**).

3. Faktory uplatňující se při pěstování kukuřice

Do této kapitoly spadají přírodní jevy, které člověk nemůže výrazně změnit. Umělé zásahy člověka do životního cyklu rostlin mají za cíl vytvořit vhodnější pěstitelské podmínky. Přiblížit prostředí ke stavu, kdy je kukuřice schopna realizovat svůj maximální růstový a produkční potenciál.

3.1. 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 porost ani 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.

3.1.1. Půda

Základem pěstování plodin je půda, která se fyzikálními, chemickými i biologickými vlastnostmi podílí na vytváření výnosů. Soubor těchto faktorů můžeme nazvat půdní úrodností, která je v podstatě dána schopností půdy zásobovat rostliny vodou, živinami a dalšími nezbytnými faktory (**Ivanič 1984**).

Kukuřici lze pěstovat na všech orných půdách, pokud mají správný vodní a vzdušný režim, jsou dosti hluboké, neutrální až slabě kyselé reakce (pH 6,5 – 7), dobře zásobené humusem a živinami, činné, nezaplevelené (**Hruška 1962**).

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, nepříliš těžkých a hnědozemní půda v chráněných polohách a na jižních svazích (**Svoboda 2004**).

Kukuřice nemá vyhraněné požadavky na půdní reakci (**Svoboda 2005**).

3.1.2. Sluneční záření – světlo

Záření je šíření energie prostorem. Sluneční záření je mimořádně významným faktorem určujícím klimatické podmínky na naší planetě (**Procházka 1998**).

Kukuřice dovede využívat sluneční záření efektivněji než ostatní rostliny. V porostu na 1 ha vytváří 20 000 – 50 000 m² asimilační zelené plochy a vystavuje ji slunečnímu světlu. V příhodných podmínkách (např. při závlaze) zvětšuje plochu zelených orgánů i o 100 %. Dlouhé přímé osvětlení (sluneční letní dny) způsobuje velké přírůstky organické hmoty. Růst asimilační plochy omezuje jen transpirace, při níž může za silného svitu a využití vysoké teploty dojít k deficitu vody v rostlině (**Hruška 1962**).

3.1.3. Teplo

Kukuřice je rostlina teplomilná. K průběhu celého životního cyklu potřebuje od 1700 do 3120 °C tepelné sumy. V minulosti se kukuřice pěstovala převážně jen v zeměpisných pásmech vysokých teplot a intenzivního slunečního záření (**Hruška 1962**).

3.1.4. Voda

Obsah vody v organismu kukuřice je rozhodujícím činitelem asimilace; proto i vlhkost půdy a podmínky pro příjem vody kořenovým systémem a intenzita transpirace ovlivňuje stupeň využití světla při tvorbě asimilátů. Kritické období ve vztahu k vláze je u kukuřice patnáct dnů před metáním lat a patnáct dnů následujících po této fázi (**Hruška 1962**).

Kudrna (1957) sledoval kritické období ve vztahu k teplotě a vláze. Prokázal, že výnosy kukuřice klesají při jakémkoliv porušení této rovnováhy pro danou etapu. Nejvyšší dosažené výnosy kukuřice jsou vázány za jinak normálních podmínek převahou srážek nad teplotami, což připadá na období srpen – září, podle fenologického spektra kvetení palic až do počátku mléčné zralosti (**Velich 1994**).

3.2. Biotické faktory

3.2.1. Fotosyntéza

Rostliny představují otevřené systémy, v nichž dochází k trvalé výměně prvků a látek (CO_2 , H_2O , minerální živiny), energie a informací s okolím (**Procházka 1998**).

Biologický výnos hodnotíme podle množství vytvořené biomasy, často podle nadzemní biomasy. Ta je produktem fotosyntézy. Veškerá agrotechnická opatření je nutné si vykládat jako vytvoření podmínek pro maximální fotosyntézu. Vliv vnějších podmínek, stejně tak počasí během vegetace musíme sledovat ve vztahu k čistému výkonu fotosyntézy. Na fotosyntéze jsou v určité míře závislé všechny životní funkce rostliny, a naopak metabolické, růstové a vývojové pochody v rostlinném organismu spoluurčují strukturu fotosyntetického aparátu a jeho funkci (**Petr 1987**).

Fotosyntetická asimilace uhlíku tvoří spolu s příjmem vody a minerálních živin energetickou a materiální základnu tvorby výnosu. Kukuřice se zařazuje mezi druhy s typem fotosyntézy C_4 , popřípadě druhy s takzvaným účinným typem fotosyntézy (**Petr 1980**).

Primární fixace CO_2 enzymem Rubisco je typickým rysem fotosyntézy rostlin typu C_3 . Výrazně odlišný způsob fotosyntetické redukce CO_2 se vyskytuje u rostlin C_4 . Zde dochází k vazbě HCO_3^- na fosfoenolpyruvát enzymem fosfoenolpyruvátkarboxylázou (PEPkarboxyláza, PEPc) za vzniku oxalacetátu, tedy čtyřuhlíkaté sloučeniny, a proto označení rostlin jako C_4 .

Fosfoenolpyruvátkarboxyláza je cytozolový enzym přítomný ve vyšších rostlinách, řasách, sinicích i bakteriích. V nefotosyntetických systémech má anaplerotické funkce. Jeho uhlíkovým substrátem je HCO_3^- . Vyskytuje se v mnoha izoformách. Bylo prokázáno, že i rostliny C_4 mají všechny enzymy Calvinova cyklu. Fixace CO_2 zde probíhá doslova dvakrát. Atmosférický CO_2 je nejprve fixován v buňkách mezofylu, a to v cytoplasmě PEPkarboxylázou. Vzniklý oxalacetát se mění na malát nebo aspartát (dle druhu rostlin) a je pak transportován do buněk pochev cévních svazků. Zde je dekarboxylací uvolněn CO_2 a znovu fixován, tentokrát cyklem Calvinovým.

Metabolismus C4 zahrnuje sérii reakcí v cytoplazmě, mitochondriích a chloroplastech včetně transportu intermediárních produktů mezi intracelulárními komponenty 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 CO₂, který je uvolňován při dekarboxylaci.

Specifita metabolismu rostlin C4 spočívá tedy i v tom, že představuje funkční spojení přenosu CO₂ do buňek pochev cévních svazků s jeho hromaděním v místech karboxylace RuBPKarboxylázou.

Tímto způsobem dosahuje komplex strukturních a funkčních znaků rostlin C4 rychlé prvotní fixace CO₂ buňkami mezofilu i při nízkých koncentracích CO₂ a na druhé straně při nezměněných vnějších podmínkách zajišťuje srovnatelné rychlosti fixace CO₂ RuBPKarboxylázou zvýšením koncentrace CO₂ v buňkách pochev cévních svazků. Dalším důsledkem je potlačení fotorespirace.

V průběhu růstu rostliny C4 dochází k významným změnám v podílu primární fixace CO₂ enzymem Rubisco a enzymem PEPc (**Procházka 1998**).

Kukuřice ve srovnání s C3 rostlinami má efektivnější fotosyntézu. Vděčí za to přídatnému cyklu biochemických reakcí, jenž 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.

I mezi C4 rostlinami se najdou výjimky. Patří k nim planě rostoucí travina ozdobnice čínská (*Miscanthus sinensis*). Ta je vysoce produktivní i za nízkých teplot. Výzkum se soustředil na biochemický cyklus, který používají C4 rostliny k „zahuštění“ oxidu uhličitého ve fotosyntetizujících pletivech. Zejména enzym pyruvátfosfodikináza (PPDK). Za nízkých teplot se PPDK v pletivech kukuřice rozpadá a ztrácí svou účinnost. Kukuřice tak přichází o svou výhodu, kterou mají rostliny C4 oproti C3 rostlinám, a přestává zahušťovat oxid uhličitý v pletivech.

Molekuly enzymu PPDK jsou u kukuřice a ozdobnice velice podobné a podobně se také chovají. Klíčovým trikem ozdobnice je nadprodukce enzymu PPDK. Rostlina jej vyrábí tolik, že stačí pokrýt úbytek vyvolaný rozpadem enzymu za nízkých teplot.

Principiálně je celkem jednoduché zvýšit produkci enzymu PPDK i u kukuřice. Pokud by se to podařilo, získali bychom linie kukuřice s výrazně prodlouženou vegetační sezónou (**Petr 2008**).

4. Pěstování kukuřice

Je to soubor všech zásahů člověka, kterými se snaží zlepšit vnější a vnitřní prostředí rostlin nebo zmírnit negativní dopad okolních vlivů, ať už biotických či abiotických.

Pěstování kukuřice k energetickým účelům se v mnohém shoduje s pěstováním kukuřice na siláž. Zásadní rozdíl je ve volbě hybridu. Technologie pěstování sklizeň i uskladnění je shodné.

Agrotechnika kukuřice se vyvíjí a člověk stále usiluje o vytvoření co nejnvhodnějších podmínek, aby ta mohla realizovat co nejvíce ze svého potenciálu. A to jak růstového, tak i složení vyprodukované biomasy.

Rozsah pěstování kukuřice i dosahované výnosy mají v posledních letech stoupající tendenci související nejen s používáním nových výkonných hybridů, ale i se zvládnutím pěstebních technologií jak u kukuřice na siláž, tak i na zrno (**Procházková 2005**).

