

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

Katedra pícninářství a trávníkářství



Analýza vztahů mezi kvalitativními parametry u kukuřičných siláží

Diplomová práce

Vedoucí práce : Ing. Josef Hakl, Ph.D.

Autor práce : Bc. Lenka Rychlá

2012

### **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma Analýza vztahů mezi kvalitativními parametry u kukuřičných siláží vypracovala samostatně a použila jen pramenů, které cituji a uvádím v příložené bibliografii.

V Praze dne            2012

.....

Lenka Rychlá

## **Poděkování**

Touto cestou bych chtěla poděkovat všem, kteří mi s vytvářením a ucelováním této práce pomohli. Především vedoucímu mé diplomové práce Ing. Josefu Haklovi, Ph.D. za odborné vedení, cenné rady a ochotu. Dále bych chtěla poděkovat Ing. Radku Loučkovi, CSc. za poskytnutí dat ke statistické analýze.

## **Souhrn**

Významným ukazatelem kvality kukuřičných siláží je obsah jednotlivých živin, které jsou v ní koncentrovány. Zkrmováním kvalitních objemných krmiv lze dosáhnout ekonomicky rentabilních výsledků podniku.

Hlavním cílem této diplomové práce bylo zhodnocení kvalitativních ukazatelů u 456 rozborů kukuřičných siláží let 2007 – 2011 a analyzovat jejich vzájemné interakce.

Výsledky metod analýz byly poskytnuty VUŽV Uhřetěves, rozborů byly provedeny v laboratořích společnosti EKO-LAB Žamberk. Data byla statisticky zpracována pomocí korelační analýzy a vícerozměrných statistických metod. Z výsledků byl zjištěn významný vliv sušiny na obsah organických živin, fermentačních ukazatelů, vlákniny a PDIE v kukuřičných silážích. Ročník ovlivňoval především hodnoty fermentačních ukazatelů a PDI. Důležité je věnovat pozornost i vzájemným korelacím mezi jednotlivými kvalitativními ukazateli, neboť znalost těchto vztahů lze ovlivnit výslednou kvalitu kukuřičné siláže. Vliv sušiny i ročníku na obsah jednotlivých ukazatelů kukuřičné siláže činil 12,6 %, přičemž vliv sušiny byl významnější než význam ročníku. Překryv jejich vlivů byl nízký s hodnotou 0,7% (rel. 6 %). Z těchto výsledků vyplývá, že na výslednou kvalitu vyrobených siláží působí významně i další činitelé, které je třeba dále analyzovat.

## **Summary**

A significant indicator of corn silages quality is the content of the individual nutrients concentrated in. Feeding with high quality and valuable feedstuffs can lead to economically profitable results of the farms.

The aim of this thesis was evaluating qualitative indicators at 456 samples of corn silages from period 2007 – 2011 and analyzing the relationship between them.

The results of the analysis were provided by Institut of Animal Science Prague Úhřetíněves. Analyses were realized by company EKO-LAB Zamberk s.r.o. The data was processed by correlation analyses and multivariate statistical method. Based on the results, it is possible to describe significant influence of dry matter on the content of organic nutrients, fermentative indicators, fibre and PDIE in corn silages. The year influenced mainly the values of fermentative indicators and PDI. It is important to pay the attention also to relationship of the individual qualitative indicators, because with this knowledge you can affect the final corn silage quality. The influence of the dry matter and the year on the silage parameters was 12,6 % when the influence of dry matter was more important factor. The overlap of these effects was low with value 0,7 % (6 % in relative). It is possible to conclude and that silage quality is also influenced by other factors which could be also taken in the account.

