

Česká zemědělská univerzita v Praze



Bakalářská práce

2015

Petr Jerz

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra botaniky a fyziologie rostlin

Změny obsahu energie a chemického složení u
vybraných genotypů kukuřice

Bakalářská práce

Autor: Petr Jerz

Vedoucí práce: Ing. Helena Hniličková, Ph.D.

2015

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Změny obsahu energie a chemického složení u vybraných genotypů kukuřice vypracoval samostatně a použil jen pramenů, které cituji a uvádím v příložené bibliografii.

V Praze dne:

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval paní Ing. Heleně Hniličkové, Ph.D. za cenné rady a odborné vedení bakalářské práce, panu Ing. Vladimíru Černíkovi a panu Ing. Petru Malcovi za pomoc při analyzování vzorků a cenné odborné rady. Poděkování patří i mé rodině za podporu a trpělivost při zpracovávání této práce.

Souhrn

Kukuřice setá je plodinou se všestranným použitím a její plochy jsou v České republice stabilní a její výměra je na 4. místě v rámci obilovin. Její význam v poslední době značně roste. V České republice se pěstuje především na siláž pro zajištění krmivové základny dobytka, ale v posledních letech stoupá význam pěstování kukuřice také pro energetické účely. Proto je důležité zjišťovat vztahy mezi složením kukuřice a obsahem energie.

Cílem práce je zhodnotit vliv genotypu na obsah energie a chemické složení v nadzemní biomase, zhodnotit vliv chemického složení na obsah energie a stanovit vhodnost pěstování sledovaných genotypů kukuřice v podmínkách ČR

Obě pokusné lokality byly založeny jako poloprovozní pokus firmy Pioneer dne 24.4.2014. Setí bylo provedeno čtyřřádkovou pokusnickou sečkou GASPARDO. Hloubka setí byla v obou případech 4 cm a šířka 72,5 cm. Velikost každé parcely byla v obou lokalitách 2,9 x 200 m. V lokalitě Borovany byl výsevek 80 000 zrn/ha a v lokalitě Hradešice by 83 000 zrn/ha. Aby bylo zabráněno projevu tzv. krajového efektu, byl v obou lokalitách pokus obset bez mezer kukuřicí určenou pro běžné pěstování.

Sklizeň byla v obou lokalitách provedena řezačkou Class, v lokalitě Borovany dne 29.9.2014 a v lokalitě Hradešice dne 6.10.2014. Při sklizni byly z každé parcely odebrány vzorky řezanky o hmotnosti cca 0,5 kg.

Vzorky odebrané při sklizni byly ihned analyzovány v mobilní analytické laboratoři firmy Pioneer NIR spektrometrem na obsah sušiny, popelovin, dusíkatých látek, tuku, škrobu, vlákniny a cukrů. Vzorky byly poté v laboratoři České zemědělské univerzity vysušeny do konstantní sušiny a následně byly rozemlety. Poté byly vzorky o navážce 1-2 g spáleny ve spalném kalorimetru. Naměřené hodnoty byly poté přepočteny na brutto energii (spalné teplo s popelovinami v kJ/g)

V lokalitě Hradešice je procentuální obsah škrobu poměrně vysoký, nejvyšší obsah škrobu je u hybridu P8400. Hybrid P8000 má nejvyšší obsah vlákniny, přestože má nejmenší sušinu a nejvyšší obsah volných cukrů. Množství volných cukrů v rostlině odpovídá sklizňové zralosti. Nejvyšší sušina byla v lokalitě Hradešice naměřena u hybridu P8057, který má také nejvyšší obsah škrobu a nejnižší obsah volných cukrů. Přestože jsou hodnoty sušin v lokalitě Borovany výrazně nižší, než v lokalitě Hradešice, obsah vlákniny se v obou lokalitách příliš neliší. Rozdíly v obsahu dusíkatých látek jsou v obou lokalitách minimální.

V lokalitě Hradešice byly nejvyšší hodnoty brutto energie naměřeny u hybridu P7902. Jestliže seřadíme ostatní hybridy podle naměřené brutto energie, je pořadí následující: P8400, P8057, P8000, P7529. Pořadí hybridů podle průměrné naměřené brutto energie od nejvyšší k nejnižší je v lokalitě Borovany P8057, P7529, P8400, P7902, P8000.

Z výsledků můžeme usuzovat, že existuje vztah mezi obsahem škrobu a průměrnou brutto energií, kdy se vzrůstajícím obsahem škrobu dochází ke zvyšování brutto energie. Podobný vztah můžeme sledovat i u obsahu cukrů. Čím je obsah cukrů vyšší, tím je nižší průměrná brutto energie. Nepřímá úměra by se dala nalézt i mezi obsahem vlákniny a průměrnou brutto energií. Tyto závislosti jsou patrné především ve vzorcích odebraných v lokalitě Hradešice. U vlákniny lze pozorovat tentýž vztah i v lokalitě Borovany. Tato tvrzení však není možné statisticky prokázat vzhledem k malému počtu opakování měření. V naměřených hodnotách se promítl také vliv ročníku, jehož vliv by byl snížen opakováním pokusu po delší dobu.

Přesto, že byly zjištěny náznaky souvislostí mezi obsahem škrobu, cukru, vlákniny a obsahem energie, jsou tyto vztahy vzhledem k malému počtu vzorků a opakování statisticky neprokazatelné

Klíčová slova: kukuřice, spalné teplo, chemické složení, genotypy

Summary

Maize crop is the versatility and its surfaces are stable and its acreage is in 4th place in the context of cereal in the Czech. Its importance has grown significantly in recent years. The Czech Republic is grown mainly for silage to ensure cattle fodder base, but increasing importance of maize cultivation also for energy purposes in recent years. It is therefore important to detect relations between the composition and energy content of corn.

The aim is to evaluate the effect of genotype on energy content and chemical composition in the aboveground biomass, to evaluate the effect of chemical composition on energy content and determine the suitability of growing corn genotypes observed in the Czech Republic

Both experimental sites were set up as a pilot experiment Pioneer on April 24, 2014. Sowing was done four line experimental seedin machine GASPARDO. Sowing of depth in both cases was 4 cm and a width was of 72.5 cm. The size of each plot was measured in both locations 2.9 x 200 m. The site was Borovany seed rate of 80 000 grains / ha and in Hradešice by 83,000 seeds / ha. In order to prevent the so-called speech. Shire effect in both localities attempt Obstet gapless maize intended for normal cultivation.

The harvest was performed chopper Class in both locations, in Borovany on September 29, 2014 and in Hradešice on October 6, 2014. There were sampled chop weighing about 0.5 kg at harvest of each plot.

Samples taken at harvest were immediately analyzed in a mobile analytical laboratory Pioneer by NIR spectrometer on solids content, ash, crude protein, fat, starch, fiber and sugar. Then samples were dried to constant dry weight and then they were ground in the laboratory Czech University of life sciences. Then he samples were then a load of about 1-2 g burned in gross calorific values calorimeter. The measured values were then converted to gross energy (heat of combustion of ash in kJ / g)

The site Hradešice percentage is relatively high starch content, high starch content is in the hybrid P8400. Hybrid P8000 has the highest fiber content, although the smallest and highest dry matter content of free sugars. The amount of free sugars in the plant corresponds to harvest maturity. The highest dry matter was in Hradešice measured in the hybrid P8057, which also has the highest starch content and low content of free sugars. Although the values of dry matter in Borovany significantly lower than in Hradešice, fiber content in both locations very different. Differences in crude protein content in both locations are minimal.

The site Hradešice the highest values were measured in gross energy hybrid P7902. If we order the other hybrids measured by gross energy order is as follows: P8400, P8057, P8000, P7529. Ranking hybrids measured by average gross energy from highest to lowest is in Borovany P8057, P7529, P8400, P7902, P8000.

From the results we can conclude that there is a relationship between starch and the average gross energy when increasing starch content has been increasing gross energy. A similar relationship can be observed for sugar content. The sugar content is higher, the lower the average gross energy. Negative correlation could be found even between the average content of fiber and gross energy. These dependencies are particularly apparent in samples taken in Hradešice. For fiber can be observed the same relationship as in Borovany. This claim is not possible to demonstrate statistically due to the small number of repeat measurements. The measured values are also reflected influence of the year, the effect would be reduced by repeating the experiment for longer.

Despite indications were found connections between the content of starch, sugar, fiber and energy content, these relationships insight to the small number of samples and repeat statistically inconclusive

Keywords: corn, heat of combustion, chemical composition, genotypes

Obsah

Abstrakt.....	Chyba! Záložka není definována.
Abstract.....	Chyba! Záložka není definována.
1. Úvod	1
2. Cíle práce.....	2
2.1. Cíle práce	2
2.2. Hypotézy	2
3. Literární rešerše	3
3.1. Fylogenetický původ kukuřice	3
3.2. Historie pěstování kukuřice.....	3
3.3. Hospodářský význam kukuřice	4
3.4. Systematické zařazení kukuřice	4
3.5. Botanický popis.....	5
3.5.1. Zárodek	5
3.5.2. Klíčení obilky	6
3.5.3. Kořenový systém	8
9	
3.5.4. Stéblo	9
3.5.5. List	11
3.5.6. Květy a květenství	12
3.5.7. Kvetení, opylení, oplodnění.....	12
3.6. Vegetační faktory	14
3.6.1. Světlo	14
3.6.2. Teplo	14
3.6.3. Voda.....	15
3.6.4. Vzduch.....	16
3.6.5. Půda	16

3.7.	Růst a vývoj kukuřice.....	17
3.8.	Agrotechnika	19
3.8.1.	Zařazení v osevním postupu	19
3.8.2.	Předseťová příprava	19
3.8.3.	Setí	20
3.8.4.	Hnojení.....	20
3.9.	Chemické složení	23
3.9.1.	Sušina.....	24
3.9.2.	Popel	24
3.9.3.	Tuk.....	24
3.9.4.	Sacharidy	25
3.9.5.	Vláknina.....	25
3.9.6.	Dusíkaté látky	26
3.10.	Energie.....	26
4.	Metodika.....	28
4.1.	Charakteristika rostlinného materiálu	28
4.2.	Polní část pokusu.....	29
4.2.1.	Charakteristika stanoviště	29
4.2.2.	Založení pokusu	29
4.2.3.	Hnojení pokusu	30
4.2.4.	Ošetření pokusu	30
4.2.5.	Skřízeň	30
4.3.	Laboratorní část pokusu	30
5.	Výsledky.....	31
5.1.	Výsledky z mobilní analytické laboratoře.....	31
5.2.	Obsah brutto energie	33
5.3.	Srovnání brutto energie a chemického složení.....	36

6. Diskuse	41
7. Závěr.....	43
8. Seznam použité literatury	44

1. Úvod

Kukuřice setá (*Zea mays*) je velmi významná krmná, potravinářská i farmaceutická plodina. K největším producentům patří země severní a jižní Ameriky, odkud tato plodina také pochází. Na území České republiky se pěstování kukuřice rozšířilo až počátkem 20. století především díky zavádění hybridního osiva. Dnes jsou její plochy v České republice stabilní a její výměra je na 4. místě v rámci obilovin. V České republice je kukuřicí na zrno oseto přibližně 100 000 ha a kukuřicí na zeleno a na siláž 235 000 ha. Její význam v poslední době značně roste. Stále se rozvíjejí nové technologie sklizně, konzervace, skladování a využití produktů kukuřice. Toto společně se změnou klimatu vede k rozšiřování pěstování kukuřice i do netradičních oblastí. Těmto faktorům se přizpůsobuje šlechtění kukuřice, které je zaměřeno nejen na výkonnost hybridů, různé směry využití ale i rozšíření jejího pěstování do dalších oblastí. Relativně novým způsobem šlechtění kukuřice je genetické inženýrství, které využívá pozměňování vlastností organismů vkládáním nových genů. Výsledkem tohoto procesu jsou geneticky modifikované kukuřice. V Evropské unii je možné pěstovat pouze jedinou modifikovanou plodinu- Bt-kukuřici MON 810, která je odolná vůči zavíječi kukuřičnému, což má za následek zlepšení kvality produktu (nižší výskyt fuzarióz).

Zrno se ve formě krupice a kukuřičné mouky využívá v potravinářském průmyslu k obživě obyvatelstva. V průmyslu je surovinou k výrobě alkoholu, piva a škrobu. Ve farmacii se kukuřice využívá při výrobě penicilinu a dalších antibiotik. V České republice se kukuřice pěstuje především na siláž pro zajištění krmivové základny dobytka, ale v posledních letech stoupá význam pěstování kukuřice také pro energetické účely k výrobě bioetanolu, bioplynu a přímému spalování.

Pěstování kukuřice se rozšiřuje také díky tomu, že se jedná o rostlinu, jejíž pěstování není s ohledem na vstupy příliš ekonomicky náročné a zároveň má potenciál vytvořit velké množství biomasy z jednotky plochy. Tím se stává jedním z nejdůležitějších obnovitelných zdrojů pro výrobu energie a tepla. Se snižujícími se zásobami fosilních paliv a dopady jejich spalování na životní prostředí se stává využívání obnovitelných zdrojů energie klíčovou technologií pro zajištění energetických potřeb populace. Proto je důležité zjišťovat vztahy mezi složením kukuřice a obsahem energie

2. Cíle práce

2.1. Cíle práce

Cílem práce je zhodnotit vliv genotypu na obsah energie a chemické složení v nadzemní biomase, zhodnotit vliv chemického složení na obsah energie a stanovit vhodnost pěstování sledovaných genotypů kukuřice v podmínkách ČR.

2.2. Hypotézy

- Existují genotypové rozdíly v obsahu energie a chemickém složení nadzemní biomasy kukuřice.
- Existuje vztah mezi chemickým složením a obsahem energie.

3. Literární rešerše

3.1. Fylogenetický původ kukuřice

Ačkoliv planou formu kukuřice dodnes neznáme, bylo vypracováno několik teorií, zabývajících se vznikem a vývojem kukuřice. S první teorií o původu kukuřice přišel Saint Hilaire, který se domníval, že předkem dnešních kulturních odrůd kukuřice je kukuřice pluchatá. Velmi podobnou teorii vypracoval Andres, který v Argentině našel typ kukuřice velmi podobný kukuřici pluchaté avšak s kratšími pluchami. Velký význam v teoriích o vzniku kukuřice má její nejbližší dnes známá teosinta. Existují teorie, že kukuřice vznikla z teosinty její domestikací, křížením s dnes již neznámou rostlinou podobnou kukuřici nebo vlivem rozsáhlých mutací. Někteří autoři se však domnívají, že teosinta je mladší než kukuřice, proto jsou tyto teorie nepravděpodobné. Nejpravděpodobnější jsou divergentní a tzv. třídílná hypotéza. Divergentní hypotéza předpokládá, že dnešní kukuřice vznikla z vytrvalé, plané, kukuřici podobné rostliny, tzv. prakukuřice, dnes již vyhynulé. Ta opět vznikla spolu s teosintou a *Tripsacum* z dnes již vyhynulého, neznámého společného předka, podobného *Tripsacum*. Třídílná hypotéza předpokládá, že kulturní kukuřice vznikla z plané formy kukuřice pluchaté, rostoucí v nížinách Jižní Ameriky, a že se teosinta vyvinula z přirozeného křížení mezi kukuřicí a *Tripsacum* (Hruška, 1962).

3.2. Historie pěstování kukuřice

Nejstarší zbytky kukuřice byly nalezeny v mexických sídlištích starých více než 5500let. Obilky byly nalezeny v hrobech starých Inků, ve stavbách Mayů a Aztéků, u nichž hrála kukuřice velkou roli i při náboženských obřadech. Mayové i Inkové považovali kukuřici za dar bohů. Ve městě starých Inků Cuzcu byl objeven chrám zasvěcený bohyni kukuřice a v něm byly nalezeny kukuřičné klasy vyrobené z ryzího zlata a stříbra. Bohyně kukuřice je zpodobněna i na monolitech a její hlava je ozdobena různými kukuřičnými ornamenty. Do Evropy přivezl první zrna kukuřice Kolumbus již v roce 1493. Počátkem 16. století se kukuřice rozšířila ze Španělska po celém Středomoří. V polovině 18. století se dostala z Turecka přes Rumunsko a Maďarsko na Slovensko a později na jižní Moravu pod názvem turecká pšenice, lidově „turkyně“ (tento název se na Moravě užívá dodnes). Pojmenování kukuřice vzniklo z rumunského cucuruza. Ve větším rozsahu se začala kukuřice pěstovat na Slovensku a na jižní Moravě až na počátku minulého století. V Čechách se dlouho pěstovala jen v zahrádkách, až kolem roku 1830 začaly první pokusy s pěstováním na polích. K podstatnému rozšíření u nás došlo až po první světové válce, především pěstováním pro

zelenou pící a na siláž. Dnes se kukuřice pěstuje v teplejších oblastech po celém světě, na severní polokouli až k 56. rovnoběžce. Na jižní polokouli se pěstuje téměř všude. (Šašková, Štolfa 1993)

3.3.Hospodářský význam kukuřice

Význam kukuřice pro lidstvo je zřejmý z toho, že se dnes pěstuje v pěti světadílech. Spolu s pšenicí a rýží je nejdůležitější obilninou ve výživě lidí, dnes i významnou krmnou, průmyslovou a energetickou plodinou (Zimolka a kol., 2008)

Kukuřice se pěstuje zejména na siláž a na zrno, ale v některých polohách, především v bramborářském výrobním typu, využívá celá nadzemní část k přímému zkrmování v zeleném stavu nebo ve formě úsušků, resp. tvarovaných krmiv (Špaldon a kol., 1982) .