Při pěstování kukuřice je nutné si uvědomit, že optimálních výnosových a kvalitativních efektů u kukuřice na siláž dosáhneme při dodržení celého souboru agrotechnických opatření. Pokud není optimální stav porostu, nelze počítat s tím, že tyto nedostatky zmírníme, respektive eliminujeme některými opatřeními v průběhu vegetace (**Svoboda 2004**).

Pěstování kukuřice – více než četných jiných plodin – je vázáno na místní přírodní a ekonomické podmínky. Kukuřice totiž reaguje velmi citlivě na vnější činitele kvalitou i kvantitou sklizně a svým významným a mnohostranným užitkem ovlivňuje celou organizaci zemědělského závodu. Žádná jiná plodina se nepěstuje na tolika různých půdách a v tolika rozličných klimatech (**Hruška 1962**).

Vztahy ekonomické jsou u kukuřice úzce spjaty se zásadami pěstitelskými: ekonomická výhodnost v poměru k ostatním plodinám, se kterými se může zastupovat, její výjimečná výkonnost i zatížených vegetačních podmínek (sucho), možnosti mechanizace při pěstování a chemizace při ošetřování, mnohostrannost použití a její příznivý vliv na organizaci celého závodu, to vše jsou vlastnosti, které z ní činí plodinu budoucnosti (**Hruška 1962**).

4.1. Zařazení do osevního postupu

V osevním postupu je kukuřice velmi často pěstována po obilninách, které jsou poměrně dobrou předplodinou, zejména po pšenici. Je používána jako přerušovač obilných sledů. Bereme v úvahu i to, že kukuřice je sama po sobě velmi snášenlivá. Snášenlivá je i s ostatními plodinami. Běžně ji nezařazujeme po víceletých pícech, luskovinách a dalších „luxusních“ předplodinách.

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. V suchých oblastech jsou nevhodnými předplodinami vojtěška a jeteloviny (výrazný vláhový deficit). Rovněž je nevhodné její pěstování jako následné plodiny po ozimých směskách. Vlivem kratší vegetační doby a ztráty vláhy při jarní orbě dochází vždy ke snižování výnosu a zhoršení kvality sklizené silážní kukuřice. Intenzivně pěstovaná kukuřice jako hlavní plodina poskytne větší výnos sušiny o vyšší kvalitě než ozimá směska a následná kukuřice dohromady. Jako zlepšující plodina se kukuřice projevuje pokud je organicky hnojena. (Svoboda 2004).

4.2. Zpracování půdy

Při podzimní přípravě půdy se musíme přizpůsobit předplodině, zapravení posklizňových zbytků, zapravení statkových hnojiv, ničení plevelů, opakované pěstování kukuřice po sobě a požadavek zadržet v půdě maximum vláhy, zejména z mimovegetačního období. Významnou úlohu sehrává i druh půdy a termín agrotechnického zásahu.

Po obilninách a dalších časně sklizených předplodinách by neměla chybět kvalitní a ošetřená podmítka, která šetří půdní vláhu a je nezbytnou součástí komplexního boje s plevelem. Organická hnojiva a rostlinné zbytky, hlavně kukuřičnou slámu po sklizni kukuřice na zrno je třeba hluboko a rovnoměrně zapravit do půdy. Pro rovnoměrné zapravení statkových hnojiv do orničního profilu je vhodná ještě druhá roba, i když se v současné době na tento úkon pohlíží z hlediska ekonomiky jako na zvýšení nákladů.

Za základní agrotechnické opatření v pěstování kukuřice považujeme podzimní orbu. Především na těžké půdě je nezbytná. Na lehké půdě je doporučeno orat do

hloubky 20 – 25 cm. Vytváříme tak optimální vláhové podmínky zachycením a udržením srážkové vody. V zamokřené půdě podpoříme její provzdušnění. Kukuřice je velmi náročnou plodinou vyžadující hluboko zpracovanou půdu, aby se mohl plně rozvinout její kořenový systém. Kvalita orby by měla vytvořit podmínky pro minimální vstupy na pozemek v jarním období. Hlavně v sušších oblastech je doporučeno hrubé urovnání brázdy již na podzim (**Svoboda 2004**).

Jarní přípravě půdy věnujeme náležitou pozornost. Práce zahájíme ihned, jakmile to dovolí půdní podmínky s dodržením těchto zásad: omezit vstupy na pozemek na minimum (zabránit utužení půdy), maximálně šetřit půdní vláhou, potřebnou pro klíčení a vzcházení kukuřice, připravit podmínky pro vzejití plevelů a jejich následné ničení, zapravit průmyslová hnojiva, eventuelně půdní herbicidy, vytvořit seťové lůžko a zajistit rovnoměrné vzcházení (půdu kypříme jen na hloubku setí).

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 (**Procházková 2005**).

4.3. Volba hybridu

Vedle ekonomických vazeb, které může zemědělec ovlivnit jen z části, existuje řada faktorů, které může značně ovlivnit, a to s minimálními náklady. Je to především odrůdová skladba. Správná volba hybridu, který může ovlivnit výnos až ze 30 %, patří mezi nejdůležitější pěstitelská opatření. Mezi výnosem a délkou vegetační doby (raností) existuje přímá závislost.

Při výběru vhodného hybridu je nutné zvážit všechny hospodářské vlastnosti s důrazem na výnos zrna nebo silážní hmoty a délku vegetační doby, která podmiňuje

jeho jistotu. Ranější hybridy jsou obvykle méně výnosné než pozdnější. Obecně to platí zvláště v kukuřičné výrobní oblasti.

V podmínkách ČR je výnosový potenciál velmi silně limitován povětrnostními podmínkami ročníku, zvláště dostatkem tepla a vláhly v kritických obdobích vývoje (metání lat, květ blizen, nalévání zrna). Z těchto důvodů bývá jistota a úroveň výnosů při typickém průběhu ročníku vyšší zejména u hybridů rannějších, které nebývají tolik postihovány letními přísušky a snáze dosahují požadovaného stupně zralosti.

V bramborářské a obilnářské zemědělské výrobní oblasti je rozhodujícím kritériem při výběru hybridu pro pěstování na siláž jeho ranost – schopnost dosáhnout v době sklizně minimálního obsahu sušiny celkové hmoty 25 %. V oblastech ohrožených letními přísušky (zvláště regiony v kukuřičné výrobní oblasti) je nutné vyhnout se příliš pozdním hybridům při pěstování na zrno i siláž, protože bývají nejvíce postihovány suchem.

Vhodné hybridy můžeme volit i mezi typy stay green. Jde o genotypy, u nichž zrno dozrává na zelené, ještě vegetující rostlině. Jsou vhodné zvláště do kukuřičné a řepařské výrobní oblasti, kde uplatní svou významnější přednost – prodloužení asimilace (**Diviš 1996**).

Tyto hybridy jsou odolnější proti lámavosti a houbovým chorobám stébel a lépe odolávají nepříznivým povětrnostním podmínkám konce vegetace (přísušky, nárazové větry, prudké deště). Vykazují i vyšší obsah a kvalitu škrobu. Nejsou vhodné do chladnějších poloh pro pěstování na siláž, kde vykazují nižší podíl celkové suché hmoty, a tím i vyšší množství silážních šťáv.

Důležitý je i typ hybridu. Šlechtitelská práce je zaměřena na získávání dvouliniových (single cross – Sc), tříliniových (three way cross Tc) a čtyřliniových hybridů (double cross – Dc). Největšího heterozního efektu je dosahováno u dvouliniových hybridů, ale jsou náročnější na podmínky prostředí. Tří a čtyřliniové hybridy bývají obvykle plastičtější, lépe se přizpůsobují různým agroekologickým podmínkám.

Při volbě hybridu na siláž přihlížíme k vysokému výnosu hmoty, maximálnímu podílu klasů z celkové hmoty, délce vegetační doby pro dosažení optimálního obsahu sušiny (30 – 33 %) a odolnosti proti poléhání. Důležitá je i zralost na zelené rostlině, kterou rozumíme dosažení fyziologické zralosti zrna na zelené rostlině. Tato vlastnost umožňuje sklizeň maximálního množství živin při optimální sušině celé rostliny.

Délka vegetační doby (ranost) hybridů je vyjadřována mezinárodními jednotkami (tzv. FAO číslo – viz tab. 1). Stanovuje se na základě obsahu sušiny zrna daného hybridu v určité růstové fázi ve vztahu k jiným již známým hybridům. Přičemž rozdíl o deset jednotek FAO znamená rozdíl ve zralosti o jeden až dva dny nebo 1 až 2 % sušiny.

V současné době, kdy je dostatečná nabídka kvalitních hybridů kukuřice, jde především o jejich vhodnou volbu podle čísla FAO. Výběr vhodného hybridu podle ranosti je stále základní podmínkou úspěšného pěstování silážní kukuřice (Diviš 1996).

Tabulka 1. Hodnocení hybridů podle čísla FAO a sumy teplot

Skupina ranosti	Číslo FAO	Průměrná denní t (°C)	Suma t (°C) při pěstování na		Vhodnost polohy pro pěstování
			zrno	siláž	
			1.5. – 30.9.		
Velmi raná	150-199	13,5 – 14,4	2070-2210	1700-1950	nepříznivá
Raná	200-249	14,5 – 15,5	2210-2370	1950-2200	mezní
Poloraná	250-299	15,5 – 16,4	2370-2520	2200-2500	střední
Polopozdní	300-340	16,5 – 17,4	2520-2670	2500-2800	příznivá
Pozdní	Nad 350	Nad 17,5	Nad 2670	2800-3200	vel. příznivá

(Vrzal a kol. 1995).