**Feed, conservation, year, fermentation process, dry matter**

## Obsah

<b>1. Úvod.....</b>	<b>1</b>
<b>2. Cíl práce.....</b>	<b>2</b>
<b>3. Literární rešerše.....</b>	<b>3</b>
3.1. Kukuřice.....	3
3.1.1. Historie.....	3
3.1.2. Význam.....	4
3.1.3. Charakteristika kukuřice.....	5
3.1.4. Pěstování kukuřice.....	6
3.2. Kukuřičná siláž.....	7
3.2.1. Fermentační proces.....	9
3.2.2. Nutriční hodnota a živiny.....	11
3.3. Kvalita kukuřičné siláže.....	13
3.3.1. Hodnocení kvalitativních parametrů kukuřičné siláže.....	14
3.3.2. Interakce kvalitativních ukazatelů.....	16
<b>4. Materiál a metodika.....</b>	<b>17</b>
4.1. Zdroj dat pro analýzu.....	17
4.2. Metody použitých analýz.....	17
4.3. Statistická analýza dat.....	20
<b>5. Výsledky.....</b>	<b>21</b>
5.1. Variabilita hodnot a vliv ročníku.....	21
5.2. Vícerozměrné statistické analýzy.....	27
<b>6. Diskuze.....</b>	<b>32</b>
<b>7. Závěr.....</b>	<b>36</b>
<b>8. Použitá literatura.....</b>	<b>37</b>

## 1. Úvod

Výroba kvalitních objemných krmiv je základem chovu hospodářských zvířat, zejména skotu. Kukuřice je jednou z nejdůležitějších plodin v zemědělství celého světa. Nejvíce pěstovanou plodinou pro výživu hospodářských zvířat v našich podmínkách je kukuřice především kvůli její vysoké výnosnosti a variabilitě, také je důležitou stabilizační složkou celoročně vyrovnaných krmných dávek. Ovšem vyrobit opravdu kvalitní krmiva je náročný a systematický proces závislý na mnoha faktorech. Nejdůležitějším článkem ve výrobním procesu je především správné dodržování všech technologických procesů při výrobě objemných krmiv, od pokosu pícniny až po výběr ze sila. Výsledkem by měla být zdravotně nezávadná siláž, s vysokou produkční účinností. Objektívni posouzení a vyhodnocení kvality vyrobených objemných krmiv je také důležité, ne vždy zcela jednoduché.

## **2. Cíl práce**

Cílem mé práce je zhodnocení základních analýz kvalitativních ukazatelů kukuřičných siláží v letech 2007 – 2011, porovnání vztahů a závislostí mezi těmito jednotlivými parametry. Výsledky budou využitelné v dalším výzkumu i v zemědělské praxi.



### **3. Literární rešerše**

#### **3.1. Kukuřice**

##### **3.1.1. Historie**

Farmáři a pěstitelé znají způsob silážování píce již několik tisíc let. Již ve starém Egyptě zemědělci tohoto procesu anaerobního uchování píce využívali. Zachycují to i malby datované z let zhruba 1000 – 1500 př.n.l. (Hallauer a kol., 1994).

O silážování, jako metodě konzervace jsou doloženy zprávy nejen z doby Egypta a starého Říma, ale také Tataři, Féničané a Aztékové uměli uchovat kukuřici a čirok v udusaném stavu (Doležal, Dvořáček, 1999).

Kukuřice pochází z Ameriky a její pěstování je dokázané v nejstarších mexických a peruánských kulturách (Ryšavá a kol., 1996).

Pěstování kukuřice na siláž se rozšířilo do všech států Evropy kromě těch nejsevernějších (Šuk a kol., 1998).

Vznik a původ kulturní kukuřice není ovšem ještě zdaleka vysvětlen. Dosavadní archeologické nálezy částí rostlin kukuřice, ukazují na dvě zeměpisné oblasti - stredoamerickou a jihoamerickou. Tím vzniklo několik hypotéz o jejím vzniku a vývoji (Zimolka a kol., 2008).

Kukuřice se na naše území dostala z Blízkého východu, odkud se za turecké nadvlády rozšířila na Balkánský poloostrov a přes Rumunsko, Maďarsko a Rakousko k nám. Nejstarší zmínkou o pěstování kukuřice v českých zemích lze nalézt v Mittelpacherově „Rozmlouvání o připravování cukru ze zoftu stébel tureckého žita“ z roku 1813. Velký rozmach pěstování kukuřice u nás nastal teprve někdy po druhé světové válce (Šuk a kol., 1998).