Kromě těchto 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, olejů a nových mlýnských a pekárenských produktů. Pro průmyslové zpracování slouží kukuřice jako surovina pro výrobu stavebních hmot, papírů a lepenky, lepidel, bioplastů, dále v chemickém, kosmetickém a farmaceutickém průmyslu, nejnověji pro výrobu obnovitelných zdrojů energie (bioetanol, bioplyn, biomasa). V krmivářství se kromě tradičních postupů rozvíjí nové technologie sklizně, úpravy, konzervace, skladování a využití produktů kukuřice (Zimolka a kol., 2008).

3.4.Systematické zařazení kukuřice

Nadříše: Jaderní (Eukaryota)

říše:Rostliny (Plantae)

podříše: Vyšší rostliny (Cormobionta)

skupina: Semenné rostliny

oddělení: Krytosemenné rostliny

třída: Jednoděložné (Liliopsida) = Monocotyledonae

řád: lipnicotvaré – Poales

čeleď: lipnicovité – Poaceae

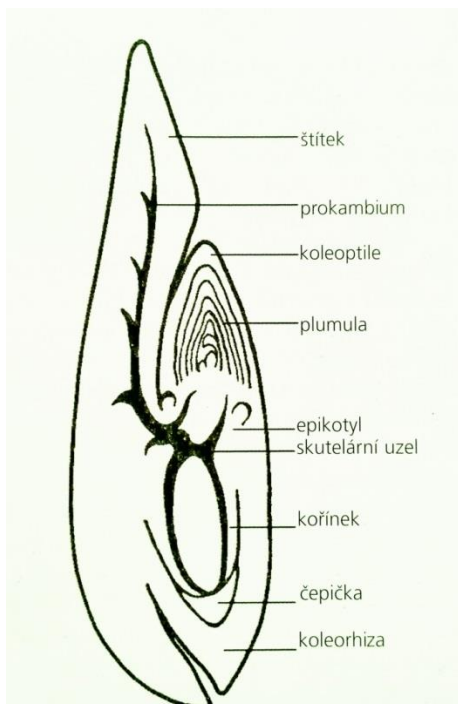
Podčeleď: kukuřicovité – Zeeoideae

3.5. Botanický popis

Kukuřice, má mnoho společných znaků s obilninami, mezi které ji také řadíme, ale také znaky, kterými se od nich liší (Šuk a kol., 1998). Je vysoká 150 – 400 cm, stébla má plná, přímá, na dolních kolénkách kořenující. Pochvy listů má hladké. Jazyček 3 -5 mm dlouhý, uťatý. Čepele listů ploché, široké, čárkovitě kopinaté, 5 – 15 mm široké, na lici slabě chlupaté a drsné. Květenství má jednopohlavná, jednodomá. Samičí květenství ve válcovitých palicích v úžlabí dolních listů až do zralosti obalených nafouklými pochvami, z nichž nahoře vyčnívá hustý svazek nitkovitých brvitých čnělek, ukončených rozeklanou bliznou. Samčí květenství je vrcholová přímá lata, složená z hustých, úzkých, až 20 cm dlouhých lichoklasů (Dostál, 1989).

3.5.1. Zárodek

Obrázek 1: Řez zárodkem (Zimolka a kol., 2008)



Zárodek neboli embryo představuje základ nové rostliny (Diviš, 2000).

U zralého zrna je zárodek zřetelně vyvinutý a vysoce organizovaný. Je na něm možno vidět základy všech vegetativních orgánů. V prvním pupenu (plumule) se po stranách vzrostného vrcholu vytváří u všech kultivarů pět základů listů. Na protilehlé straně se nachází kořínek (radicula) s čepičkou (calyptra). Plumula je chráněna pochvovitou koleoptilí, rovněž kořínek s čepičkou pokrývá pochvička (koleorhiza). Na boku zárodku se vytváří štítek

(scutellum), který je považován za přeměněný zárodečný list (cotyledon). Vodivý systém je v zárodku formován v podobě prokambia procházejícího celým embryem a spojuje se ve skutečném uzlu. Část mezi skutečným a koleoptilovým uzlem představují první internodium- epikotyl. Kořínek se formuje pod skutečným uzlem z čehož vyplývá, hypokotyl chybí. Těsně nad skutečným uzlem jsou založeny další kořeny, mohou být (převážně) dva, případně se vyskytují ve větším počtu (Zimolka a kol., 2008). Řez zárodkem je znázorňuje obrázek 1.

3.5.2. Klíčení obilky

Klíčení obilky kukuřice podobně jako u všech jiných rostlin je komplexem biochemických, fyziologických a morfologických pochodů. Zrno začíná klíčit za vhodných teplotních a vlhkostních podmínek vzduchu i půdy. V laboratorních podmínkách bývá doba klíčení zrna kukuřice 5 – 6 dní, kdežto v polních podmínkách 7 – 10 dní (Hruška, 1962).

Šuk a kol. (1998) uvádí, že při optimální vlhkosti a při optimální teplotě půdy (nejrychlejší klíčení by mohlo probíhat při teplotě vzduch 32°C) může proběhnout klíčení již během 4 – 5 dnů.

Optimální podmínky pro klíčení zrna kukuřice jsou při 32°C (Hruška, 1962). Hruška (1962) uvádí, že nejnižší teplota při které je kukuřice ještě schopna klíčit je 6°C. Hruška (1962) spolu se Zimolkou (2008) a Šukem (1998) shodně doplňují, že existují i hybridy schopné klíčit i při nižších teplotách – až 5,4°C.

Rychlost růstu při klíčení souvisí s příjmem vody. Nejnižší obsah vody v zrně, při kterém začíná růst kořínek, je 57 % při teplotě 30°C Při teplotě 12°C je to již 75 % (Šuk a kol., 1998).

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 (Zimolka a kol., 2008).

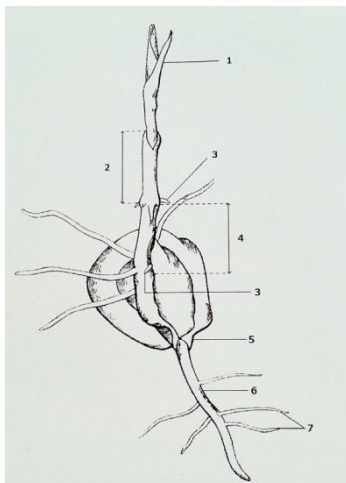
Pohlčováním vody se stávají turgescenčními především buňky koleorhizy a vzrostného pupenu (plumuly), dále pak štítku (scutellum) a ostatních částí klíčku. V zápětí pak následuje mobilizace a přesun zásobních a výživných látek z endospermu. Postupně pak začíná

mitotické dělení buněk a jejich prodlužovací růst. První mitózy lze zjistit asi 24 hodin poté, kdy zrno začalo pohlcovat vodu. V jednotlivých částech klíčku se buňky začínají dělit v různou dobu. První mitózy se zjišťují v části klíčku mezi růstovým vrcholem kořínku a štítkem (především však ve směru k růstovému vrcholku kořínku), další pak na bázi mezokotylu, okrajích listů a vegetačním vrcholu stébla. Začátek dělení buněk se projevuje v prodlužovacím růstu jednotlivých orgánů klíčku. Při klíčení zrna kukuřice se prodlužovací růst objeví nejdříve u koleorhizy, která svým tlakem protrhává perikarp a proniká do půdy. Podobně i prodlužovací růst plumuly a koleoptyle (kde koleoptyle roste rychleji) způsobuje protržení perikarpu v horní části zrna. Tím se osvobozují dvě důležité části zrna ze svého uzavření pod perikarpem a pokračují ve svém prodlužovacím růstu (Hruška, 1962).

Otvorem na vrcholu koleoptyle prorůstá ven první asimilující list (Zimolka a kol., 2008). V době kdy koleoptyle dosahuje povrchu půdy, se jeho růst zastavuje a začíná intenzivně růst plumula, která protrhává horní část koleoptyle a proniká nad povrch půdy. Růst koleoptyle se zastavuje při osvětlení denním světlem. Podobně se zastavuje i růst koleorhizy a pak již vniká do půdy prvotní koříněk (radicula). V této době se kolem koleoptyle začínají objevovat také další prvotní (zárodečné) kořínky a později též přídatné kořeny (adventivní) (Hruška, 1962).

Klíček je ve fázi klíčení vyživován z endospermu prostřednictvím štítku. Další vývoj klíčení rostliny pokračuje tvorbou nadzemních i podzemních orgánů (Zimolka a kol., 2008). Obrázek 2 ukazuje klíčící obilku kukuřice, obrázek 3 pak zobrazuje klíčící rostlinu kukuřice.

Obrázek 2:: Klíčící obilka kukuřice: 1 – první zárodečný list, 2 – koleoptyle, 3 – adventivní (přídatné) kořínky, 4 – mezokotyl, 5 – koleorhiza (kořenová pochva), 6 – prvotní koříněk, 7 – postranní kořínky (Zimolka a kol., 2008)



Obrázek 3: Klíčící rostlina kukuřice: a - koleoptyle, b - pochva prvního listu, c - kořeny primární, d - kořeny sekundární (Zimolka a kol., 2008)



3.5.3. Kořenový systém

Kořenové systémy mají rozhodující význam pro příjem živin a vody. Jejich tvorba probíhá podobně jako u nadzemních částí, tj. pod komplexním vlivem prostředí a genetických faktorů. Kořeny ovlivňují chování a růst celé rostliny, zejména z hlediska odolnosti proti suchu a nízkým a vysokým teplotám. Dále působí na celý vegetační vývoj i zralost generativních orgánů. Významná je také produkce auxinů, gibberelinů, citokininů, 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 a kol., 1980).

Jako jiné lipnicovité rostliny má kukuřice svazčitý kořenový systém, jehož provazčité kořeny pronikají podle stanovištních podmínek poměrně hluboko do půdy (1,5 – 3m, někdy i přes 4m) a zajišťují dobré zásobování rostliny vodou ze značné hloubky. Převážná část jemných kořínků je však rozložena v orniční půdní vrstvě do 20 cm, kolem stébla v okruhu 100cm i více (Hruška, 1962). Při včasném výsevu se kořenový systém pod povrchem půdy rozkládá v okruhu až 2,5 m, při pozdním výsevu pouze v okruhu 0,30 – 0,45 m. Optimálně vyvinutá kořenová soustava může pronikat do hloubky až 2,5 m (Šuk a kol., 1998).

Kořeny kukuřice podle svého původu se rozdělují na primární a sekundární. Primární kořenovou soustavu tvoří kořeny, které se zakládají již v zárodku (zárodečné, embryonální) (Diviš, 2000). Sekundární kořenovou soustavu představují kořeny vznikající během růstu v přeslenech okolo bazálních uzlů (přídavné adventivní) (Zimolka a kol., 2008). Vytváří se obvykle okolo pěti až sedmi bazálních uzlů (Šuk a kol., 1998). Vyzrálé zrno kukuřice má téměř vždy jeden zárodečný kořínek (radicula) a různý počet prvotních kořenů postranních (7 – 13) Radicula na rozdíl od jiných obilnin, nezůstává u kukuřice zakrnělá, nýbrž dosahuje značné délky a může se větvit na četné boční kořeny. Boční zárodečné kořeny tvoří jen část kořenového systému a mají proto význam jen v počátečním období růstu, než se vytvoří adventivní kořeny na vyšších člancích stébla. Ty vznikají v bazálním interkalárním meristému spodního článku stébla a představují hlavní podíl kořenového systému (Zimolka a kol., 2008).

Kromě funkcionálních adventivních kořenů může kukuřice vytvářet ze tří až čtyř nejnižších nadzemních kolének také nefunkcionální vzdušné nadzemní kořeny, které ji mohou, změněny v opěrné, chránit před poléháním a polámáním silným větrem. Tyto křeny jsou-li zasypány kyprou půdou, mohou dobře vytvářet vyvinuté svazčité kořeny, které mohou rostlinu vyživovat a dobře zužitkovat srážky a rosu v druhé polovině léta. Vzdušné kořeny

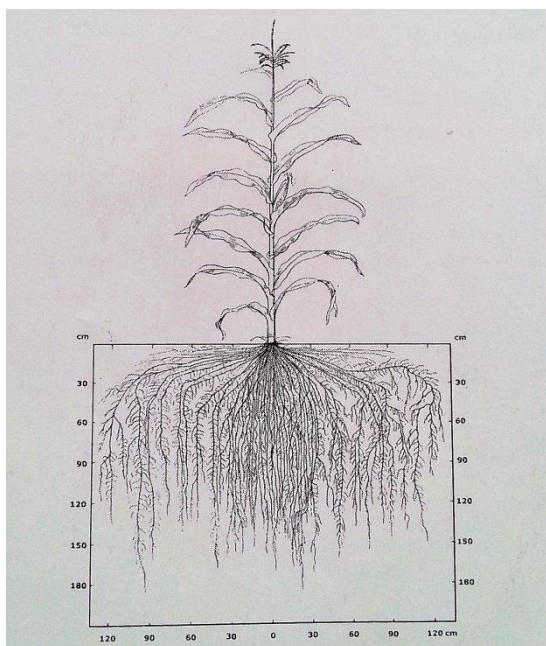
bývají nejhojnější a nejsilnější u vysokovzrůstných pozdních odrůd a za vlhkého počasí (Hruška, 1962).

V počátečních fázích vývoje dochází k intenzivnímu růstu kořenové soustavy.

Zimolka (2008), Šuk (1998) a Hruška (1962) shodně uvádějí, že rostliny vysoké okolo 10 – 20 mm mohou mít kořeny až 300mm dlouhé. Kukuřice zakořeňuje do hloubky 300 – 400 mm již v prvních čtyřech týdnech po vzejití, tj. v době kdy vytváří dva až tři listy.

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. Nejmohutnější kořenový systém mají hybridy, kdežto kořenový systém samoopylených linií je vyvinut slaběji, někdy dokonce tak, že není schopen rostlinu udržet (Hruška, 1962). Obrázek 4 znázorňuje kořen kukuřice v době zelené zralosti.

Obrázek 4: Rostlina kukuřice v době zelené zralosti (Zimolka a kol., 2008)



3.5.4. Stéblo

Kukuřice má jako jiné trávy vzpřímené stéblo na povrchu hladké stéblo, které dosahuje výšky od 120 do 300 i více centimetrů (Zimolka a kol., 2008). Šuk a kol. (1998) uvádí, že stéblo je v našich podmínkách nejčastěji vysoké 1,10 – 2,50 m a tlusté 20 – 70 mm. Hruška (1962) ve své publikaci uvádí, že stéblo kukuřice může být vysoké 5 m i více.

Je složené z článků (internodií), které se střídají s plnými kolénky (nody). (Zimolka a kol., 2008). Počet nadzemních článků je geneticky založen a liší se u jednotlivých hybridů

(Šuk a kol., 1998). Hruška (1962) uvádí, že počet nadzemních článků a kolének kolísá od pěti do třiceti.

U současných hybridů jich bývá okolo 11 až 15. Článek nesoucí klas (samičí květenství) má rozšířené úžlabí, a aby udržoval rovnováhu stébla s narůstající hmotností klasu, bývá mírně odkloněn od vertikální osy rostliny na opačnou stranu, než se naklání klas. Z každého kolénka vyrůstají na stéble vstřícné listy (střídavě z jedné a druhé strany), vytváří tak dvě svislé řady a chrání svými pochvami bazální část článků. Vrchol nejvyššího článku je zakončen latou (samčí květenství). (Zimolka a kol., 2008).

Podzemní, bazální část stébla má stejně jako nadzemní tvar kužele, obráceného však vrcholem dolů. Tuto podzemní bazální část tvoří osm až devět velmi krátkých podzemních článků stébla, na kterých vznikají adventivní čili přídavné neboli nahodilé kořeny (na prvních čtyřech nadzemních člancích vznikají adventivní kořeny vzdušné čili opěrné) (Hruška, 1962).

Články stébla jsou vyplněny dřevem, čímž stoupá jeho pevnost. Pod pokožkou v periferii dřevě probíhají hustě cévní svazky uzavřené silnými sklerenchymatickými pochvami. Směrem do středu stébla cévních svazků ubývá (Zimolka a kol., 2008).