U celé řady hybridů je uváděna „suma biologicky efektivních teplot“ (teplotní jednotky). Jde o údaj, podle kterého můžeme přesně určit zralost hybridů kukuřice. Je to součet průměrných denních teplot od data výsevu do termínu zralosti s odečtením základní teploty (pro naše pěstitelské oblasti 6 °C).

Číslo ranosti – od roku 1999 došlo ke změně ve vyjadřování ranosti u hybridů kukuřice. Tuto změnu si vyžádala především skutečnost, že v podmínkách ČR (také Německu, či Rakousku) má mnohem větší význam kukuřice na siláž, pěstovaná asi na 85– 90 % celkové oseední plochy kukuřice. Konstrukce čísla ranosti u kukuřice na zrno je shodná s dřívějším FAO číslem (stanovené na základě sušiny zrna při sklizni). U kukuřice na siláž toto stanovování nebylo zcela vyhovující, neboť pro silážní účel se sklízí vedle zrna a větven také stébla, listy a listeny, u nichž obsah sušiny podléhá genotypovým (hybridy typu stay green), povětrnostním a stanovištním vlivům. Číslo ranosti je proto u kukuřice na siláž stanovováno na základě sušiny celkové hmoty. Hybridy pro kombinované využití mají mít dvě čísla ranosti (S – siláž, Z – zrno).

Podle ranosti jsou pro bramborářskou výrobní oblast doporučovány nejranější hybridy FAO 160 – 250, pro řepářskou hybridy skupiny FAO 250 až 300, v teplejší řepářské oblasti i hybridy pozdnější. V kukuřičné oblasti lze pěstovat hybridy skupiny FAO 300 – 400. Při pěstování kukuřice na větších plochách je vhodné pěstovat více hybridů, které se liší délkou vegetační doby (Svoboda 2004). Vrzal a kol. (1995) doporučuje dva, popřípadě tři různě rané hybridy. Umožníme tak dosažení jistějších výnosů zrna i silážní hmoty a sklizeň kukuřice v optimální zralosti (Svoboda 2004).

4.4. Setí kukuřice

Termín setí volíme tak, abychom co nejvíce prodloužili vegetační období. Kukuřici můžeme sít v relativně širokém časovém období. Standardní hranice začátku setí je daná teplotou půdy 8 – 10 °C. Při časném setí, před agrotechnickou lhůtou, je nutné přihlížet ke kvalitě osiva, jeho moření a hodnotě chladového testu. V tomto případě je nutné mělké setí do 3 – 4 cm, aby osivo lépe využilo tepla akumulovaného v povrchové vrstvě půdy. Osivo s chladovým testem menším než 88 % není doporučeno vysévat, dokud teplota půdy nedosáhne optima. Jinak hrozí nebezpečí špatného klíčení a snížení polní vzházivosti.

Tabulka 2. Doporučení hustoty porostů

Hybridy	Počet jedinců v tis./ha	
	na zrno	na siláž
Velmi rané	80 – 100	80 – 110
Ranné	70 – 90	80 – 100
Středně rané	65 – 85	70 – 90
Středně pozdní	60 – 85	70 – 90

Výhodou raného setí je prodloužení vegetační doby, získáme až 14 dní optimální fotosyntézy navíc a můžeme pak využít i hybridy s delší vegetační dobou. Raným setím dosáhneme lepšího využití zimní vláhy. Delší vegetace v dubnu a květnu umožňuje rostlinám lepší rozvoj kořenové soustavy, a tak se zvýší odolnost vůči suchu a výnosová jistota. Obavy z jarních mrazíků nejsou prakticky opodstatněné, protože vrchol

vzcházející rostliny se nachází přibližně 2 cm pod povrchem půdy. Pokud dojde k poškození mrazem, je nadzemní část rostliny rychle obnovena a negativní dopad na výnos je velmi malý. Pozdní setí, po 10. – 15. květnu, obvykle sníží výnos kukuřice o 15 i více procent a prodlouží termín dozrávání. Jeden den setí po 10. květnu znamená oddálení sklizně o dva dny. Pokud nechceme prohloubit tento negativní dopad, je nutné zvětšit hloubku setí asi o 1,5 cm než při setí v agrotechnické lhůtě. Dosáhneme lepšího spojení semen s půdní vláhou, a tím lepší klíčení, celkově vyrovnanější vzcházení a vyšší odolnost porostu vůči suchu během vegetace (**Svoboda 2004**).

Vyšší výnosy silážní i zrnové kukuřice byly zaznamenány u variant s podmínkou (minimalizačních) setých buď secím exaktorem, nebo talířovým secím strojem (**Rotrekl 2001**).

Pro setí používáme přesné secí stroje, které zajistí rovnoměrnou hloubku setí, potřebný počet vysévaných semen a jejich rovnoměrné rozmístění po ploše. Nerovnoměrná hloubka setí negativně ovlivňuje rovnoměrné vzcházení, výši a kvalitu výnosu. Způsob setí na pozemku volíme podle tvaru a velikosti pozemku tak, aby směr řádků a jejich délka umožňovaly případnou meziřádkovou kultivaci a usnadňovaly ošetření a sklizeň.

Meziřádková vzdálenost běžně doporučovaná pro pěstování kukuřice na zrno i siláž je 70 – 75 cm. Zajišťuje dostatek světla pro asimilaci, prohřívání půdy a minimální ztráty při sklizni řádkovými adaptéry u kukuřice na zrno. Vzdálenost rostlin v řádku se pohybuje v rozmezí 12 – 30 cm.

Hustota porostu závisí na vlastnostech jednotlivých hybridů, zvláště na délce vegetace, toleranci k zahuštění, ale také na množství fotosynteticky aktivní radiace. Doporučená hustota porostu klesá s prodlužující se vegetační dobou. Jsou však rozdíly i mezi hybridy stejné ranosti. Obecně lze říci, že čím horší stanoviště i podmínky pro pěstování, tím by měla být hustota menší. Při použití závlahy můžeme hustotu porostu zvýšit o 10 – 15 %. Po stanovení skutečného výsevku zvyšujeme doporučený počet rostlin o 10 – 15 % na hektar. Eliminujeme tím vliv polní vzcháživosti na hustotu porostu a ztráty způsobené ošetřováním v průběhu vegetace. Přehušťování porostů kukuřice vede ke snižování podílu palic, pevnosti stébel, zpomaluje se proces dozrávání, a tím i výše a kvalita výnosu. Výrazným přehušťováním (nad 140 000 rostlin/ha) se snižuje i ozrnění palic (**Svoboda 2004**).

Na základě klimatických podmínek ČR a v závislosti na délce vegetační doby hybridu se doporučená hustota porostu pohybuje v rozmezí 7 – 10 rostlin na jeden metr čtvereční (**Havlíčková 2008**).

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 vzcházevost.

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**).

4.5. Ošetření porostu kukuřice

Kukuřice roste v počáteční fázi velmi pomalu a to bývá příležitost pro rychlý růst plevelů. Kultivační opatření v počátečních fázích růstu musí směřovat jednoznačně k potlačení plevelů. Děje se tak cestou mechanického nebo chemického ošetření (**Vrzal a kol. 1995; Svoboda 2005**).

Prvním zásahem po zasetí kukuřice bývá válení. V suchých oblastech a za suchého jara je nutné na všech druzích půdy, ve vlhčích oblastech pouze na lehké půdě. Na těžší půdě se válením zvyšuje nebezpečí vytváření půdního škraloupu. Na svažitých pozemcích válení podporuje erozi spojenou se splavováním nejen půdy, ale i herbicidů a živin (**Vrzal a kol. 1995; Svoboda 2005**).

V ochraně proti vzcházejícím plevelům se uplatňuje vláčení před vzejitím porostů. Používáme lehké brány a vláčíme kolmo na řádky. Vlácením po vzejití snižujeme hustotu porostů o 10 %. Porosty je nutné vláčet za teplejšího a slunného počasí, kdy jsou rostliny částečně zavadlé a méně se poškozují. Nevláčíme v době vzcházení kukuřice. Vzhledem k zapojení porostu se v období od vzejití do fáze čtyř listů nedoporučuje žádným způsobem mechanicky kultivovat.

Na růst rostlin příznivě působí plečkování, zvláště na ulehlé a těžké půdě. Plečkování musí být mělké, maximálně na hloubku setí. V případě druhého plečkování

je nutné ponechat širší ochranné pásy kolem řádků. Vláčením a plečkováním ničíme vzcházející plevely, a tím snižujeme dávku herbicidů a účinky reziduí na životní prostředí. Prokypřování dále zlepšuje předplodinovou hodnotu kukuřice. Tato opatření zpravidla uskutečňujeme při nižším účinku chemické ochrany (**Svoboda 2005**).

V případě výskytu vytrvalých nebo zimovzdorných plevelů se tak otvírá možnost využití předset'ové aplikace totálního herbicidu s účinnou látkou glyphosat, glyphosat IPA nebo sulphosat. Pro aplikaci je podstatné, aby pýr aktivně rostl a měl vyvinuty tři až čtyři listy (**Renč 2007**).