Kukuřice je tedy plodinou tropického původu pěstovanou v rozmanitých klimatických podmínkách. Kukuřice se v našich výrobních podmínkách nejčastěji pěstuje na siláž, dělenou sklizeň (DS), v posledních letech pro konzervaci zrna v silážních vacích nebo věžích (Kudrna a kol., 1998).

V současnosti se kukuřice pěstuje na všech světadílech a nejvíce na americkém kontinentě (Ryšavá a kol., 1996).

### 3.1.2. Význam

Význam kukuřice je vidět již na první pohled, jelikož už od roku 1492 se začala šířit do celého světa a během 500 let zaujala svou osevní plochou celosvětově třetí místo mezi všemi pěstovanými plodinami (Šuk a kol., 1998).

Objevením Ameriky a celosvětovým rozšířením se kukuřice stala spolu s pšenicí a rýží nejdůležitější obilninou ve výživě lidí, dnes i významnou krmnou, průmyslovou a energetickou plodinou (Zimolka a kol., 2008).

V chovatelsky vyspělých krajinách a tam, kde to klimatické podmínky umožňují, se na orné půdě stává hlavní pěstovanou plodinou právě silážní kukuřice. Důvodem je poskytování vysokého množství sušiny a energie z jednotky plochy, ale i skutečnost, že oproti jiným plodinám má přednosti v přímém a plně mechanizovaném sběru. Dalším důvodem jejího rozšíření v oblasti střední Evropy je úspěch ve vyšlechtění hybridních odrůd s nízkým FAO číslem, které mají relativně vysoký podíl palic a jsou schopné dosáhnout i v chladných oblastech určitý stupeň generativní zralosti (Gallo, 2000).

Svůj celosvětový význam má kukuřice hlavně ve své variabilitě, ekologické přizpůsobivosti a zejména vysoké produktivitě a rozmanitosti využití (Zimolka a kol., 2008).

Obliba silážní kukuřice neustále roste, a to hlavně z toho důvodu, že dokáže zajistit sklizeň velkého množství živin z 1 ha a z ekonomické efektivity jejího pěstování (Šuk a kol., 1998).

Je známo, že silážní kukuřice je naší nejvýznamnější glycidovou pícninou, s nejvyšší produkcí sušiny a energie z ha plochy a nejvyšší koncentrací energie v sušině. Kvalitní kukuřičná siláž patří bezpochyby k nejdůležitějším glycidovým krmivům v krmných dávkách skotu (Doležal, Dvořáček, 1999).

Kukuřice disponuje obrovským výnosovým potenciálem a při dodržení všech zásad jejího pěstování je produkce živin, především energie z 1 ha plochy, nesrovnatelně vyšší než u jiných plodin. Kukuřice tak nabízí své využití nejen jako pícnina, ale současně i jako zrnina (Valenta, Šreiber, 2003).

Výhodou je i možnost využití vedlejších produktů pěstování kukuřice – kukuřičné slámy, listenů a větven – ke krmným účelům. Tyto vedlejší produkty lze zpracovat i v jiných odvětvích např. ve stavebnictví a jako zdroj energie při spalování (Šuk a kol., 1998).

### 3.1.3. Charakteristika kukuřice

V botanickém systému se kukuřice řadí mezi jednoleté, jednodomé, různopohlavní typy rostlin s odděleným květenstvím, která má prašnickové (samčí) a pestíkové (samičí) květy (Zimolka a kol., 2008).

Kukuřice, kterou řadíme mezi obilniny, má mnoho společných znaků s obilninami první skupiny, ale zároveň také znaky, kterými se od nich výrazně liší. Systematicky řadíme kukuřici setou (*Zea mays* L.) do čeledi lipnicovitých. V rámci druhu ji dělíme na osm poddruhů a to na kukuřici obecnou nebo-li tvrdou, kukuřici koňský zub, kukuřici polozubovitou, kukuřici pukancovou, kukuřici cukrovou, kukuřici škrobnatou, kukuřici voskovou a kukuřici plevnatou (Vrzal, 1998).