Výška stébla rostliny kukuřice závisí dále na růstových podmínkách: na teplotě a množství srážek před metáním, hustotě porostu, délce dne, zaplevelenosti a dalších činitelích. Zpravidla hybridy s delší vegetační dobou dosahují vyššího vzrůstu a mají silnější stéblo. (Šuk a kol., 1998). Denní přírůstek délky stébla může v optimálních podmínkách dosahovat 12 – 15cm (Zimolka a kol., 2008). Vyšší a přehuštěný porost kukuřice je náchylnější k poléhání a má menší podíl klasů na celkové hmotě rostliny. Pravá plná kolénka dodávají stéblu pevnost a jsou zastoupena hustěji v dolní části. Z těchto kolének mohou vyrůstat vedlejší odnože, které však ochuzují hlavní stéblo o živiny a mohou snižovat výnos zrna (Šuk a kol., 1998). Proto bylo šlechtěním dosaženo (zvláště u koňského zubu) potlačení jejich tvorby (Zimolka a kol., 2008). Při pěstování kukuřice na zelené krmění a na siláž však zvyšují za příznivých růstových podmínek celkový výnos hmoty. (Hruška, 1962).

Stéblo se směrem nahoru zužuje. Je zásobním orgánem kukuřice, zprostředkovává spojení listů a kořenů. (Zimolka a kol., 2008).

Podíl stébel na celkovém výnosu sušiny rostlin kukuřice bývá v rozpětí 30 – 50 %. Chemické složení sušiny stébla: dusík 0,7 %, fosfor 0,11 %, vápník 0,1 %, draslík 1,2 %, hořčík 0,09 % (Šuk a kol., 1998).

3.5.5. List

Kukuřice má listy dlouze kopinaté a pásovité. Vyrůstají po jednom na kolénku, a to střídavě ve dvou protilehlých řadách. Každý list je kolem stébla otočen vždy v obráceném směru než předchozí; přečniva-li u jednoho pravá, přečniva u druhého levá strana čepele. Ke stéblu jsou listy připojeny více než jedním otočením genetické spirály, přičemž okraj spodního listu přesahuje okraj listu nad ním (Hruška, 1962).

Velká široká čepel (lamina) má nápadné střední žebro, často zvlňný okraj – je to důsledek rychlejšího růstu čepele na jejím okraji. Povrch čepele je mírně porostlý chloupky, na spodní straně je hladký. Spodní část listu tvoří mohutnou pochvu (vagina), obklopující stéblo a chránící bázi jednotlivých článků, které si dlouho uchovávají meristémový charakter. Pochva zároveň chrání úžlabní pupeny. V místě, kde se čepel spojuje s pochvou, na její svrchní straně, vyrůstá jazýček (ligula). Ouška kukuřice netvoří (Zimolka a kol., 2008). Jazýček stéblo objímá a uzavírá prostor mezi ním a listovou pochvou. Podle některých autorů zabraňuje vnikání vody do prostoru mezi pochvou a stéblem, avšak podle jiných autorů naopak zabraňuje výparu vody z tohoto prostoru (Hruška, 1962). Podle postavení listové čepele k povrchu půdy rozeznáváme dva základní typy: planofilní (horizontálně postavené) a erektofilní (vertikálně postavené). Postavení listu má především význam při využití dopadajícího slunečního záření v porostu kukuřice. Moderní intenzivní hybridy kukuřice se vyznačují nejčastěji erektofilním postavením listů, které lépe využívají dopadající sluneční záření (Šuk a kol., 1998). Žlábkovité šikmo vzhůru postavené listy umožňují rostlině využívat i nepatrné srážky a rosu, které zachycují a svádějí ke kořenům, což je za teplého rána po nocích se silnějšími rosami dobře vidět na zvlhčení půdy kolem stébla (Hruška, 1962).

List jako orgán slouží k asimilaci a výparu vody (Šuk a kol., 1998). Listy mají hodně průduchů (stromat) se dvěma svěracími buňkami. Průduch zprostředkovávají styk s okolním prostředím, zúčastňují se výměny plynů, jsou důležitým činitelem při fotosyntéze, ale regulují rovněž výpar a celkovou vodní bilanci (Zimolka a kol., 2008).

Velikost tj. délka, šířka a plocha jednotlivých listů stébla je různá. Zvětšuje se podle pořadí, jak se objevují odspodu až ke čtvrtému listu odshora, který bývá zpravidla ve skupině největších listů, a dále k vrcholu zase klesá (Hruška, 1962). Velikost listů, zvláště šířka a další znaky na listech, patří k odrůdovým znakům, je však ovlivňována i faktory prostředí. Největší listy se tvoří od konce května do začátku července při teplotě okolo 20 °C, což souvisí s intenzitou růstu (Zimolka a kol., 2008).

Počet listů je dán geneticky (Šuk a kol., 1998). Nejméně listů mají velmi rané hybridy (8 – 10) a nejvíce pozdní hybridy (až 24 a více) (Diviš, 2000). Tvorba listových základů končí vznikem samčího (prašnickového) květenství. Listy během vegetace začínají odumírat od spodní části rostliny. Podíl listů na celkovém výnosu sušiny rostliny kukuřice je v rozmezí 10 – 20 % (Šuk a kol., 1998).

3.5.6. Květy a květenství

Stavbou květenství se kukuřice výrazně liší od jiných lipnicovitých druhů (Zimolka a kol., 2008). Kukuřice je jednodomá rostlina s různopohlavními květy. Stavebním prvkem květenství prašnickového (samčího) čili laty jsou prašnickové klásky, u květenství pestíkového (samičího) čili palice jsou klásky pestíkové. (Šuk a kol., 1998).

Lata je tvořena hlavní osou a různým počtem spirálovitě rozestavěných vedlejších větví. Ty se mohou ještě jednou větvit. Na hlavní větvi jsou samčí klásky rozestavěny ve více řadách, na vedlejších většinou ve dvou řadách. Klásky tvoří dvojice květů, jeden je přisedlý, druhý má stopku. Květy mají tři prašníky (Zimolka a kol., 2008). Velikost a tvar laty je u kukuřice charakteristickým znakem. Stejný typ laty u jednotlivých rostlin se vyskytuje jen v porostech samoopylených linií, popřípadě, a to vzácněji, u jednoduchých meziliniových hybridů, kdežto u odrůd volného opylování má téměř každá rostlina porostu latu jiného tvaru a velikosti (Hruška, 1962).

Samičí pestíkové květenství vytváří palice (Diviš, 2000). Pestíkové květy rovněž vytvářejí dvoukvěte klásky, z nichž je plodný zpravidla jen vrchní klásek, kdežto spodní (až na výjimky, kdy může mít vyvinutý pestík) je zakrnělý. Osu klasu tvoří klasové větveno, v jehož jamkách sedí samičí klásky uspořádané párovitě do podélných řad (Zimolka a kol., 2008). Počet řad je obvykle od 8 do 18 (Diviš, 2000). Kulovitý semeník je zakončen dlouhou, nitkovitou, řídkou obrvenou čnělkou, která je téměř po celé délce schopna opylení. Tyto čnělky (blizny) při kvetení vyčnívají z listenů, jež v počtu 4 – 5 – 12 obalují palici (Zimolka a kol., 2008).

3.5.7. Kvetení, opylení, oplodnění

Po vytvoření pohlavních buněk v jednotlivých kvítcích prašnickového a pestíkového květenství nastává doba jejich zrání. Zralost kvítků se projevuje zvětšením velikosti jednotlivých prašníků a změnou jejich barvy ze světle zelené na jasně žlutou (Hruška, 1962). Z laty kukuřice se uvolňuje při kvetení obrovské množství lehkých pylových zrn, přizpůsobených přenosu větrem. Na jeden pestík jich připadá okolo 50 tisíc, takže každá lata

jich vyprodukuje nejméně 20 miliónů (Zimolka a kol., 2008). Lata začíná kvést od středu a uvolňování pylu trvá 4 – 5 dní za méně příznivých podmínek až 8 dní. Schopnost opylení blizny je poměrně dlouhá (až 25 dní při průměrné teplotě 17 – 20 °C), ale životnost pylu je velmi krátká (pouze několik hodin) (Šuk a kol., 1998). Zimolka (2008) dodává že, životnost pylu v polních podmínkách trvá nejvíce jeden den, zpravidla ještě méně (2 – 24 hod.), může se však při vhodném uchování prodloužit až na několik dnů.

Doba opylení je závislá na teplotě a vlhkosti. Vyšší teploty a nižší vzdušná vlhkost urychlují odumírání pylových zrn. Za nízké vzdušné vlhkosti pylová zrna rychleji odumírají a opylení klasů nemusí být dokonalé. (Šuk a kol., 1998).

Pylová zrna jsou nestejně velká, největší se tvoří ve středu květenství, mají okrouhlý až elipsovitý tvar. Zralé pylové zrno je tříbuňkové: obsahuje jednu vegetativní buňku, která však již jeví znaky degenerace, a dvě dlouhé, tenké samčí pohlavní buňky – spermie. Při kvetení samičího květenství se z obalových listenů palice uvolňují nitkovité čnělky, které se prodlužují do té míry, že z palice vyčnívají, a jsou schopny spolu s rozdvojenými bliznami zachytit pylová zrna. Kvetení palice trvá 5 -10 dní, začíná na bázi a postupuje směrem k vrcholu (Zimolka a kol., 2008).

Počátek kvetení samičího květenství (palice) bývá za normálních podmínek opožděn proti počátku kvetení lavy o 1 – 5 dnů. Poněvadž se však konec kvetení lavy a počátek kvetení palic u jedné rostliny navzájem vždy překrývá, může dojít i v polních podmínkách k volnému opylení vlastním pylem. Všeobecně se uvádí, že samoopylených rostlin v porostech s malým počtem rostlin může být až 15 %, proti tomu v porostech na větších plochách je pouze 1 – 5 % samoopylených zrn (Šuk a kol., 1998).

Pylová zrna se pomocí větru dostávají na blizny a obrvené čnělky, kde vyklíčí a prorůstají k vajíčkům. Současně může prorůstat i větší počet pylových zrn. K oplodnění dojde přibližně za 15 – 20 hodin po opylení, přičemž interval procesu oplodnění se mění v závislosti na teplotě vzduchu a délce čnělky. Oplodnění se zúčastní obě samčí pohlavní buňky (spermie). Z jedné po splynutí s vaječnou buňkou, se vyvine zárodek, který má diploidní počet chromozomů ($2n = 20$). Z druhé pohlavní buňky po splynutí s polárními jádry vznikne triploidní endosperm. Prvá škrobová zrna se začnou v apikální části endospermu ukládat za 12 – 14 dnů po oplodnění a embryo je úplně diferencované za 45 dnů po oplodnění (Zimolka a kol., 2008).

3.6. Vegetační faktory

Kukuřice je rostlinou, která v krátké době vegetace vytvoří velké množství hmoty s vysokým obsahem energie. Pro úspěšný vývoj a růst potřebuje kukuřice harmonické působení jednotlivých vegetačních faktorů, mezi které řadíme světlo teplo, vodu a vzduch. (Šuk a kol., 1998).

3.6.1. Světlo

Kukuřice je schopna světlo využívat velmi dobře. Na 1 ha půdy vytváří kukuřice 20 000 – 60 000 m² asimilační plochy. Kukuřice má nejen nároky na určitou intenzitu osvětlení, ale také na délku osvětlení v dané vývojové fázi (světelné stadium). Kratší den urychluje kvetení, ale zmenšuje počet listů a výšku rostlin (Šuk a kol., 1998). Čím méně má kukuřice listů, tím má menší asimilační plochu a nižší výnos. U hybridů skup. FAO 200 – 300 snižuje každý zničený list výnos o 2 – 3 % (Špaldon a kol., 1982). Kukuřice je výrazně světlo milný druh. Ozáření kukuřičného pole probíhá v následujícím rozdělení: 7 % z dopadajícího fotosyntetického účinného záření se odráží od povrchu porostu, 31 % zachytí horní listy, 10 % spodní listy a zbytek dopadne na listy ve středu stébla rostliny. Pro tvorbu sušiny je nejpříznivější délka fotoperiody 17 – 18 hodin. (Havlíčková a kol., 2008).

3.6.2. Teplo

Pro kukuřici je důležitá výše teploty a její průběh v době vegetace. Kukuřice je teplomilná rostlina, její nároky na celkovou sumu teplot v průběhu vegetace jsou vysoké a v závislosti na délce vegetační doby se pohybují od 1700 °C do 3150 °C. . (Havlíčková a kol., 2008) U velmi raných hybridů kukuřice se snižuje tepelná suma a tím se rozšiřuje uplatnění kukuřice i v chladnějších oblastech. Tepelnou sumou rozumíme součet průměrných denních teplot za vegetační období, tj. za duben až září (Šuk a kol., 1998).

Určujícím faktorem pro její rozmístění je nejen výše teplot ale i jejich průběh v době vegetace (Šuk a kol., 1998). Optimální průměrná denní teplota pro růst kukuřice je nad 22 °C (Havlíčková a kol., 2008). Kukuřice má nejen značné požadavky na teplotu půdy a vzduchu, ale je citlivá i na kolísání teplot. Pozdní jarní mrazíky stejně jako rychlý pokles teplot na podzim způsobují zastavení růstu a odumírání rostlin. Za kritickou teplotu se považuje -1 až -2 °C po dobu déle než 3 – 4 hodiny. Při teplotě pod -6 °C a 30 % vlhkosti zrna se snižuje klíčivost zrna o 10 %. Proto sklizeň osiva kukuřice musí proběhnout vždy před nástupem

mrazů (Šuk a kol., 1998). Tabulka 1 ukazuje nároky kukuřice na teplo v různých vývojových fázích.

Tabulka 1: Nároky kukuřice na teplo v různých vývojových fázích (Šuk a kol., 1998).

Fáze	Biol. Minimum (°C)	Biol. Optimum (°C)	Kritická teplota (°C)
Klíčení	5 - 8	10 – 15	-
vzcházení	9 - 12	13 – 16	-2 až -3
Intenzivní růst	10 - 12	20	-2 až -3
Kvetení	12 – 15	20 – 24	-2 až -3
Mléčně-vosková zralost *	10 - 12	18 – 24	-2 až -3
Mléčně-vosková zralost **	10 - 12	18 - 24	-4 až -5

*Platí pro listy , ** platí pro klasy

Při teplotě pod -6 °C a 30 % vlhkosti zrna se snižuje klíčivost zrna o 10 %. Proto sklizeň osiva kukuřice musí proběhnout vždy před nástupem mrazů (Šuk a kol., 1998).

3.6.3. Voda

Kukuřice má značné nároky na vodu. Dovede si sice vodu z půdy osvojit a umí s ní dobře hospodařit, ale vysoké výnosy můžeme zajistit jedině dobrým hospodařením s půdní vláhou. Podle půdních podmínek je kukuřice schopna čerpat vlahu až z hloubky 3 m, ale zpravidla z hloubky 1,5 m. Při vyšší hladině podzemní vody vytváří kukuřice převážnou část kořenového systému v povrchové vrstvě ornice (0,3 – 0,4 m). Potřeba vody pro jednu rostlinu se v praxi odhaduje na 200 litrů, což předpokládá 1600 mm srážek. Podle polních měření vystačí porost s 200 mm srážek za vegetaci, ostatní potřebu kryje z půdní zásoby a z vlhkosti vzduchu (Šuk a kol., 1998).

Nárok kukuřice na vodu, vyjádřený transpiračním koeficientem je 240 – 270 kg vody na tvorbu 1 kg sušiny. Množství srážek potřebné pro úspěšné pěstování kukuřice by nemělo klesnout pod 600 mm za rok a během vegetace by mělo spadnout minimálně 350 mm srážek (Havlíčková a kol., 2008).

Spotřeba vody je na počátku vegetace malá. Postupně se zvyšuje a maxima dosahuje v období maximální tvorby sušiny, tj. od metání – kvetení do vytvoření zrna. Tyto fáze probíhají v nejteplejším období – v červenci, resp. na počátku srpna. Do té doby se

evapotranspirací odebere značné množství vody z půdních zásob. V tomto období je denní spotřeba na evapotranspiraci 3,5 – 5 mm i více. (Kuchtík a kol., 2002)

Nedostatek vláhy v půdě způsobuje zpomalení nebo zastavení růstu. Hlavně se projevuje v období růstu listů tím, že se listy svinují a zakrňují. U kořenového systému způsobuje nadbytek vláhy jeho redukci a slabě vytvořená kořenová soustava hůře přijímá živiny; rostliny mohou být také náchylné k vyvracení. Nadbytek vláhy a nedostatek vzduchu v půdě se projevuje světlým až žlutým zbarvením, nízkým vzrůstem kukuřice a tvorbou zakrňelých palic (Šuk a kol., 1998).

3.6.4. Vzduch

Ze složek vzduchu je významný zejména obsah vodních par. Nesprávným uspořádáním porostu v suchých oblastech dochází vlivem proudění vzduchu k nadměrné transpiraci a s tím spojeným poruchám rovnováhy mezi příjmem a výdejem vody. Nedostatečná vzdušná vlhkost má také nepříznivý vliv na životnost pylových zrn a na opylení palic a tím i na výnos zrna (Šuk a kol., 1998).