Proti jiným plodinám, například obilninám nebo řepce, bývají v kukuřici velké rozdíly v zaplevelení jak regionálně, tak v rámci jednotlivých pozemků. Z toho důvodu nelze formulovat žádná rámcová doporučení, ale je důležité vybírat přípravky na základě konkrétního zaplevelení a spektra jejich účinnosti (**Soukup 2006**).

Při rozhodování o způsobu a termínu ochrany nastává nejsložitější a nejnákladnější situace na pozemcích zaplevelených vytrvalými plevely – 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.

Velké sklizňové komplikace mohou způsobit i zaplevelující kulturní rostliny – výdrol slunečnice a řepky – proti kterým je zpravidla účinnější ochrana postemergentními herbicidy (**Soukup 2006**).

Jako efektivní a současně ekologické se jeví využití kombinovaného způsobu ochrany proti plevelům. To znamená uplatnění pásové aplikace herbicidu v řádku kukuřice a meziřádkové kultivace. Chemickou ochranou rozumíme komplex opatření, která začínají na podzim (například proti pýru) a pokračují v jarním a letním období. Po zapojení porostu kukuřice nebezpečí zvýšené konkurence ze strany plevelů končí.

Úspěšnost a účelnost mechanické kultivace závisí na kvalitě provedeného ošetření a správném seřízení nářadí. V opačném případě může mít mechanický zásah i negativní účinek (**Svoboda 2005**).

Pozdní zásah proti plevelům může znamenat ztrátu na výnosu kukuřice až 30 % (**Renč 2007**).

Cílem preemergentního ošetření je zajistit čistý pozemek již od vzcházení kukuřice. Pokud se vše daří, netrpí mladé rostlinky žádnou konkurencí plevelů o vláhu a živiny, což je velká deviza mluvící ve prospěch preemergentních herbicidů. Rizikem je

jejich snížená účinnost a musí následně docházet k opravám postemergentními herbicidy (**Bosák 2006**).

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 sněť kukuřičná, lámavost stébel a pruhovitost listů.

Ze škůdců mohou škodit drátovci (larvy kovaříků) požíráním klíčících zrn a později vzházejících rostlin. Dále bzunka ječná (*Oscinella frit*), která klade vajíčka ve fázi prvního až druhého listu kukuřice. V důsledku vyžírání vegetačních vrcholků vznikají často růstové poruchy, stáčení listů a celkový výpadek rostlin. Poškození rostlin pak zvyšuje možnost nákazy sněti kukuřičnou. Ochrana spočívá v ošetření insekticidy. Nejzávažnějším škůdcem kukuřice je zavíječ kukuřičný (*Ostrinia nubilalis*). V oblastech klimaticky příznivých pro pěstování kukuřice mohou být silně napadány porosty kukuřice na zrno a také porosty kukuřice cukrové.

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**).

4.6. Hnojení kukuřice

Hofmanová (2006) napsala: „Představa některých zemědělců, že budou úspěšně vyrábět bioplyn z kukuřice podřadné kvality, je neuskutečnitelnou vizí. Ke kukuřičné siláži – surovině pro fermentaci - se musí přistupovat stejně jako k siláži pro vysokoprodukční dojnice.“

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

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 k 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.

Pro kukuřici je charakteristický velmi pomalý počáteční růst a malý příjem živin. Období intenzivního růstu a příjmu živin následuje od výšky porostu 40 až 50 cm, kdy za 35 – 45 dní přijme 70 – 75 % všech živin (**Svoboda 2004**).

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.

Nejvhodnější 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 ranných 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.

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- NO₃), 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**).

4.7. Sklizeň kukuřice

Určení optimálního termínu sklizně kukuřice je důležité pro maximální využití potenciálu jednotlivých hybridů, dosažení vysoké kvality biomasy a minimalizace ztrát v průběhu skladování. K určení optimálního termínu sklizně se používají různé metody. Od jednoduchých, založených na základě monitorování jednotlivých fenofází až ke komplexním matematickým modelům, které využívají mnoho meteorologických dat jako radiace, vlhkost a teplota vzduchu a půdy, vlastnosti jednotlivých hybridů a řadu dalších parametrů. Takové komplexní modely mohou poskytnout kvalitní a přesná data, avšak k masovému využití v praxi prozatím nejsou pro svou vysokou náročnost vhodné (**Prokop 2008**).

Nároky na celkovou sumu teplot jsou dané raností hybridu a pohybují se v rozmezí 1700 – 3200 °C (**Vrzal 1995**).

Používá se model sumace teplot vypracovaný ve Francii, doplněný o fenologická data. Teploty získávané z automatických čidel jsou data výpočtem převedená na sumu efektivních teplot a sleduje se průběh teplotních průměrů za celé vegetační období kukuřice (**Prokop 2008**).

Využívá-li se kukuřice na siláž pro výrobu bioplynu, měla by dosáhnout fáze voskové zralosti i v méně příznivých ročnících. To je třeba mít při výběru hybridu pro určitou oblast na zřeteli. Při časnější sklizni odtéká ze silážované hmoty více silážních šťáv, je v ní méně cukrů a bylo prokázáno, že produkce metanu z jednotky plochy je nižší. Rozhodující není celkový výnos zelené hmoty, ale výnos fermentovatelné hmoty (**Hofmanová 2006**).

Na základě měření efektivní sumy teplot na kontrolních stanovištích VP AGRO bylo zjištěno dosažení silážní zralosti přibližně 20. srpna. V kukuřičné oblasti u raných a středně raných hybridů a v řepařské oblasti u velmi raných hybridů zasetých kolem 20. dubna. Sumy teplot pro dosažení silážní zralosti (sušina celých rostlin 30 %) se u vybraných hybridů (FAO 200-330) pohybovaly v rozmezí 1370 – 1560 °C a zrnové zralosti (vlhkost zrna 35 %) v rozmezí 1590 – 1810 °C (**Prokop 2008**).

Sklizeň se provádí pomocí samojízdných sklízecích řezaček. Při sušině 27 % (mléčně vosková zralost) by délka řezanky měla být 20 – 25 mm. Procento sušiny má vliv i na skladování. Při sušině pod 25 % dochází k silnému odtoku silážních šťáv a k velkým ztrátám (**Vrzal 1995; Diviš, Longauerová 1993**).

Hybridy určené pro využití v bioplynových stanicích je vhodné sklízet při celkové sušině celých rostlin v rozmezí 28 – 32 % (**Prokop 2008**).

4.8. GM kukuřice

Používání geneticky modifikovaných plodin v evropské unii by mohlo přinést prvovýrobcům navýšení ročního zisku o jednu miliardu eur. Jen pěstování transgenní kukuřice na ploše 1,6 milionu hektarů (41 % ploch) v EU by mohlo zvýšit zisky o 249 milionů eur, produkci o dva miliony tun a snížit množství používaných insekticidů o 530 tun (**Bouma 2004**).

Konkrétní povinnosti pěstitele geneticky modifikovaných (GM) plodin stanovuje vyhláška MZe č. 89/2006 Sb. „o bližších podmínkách pěstování geneticky modifikované odrůdy“ s účinností od 20.3.2006 (**Kačicová 2007**).

Transgenní plodiny se upravují nejčastěji tak, aby vykazovaly specifickou odolnost vůči některým herbicidům, hmyzím škůdcům, virovým nebo houbovým chorobám, ale také se u nich zvyšuje obsah některých důležitých látek jako surovin pro průmysl (**Bouma 2004**).

5. Využití kukuřice k energetickým účelům

Vypěstovanou kukuřici lze přeměnit na energii pomocí dvou hlavních způsobů. První je nechat kukuřici zmrznout a rostliny s vysokým obsahem sušiny spalovat. Druhý způsob je potom přeměna biomasy v bioplynových stanicích (dále jen BPS) na bioplyn.

Výroba bioplynu se stává v poslední době důležitým a efektivním způsobem využívání biomasy. Vedle tradičních bioplynových stanic (BPS), známých zejména v návaznosti na čistírny odpadních vod nebo při využívání odpadů, se v poslední době začaly ve velké míře budovat tzv. BPS zemědělského typu (**Petříková 2008**).

5.1. Spalování biomasy

5.1.1. Pojem spalování

Spalování za dostatečného přístupu kyslíku je nejjednodušší metodou pro termickou přeměnu organických (fosilních i obnovitelných) paliv na tepelnou energii. Získaná tepelná energie se následně využije pro vytápění, technologické procesy nebo pro výrobu elektrické energie.

5.1.2 Obecné požadavky na konstrukci spalovacích zařízení na biomasu

Biomasa obsahuje velký podíl prchavé hořlaviny. Kinetika jejího spalování a další specifické vlastnosti této hmoty si žádají speciální konstrukci kotlů, zejména co se týče velikosti, uspořádání a prostorového dimenzování topenišť, přívodů spalných vzduchů a řešení teplosměnných ploch.

Biomasa se po zahřátí v topeništi mění až z 85 % ve spalné plyny, které vyžadují pro kvalitní spálení jiný systém hoření než fosilní paliva. Do hořícího paliva musí být zaveden primární vzduch, do hořících plynů sekundární vzduch a u větších topeništi terciární vzduch. Jinak snadno dochází k tepelným ztrátám v komínových plynech, usazování sazí a kondenzaci dehtů. Plameny musí dohořet bez ochlazování v keramické dohořivací komoře a po úplném vyhoření spalných plynů předávají teplo

teplosměnnému médiu. Tyto zásady efektivního spalování biomasy je třeba dodržovat ve všech typech kotlů spalujících biomasu.