Kukuřice se ve světě pěstuje především na zrno. Podstatná část zrna (více než 70 % celosvětové produkce) se používá ke krmení, pro výživu lidí jen asi 20 % (dalších 5 % k průmyslovému zpracování a asi 2 % jako osivo). Ze zrna kukuřice se vyrábí kukuřičná mouka, krupice, k přímé spotřebě lze užívat „corn flakes“. Dále nemalé množství se zpracovává na alkohol, při výrobě piva, kukuřičného škrobu a dalších produktů. Význam má i olej, který je získáván z klíčků a který obsahuje více než 50 % kyseliny linolové.

Převážná část zrna se spotřebuje do krmné směsi, kde je významným komponentem pro výživu prasat a drůbeže. Zrno má vysoký obsah energie, tuku a některých AMK. Ke krmným účelům lze použít i kukuřičnou slámu, listeny a vřetena (Šuk, 1998).

Kukuřice je ale i vhodným krmivem pro ostatní HZ. Její využití v zemědělských podnicích může mít mnoho podob, nejen využití jako zelené krmení, siláž a suché zrno. V poslední době nabývají na významu technologie využití vlhkého zrna, CCM i LKS, a to zejména z důvodu nižších nákladů na výrobu než např. u klasického sušení zrna (Loučka, Jambor, 1998).

Kukuřice má několik praktických vlastností, které jí dávají potenciál aby mohla být využita na siláž. Kukuřice je univerzální plodina, která může být vysazena od začátku až do konce jara (Hallauer a kol., 1994).

Dále se vyznačuje svojí teplomilností s vysokým transpiračním koeficientem. Vzhledem k vysoké produkci hmoty požaduje značné množství vláhy, zejména v době mezi metáním a mléčnou zralostí. Nároky na půdu jsou tím vyšší, čím je pěstována v méně příznivých podmínkách. Co se týká zařazení v osevním postupu, není kukuřice plodinou, která by

vyžadovala speciální předplodinu. Kukuřici lze pěstovat i několik let po sobě (Kudrna a kol., 1998).

#### **3.1.4. Pěstování kukuřice**

Výroba kvalitních objemných krmiv na orné půdě a trvalých travnatých porostech je základem výživy skotu a k dosažení vysoké užitkovosti, produktivity práce i rentability chovu skotu je možné jen při zkrmování vysoce kvalitní a levné píce. Těmto požadavkům v teplejších a úrodnějších oblastech ČR kukuřice na siláž vyhovuje (Kudrna a kol., 1998).

Pěstování silážní kukuřice je zaměřeno na dosažení vysoké hodnoty hmoty sušiny při maximálním podílu palic ve výnosu při sklizni v mléčně voskové zralosti. Může být s úspěchem pěstována v celé kukuřičné a řepařské oblasti i v teplejších polohách bramborářské oblasti (Smetana, 2003).

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 (světlo, teplo, voda, vzduch) (Vrzal, 1998).

Pěstování kukuřice v České republice je výrazně limitováno výrobně klimatickými podmínkami dané oblasti. Výběr vhodných hybridů pro dané agroekologické podmínky patří mezi nejdůležitější pěstitelská opatření, mající přímý vliv na výši výnosu. Vybraný hybrid by však neměl splňovat pouze dosažení maximálního výnosu hmoty, ale především maximálního výnosu koncentrovaných živin, tedy zrna z hektaru. Podíl zrna je jeden z nejdůležitějších ukazatelů ve vztahu k výživné hodnotě a koncentraci energie krmiva. Hybridy kukuřice určené na siláž by měly obsahovat 50 % a více sušiny zrna celé rostliny. Jedním z kritérií, která se používají při výběru hybridů kukuřice pro danou pěstitelskou oblast je tzv. číslo FAO, tedy číslo ranosti. Pro pěstitele považujeme číslo FAO za orientační ukazatel, který charakterizuje hybrid a délku jeho vegetace (Dufková, Jambor, 1999).

FAO je číslo hybridu, které je vypočítáno na základě středního obsahu sušiny v palici v době zralosti kukuřice na siláž ve srovnání s kontrolními hybridy. Ovšem toto určení je vlivem využívání rozdílných skupin hybridů poměrně nepřesné, a proto se ve světě začínají prosazovat metody, které využívají pro stanovení ranosti sumaci teplot (SET – suma efektivních teplot). V ČR se tato metoda začala využívat od roku 2000 (Prokop, 2008).