3.6.5. Půda

Půdy nejlépe vyhovující jsou střední a těžké. V chladnějším i vlhčích podmínkách snáší lehčí půdy, avšak výhřevné a provzdušněné. Optimální pH se pohybuje v rozmezí 6,5 až 7 (Kuchtík a kol., 2002)

3.7. Růst a vývoj kukuřice

Kukuřice přirůstá dosti nepravidelně. V prvních vývojových fázích (přibližně od počátku až poloviny června) rostlina přibývá na svém objemu velmi pomalu, toto období prodlužují nízké teploty a sucho (bez patrných nepříznivých účinků na rostlinu). Od poloviny června až do začátku srpna dochází k intenzivnímu růstu. Maximální hmotnosti v zelené hmotě dosahuje kukuřice 2 – 3 týdny před mléčnou zralostí. Od tohoto období dochází k ubývání na zelené hmotnosti rostlin, a to nejprve pomalu (okolo mléčné zralosti) a později velmi intenzivně (mléčně vosková zralost) až do plné zralosti. Zvyšuje se přitom sušina rostlin kukuřice a celkový výnos sušiny a současně se snižuje podíl vlákniny vlivem nárůstu hmotnosti zrna a zvýšením podílu zrna na hmotnosti celé rostliny (Šuk a kol., 1998).

Pro sledování růstových a vývojových změn během ontogeneze kukuřice rozlišujeme dvě základní období: vegetativní (klíčení, vzcházení, příp. odnožování) a generativní (sloupkování, metání, kvetení, tvorba zrna a zrání). V rámci uvedených základních období je možno přesněji definovat růstové fáze pomocí stupnic zaznamenávajících momentální stav rostlin v porostu, důležitých pro určení optimálních termínů vhodných k agrotechnickým vstupům do porostu. V současné době převažují stupnice s desetinným kódem – DC a BBCH, které nejlépe splňují požadavky na registraci výpočetní technikou (Zimolka a kol., 2008). Růstové fáze jsou BBCH jsou uvedeny v tabulce 2.

Tabulka 2: růstové fáze kukuřice (BBCH) (Zimolka a kol., 2008).

0 Klíčení	03 – 07	- nabobtnalé osivo až růst koleoptyle
0 Vycházení	09	Objevení se koleoptyle nad povrchem půdy
1 Růst listů	11	1. list plně rozvinutý
	19	9. a více listů rozvinutých
3 Sloupkování	31	Délkový růst, 1. Kolénko viditelné
	33 a dále	3. kolénko viditelné a další
5 Metání lat	51	V horní části rostliny lata hmatatelná v listové pochvě
	53	Viditelný vrcholek laty
	59	Konec metání lat
6 Kvetení	61	Samčí květenství (prašníky ve středu laty viditelné)
		Samičí květenství (vrcholek palice viditelný)
	63	Samčí květenství (počátek prášení prašníků)
		Samičí květenství (vrcholek blizen viditelný)
	67	Samčí květenství (plné kvetení)
		Samičí květenství (blizny zasychají)
7 Tvorba obilky	71	Začátek vývoje obilky (16 % sušiny)
	73	Raná mléčná zralost
	75	Mléčná zralost – obsah mlékovitý, 40 % sušiny
	79	Konečná velikost obilek
8 Zrání	83	Raná vosková zralost, cca 45 % sušiny
	85	Vosková zralost – listeny palic žloutnou, cca 55 % sušiny
	87	Fyz. zralost (žlutá) – listeny zasychají, cca 60 % sušiny
	89	Plná zralost – obilky tvrdé, cca 65 % sušiny
9 Stáří	97	Rostlina zaschlá
	99	Sklizeň zrna

3.8. Agrotechnika

3.8.1. Zařazení v osevním postupu

V oblastech s nízkou intenzitou hnojení se kukuřice zařazuje po dobrých předplodinách a reaguje zvýšením výnosu. Při intenzivním hnojení průmyslovými hnojivými a za použití herbicidů můžeme dosáhnout vysokých výnosů i při méně příznivém zařazení do osevního postupu a kukuřice získává větší význam sama jako předplodina. V zemích s intenzivním pěstováním kukuřice dosahuje její podíl 1/3 a dokonce i 50% orné půdy (Špaldon a kol., 1982).

V osevním postupu je zlepšující plodinou a proto se nejčastěji pěstuje po obilninách, především po ozimé pšenici (Kuchtík a kol., 2002) Nevhodné je setí kukuřice po víceletých pícninách. (Podolák a kol., 1987) Při intenzivním hnojení a používání herbicidů může následovat kukuřice více let po sobě a na úrodných půdách přichází v úvahu i dlouhodobější nebo krátkodobější monokultura. O tom rozhoduje stupeň koncentrace této plodiny. Po kukuřici se pěstují především obilniny. Když je dostatek času na kvalitní přípravu půdy, následuje ozimá pšenice, jinak se pěstuje zejména jarní ječmen. Přitom je však třeba brát v úvahu možné reziduální zbytky herbicidů (Špaldon a kol., 1982).

3.8.2. Předset'ová příprava

Při této operaci velkou měrou rozhodujeme o vodě a vzduchu v půdě. Proto v aridních oblastech platí pravidlo co nejméně hýbat s půdou a setí realizovat v ranějších termínech, se správně upravenou hloubkou setí. V humidních oblastech a na těžších půdách je pro kukuřici limitujícím faktorem vzduch v půdě. Zde bývá největším problémem tzv. „zamazání osiva“. Porosty kukuřice takto založené vzcházejí nerovnoměrně, mají pomalejší vývoj a jsou celkově horší. V konečném důsledku tyto porosty vykazují nejen pokles výnosu, ale velkým problémem je i dosažení požadované kvality produktu. Utužení půdy je dalším z negativních faktorů a reakci kukuřice na ně můžeme velice často sledovat na souvratích a především potom u vjezdů na pozemky. V roce 2006, kdy na polích dlouho ležel sníh a následoval pozdější nástup jara, byly takto retardovány v některých oblastech i celé plochy kukuřice (Vavřina a kol., 2009).

Podzimní část přípravy začíná podmínkou po sklizni předplodiny a jejím ošetřením vláčením. Zimní hlubokou orbu provedeme včas před zámrzem půdy. S jarní částí přípravy půdy je třeba začít urovnáním povrchu půdy a prokypřením, jakmile to stav půdy dovolí. V té době je také vhodné aplikovat dusíkatá hnojiva. Přípravu ukončíme hlubším prokypřením 100 až 120 mm před setím. Celou jarní přípravu lze také minimalizovat (Kuchtík a kol., 2002). Na

množství vzduchu a vody v půdě může mít vliv i případné válení kukuřice po zasetí. Při nevhodném použití válení můžeme značně omezit přístup vzduchu do půdy a tím i následně omezit růst kukuřice. Pokud je půda před setím vyschlá ve větší hloubce, než je hloubka setového lůžka, je válení po zasetí vhodné nejlépe v kombinaci s bránami v jedné pracovní operaci (Podolák a kol., 1987). Naproti tomu v letech, kdy dojde k proschnutí půdy do větší hloubky (r. 2007), může válení zlepšit přísun vody k osivu. Z uvedeného je patrné, že každým rokem musíme přistupovat k přípravě půdy podle daných místních podmínek, podle typu a vyzrálости půdy, v optimálním agrotechnickém termínu a s kvalitním a vhodným nářadím, které umožní zpracování půdy v jedné operaci (Vavřina a kol., 2009)

3.8.3. Setí

Termín setí je závislý především na vyzrálости a teplotě půdy, která má být v hloubce setí minimálně 8 °C (Vavřina a kol., 2009). Kuchtík a kol. (2002) uvádějí, že optimální teplota půdy při setí je 10 – 12°C. Ale opět je na rozhodnutí a citu pěstitele, zda podle stávajících klimatických podmínek setí uspějí nebo oddálí (Vavřina a kol., 2009).

Hloubka setí se řídí velikostí zrna. Drobné zrno a inkrustované sejeme do hloubky 40 až 50 mm a velké zrno 60 až 80 mm. Spony setí kukuřice závisí na více činitelích, jednak na účelu jejího pěstování (na zrno, siláž, dělenou sklizeň), dále také na čísle FAO (čím je vyšší, tím je i spon větší) (Kuchtík a kol., 2002). Kukuřice na zrno i na siláž se pěstují v širokých řádcích (0,5 – 0,7 m) a při poměrně velké vzdálenosti rostlin (0,15 – 0,30 m) (Špaldon a kol., 1982). Základním předpokladem úspěchu je požití přesných secích strojů. V žádném případě nejsou vhodné secí stroje na obilí – takto založený porost nikdy nedosáhne požadované kvality produkce, zrna či siláže. Bohužel i v současné době se při setí kukuřice s těmito stroji ještě někde setkáme.

Dalším předpokladem pro kvalitní založení porostu je rovnoměrné rozmístění zrn v řádku. Proto je velice důležité dodržování správné pojezdové rychlosti secího stroje (Vavřina a kol., 2009).

3.8.4. Hnojení

Kukuřice v porovnání s ostatními zemědělskými plodinami vykazuje určité odlišnosti v požadavcích a v reakci na hnojení. Je to způsobeno především skutečností, že na rozdíl od většiny u nás pěstovaných plodin s fotosyntetickým cyklem C3 (Calvinův cyklus – první stálé produkty, které při něm vznikají, obsahují 3 atomy uhlíku a akceptorem je ribulosa – 1,5-bisfosfát), kukuřice náleží do skupiny s cyklem C4 (Hatch- Slackův cyklus- vznikají látky se

4 atomy uhlíku, akceptorem je fosfoenolpyruvát (PEP). Kukuřice proto velmi dobře využívá sluneční energii. Dusíkatým hnojením je nejvíce ovlivněn počet zrn v palici a hmotnost 1000 semen. Odběr fosforu v průběhu vegetace představuje u kukuřice téměř přímku s mírným stoupáním až do sklizně. U draslíku dochází k vrcholu příjmu ve fázi voskové zralosti. Tento prvek zasahuje do tvorby cukru a do syntézy škrobu, při jeho nedostatku dochází ke snížené syntéze organických látek. Pro dosažení požadovaného výnosu a kvality je potřeba zajistit vyrovnanou bilanci všech makrobiogenních i mikrobiogenních prvků. Počátek vegetace je u kukuřice charakterizován velmi pomalým růstem a také nízkým odběrem živin. Na tunu zrna a odpovídající množství slámy odčerpá kukuřice v průměru: 22 – 26 kg N; 4,4 – 6-6 kg P; 21 – 33 kg K; 4,3 – 7,1 kg Ca a 4 – 6 kg Mg. Dusík lze aplikovat v kejdě na podzim nebo na jaře. Při hnojení minerálními hnojivy je vhodné dávky dusíku dělit na základní hnojení před setím a na hnojení během vegetace za předpokladu, že se jedná o oblast vlhčí s vyšší hladinou podzemní vody. V oblastech aridnějších jsou dosahovány vyšší výnosy při jednorázovém zapravení dusíku nebo při kombinaci kejdy na podzim a minerálního hnojení na jaře. (Prugar a kol., 2008)

Organické hnojení ke kukuřici je na horších půdách nutné a na lepších prospěšné. Vedle chlévského hnoje a kompostu, které aplikujeme na podzim v dávce 30 až 50 t.ha⁻¹ je také vhodným hnojivem kejda, zelené hnojení i zaorávání obilné slámy. Minerální hnojení spolu s organickým hnojením zajišťuje potřebné živiny, na které je kukuřice velmi náročná,

Hnojení dusíkem

Dávky N na 1ha při pěstování v méně příznivých podmínkách se pohybují v rozmezí od 100 kg do 150 kg a při pěstování v dobrých vláhových podmínkách bývají 160 až 180 kg a pod závlahou až 210 kg N.ha⁻¹. (Kuchtík a kol., 2002).

S ohledem na ekonomiku hnojení i k ekologickým aspektům je hnojení dusíkatými hnojivy nutné uskutečnit ve dvou termínech:

- A) Základní hnojení před setím – v sušších podmínkách řepařské výrobní oblasti až do dávky 120 kg N na hektar a v humidnějších oblastech a lehčích půdách asi do dávky 70 kg N na hektar. Jestliže nebylo hnojení uskutečněno před setím, je možné dodatečně aplikovat krátce po setí (tři dny) asi 40 kg N na hektar v LAV, případně DAM. K základnímu hnojení před setím jsou vhodná hnojiva s amonným a amidickým dusíkem, tedy síran amonný, močovina a DAM. Na sorpčně nasycených půdách jsou dosahovány nejlepší výsledky se síranem amonným (za předpokladu jeho

rovnoměrné aplikace). Vhodná je také močovina a DAM za předpokladu jejich následného zapravení do půdy.

- B) Přihnojení během vegetace – dělením dávky dusíku lze docílit zvýšení výnosu a vyššího využití dusíku hnojiv, zvláště na lehčích půdách a v oblastech a obdobích s vyššími srážkami. Efektivnost přihnojení je tedy dána stanovištními podmínkami a dále kvalitou rozmetání hnojiv. Přihnojení se má uskutečnit v období, kdy porosty dosáhly výšky 20 – 40 cm. Po přihnojení kukuřice během vegetace klasickými rozmetadly je značné nebezpečí poškození porostu. Menší poškození lze předpokládat po aplikaci LAV než LV a při výšce porostu asi 20 cm. Aplikovaná dávka by se měla pohybovat mezi 20 – 40 kg N na hektar. U moderních odstředivých rozmetadel s možností připojení hadic (semenovodů) lze hnojivo aplikovat do meziřádků a téměř vyloučit poškození rostlin. Proto může být aplikovaná dávka dusíku podstatně vyšší (60 – 70 kg N) a výška porostů až 40 cm.

Velmi dobře lze k přihnojení kukuřice během vegetace využít kejda skotu nebo prasat. K aplikaci je však nutno použít adaptérů s vývody do meziřádků. Dávka by měla činit asi 25 t na hektar. Ještě výhodnější a také perspektivnější je zapravení kejdy do půdy. (Vaněk a kol., 2007)

Dvě třetiny z celkové dávky se aplikují před setím (síran amonný, ledek amonný s vápencem, DAM 390, močovina) a zbytek na list, nejlépe v ledkové formě (Kuchtík a kol., 2002).

Hnojení fosforem, draslíkem a Hořčíkem

Při stanovení dávek těchto živin vycházíme ze základních ročních normativů. Hnojiva s těmito živinami se aplikují na podzim (před orbou). (Kuchtík a kol., 2002).

Při určování dávek fosforu, draslíku a hořčíku vycházíme z rozborů půd – tedy z obsahu přijatelného P, K a Mg.

Kukuřice má vysoké nároky na fosfor. Kritické období pro jeho příjem je v počátečních fázích růstu kukuřice (než vytvoří dostatek kořenů). Proto je důležitý dostatečný obsah přijatelného fosforu v okolí osiva již počátkem vegetace. Z tohoto hlediska je žádoucí především na půdách s nižším obsahem přijatelného fosforu aspoň část potřebné dávky P realizovat před setím (nejčastěji s dusíkem), nebo uplatnit specifické hnojení, tzv. aplikaci pod patu. Vhodná jsou NP hnojiva např. Amofos. O efektivnosti tohoto hnojení rozhoduje kvalita provedení, tj. dodržení vzdálenosti osiva od hnojiva

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.

Jestliže není používáno organické hnojení, doporučují některé evropské systémy pro kukuřici tuto kombinaci hnojení: NPK hnojení při předseťové přípravě a NP hnojivo pod patu. (Vaněk a kol., 2007)

Hnojení vápníkem

V případě potřeby úpravy pH lze aplikovat vápenatá hnojiva k předplodině nebo na podzim před podmítkou (Kuchtík a kol., 2002).

3.9. Chemické složení

Chemické složení zrna je stejné jako u ostatních obilnin. Obsah hlavních složek v jednotlivých částech rostliny je uveden v tabulce 3.

Hlavní podíl zrna tvoří škrob, který se skládá z 28 % z amylozy a ze 72 % z amylopektinu

Tuk, který je zejména v klíčku, tvoří především nenasycené mastné kyseliny jako kyselina linolová (60%), kyselina olejová (25%); podíl kyseliny palmitové je 12 % a kyseliny stearové 2 %

Kukuřičné bílkoviny mají vysoký podíl biologicky méně hodnotného zeinu, který neobsahuje tryptofan, a jen velmi málo lyzinu, cystinu a metioninu. Proto je i celkový obsah esenciálních aminokyselin poměrně nepříznivý. Obsah zeinu závisí ve velké míře na obsahu dusíkatých látek.

Obsah minerálních látek je v porovnání s jinými obilninami poměrně nízký. V důsledku velmi nízkého obsahu vápníku je velmi široký poměr Ca: P. Fosfor je vázaný zejména na fyтин. Velmi nízký je obsah Zn a Mn. Obsah karotenu je v bílém zrně nízký (asi 2 mg.kg⁻¹), ve žlutém zrně je 5 mg.kg⁻¹ i více. Příznivý je obsah tokoferolu (13 – 100 mg.kg⁻¹) a nízký obsah kyseliny nikotinové (15 – 20 mg.kg⁻¹). Obsah jiných vitamínů je podobný jako u ostatních obilnin. Zvýšení obsahu důležitých složek, bílkovin, tuků, deficitních esenciálních aminokyselin a dalších se řeší šlechtěním (Špaldon a kol., 1982).