5.2. Anaerobní digesce biomasy

Hybridy určené pro využití v bioplynových stanicích je vhodné sklízet při celkové sušině celých rostlin v rozmezí 28 – 32 % (**Prokop 2008**).

5.2.1 Pojem anaerobní digesce

Anaerobní digesce označuje kontrolovanou mikrobiální přeměnu organických látek bez přístupu vzduchu za vzniku bioplynu a digestátu. Produktem digesce je digestát, který splňuje kvalitativní požadavky vyhlášky o biologických metodách zpracování biologicky rozložitelných odpadů.

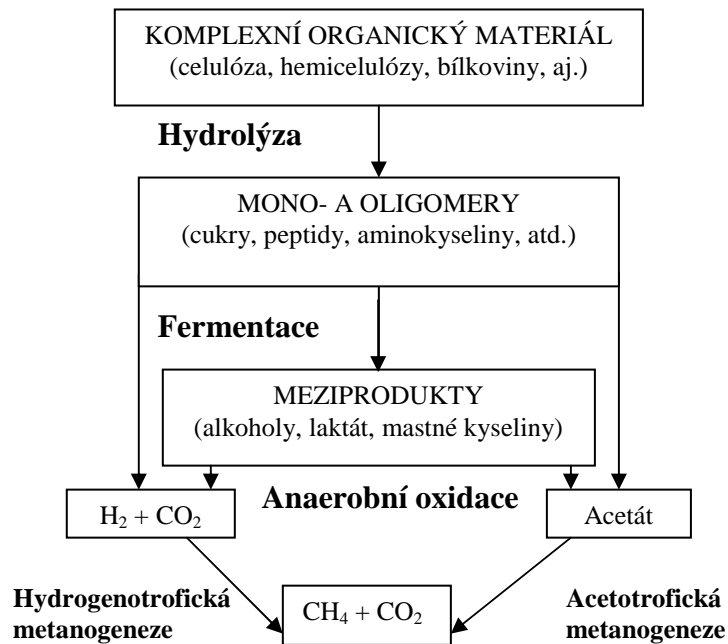
Termín anaerobní digesce má několik synonym, která se zcela nebo zčásti překrývají: *anaerobní fermentace*, *anaerobní stabilizace* a *anaerobní vyhnívání* (**Švarc 2007**).

5.2.2 Anaerobní konverze organických substrátů

Pro popis anaerobního metabolismu byly vytvořeny postupem času tři modely:

- dvoufázový,
- třífázový,
- čtyřfázový.

Dnes je uznáván nejnovější čtyřfázový model:



Obrázek 9 - Průběh čtyřfázové anaerobní fermentace

Tento model zahrnuje čtyři hlavní skupiny mikroorganismů:

1. První fáze je hydrolytická. Hydrolytické bakterie rozkládají organické sloučeniny na CH_3COOH (kyselinu octovou), H_2 , CO_2 , jiné jednoduhlíkaté látky, vyšší mastné kyseliny a alkoholy.
2. Druhá fáze je acetogenní. Acetogenní bakterie rozkládají vyšší mastné kyseliny a alkoholy na H_2 a CO_2 .
3. Třetí fáze je homoacetogenní. Homoacetogenní bakterie štěpí uhlíkaté zdroje na kyselinu octovou.
4. Čtvrtá fáze je metanogenní. Metanogenní bakterie transformují octanový aniont s H_2 a CO_2 na metan.

Proces anaerobní digesce může probíhat v mezofilních (kolem 35 °C) nebo termofilních (kolem 55 °C) podmínkách. Zisk bioplynu je u obou procesů zhruba stejný. Termofilní procesy jsou vhodnější tam, kde je vyžadována bezpečnější hygienizace. pH během počátečních fází procesu, kdy probíhá zejména hydrolýza a acidogeneze by se mělo pohybovat mezi 6 - 6,5, zatímco v dalších fázích procesu, kdy převažuje acetogeneze a metanogeneze by mělo být zásaditější: 7 - 7,5. V pozdějších fázích

procesu je nutné zabezpečit striktně anaerobní podmínky. Bakterie zodpovědné za tyto přeměny vykazují pomalý růst a množení a jsou méně odolné vůči stresům. Výsledným produktem anaerobní digesce je bioplyn a zfermentovaný substrát. Klíčovým momentem produkce metanu je přenos vodíku mezi acetogenními a metanogenními bakteriemi. Obě skupiny bakterií mají ale dosti rozdílné požadavky na pH, teplotu, výživu aj. Z tohoto důvodu je moderní technologie vyhnívání dvoustupňová (dvoustupňová anaerobní digesce).

K oddělení stupňů se používá:

- metoda kinetické separace (využívá se rozdílné rychlosti růstu acidogenních a metanogenních bakterií),
- metoda membránové separace (nízkomolekulární meziproducty z acidogenní fáze se membránou oddělují do metanogenní fáze) (**Švarc 2007**).

6. Cíl práce

Ověření produkčních schopností hybridu kukuřice k silážním účelům a hybridu kukuřice k energetickým účelům.

7. Metodika

Charakteristika stanoviště:

Pozemek v Českých Budějovicích se nachází v bramborářsko – pšeničné zemědělské výrobní oblasti v nadmořské výšce 380 m. Půda na daném pozemku je typ půdy oglejené a z hlediska půdního druhu se jedná o hlinito – písčitou půdu.

Tabulka 3. Pedochemické vlastnosti půdy

	pH	P (mg/kg)	K (mg/kg)	Mg (mg/kg)	Ca (mg/kg)
Hodnoty	5,9	122	105	110	1479

Dle Melicha III

Tabulka 4. Meteorologická data stanoviště

České Budějovice 2008						
měsíc	1	2	3	4	5	6
Průměrná měsíční teplota [°C]	2,4	2,8	4,4	9,2	15	18,7
Měsíční úhrn srážek [mm]	18,9	10	32,4	55,7	108,8	78,4
měsíc	7	8	9	10	11	12
Průměrná měsíční teplota [°C]	18,8	18,6	12,8	9,1	4,9	1,5
Měsíční úhrn srážek [mm]	66,2	60	46,7	22,5	45	24,7
Průměrná roční teplota [°C]	9,8					
roční úhrn srážek [mm]	569,3					

Dlouhodobý průměr 1901 – 1950 : Průměrná roční teplota 7,75 °C

Průměrný roční úhrn srážek 620 mm

Zvolené hybridy:

KWS – **ATLETICO** – středně raný hybrid – určený k energetickým účelům.

Limagrain – **LATIZANA** – středně raný hybrid – silážní hybrid s možností využití k energetickým účelům.

Založení porostu:

Přesný maloparcelní pokus byl založen 5.5.2008 na pozemku Jihočeské univerzity. Přesný výsev kukuřice byl proveden ručně. Pokus měl čtyři opakování. Vzdálenost řádků 750 mm. Hustota porostu 100 000 jedinců na hektar.



Obrázek 1 - Ruční setí kukuřice na školním pozemku JU České Budějovice 5.5.2008



Obrázek 2 - Ochrana zasetého porostu krycí sítí 5.5.2008

Ošetření porostu:

Porost byl ošetřen preemergentní aplikací herbicidu Guardian EC (3 l/ha) v den výsevu.



Obrázek 3 - Preemergentní aplikace herbicidu 5.5.2008

Hnojení pokusu:

Pokusný pozemek byl hnojen průmyslovými hnojivy. Na hektar byla aplikována dávka 150 kg čistých živin dusíku, 30 kg čistých živin fosforu a 50 kg čistých živin draslíku.

Použitá hnojiva: dusičité hnojivo – Ureastabil, fosforečné - superfosfát a draselné – draselná sůl.

Sklizet porostu:

Sklizet porostu byla provedena ve třech termínech. První sklizet byla provedena 17.9.2008. Druhá sklizet byla provedena 15.10.2008 a třetí jarní sklizet byla provedena 11.3.2009. Při první sklizni porostu se měřila výška rostlin jednotlivých hybridů. Z prostředku řádku parcelky každého opakování byla sklizena plocha porostu o velikosti 10m². Výnos biomasy z parcelky se přepočel na výnos z jednoho hektaru. Sklizet měla

u každého hybridu čtyři opakování. Stanoven byl výnos biomasy, obsah sušiny a výnos sušiny. Z biomasy první sklizně u obou hybridů kukuřice byla vyrobena siláž. Stanovení výnosu methanu u kukuřičné siláže bylo provedeno v ENKI Třeboň.

8. Dosažené výsledky

Na základě maloparcelkového pokusu byly dosaženy následující výsledky. U porostu během vegetace byly sledovány růstové fáze jednotlivých hybridů. U nástupu fenologických fází nebyl zaznamenán rozdíl mezi jednotlivými hybridy.

Růstové fáze porostu v roce 2008 u hybridů ATLETICO a LATIZANA:

- Založení porostu 5.5.2008
- Vzešlý porost 15.5.2008
- Objevení se samčího květenství 18.7.2008
- Objevení blizen 25.7.2008
- Mléčná zralost 25.8.2008
- Silážní zralost – sklizeň 17.9.2008



Obrázek 4 - Vzešlý porost na počátku prodlužovacího růstu 9.7.2008

Skližeň porostu:

Pro hodnocení zralosti porostu byly odebrány vzorky 11.9.2008 a následně stanoven obsah sušiny.

V tomto termínu byly dosaženy následující hodnoty obsahu sušiny v biomase.

Obsah sušiny: ATLETICO – 27,4 %

LATIZANA – 27,9 %

Obsah sušiny v biomase u obou hybridů nedosahoval v tomto termínu potřebných hodnot pro kvalitní kukuřičnou siláž na výrobu bioplynu.

První sklizeň:

Skližeň porostu kukuřice na siláž byla provedena 17.9.2008. Dosažený výnos biomasy jednotlivých hybridů je uveden v tabulce 5. Vyšší výnos biomasy byl dosažen u hybridu ATLETICO. Ve srovnání s hybridem LATIZANA výnos biomasy narostl o 4,5 t/ha.

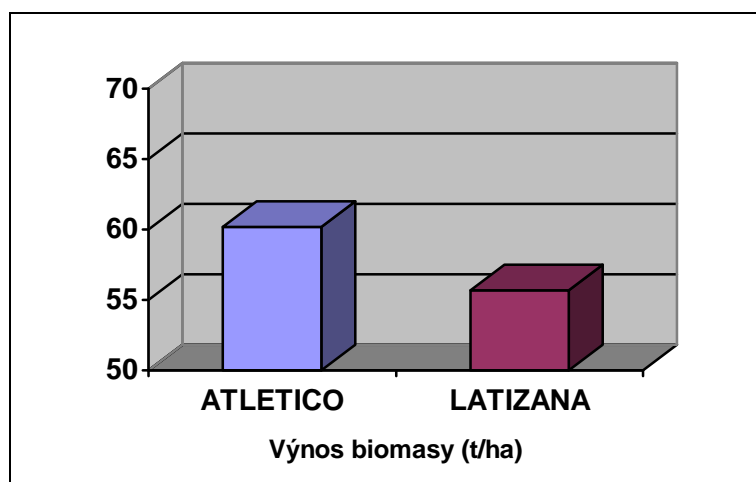
V tomto termínu sklizně je dosažen optimální obsah sušiny biomasy pro výrobu kvalitní siláže na bioplyn. U hybridu ATLETICO je obsah sušiny v biomase 29,4 % a u hybridu LATIZANA 30,5 (tab. 6.).

U hybridu ATLETICO byl dosažen výnos sušiny 17,7 t/ha a u hybridu LATIZANA 17,0 t/ha (tab. 6.). Vyšší výnos sušiny u hybridu ATLETICO byl způsoben vyšším výnosem biomasy.

Tabulka 5. Výnos biomasy (t/ha) - první sklizeň

opakování	ATLETICO	LATIZANA
I	55,0	54,0
II	63,0	65,0
III	70,0	52,0
IV	53,0	52,0
Průměr	60,2	55,7

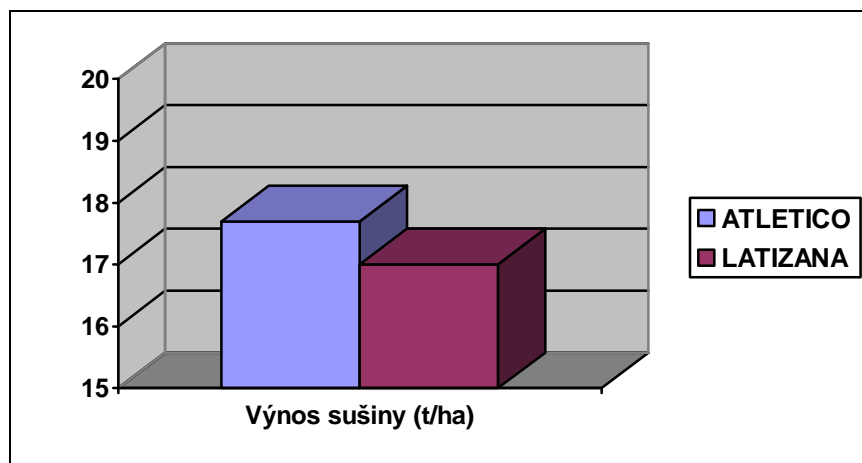
Graf 1: Výnos biomasy v t/ha - první sklizeň



Tabulka 6. Obsah sušiny a výnos sušiny (t/ha) 17.9.2008 - první sklizeň

	% sušiny	Výnos sušiny (t/ha)
ATLETICO	29,4	17,7
LATIZANA	30,5	17,0

Graf 2: Výnos sušiny v t/ha - první sklizeň



Druhá sklizeň:

Druhá sklizeň biomasy byla provedena po prvních podzimních mrazech. Cílem sklizně v tomto termínu bylo zhodnotit změny v obsahu sušiny a výnosu biomasy u

obou hybridů po zmrznutí rostlin. S možností využití spalování biomasy kukuřice na podzim.

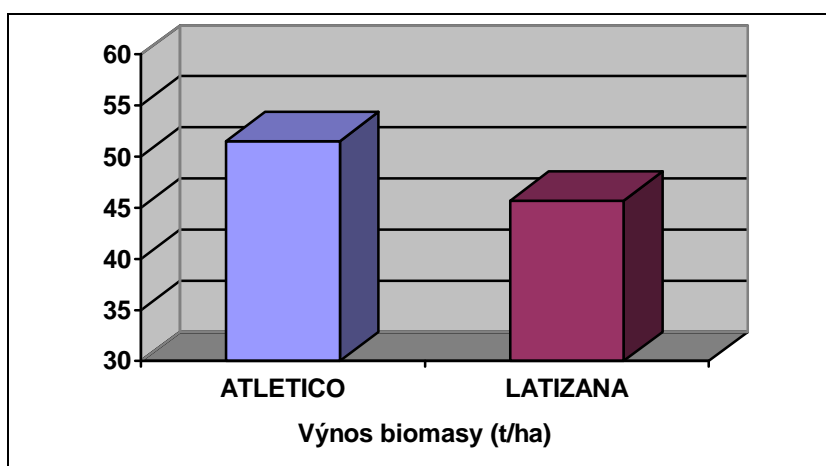
Při sklizni 15.10.2008 byl u hybridu ATLETICO dosažen výnos biomasy 51,5 t/ha. To ve vztahu k termínu první sklizně představuje snížení výnosu biomasy o 8,7 t/ha. U hybridu LATIZANA byl dosažen výnos biomasy 45,7 t/ha a ve srovnání s výnosem biomasy při první sklizni je výnos snížen o 10,0 t/ha.

Při druhé sklizni po zmrznutí rostlin je zaznamenán nárůst sušiny biomasy u hybridu ATLETICO 6,1 % a u hybridu LATIZANA 5 %. Výnos sušiny byl téměř shodný s výnosem sušiny dosaženým při první sklizni (tab. 8.). Pohyboval se v rozmezí od 16,2 t/ha (LATIZANA) do 17,5 t/ha (ATLETICO).

Tabulka 7. Výnos biomasy (t/ha) - druhá sklizeň

opakování	ATLETICO	LATIZANA
I	49,0	46,0
II	52,0	53,0
III	60,0	41,0
IV	45,0	43,0
Průměr	51,5	45,7

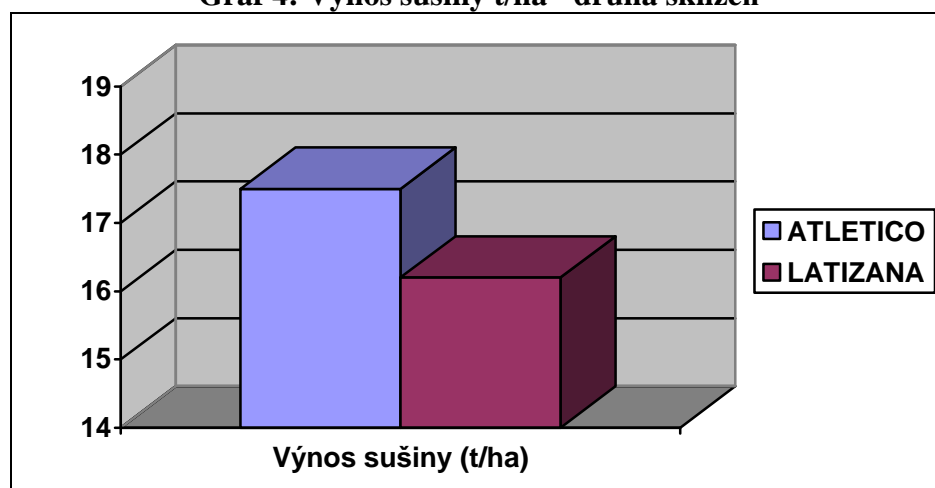
Graf 3: Výnos biomasy v t/ha - druhá sklizeň



Tabulka 8. Obsah sušiny a výnos sušiny (t/ha) 15.10.2008 - druhá sklizeň

	% sušiny	Výnos sušiny (t/ha)
ATLETICO	35,0	17,5
LATIZANA	35,5	16,2

Graf 4: Výnos sušiny t/ha - druhá sklizeň



Třetí sklizeň:

Jarní sklizeň porostu kukuřice s předpokládaným vysokým obsahem sušiny byla provedena 11.3.2009. Dosažený výnos biomasy jednotlivých hybridů je uveden v tabulce 9. Vyšší výnos biomasy byl dosažen u hybridu ATLETICO. Ve srovnání s hybridem LATIZANA narostl výnos biomasy o 0,6 t/ha.