Tabulka 3: Chemické složení kukuřice (Špaldon a kol., 1982).

Rostlina	Sušina (%)	Hrubé živiny (%)				Stravitelné živiny (%)				Stravitelné bílkoviny (%)
		N - látky	tuky	vláknina	Bezdušikáté extrakt. látky	N - látky	tuky	vláknina	Bezdušikáté extrakt. látky	
Zrno	87,0	9,7	4,8	2,8	68,3	7,7	4,1	1,7	62,2	7,2
Klíčky	88,1	11,2	17,2	6,2	47,3	11,2	15,5	5,6	43,5	9,0
Vřeteno	89,7	2,8	0,6	34,1	50,4	-	0,2	20,4	27,2	-
Kukuř. Sláma	85,7	4,3	1,2	36,1	40,0	1,6	0,3	18,8	16,0	1,2
Siláž	24,3	1,4	0,8	5,4	7,4	1,1	0,7	3,0	5,0	0,3
Zelená hmota	17,3	1,4	0,4	4,9	9,3	1,0	0,3	3,5	6,2	0,3

3.9.1. Sušina

Sušina je neodpařitelný zbytek látky, který zbyde po zahřívání a odpařování při maximální teplotě do 105 °C až do konstantní hmotnosti; tedy do stavu, kdy se všechny odpařitelné látky beze zbytku odpaří a žádné další se již dále neodpařují. Šuk a kol. (1998) uvádí, že její hodnoty by se při sklizni kukuřice na siláž měli pohybovat mezi 30 – 35 %. Zsubori et. al. (2013) uvádí, že sušina by měla být při sklizni kukuřice na siláž 35 %.

3.9.2. Popel

Popeloviny jsou zastoupeny v zrně kukuřice od 1,19 do 1,45 %. Přibližně 3/4 minerálních látek jsou soustředěny v klíčku a téměř celé zbývající množství připadá na sklovité části endospermu, zatímco moučnatá část je na minerální látky velmi chudá. Obdobně jako ostatní obiloviny má i kukuřice nízký obsah vápníku, naopak je bohatá na fosfor ve formě fytinu- podvojně sloučeniny hořečnaté soli s kyselinou fosforečnou, což je příčina nízké kalcifikační účinnosti kukuřice. Zrno obsahuje i značné množství draslíku a železa, má ale málo sodíku a hořčíku (Zimolka a kol., 2008).

3.9.3. Tuk

Tuky (olej), jsou velmi důležitou složkou zrna. Jejich obsah závisí na charakteru hybridu, půdních a klimatických podmínkách. Pohybuje se v rozsahu 3 – 6 % a je s výjimkou ovsa nejvyšší, ze všech obilovin. Podstatná část oleje se nachází v klíčku, čehož se využívá ve šlechtění na obsah oleje, resp. na velikost klíčku. Nejvyšší obsah oleje (8 – 9 %) má kukuřice cukrová. V kukuřičném oleji je z více než 50 % zastoupena nutričně cenná mastná kyselina linolová, která je esenciální. Z ostatních mastných kyselin má nejvyšší obsah kyselina

olejová. (Corn Industries Research Doundation, 1960) Obsah mastných kyselin je uveden v tabulce 5.

Tabulka 4: obsah mastných kyselin v oleji kukuřice (Zimolka akol., 2008)

Kyselina	Obsah (%)
Palmitová	14,1
Stearová	2,3
Olejová	31,7
Linolová	50,1
Linolenová	1,3
Arachidonová	0,18

3.9.4. Sacharidy

Hlavní chemická složka kukuřičného zrna je škrob, který tvoří 72 až 73 procent hmotnosti zrna. Další sacharidy jsou jednoduché cukry, jako je glukóza, sacharóza a fruktóza v množství, které se pohybuje v rozmezí 1-3 procent hmotnosti zrna. Škrob se skládá ze dvou polymerů glukózy: lineární molekuly amylozy, která tvoří 25-30 % škrobu a z rozvětveného amylopektinu, který tvoří 70 – 75 % škrobu.. Složení kukuřičného škrobu je řízeno geneticky. Různé geny, samostatně nebo v kombinaci mohou změnit poměr amylozy a amylopektinu v kukuřičném škrobu (Watson, 1987).

Obsah škrobu kolísá v závislosti na řadě činitelů. Všechny faktory snižující fotosyntézu jsou příčinou menšího nalévání zrna, nižšího hromadění škrobu. Stupeň zralosti ovlivňuje složení komplexu sacharidů z hlediska jeho složek i celkového obsahu. Na začátku nalévání zrna je vyšší zastoupení rozpustných cukrů a méně škrobu, naopak ve zralém zrně převažuje obsah škrobu. (Zimolka a kol., 2008).

Optimální obsah škrobu v sušině rostliny kukuřice sklizené na siláž by měl být vyšší než 30 %. Každé zvýšení sklizňové sušiny o 1 % představuje nárůst obsahu škrobu o 2 %. (Owens, 2010)

3.9.5. Vlákna

Další významnou složkou kukuřice je vlákna. Zdrojem vlákniny v kukuřici jsou buněčné stěny. Dodnes se pro stanovení vlákniny používá metoda Henneberg Stohman a označení hrubá vlákna (CF). Tato hrubá vlákna je nověji dělena na další frakce především NDF a ADF. NDF je část vlákniny, která zůstává po uvaření v neutrálním detergentu. Zahrnuje hemicelulózu, celulózu pektiny, proteiny, lignin a anorganické látky. ADF je část

rostlinné vlákniny (Van soest, 1963).ADF zahrnuje celulózu a lignin z buněčných stěn a variabilní obsah xylanů a dalších složek. Průměrný obsah vlákniny v celé rostlině kukuřice se pohybuje v rozmezí od 15 – 25 % v závislosti na termínu sklizně, tedy i na sušíně. (Van Soest and Robertson, 1980) Firdous & Gilani uvádějí, že obsah vlákniny a především ligninu ovlivňuje zralost rostliny a obsah sušiny.L

3.9.6. Dusíkaté látky

Podstatnou část dusíkatých látek v kukuřici tvoří bílkoviny (Zimolka a kol., 2008). Watson (1987) uvádí, že obsah bílkovin je ovlivněn geneticky ale také dostupností dusíku v půdě. Celkový obsah bílkovin v zrně se může pohybovat od 4,4 do 26,6 %. Aplikace hnojiv může zvýšit celkový obsah bílkovin na cca 11,5%, ale pokud kukuřice roste v půdě s nízkým obsahem dusíku může být obsah bílkovin snížen až na 6%. Podle Zsubori et. al. (2013) se obsah bílkovin v rostlině kukuřice pohybuje v rozmezí 8 – 10 %.

Na nebílkovinný dusík připadá jen 1-5 %. (Zimolka a kol., 2008). Špaldon (1982) uvádí, že obsah dusíkatých látek v celé rostlině kukuřice je 1,4 %.

3.10. Energie

Energetický obsah v palivech či biomase lze stanovit spalnou kalorimetrií. Z pohledu biologických vědních disciplín se asi v největší míře uplatňuje ekologická energie, která je představována dopadajícím slunečním zářením a proto se ve fyziologii rostlin využívá jako jedna z destruktivních metod stanovujících rychlost fotosyntézy spalná kalorimetrie. Touto metodou se zjišťuje změna obsahu energie vyprodukované biomasy na základě hodnoty tepelného skoku. Z hodnoty tepelného skoku se stanovuje obsah brutto (množství energie přepočtené na 1 g sušiny s popelovinami) a netto energie (množství netto energie přepočtené na 1 g sušiny bez popelovin) v jednotlivých orgánech rostlinného těla. Spalné teplo se u tuhých a v některých případech i u kapalných paliv stanoví spálením v kalorimetrické bombě pod tlakem kyslíku.

Stanovení spalného tepla pevných látek vychází z platných norem ČSN ISO 1928. Z uvedené normy vyplývá, že navážka vzorku se spálí v kyslíkové atmosféře v kalorimetrické bombě za vysokého tlaku. Teplo uvolněné spálením vzorku se předá vodě v kalorimetrické nádobě, v níž je bomba ponořena. Teplota vody se měří termočlánkem nebo odporovým teploměrem obvykle s přesností na tisíce stupně C. Postupně se sleduje vzestup teploty v závislosti na čase.

Podle lineárních dat je obsah energie v 1 g čerstvé biomasy $8,37 \text{ kJ.g}^{-1}$. Oproti tomu v 1 g sušiny rostlinné biomasy obsahuje v průměru 16,74 kJ energie, tento obsah je vázán podílem a vzájemnou kombinací jednotlivých látek, které tvoří tělo rostliny. V tabulce 4 jsou uvedeny obsahy energie jednotlivých chemických látek (Hniličková, 2010)

Tabulka 5: Obsah energie v sušině rostlin (Hniličková, 2010)

Stavební látka	Obsah energie (kJ.g^{-1})
Glukóza	15,4
Sacharóza	16,5
Škrob	17,4
Celulóza	17,6
Proteiny	23,7
Lipidy	39,6
Lignin	26,3

Kukuřice, kukuřičná siláž je dnes hlavním zdrojem energie pro přežvýkavce. Přibližně 45 % energetické hodnoty kukuřičné siláže je koncentrováno ve škrobu kukuřičného zrna. Siláž z nedozrálé kukuřice (Obsah sušiny méně než 25 %) obsahuje průměrně o 10 % jednotek méně škrobu než siláž ze zralé kukuřice (Obsah sušiny vyšší než 25 %). Mikrobiální trávení celulózy a hemicelulózy (frakce NDF) v batoru se podílí na energetické hodnotě kukuřičné siláže dalšími 25 %. Zbývajících 30% energie z kukuřičné siláže pochází z cukrů, pektinů, organických kyselin, proteinu a tuku. (Swift, 2004)

4. Metodika

4.1. Charakteristika rostlinného materiálu

P8057

FAO S 220/ Z 220

Typ zrna: tvrdý

Rok registrace EU: 2013

Hybrid vhodný pro pěstování na siláž i na zrno. Velmi dobrá stravitelnost siláže, zrno možno použít pro mlynářské účely. Vhodný pro BVO a vyšší polohy.

P7529

FAO S 230/ Z 220

Typ zrna: mezityp až zub

Rok registrace EU: 2012

Hybrid vhodný pro pěstování zejména na siláž, nebo zrno s nižší sklizňovou vlhkostí. Vhodný do BVO a vyšších poloh.

P7902

FAO S 260

Typ zrna: tvrdý až mezityp

Rok registrace EU: 2013

Hybrid určený výhradně pro produkci silážní hmoty. Vhodný pro pěstování v OVO, okrajově do BVO a ŘVO.

P8000

FAO S 240/ Z 230

Typ zrna: zub

Rok registrace CZ: 2010

Hybrid určený jak na siláž (vysoký obsah škrobu), tak i na zrno. Vhodný pro pěstování v BVO ale i OVO.

P8400

FAO S 250/ Z 240

Typ zrna: zub

Rok registrace EU: 2011

Hybrid určený především pro pěstování na zrno, vyznačující se dobrým uvolňováním vody ze zrna. V případě využití na siláž se vyznačuje vysokým podílem zrna a obsahem škrobu. Vhodný pro pěstování v ŘVO, OVO a teplé BVO.

4.2. Polní část pokusu

4.2.1. Charakteristika stanoviště

Pro pokus byly využity dvě lokality v rámci pokusné sítě firmy Pioneer Hi-Bred.

První pozemek se nacházel v okrese České Budějovice na pozemcích, které obhospodařuje ZOD Borovany v KÚ Borovany. Pozemek se nachází v nadmořské výšce 503 m.n.m. a v bramborářsko-obilnářské výrobní oblasti. Půda na tomto pozemku je typ půdy oglejené a z hlediska půdního druhu se jedná o hlinito-jílovitá. Průměrný roční úhrn srážek je 663 mm a průměrná roční teplota je 7,6 °C. Na tomto pozemku je pH půdy 5,8.

Druhý pozemek se nacházel okrese Klatovy na pozemcích podniku Agrospol Malá Bor a.s. asi 1 km východně od obce Hradešice. Tento pozemek se nachází v nadmořské výšce 453 m.n.m. a v bramborářsko-obilnářské výrobní oblasti. Půda na tomto pozemku je střední písčito-hlinitá. Průměrný roční úhrn srážek je 585 mm a průměrná roční teplota je 7,8 °C. Na tomto pozemku je pH půdy také 5,8.

Předplodinou byla v obou případech pšenice ozimá.

4.2.2. Založení pokusu

Obě pokusné lokality byly založeny jako poloprovozní pokus firmy Pioneer dne 24.4.2014. Setí bylo provedeno čtyřřádkovou pokusnickou sečkou GASPARDO. Hloubka setí byla v obou případech 4 cm a šířka 72,5 cm. Velikost každé parcely byla v obou lokalitách 2,9 x 200 m. V lokalitě Borovany byl výsevek 80 000 zrn/ha a v lokalitě Hradešice by 83 000 zrn/ha. Aby bylo zabráněno projevu tzv. krajového efektu, byl v obou lokalitách pokus obset bez mezer kukuřicí určenou pro běžné pěstování.

4.2.3. Hnojení pokusu

Na podzim bylo v lokalitě Borovany provedeno hnojení hnojem v dávce 50 t/ha. Před založení porostu byl pozemek přihnojen močovinou (urea stabil) v dávce 300 kg/ha, což činí 138 kg N/ha.

V lokalitě Hradešice nebylo provedeno žádné organické hnojení. Před setím byla aplikována močovina (urea stabil) v dávce 300 kg/ha. Při setí byl „pod patu“ aplikován Amofos v dávce 100 kg/ha. Celková dávka čistých živin činila tedy 150 kg N/ha a 52 kg P₂O₅/ha.

4.2.4. Ošetření pokusu

V obou lokalitách byl porost ošetřen preemergentně přípravkem Adengo v dávce 0,44 l/ha.

4.2.5. Sklizeň

Sklizeň byla v obou lokalitách provedena řezačkou Class, v lokalitě Borovany dne 29.9.2014 a v lokalitě Hradešice dne 6.10.2014. Při sklizni byly z každé parcely odebrány vzorky řezanky o hmotnosti cca 0,5 kg.

4.3. Laboratorní část pokusu

Vzorky odebrané při sklizni byly ihned analyzovány v mobilní analytické laboratoři firmy Pioneer NIR spektrometrem na obsah sušiny, popelovin, dusíkatých látek, tuku, škrobu, vlákniny a cukrů. Vzorky byly poté v laboratoři České zemědělské univerzity vysušeny do konstantní sušiny a následně byly rozemlety. Poté byly vzorky o navážce 1-2 g spáleny ve spalném kalorimetru. Naměřené hodnoty byly poté přepočteny na brutto energii (spalné teplo s popelovinami v kJ/g)

5. Výsledky

V této části práce jsou uvedeny výsledky rozborů, které byly zjištěny v mobilní analytické laboratoři firmy Pioneer Hi-Bred a v laboratoři České zemědělské univerzity v Praze. Polní část pokusu byla provedena v ZD Borovany v okrese České Budějovice a v podniku Agrospol Malý Bor a.s. v okrese Klatovy.