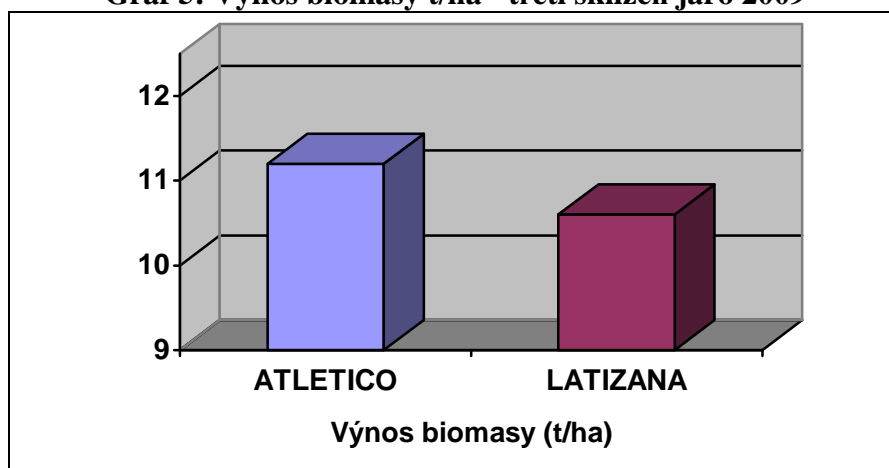
V tomto termínu sklizně se blíží obsah sušiny jednotlivých hybridů úrovni, kdy je možné kukuřičnou biomasu spalovat. U hybridu ATLETICO je obsah sušiny v biomase 81,1 % a u hybridu LATIZANA 80,2 % (tab. 10.).

U hybridu ATLETICO byl dosažen výnos sušiny 9,1 t/ha a u hybridu LATIZANA 8,5 t/ha (tab. 10.). Vyšší výnos sušiny u hybridu ATLETICO ve srovnání s hybridem LATIZANA byl vytvořen vyšším výnosem biomasy.

Tabulka 9. Výnos biomasy (t/ha) jaro 2009 – třetí sklizeň

opakování	ATLETICO	LATIZANA
I	11,3	10,8
II	11,5	11,2
III	10,9	9,8
Průměr	11,2	10,6

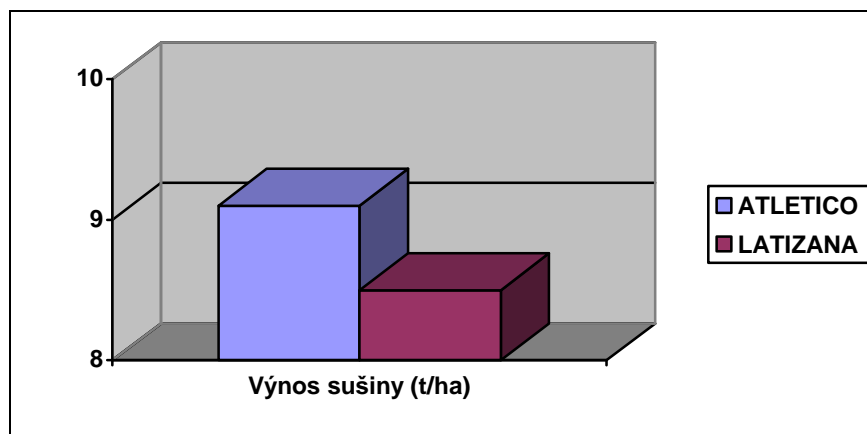
Graf 5: Výnos biomasy t/ha - třetí sklizeň jaro 2009



Tabulka 10. Obsah sušiny a výnos sušiny (t/ha) - jaro 2009

	% sušiny	Výnos sušiny (t/ha)
ATLETICO	81,1	9,1
LATIZANA	80,2	8,5

Graf 6: Výnos sušiny t/ha - třetí sklizeň jaro 2009





Obrázek 5 - Zmrzlý porost kukuřice 15.10.2008



Obrázek 6 - Sklizeň zmrzlého porostu kukuřice 15.10.2008

Výška rostlin:

Při první sklizni na souboru 10 rostlin byla měřena jejich výška. U hybridu ATLETICO byla zjištěna průměrná výška rostlin 2,75 m a u hybridu LATIZANA 2,48 m (tab. 11.).

•Rozmezí výšky rostlin v době sklizně: ATLETICO 260 – 285 cm

LATIZANA 245 – 260 cm

Tabulka 11. Výška rostlin při sklizni 17.9.2008

Rostliny	ATLETICO	LATIZANA
1	271	247
2	268	244
3	260	241
4	269	240
5	277	247
6	275	252
7	283	255
8	285	249
9	280	244
10	279	260
Průměr	275	248

Výtěžnost bioplynu z kukuřičné siláže NL/ kg OL:

Z první sklizně byla u obou hybridů vyrobena siláž. V ENKI Třeboň byl stanoven obsah bioplynu v siláži u obou hybridů. U hybridu ATLETICO je dosažena výtěžnost methanu 383,4 NL/kg OL (NL – normovaný litr). U hybridu LATIZANA 372,3 NL/kg OL. U hybridu ATLETICO je zaznamenán nárůst výtěžnosti methanu o 11,1 NL/kg OL (tab.12.).

Tabulka 12. Výtěžnost bioplynu z kukuřičné siláže jednotlivých hybridů

Název	jednotky	ATLETICO	LATIZANA
Proteiny	NL metanu	111,5	123,7
Lipidy	NL metanu	122,0	76,6
vláknina	NL metanu	72,6	101,7
BNVL	NL metanu	77,3	70,3
Methan	NL metanu/kg OL	383,4	372,3

Náklady produkce:

Tabulka 13. Přehled nákladů na hektar kukuřičného porostu

Operace	Nářadí + přípravek	Náklady(Kč.ha ⁻¹)
Podmítka	pluh, deskový podmítač	500 – 600
Hnojení chlěvským hnojem aplikace 40 t.ha ⁻¹	rozmetadlo nakladač	5 200
Orba	Otočný pluh hloubka 220 – 250 mm	1 200
Setí kukuřice bez přípravy půdy + hnojení pod patu	Přesný secí stroj + 100 kg Amofos	2 000
Osivo	Volba hybridu	2 800 – 4 500
Hnojení N hnojivo + aplikace	Rozmetadlo 300 kg močoviny	2 810
Ošetření proti plevelům přípravek + aplikace	Postřikovač 2,5 l Guardian + 1,5 l Click	1 870
Ošetření proti zavíječi kukuřičnému přípravek + aplikace	Postřikovač 0,7 l Integro	1 300
Sklizeň	Sklízecí řezačka	1 840
Celkové náklady		19 520 – 21 320

Přibližné náklady při pěstování kukuřice na siláž se pohybují mezi 19 – 22 tisíci Kč/ha.

Tabulka 14. Náklady na tunu při různých výnosech biomasy

Výnos biomasy(t/ha)	Náklady na t v Kč
30	666 – 733
35	574 – 628
40	500 – 550
45	444 – 488
50	400 - 440

Z tabulky 14. je patrné jak s vyššími výnosy klesají náklady na tunu vyprodukované biomasy.

9. Diskuze

Získání energie z biomasy je jeden ze závazků ČR pro výrobu energie z obnovitelných zdrojů energie (OZE) v rámci státní energetické koncepce. Kukuřice svým produkčním potenciálem a zvládnutou technologií pěstování patří mezi nejvýznamnější plodiny pro výrobu bioplynu s možností uplatnění v různých klimatických podmínkách ČR.

Cílem pokusu bylo zhodnotit produkční schopnosti hybridu kukuřice ATLETICO šlechtěného k energetickým účelům (výroba bioplynu) a hybridu LATIZANA na siláž s možností využití k energetickým účelům.

Výsledky, kterých bylo dosaženo ve výnosu biomasy z pěstitelských ploch (ATLETICO, LATIZANA) jsou na stejné výnosové úrovni, jakou uvádí UKZÚZ v rámci odrůdového zkušebnictví.

Ve shodě s údaji **Diviše (1996)** se sledované hybridy na rozhraní mezi skupinou raných a středně raných mohou uplatit i v nadmořské výšce kolem 400 metrů a uplatnit svůj výnosový potenciál.

Výnos biomasy 60,2 t/ha (ATLETICO) a 55,7 t/ha (LATIZANA) je vysoko nad průměrem ČR v posledních letech u silážní kukuřice uvedený ve statistické ročence ČR 2007.

Výnos biomasy je v současné době doplňující údaj v hodnocení výsledků pěstování kukuřice k silážním i energetickým účelům. Výnos biomasy u hybridů je dán i výškou rostlin, která byla v roce 2008 u hybridu ATLETICO (2,75 m) vyšší ve srovnání s hybridem LATIZANA (2,48 m).

V souladu s údajem **Svobody (2004)** se prokázalo, že dosáhnout úrovně výnosu biomasy mezi 50 – 60 t/ha je možné při dávce 150 kg N/ha a tím splňovat ekologické a ekonomické aspekty pěstování kukuřice pro výrobu bioplynu.

Získané výsledky prokázaly, že určení vhodného termínu sklizně je významné pro využití potenciálu jednotlivých hybridů kukuřice, jak uvádí **Prokop (2008)**. Dále prokázal, že zvolené hybridy jsou vhodné do oblasti, kde byly založeny pokusy a je dosažena sušina biomasy, která je podle **Hofmanové (2006)** důležitá pro výnos fermentovatelné hmoty.