5.1. Výsledky z mobilní analytické laboratoře

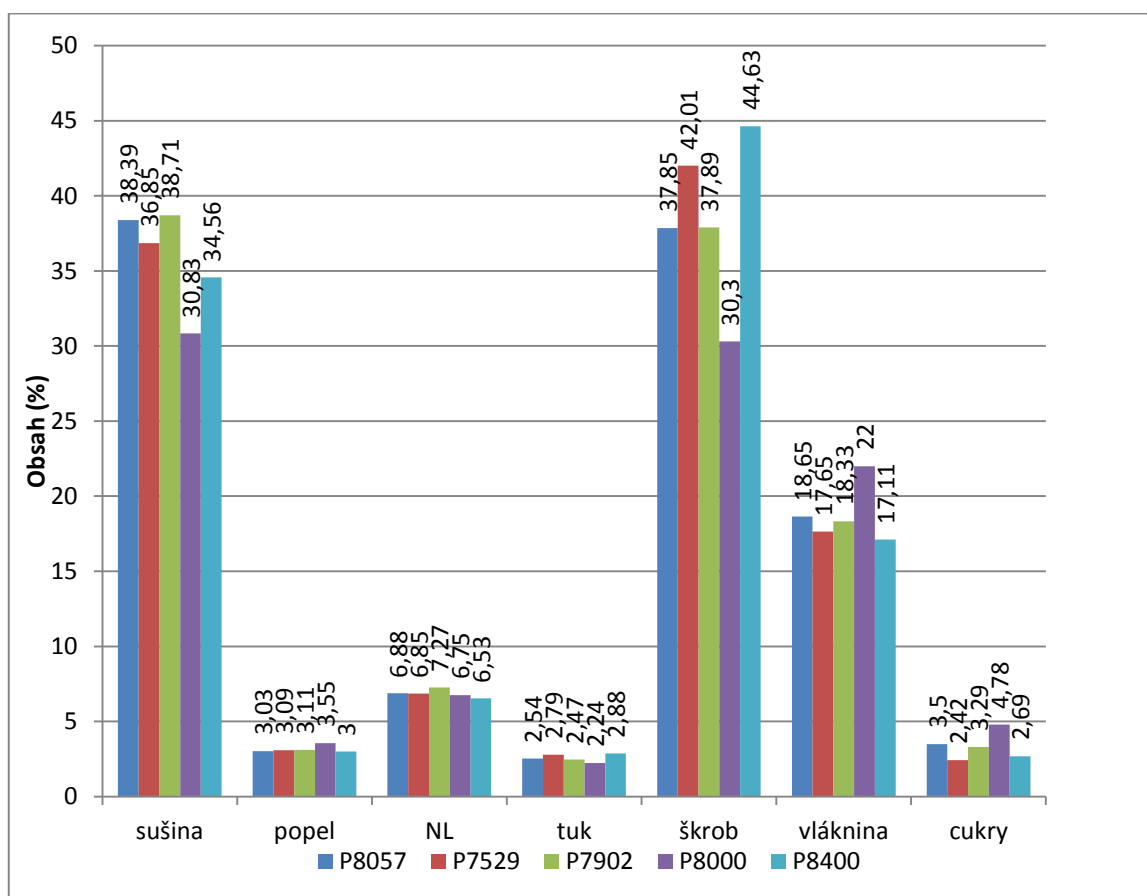
Použitá technologie NIR spektrometrie umožňuje rychlé a přesné stanovení chemického složení vzorku. Z rozboru byly vybrány tyto parametry: sušina, popel, dusíkaté látky (NL), tuk, škrob, vláknina a cukry. Výsledky z mobilní analytické laboratoře jsou zachyceny v tabulkách 6 a 7.

Tabulka 6: chemické složení kukuřice (%)- Hradešice

hybrid	sušina	popel	NL	tuk	škrob	vláknina	cukry
P8057	38,39	3,03	6,88	2,54	37,85	18,65	3,50
P7529	36,85	3,09	6,85	2,79	42,01	17,65	2,42
P7902	38,71	3,11	7,27	2,47	37,89	18,33	3,29
P8000	30,83	3,55	6,75	2,24	30,30	22,00	4,78
P8400	34,56	3,00	6,53	2,88	44,63	17,11	2,69

Z výsledků rozborů uvedených v tabulce 5 vyplývá, že nejvyšší sušinu má hybrid P7902 s číslem FAO 260, u ostatních hybridů se sušina pohybuje v závislosti na čísle FAO a účelem pěstování. Rozdíly v obsahu popelovin jsou minimální. Hybrid P7902 má také nejvyšší obsah dusíkatých látek, u ostatních hybridů jsou rozdíly v obsahu dusíkatých látek minimální. V obsahu tuků se hybridy liší jen velmi málo. Procentuální obsah škrobu je poměrně vysoký, nejvyšší obsah škrobu je u hybridu P8400. Hybrid P8000 má nejvyšší obsah vlákniny, přestože má nejmenší sušinu a nejvyšší obsah volných cukrů. Množství volných cukrů v rostlině odpovídá sklizňové zralosti. Uvedené hodnoty jsou znázorněny na obrázku 5.

Obrázek 5: chemické složení kukuřice- Hradešice

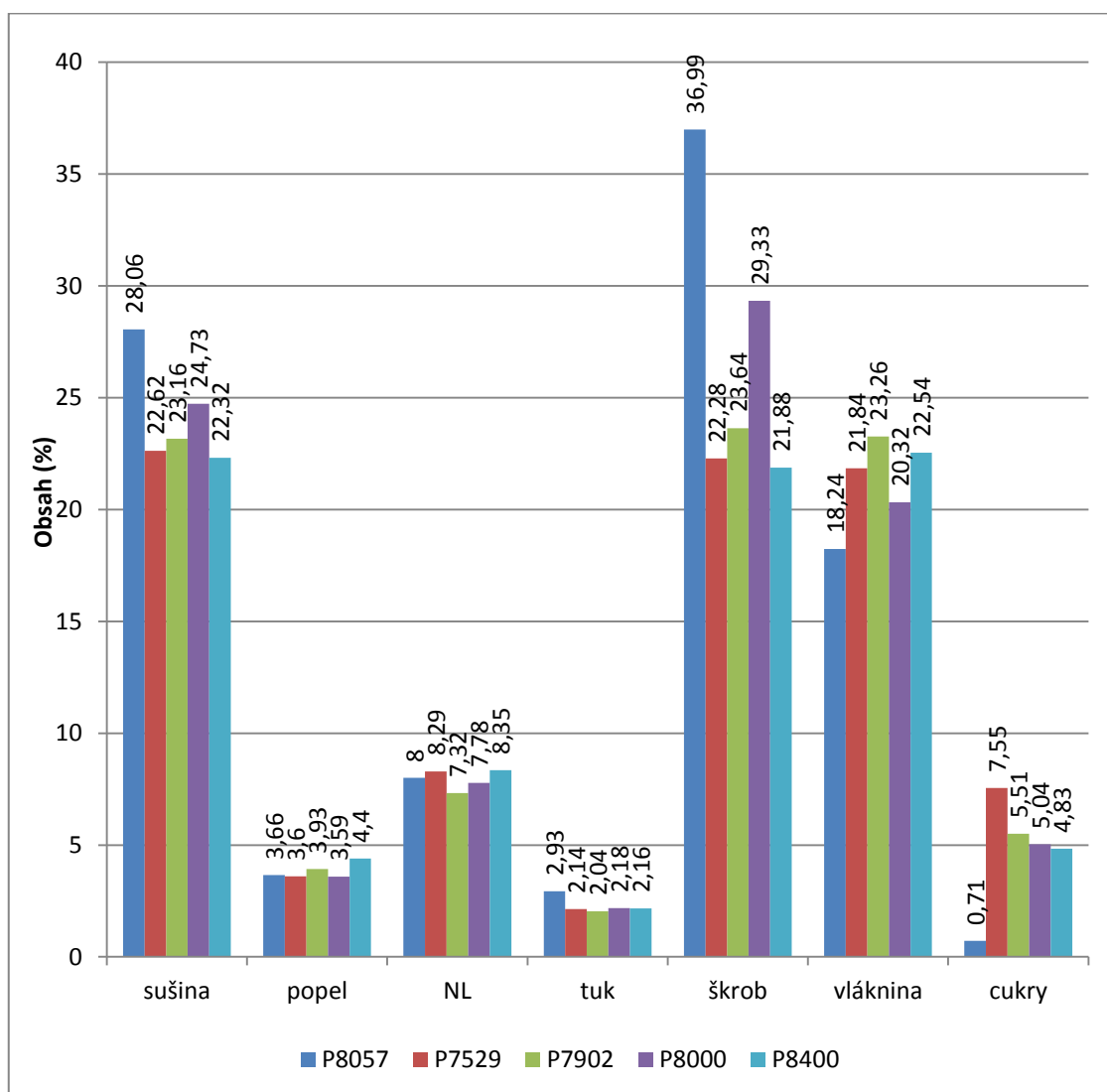


Tabulka 7: chemické složení kukuřice (%) - Borovany

Hybrid	sušina	popel	NL	tuk	škrob	vláknina	cukry
P8057	28,06	3,66	8,00	2,93	36,99	18,24	0,71
P7529	22,62	3,60	8,29	2,14	22,28	21,84	7,55
P7902	23,16	3,93	7,32	2,04	23,64	23,26	5,51
P8000	24,73	3,59	7,78	2,18	29,33	20,32	5,04
P8400	22,32	4,40	8,35	2,16	21,88	22,54	4,83

Tabulka 7 uvádí, že nejvyšší sušina byla naměřena u hybridu P8057, který má také nejvyšší obsah škrobu a nejnižší obsah volných cukrů. Přestože jsou hodnoty sušin v lokalitě Borovany výrazně nižší, než v lokalitě Hradešice, obsah vlákniny se v obou lokalitách příliš neliší. Hybrid P7529 má nejvyšší obsah volných cukrů. Obsah tuku je také v obou lokalitách přibližně stejný. Rozdíly v obsahu dusíkatých látek jsou stejně jako v lokalitě Hradešice minimální. Všechny naměřené hodnoty jsou graficky znázorněny v obrázku 6.

Obrázek 6: chemické složení kukuřice - Borovany



5.2. Obsah brutto energie

Za použití spalného kalorimetru byla zjištěna hodnota tepelného skoku, která byla poté přepočtena na brutto energii (spalné teplo s popelovinami v kJ/g). Tyto hodnoty jsou zaneseny v tabulkách 8 a 9.

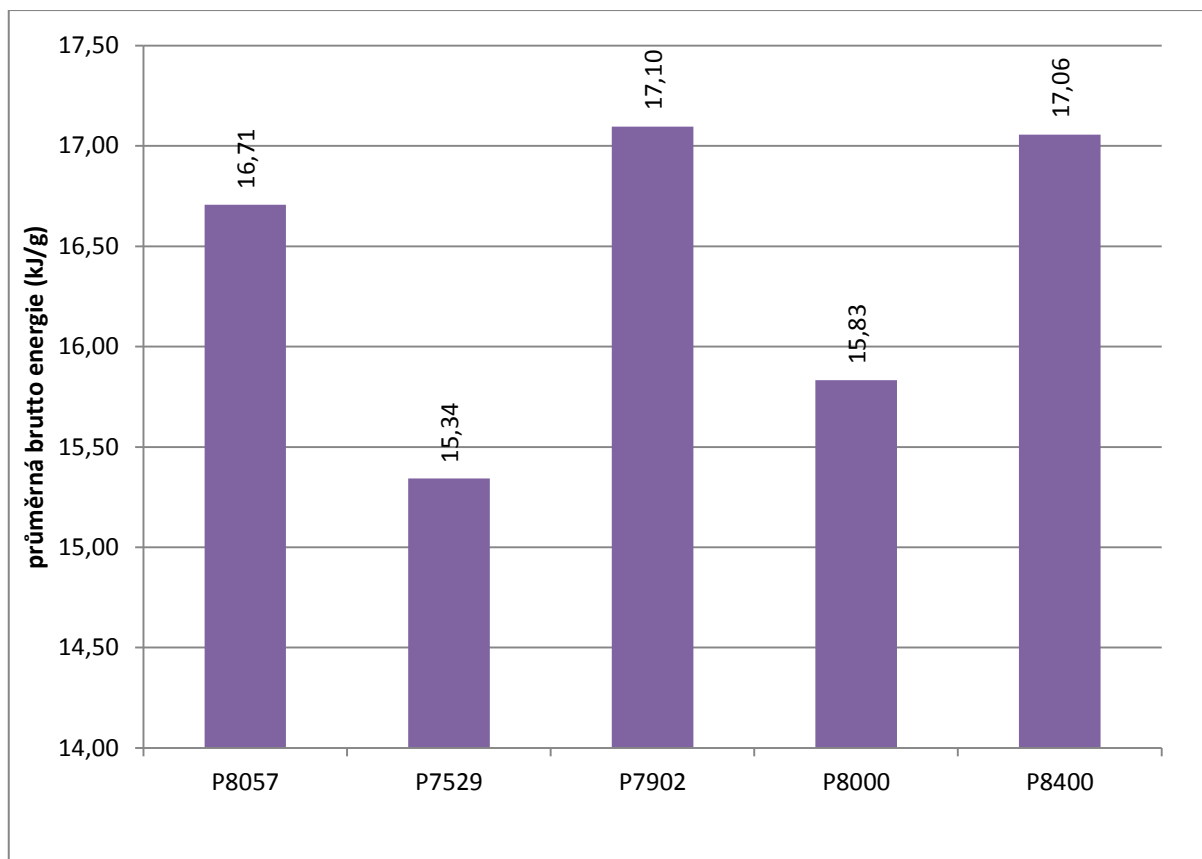
Tabulka 8: brutto energie- Hradešice (kJ/g)

	P8057	P7529	P7902	P8000	P8400
1. opakování	16,84	15,13	17,23	15,48	16,76
2. opakování	16,45	15,50	16,81	15,74	17,24
3. opakování	16,83	15,39	17,25	16,27	17,18
Průměr	16,71	15,34	17,10	15,83	17,06

V tabulce 7 jsou zaneseny naměřené hodnoty brutto energie u jednotlivých hybridů z lokality Hradešice ve třech opakováních, z nichž byly vypočteny průměrné hodnoty. Tyto

jsou graficky znázorněny v obrázku 7. Nejvyšší hodnoty brutto energie byly naměřeny u hybridu P7902. Jestliže seřadíme ostatní hybridy podle naměřené brutto energie, je pořadí následující: P8400, P8057, P8000, P7529.

Obrázek 7: Průměrná brutto energie – Hradešice (kJ/g)

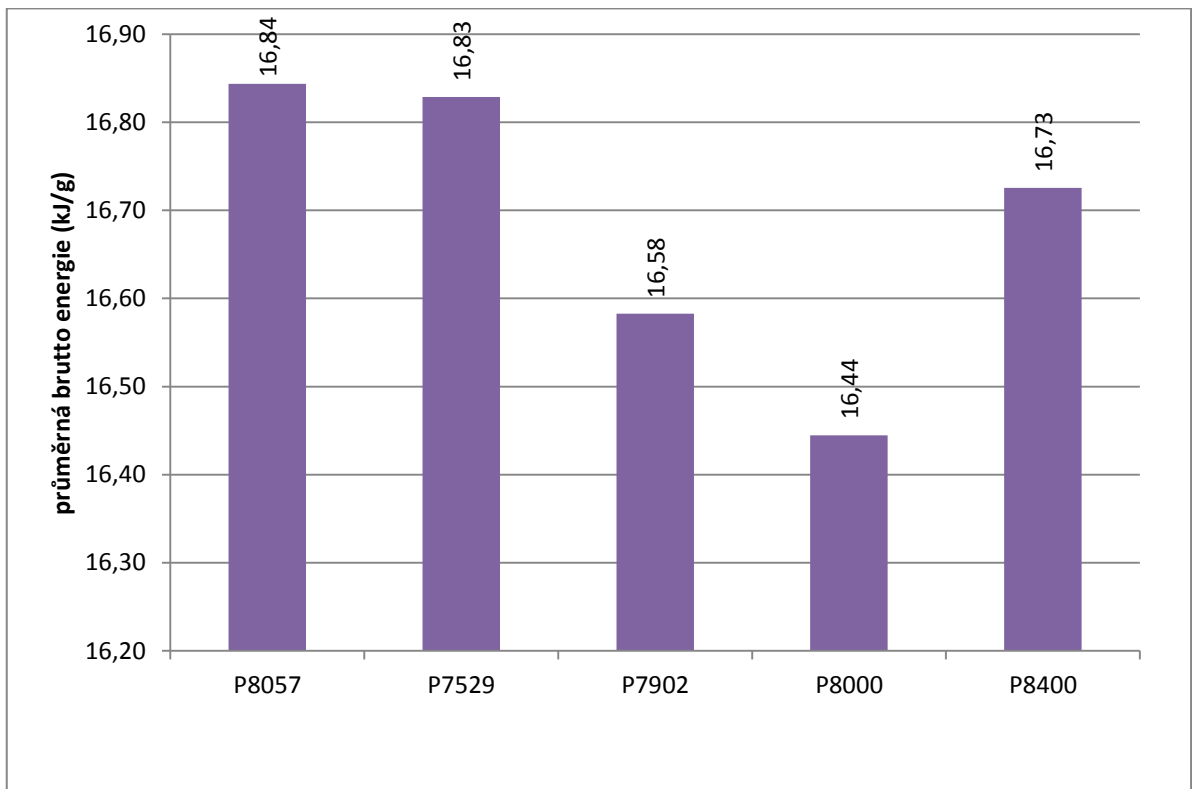


Tabulka 9: Brutto energie – Borovany (kJ/g)

	P8057	P7529	P7902	P8000	P8400
1. opakování	16,67	16,83	16,47	16,21	16,52
2. opakování	17,22	16,89	16,95	16,69	16,52
3. opakování	16,64	16,77	16,34	16,44	17,13
Průměr	16,84	16,83	16,58	16,44	16,73

U hybridů z lokality Borovany byla měřena brutto energie také ve třech opakováních, z nichž byla vypočtena průměrná hodnota. Pořadí hybridů podle průměrné naměřené brutto energie od nejvyšší k nejnižší je následující: P8057, P7529, P8400, P7902, P8000. Tyto výsledky jsou graficky znázorněny v obrázku 8.