Obsah sušiny v biomase obou hodnocených hybridů v době první sklizně dosáhl optimální hodnoty 28 – 32 %, které doporučuje **Diviš (2008)** i **Prokop (2008)**.

Dosažený výnos sušiny v rozmezí 17,0 – 17,7 t/ha u sledovaných hybridů je na úrovni hodnot, které uvádí UKZÚZ (2008) ve výsledcích odrůdových zkoušek u stejné skupiny hybridů podle délky vegetační doby. Ve srovnání s pěstelskou praxí zemědělských podniků se jedná o výrazně vyšší výnos sušiny ukazující na nevyužitý potenciál při pěstování kukuřice. Využití výnosového potenciálu hybridů se pozitivně projeví na ekonomice pěstování kukuřice pro energetické účely (**Diviš, 2008**)

Možnost využití kukuřice pro spalování biomasy uvádí **Havlíčková (2008)** nebo **Petříková (2008)** bez údajů o podmínkách pro vytvoření vhodných vlastností biomasy.

Výsledky pokusu ukázaly na určité problémy při využití biomasy kukuřice pro spalování po zmrznutí porostu. Po zmrznutí na podzim došlo k mírnému nárůstu sušiny, který nedovoluje bez další úpravy obsahu sušiny využít sklizenou biomasu ke spalování.

Obsah sušiny vhodný pro spálení je dosažen až v jarním období, kdy dochází během zimního období k výrazné ztrátě sušiny a výnos sušiny se ve srovnání se sklizní na podzim pohybuje na úrovni 51,4 % u hybridu ATLETICO a 50 % u hybridu LATIZANA.

10. Závěr

Na základě výsledků získaných z jednoletého pokusu u dvou sledovaných hybridů kukuřice pěstovaných pro energetické využití je možné uvést následující závěry.

- Výnos biomasy u zvolených hybridů byl dosažen při dávce dusíku 150 kg/ha.
- Požadovaný obsah sušiny v biomase 28 – 32 % byl u obou hybridů dosažen v době sklizně.
- Sklizeň biomasy u sledovaných hybridů byla provedena při obsahu sušiny biomasy doporučené pro výrobu siláže k energetickým účelům.
- Dosažený výnos sušiny u obou hybridů kukuřice byl na úrovni výsledků UKZÚZ pro odpovídající skupinu hybridů.
- Vyšší výnos biomasy a sušiny byl dosažen u hybridu ATLETICO.
- Při sklizni obou hybridů pro výrobu siláže byl zjištěn mírně zvýšený obsah sušiny v biomase u hybridu LATIZANA.
- Z výsledku při stanovení výnosu bioplynu v ENKI Třeboň vyplývá, že u hybridu ATLETICO (hybrid šlechtěný k energetickým účelům) byla dosažena vyšší produkce bioplynu ve srovnání s hybridem LATIZANA (hybrid šlechtěný pro silážní účely s možností využití k energetickým účelům).
- Po podzimním zmrznutí rostlin kukuřice došlo k mírnému nárůstu sušiny. Pro účely spalování by ale biomasa z této sklizně musela být ještě dosoušena.
- Při sklizni v jarním období byl obsah sušiny biomasy vhodný pro spalování. Došlo však k výraznému snížení výnosu sušiny ve srovnání se sklizní kukuřice po podzimním zmrznutí.

Pro vyjádření přesnějších závěrů je potřebné provést víceleté sledování, neboť při pěstování kukuřice k uvedeným účelům se významně uplatňuje i vliv ročníku. Přesto se potvrdila skutečnost, že při pěstování kukuřice na výnos bioplynu je vhodné volit hybrid vyšlechtěný k energetickým účelům.

Výsledky ukázaly na neperspektivnost spalování biomasy kukuřice.

11. Seznam použité literatury:

Anonym – Akční plán pro biomasu 2008 - 2010

<http://mze.cz/Index.aspx?ids=3048&ch=73&typ=1&val=39084> [online]

Belej J., - Kukurica, Příroda, Bratislava 1982.

Bosák J., - Energie z polí dělá první krůčky, *Úroda*, 10/2004, str. 6 - 7.

Bosák J., - Stres ovlivňuje vývoj kukuřice, *Úroda*, 4/2006, str. 27 – 28.

Bouma D., - Biotechnologie – jedna z cest do budoucnosti, *Úroda*, 12/2004, str. 34 – 35.

Diviš J., - Význam hybridu silážní kukuřice, *Zemědělec*.(6),.1996, str. 7.

Diviš J., - Možnosti uplatnění silážní kukuřice v marginálních podmínkách, *Collection of Scientific Papers, Faculty of agriculture in České Budějovice* 16 (2) 1999, str. 63 - 71.

Diviš J., - Pěstování Rostlin, České Budějovice 2000.

Diviš J., - Kukuřičná siláž nosná surovina pro bioplynové stanice, *Výstavba a provoz bioplynových stanic*, ČOV Třeboň, 2008, str. 75 – 78.

Diviš J., Kolářová P., Vondryš J., - Efektivní využití dusíku při pěstování kukuřice na siláž v marginálních podmínkách, *Collection of Scientific Papers, Faculty of agriculture in České Budějovice*, 2003, 20 (2), str. 49 - 51.

Diviš J., Longauerová, J., - Pěstování silážní kukuřice v teplotně méně příznivých podmínkách, Ústav zemědělských a potravinářských informací, Praha 1993.

Divišová E., - Obiloviny - Situační a výhledová zpráva, 2008.

<http://mze.cz/Index.aspx?tm=1&off=10&ch=0&ids=0&typ=3&val=0&search=1>
[online]

Havlíčková K., Weger J., Boháč J., Štěrbá Z., Hutla P., Knápek, J., Vašíček J., Stražil Z., Kajan M., Lhotský R., - Rostlinná biomasa jako zdroj energie, *Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, v. v. i., Průhonice 2008.*

Hofmanová D. - Budoucnost patří energii z bioplynu, *Úroda*, 12/2006, str. 14 - 15.

Hruška J., Dlabola J., Hrdlička J., Hron F., Karkan A., Kutina J., Martinek V., Pozděna J., Pulpán J., Verner P., Vožda J., Voždová G., Vrbenský V. - Monografie o kukuřici, SZN, Praha 1962.

Ivanič J., - Výživa a hnojení rostlin, *Príroda*, Bratislava 1984.

Kačicová I., - Povinnosti pěstitelů GM kukuřice, *Úroda*, 2/007, str. 54.

Lošák T., - Vybrané poznatky z výživy a hnojení kukuřice, *Úroda*, 3/2006, str. 30 – 31.

Petr J., Černý V., Hruška L., - Tvorba výnosu hlavních polních plodin, SZN, Praha.1980.

Petr J., - Počasí a výnosy, SZN, Praha 1987.

Petr J., - Kukuřice možná bude odolná vůči chladu, *Úroda*, 11/2008, str. 26.

Petr J., - Kukuřice bohatá na provitamín A, *Úroda*, 3/2008, str. 92.

Petříková V., - Biomasa pro bioplynové stanice zemědělského typu, *Úroda*, 9/2008, str. 92.

Procházka S., Macháčková I., Krekule J., Šebánek J., - Fyziologie rostlin, Academia, Praha 1998.

- Procházková B., Hartman I., Dovrtěl J., Illek F., - Minimalizace zpracování půdy a zakládání porostů kukuřice, *Úroda*, 3/2005, str. 19 - 21.
- Prokop M., - Jak stanovit ztráty kukuřice poškozené vlivem nepříznivého počasí, *Agromanuál*, 8/2008, str. 44 – 45.
- Prokop M., - Sklizeň kukuřice na siláž v roce 2008, *Agromanuál*, 9/2008, str. 44 - 45.
- Renč J., - Ochrana kukuřice proti plevelům, *Úroda*, 4/2007, str. 19.
- Rotrekl J., Kňákal Z., Badalíková B., Hrubý J. - Nové systémy zakládání a ochrany vybraných plodin, *Zemědělské informace 17*, Ústav zemědělských a potravinářských informací, Praha 2001.
- Soukup J., Jursík M., Venclová V., Neckář K., - Výběr herbicidů a časování ochrany v kukuřici, *Úroda*, 4/2006, str. 19 – 21.
- Sedláček I., - Kukuřice – spolehlivá a ekonomicky zajímavá komodita, *Úroda*, 12/2006, str. 16 – 17.
- Svoboda M., - Zakládání porostů kukuřice, *Úroda*, 4/2004, str. 19 – 21.
- Svoboda M., - K pěstování kukuřice, *Úroda*, 4/2005, str. 23 – 26.
- Ševčovič R., Feranec P., Fortuník F., Fulajtár E., Kurpelová M., Podolák M., Truksa J., - Systémy pestovania kukurice, Bratislava 1982.
- Švarc M., (Mns): Bakalářská práce – Možnosti využití travní hmoty, České Budějovice 2007.
- Vrzal J., Kohout V., Novák D., Štráfelda J., - Základy pěstování kukuřice a jednoletých píceň, Praha 1995.

Zahradníček J., Horák L., Faměra O., Kožnarová V. - Kukuřice po ošetření listovým hnojivem, *Úroda*, 4/2008, str. 15 – 16.