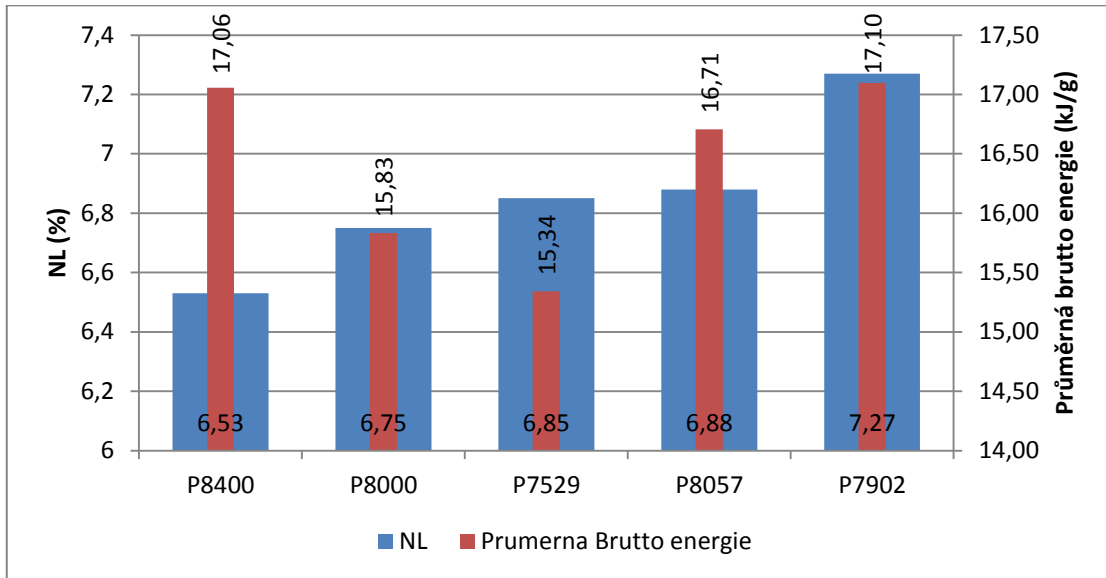
Obrázek 8: průměrná brutto energie – Borovany (kJ/g)



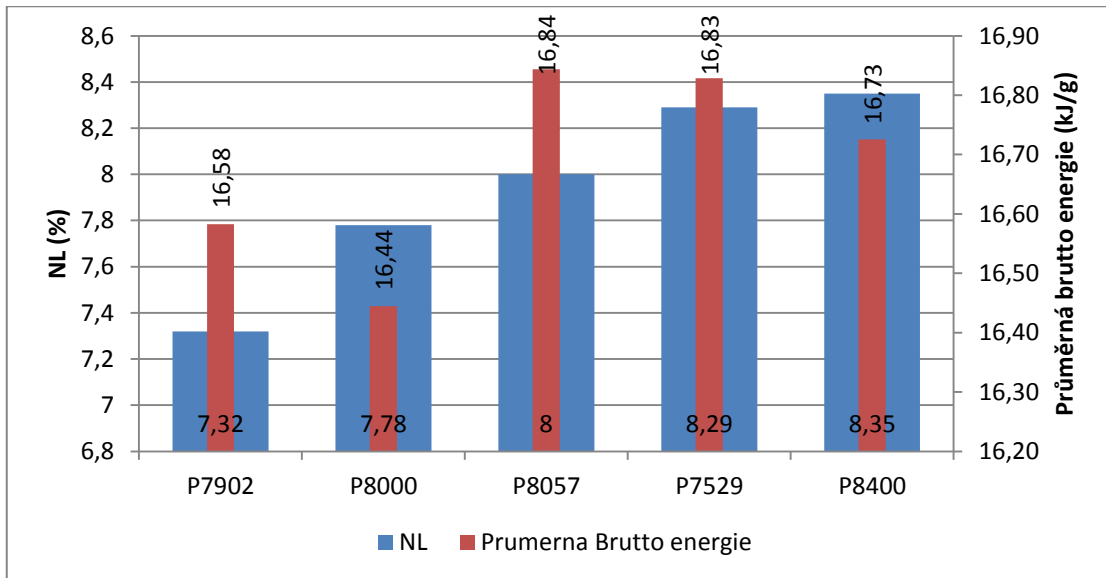
5.3.Srovnání brutto energie a chemického složení

V této části práce byly do grafů zaneseny jednotlivé parametry z rozboru v mobilní analytické laboratoři, které byly porovnány s obsahem brutto energie u jednotlivých hybridů. Účelem bylo zjistit, zda existuje nějaký vztah mezi těmito hodnotami.

Obrázek 9: porovnání obsahu NL a průměrné brutto energie u jednotlivých hybridů (Hradešice)

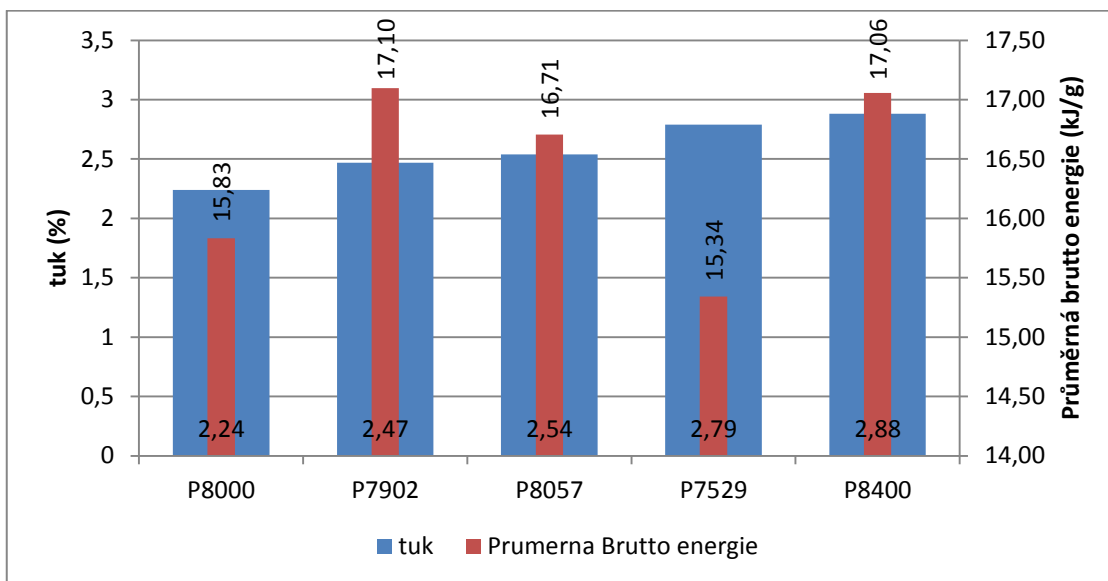


Obrázek 10: porovnání obsahu NL a průměrné brutto energie u jednotlivých hybridů (Borovany)

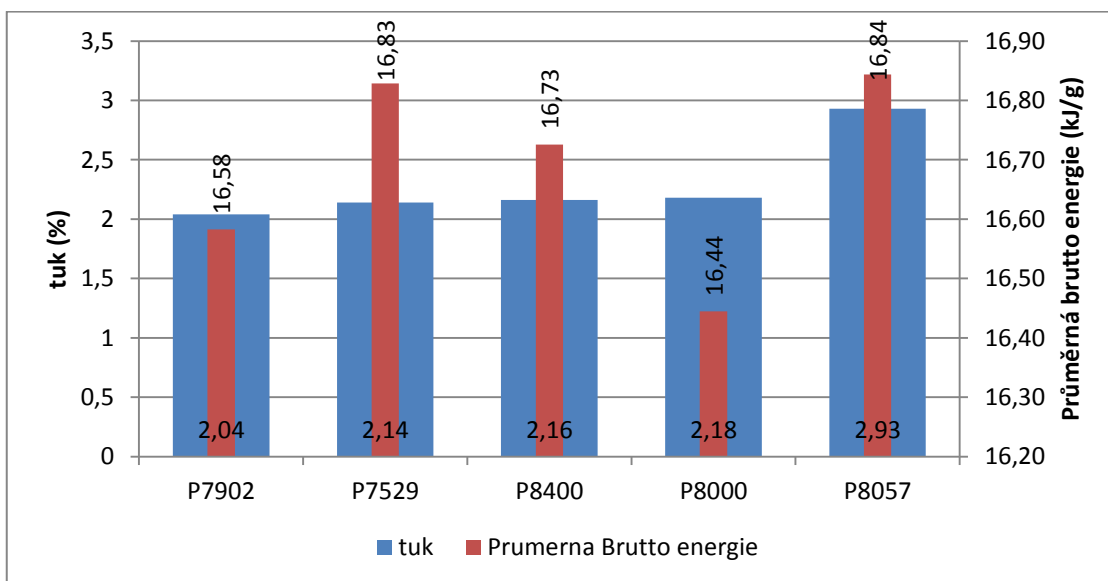


Z obrázku 9 a 10 je patrné, že ani mezi obsahem NL a naměřenou průměrnou brutto energií není žádný vztah ani u jedné z lokalit.

Obrázek 11: porovnání obsahu tuku a průměrné brutto energie u jednotlivých hybridů (Hradešice)

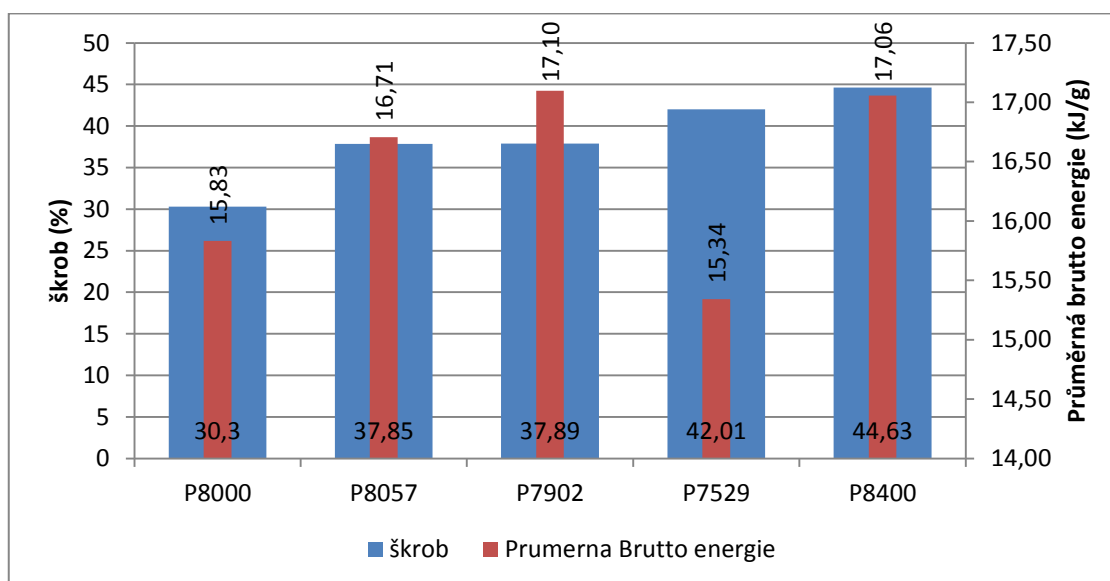


Obrázek 12: porovnání obsahu tuku a průměrné brutto energie u jednotlivých hybridů (Borovany)

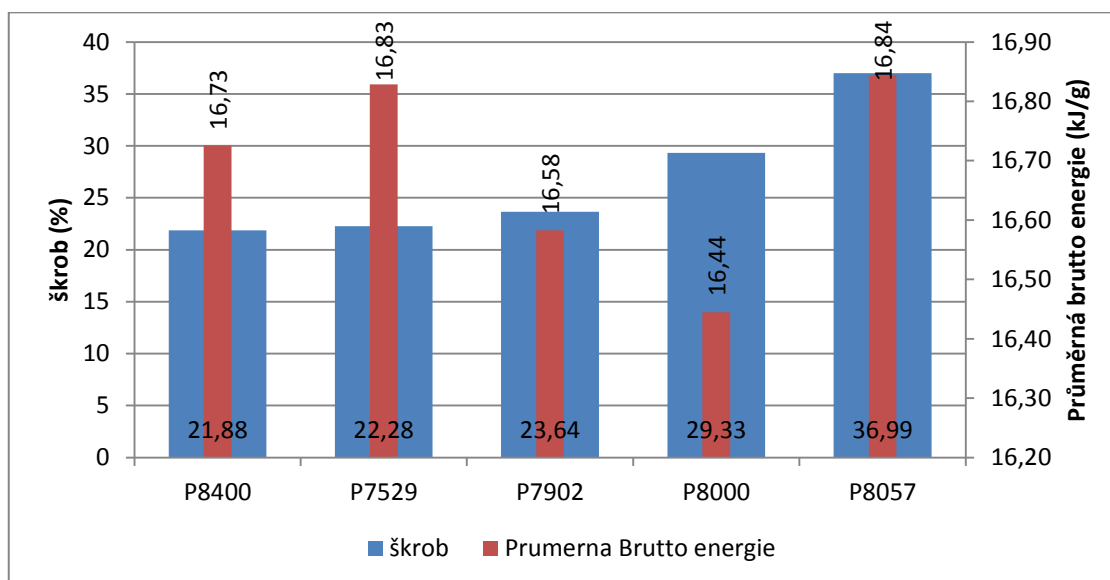


Ani mezi obsahem tuku a průměrnou brutto energií nebyl, jak vyplývá z obrázků 11 a 12, zjištěn žádný vztah ani v Borovanech, ani v Hradešicích.

Obrázek 13: porovnání obsahu škrobu a průměrné brutto energie u jednotlivých hybridů (Hradešice)

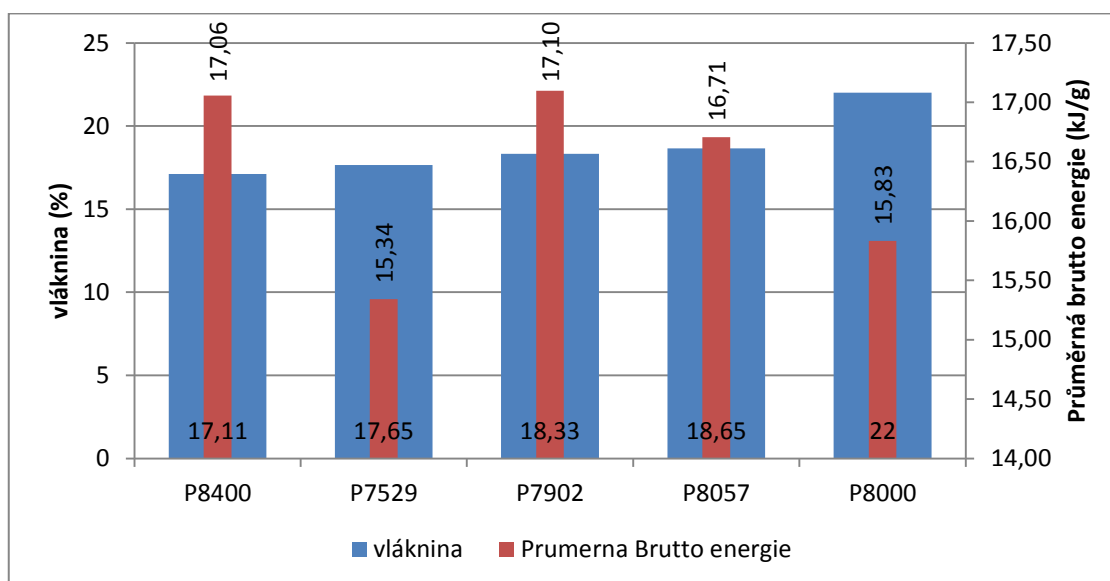


Obrázek 14: porovnání obsahu škrobu a průměrné brutto energie u jednotlivých hybridů (Borovany)

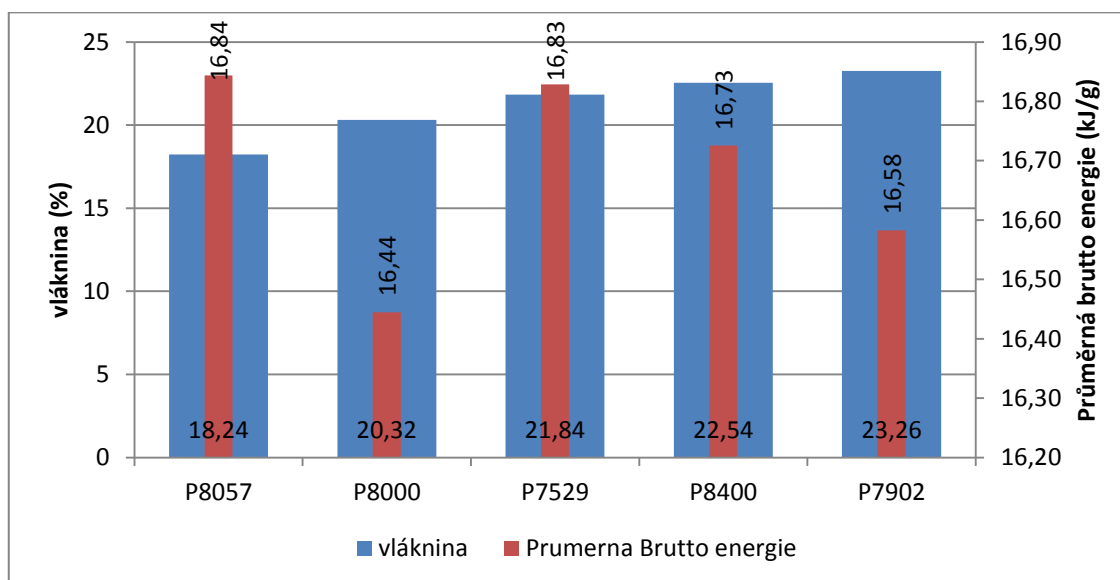


V lokalitě Hradešice je z obrázku 13 patrné, že se zvyšujícím se obsahem škrobu dochází i k nárůstu brutto energie. Jen u hybridu P7529 tento vztah neplatí. Ovšem v lokalitě Borovany, jak ukazuje obrázek 14, tuto závislost není možné pozorovat.

Obrázek 15: porovnání obsahu vlákniny a průměrné brutto energie u jednotlivých hybridů (Hradešice)

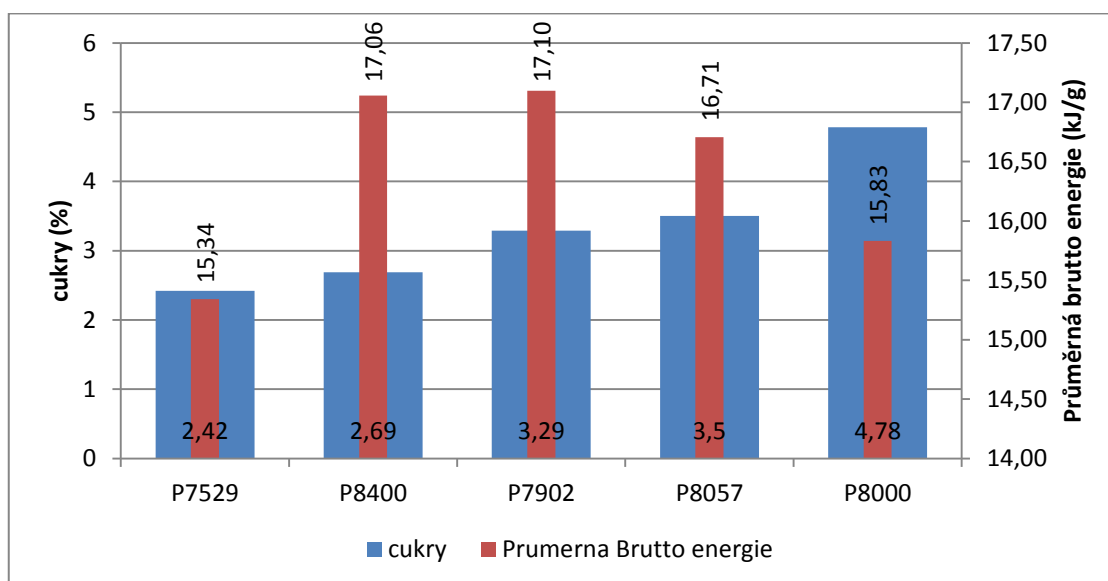


Obrázek 16: porovnání obsahu vlákniny a průměrné brutto energie u jednotlivých hybridů (Borovany)

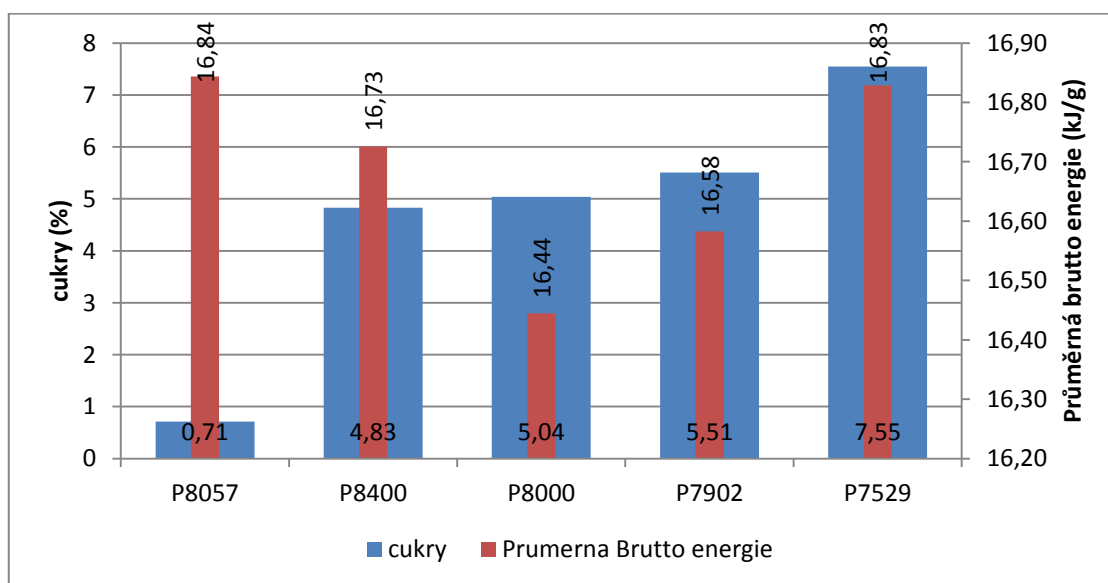


U výsledků naměřených v obou lokalitách dochází s nárůstem obsahu vlákniny ke snížení průměrné brutto energie. Tuto teorii však nepotvrzuje jeden hybrid v každé lokalitě, jak je lze vyčíst z obrázků 15 a 16.

Obrázek 17: porovnání obsahu cukrů a průměrné brutto energie u jednotlivých hybridů (Hradešice)



Obrázek 18: porovnání obsahu cukrů a průměrné brutto energie u jednotlivých hybridů (Borovany)



Z obrázků 17 a 18 vyplývá, že obsah jednoduchých cukrů nemá na průměrnou brutto energii žádný vliv.

6. Diskuse

V roce 2014 byl založen pokus s cílem zhodnotit vliv genotypu na obsah energie a chemické složení v nadzemní biomase a současně zhodnotit vliv chemického složení na obsah energie a stanovit vhodnost pěstování sledovaných genotypů kukuřice v podmínkách ČR.

Hodnota sušiny je v obou lokalitách velmi rozdílná, zatímco v lokalitě Hradešice se pohybuje v rozmezí 30 - 39 %, v lokalitě Borovany je obsah sušiny od 22 do 29 %, což je pravděpodobně způsobeno rozdílným termínem sklizně a odlišnými klimatickými a půdními podmínkami.

V lokalitě Hradešice sušiny odpovídají číslu FAO a účelu pěstování daného hybridu. Překvapující je jen hodnota sušiny u hybridu P7902, která je nejvyšší, přesto že tento hybrid má číslo FAO 260. Tento výkyv může být způsoben nesprávným určením čísla FAO nebo nevyrovnaností pozemku.

V lokalitě Borovany odpovídají hodnoty sušiny stanovenému číslu FAO a účelu pěstování. Šuk a kol. (1998) uvádí, že sušina by se při sklizni kukuřice na siláž měla pohybovat v rozmezí 30 – 35 %. Tyto hodnoty nebyly naměřeny ani u jedné z lokalit.

Nejvyšší obsah škrobu u hybridu P8400 v lokalitě Hradešice potvrzuje, že se jedná o hybrid určený pro pěstování na zrno. Přesto že je číslo FAO tohoto hybridu relativně vysoké je jeho sušina také vysoká. To je způsobeno rychlým uvolňováním vody ze zrna v průběhu dozrávání.

Lokalita Borovany je chladnější než lokalita Hradešice což ovlivňuje nejen sušiny, ale i obsahy škrobu a cukrů. Nejvyšší obsah škrobu v lokalitě Borovany byl naměřen u nejranějšího hybridu P8057. Tento hybrid měl i nejvyšší sušinu a nejnižší obsah volných cukrů. Hybrid P8400 zde měl sušinu nejnižší a nejnižší obsah škrobu, protože byl sklizen předčasně.

Dle Owense (2010) by obsah škrobu v celé rostlině měl být vyšší než 30 %. V lokalitě Hradešice byly obsahy škrobu u většiny hybridů výrazně vyšší než tato hodnota. Zatímco v lokalitě Borovany této hodnoty dosáhl pouze hybrid P8057, který má nejnižší číslo FAO.

Nejvyšší hodnota vlákniny byla v lokalitě Hradešice naměřena u hybridu P8000 a to 22 %, tento hybrid měl také nejnižší sušinu, nejnižší obsah škrobu a nejvyšší podíl volných cukrů. Svědčí to o nevhodné době jeho sklizně.

V lokalitě Borovany byly hodnoty vlákniny u tří hybridů poměrně vysoké. I ostatní parametry vypovídající o kvalitě sklizené kukuřice svědčí o předčasné sklizni a nepříznivých klimatických podmínkách v dané lokalitě a v daném roce.

Van Soest a Robertson (1980) uvádějí, že obsah vlákniny v celé rostlině by se měl pohybovat v rozmezí 15 – 25 %. V tomto rozmezí se hodnoty obsahu vlákniny pohybovali u všech hybridů v obou lokalitách.

Naměřené hodnoty obsahu tuku se pohybovali v rozmezí od 2,04 do 2,93 %.

Metodou spalné kalorimetrie byly zjištěny hodnoty brutto energie v rozmezí 15,13 – 17,25 kJ/g sušiny. Podle Hniličkové (2010) jeden g sušiny rostlinné biomasy obsahuje v průměru 16,74 kJ/g. Naměřené hodnoty tomuto tvrzení odpovídají. Rozdíly mohou být způsobeny genotypem rostlin a stanovištními podmínkami, pravděpodobněji však nedostatečným počtem opakování vzhledem k velikosti analyzovaných vzorků a také nahodilým zastoupením jednotlivých částí rostliny ve vzorku.

Při porovnávání průměrné hodnoty brutto energie s obsahem sušiny, popelovin, dusíkatých látek a tuku se nepodařilo zjistit žádný vztah. Z výsledků můžeme usuzovat, že existuje vztah mezi obsahem škrobu a průměrnou brutto energií, kdy se vzrůstajícím obsahem škrobu dochází ke zvyšování brutto energie. Podobný vztah můžeme sledovat i u obsahu cukrů. Čím je obsah cukrů vyšší, tím je nižší průměrná brutto energie. Nepřímá úměra by se dala nalézt i mezi obsahem vlákniny a průměrnou brutto energií. Tyto závislosti jsou patrné především ve vzorcích odebraných v lokalitě Hradešice. U vlákniny lze pozorovat tentýž vztah i v lokalitě Borovany. Tato tvrzení však není možné statisticky prokázat vzhledem k malému počtu opakování měření. V naměřených hodnotách se promítl také vliv ročníku, jehož vliv by byl snížen opakováním pokusu po delší dobu.

7. Závěr

Jedním z cílů této práce bylo zjištění genotypových rozdílů v obsahu energie a chemickém složení nadzemní biomasy.

- Ačkoliv jsou mezi jednotlivými hybridy patrné rozdíly v chemickém složení nadzemní biomasy, nelze tuto hypotézu dokázat vzhledem k malému množství dat. Rozdíly mezi stejnými hybridy v různých lokalitách dokumentují nemalý vliv podmínek stanoviště a to jak klimatických tak půdních.
- Vliv genotypu na obsah energie se rovněž nepodařilo, vzhledem k malému množství dat, prokázat, i když rozdíly lze ve výsledcích pozorovat.

Dalším cílem práce zhodnotit vliv chemického složení na obsah energie.

- Při porovnávání průměrné hodnoty brutto energie s obsahem sušiny, popelovin, dusíkatých látek a tuku se nepodařilo zjistit žádný vztah.
- Vliv chemického složení na obsah energie se projevil jen v náznaku, a to u obsahu škrobu, vlákniny a cukrů. Tento vztah není možné ověřit vzhledem k malému počtu vzorků.

Dalším cílem práce bylo stanovit vhodnost pěstování sledovaných genotypů kukuřice v podmínkách ČR.

- Z rozborů chemického složení vyplývá, že v chladnějších oblastech, jako je lokalita Borovany je vhodné pěstovat hybrid P8057, který vykazoval nejvhodnější sklizňovou sušinu a nejvyšší obsah škrobu. Oproti tomu v teplejších oblastech, jako je lokalita Hradešice, je vhodné pěstování všech sledovaných hybridů, ale za předpokladu optimalizace termínu sklizně pro jednotlivé hybridy.

8. Seznam použité literatury

Corn Industries Research Doundation. 1960. Corn Oil. Corn Industries Research Doundation. Washington. 20 s.

Diviš J. (ed). 2000. Pěstování Rostlin. Jihočeská univerzita. České Budějovice. 258 s. ISBN 80-704-0456-6

Dostál, J. 1989. Nová květena ČSSR. Academia. Praha. 1563 s. ISBN 80-200-0095-X

Firdous, R., Gilani, A. H., Barque, A. R., & Akram, M. (1999). Effect of stage of growth and cultivar on chemical composition of whole maize plant and its morphological fractions. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences, 12(3), s 366-370.

Havličková, K. (ed). 2008. Rostlinná biomasa jako zdroj energie, Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví. Praha. 83 s. ISBN 978-80-85116-65-6

Hnilička, F., Hniličková, H., Martinková, J., Využití metod spalné kalorimetrie v biologických vědních disciplínách. In: Bláha, L., Hnilička, F., Martinková, J., (eds). 2010. Současné možnosti fyziologie a zemědělského výzkumu přispět k produkci rostlin (vybrané kapitoly). Powerprint. Praha. 310 s. ISBN 978-80-7427-023-9

Hruška J. 1962. Monografie o kukuřici. Státní zemědělské nakladatelství. Praha. 916 s., ISBN 07-139-62

Kuchtík, F., Teksl, M., Valeš, J., 2002. Speciální pěstování rostlin. Credit. Praha. 295 s. ISBN 80-86392-00-7

Owens, F., 2010, What corn silage Harvest Moisture will Maximize Milk Yield? Dairy Report, Pioneer Hi-Bred International. Iowa, USA

Petr, J., Černý, V., Hruška. L. (eds.). 1980. Tvorba výnosu hlavních polních plodin, SZN, Praha. 448 s. ISBN 07-069-80

Podolák, M. 1987. Inovačné prvky systémov pestovania kukurice. Ústav vedecko-technických informácií pre poľnohospodárstvo. Nitra. 35 s.

Prugar, J. (ed). 2008. Kvalita rastlinných produktů na prahu 3. Tisíciletí. Výzkumný ústav pivovarský a sladařský. Praha. 327 s. ISBN 978-80-86576-28-2

Swift, .M. L., 2004, Fibre and Energy in Corn Silage, Abbotsford Veterinary Clinic, Abbotsford, British Columbia

Šašková D., Štolfa V. 1993. Trávy a obilí. Artia/Granit. Praha. 64 s. ISBN 80-85805-03-0

Špaldon, E. (ed). 1986. Rostlinná výroba. Státní zemědělské nakladatelství. Praha. 720 s. ISBN 4029-07-124-86

Šuk, J. (ed). 1998. Kukuřice. VP Agro, Kneževy, 131 s., ISBN 80-86153-99-1

Vaněk, V., Balík, J., Pavlíková, D., Tlustoš, P. 2007. Výživa polních a zahradních plodin. Profi Press. Praha. 176 s. ISBN 976-80-86726-25-0

Van Soest, P.J., 1963. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. I. Preparation of fiber residues of low nitrogen content. J. Assoc. Off. Anal. Chem 46 (5) s 825.

Van Soest, P.J., Robertson, J.B., 1980. Systems of analysis for evaluating fibrous feeds. In: Standardization of Analytical Methodology in Feeds (Pigden, W.J., Balch, C.C. and Graham, M., eds.) s 49- 60. International Research Development Center, Ottawa, Canada.

Vavřina, M., Sedláček, M., Stropnický, M., Pěstitelský systém „kukuřice KWS“. In: Prokeš, K., (ed). 2009. Kukuřice v praxi 2009 – sborník z odborného semináře k 90. Výročí založení zemědělské univerzity v Brně. Ediční středisko MZLU v Brně. Brno. 47 s. ISBN 978-80-7375-263-7

Watson, S., A., Ramstad, P., E., 1987. Corn: chemistry and technology. American Association of Cereal Chemists. St. Paul. 605 s. ISBN 0-913250-48-1

Zimolka, J. (ed). 2008. Kukuřice: hlavní a alternativní užitkové směry. Profi Press. Praha. 200 s. ISBN 978-808-6726-311.

Zsubori, Z. T., Pinter, J., Spitko, T., Hegyi, Z., & Marton, C. L. (2013). Yield and chemical composition of plant parts of silage maize (*Zea mays* L) hybrids and their interest for biogas production. *Maydica*, 58(1), s 34-41.