FAO skupiny jsou určeny dny od vzejití rostlin do fyziologické zralosti (to je při

obsahu vody v zrna 35 %) (Ryšavá a kol., 1996).

Stravitelnost živin v kukuřici zůstává relativně stabilní oproti travám. Za pomoci nových odrůd a hybridů umožňuje nyní výběr přizpůsobit pěstování kukuřice nejvhodnějšímu stanovišti. Rozdíl hybridů ve zralosti pak ovlivňují termíny sklizně (Čermák a kol., 2005).

Kukuřice je teplomilnou rostlinou, která vyžaduje vyšší teploty pro normální vývin rostliny a zrna. Menší vzrůst rostlin je vykazován při teplotách pod 10 °C a nad 45 °C. Vysoké výnosy nalezneme v oblastech, kde je kukuřice sklizena ve stáří asi 130 – 140 dní (Farnham a kol., 2003).

Celkový vývin kukuřice v našich podmínkách trvá 110 – 160 dní. Je třeba si uvědomit, že vývin rostlin je výsledkem interakce jejich dědičných vlastností s měnícími se podmínkami vnějšího prostředí. Je přirozené, že mezi morfologickým stavem rostliny a jejím skutečným věkem nemusí být vždy přesná korelace. Produktivitu rostlin a biologickou hodnotu ovlivňují tyto činitele: půda, vlastnosti listů tvořících listový zápoj, které ovlivňují rychlost fotosyntézy, index listové pokrývnosti a struktura listového zápoje, klimatické vlivy, délka fotosyntetické aktivity listové plochy, poměr mladých a starých listů na rostlině, množství absorbované radiační energie listovým zápojem a účinnost jeho přeměny ve fotosyntéze, podíl asimilátů translokovaných do zrna (Ryšavá a kol., 1996).

### **3.2. Kukuřičná siláž**

Kukuřičná siláž je nejdůležitější článek, zejména v chovu skotu, kde plní významnou stabilizační úlohu v krmné dávce (KD), neboť se zkrmuje celoročně a často tvoří až 50 % podílu sušiny KD. Je to celosvětově nejvýznamnější energetické objemné krmivo vůbec (Doležal, Zeman, 2008).

Hlavní výhodou u kukuřičné siláže je vysoký výnos sušiny než u většiny jiných moderních krmiv (Allen a kol., 2003).

Siláž z kukuřice je obecně považována za jedinečnou složku krmné dávky pro dojnice i pro výkrm skotu. Platí to jak při tradičním krmení, tak i při krmení metodou zvanou TMR, směsnou krmnou dávkou zamíchanou dle optimalizačních výpočtů. Jako komponent krmné dávky je především energetickým zdrojem, který vytváří základ pro doplnění ostatními komponenty, především zdroji potřebných dusíkatých látek (Mudřík, Hučko, 1999).

Silážní kukuřice patří ke krmivům, která jsou snadno silážovatelná. Je to z důvodu

dostatečného obsahu vodorozpustných sacharidů (15-30 % v 1 kg sušiny) a nízké pufrací kapacity (nízký obsah NL, bazických prvků a dusičnanů). Při dodržení všech technologických podmínek lze vyrobit opravdu kvalitní kukuřičnou siláž a to i bez přidání silážních aditiv (Doležal, Zeman, 2008).

Hlavním důvodem silážování je uchování krmiv s minimálními ztrátami organických živin s vysokou nutriční hodnotou (Loučka, Jambor, 1998).

K dosažení dobré kvality kukuřičné siláže je nutné co nejlépe dodržovat základní technologické požadavky na sklizeň, konzervaci a skladování: optimální růstovou fází sklizené kukuřice, obsah sušiny, který se optimálně pohybuje mezi 28 – 34 %, délku řezanky v závislosti na obsahu sušiny a stupněm zralosti, dodržování zásad technologického postupu a aplikace účinných konzervačních přípravků (Doležal, Zeman, 2008).

Ovšem i když je kukuřice velmi dobře silážovatelnou plodinou, nízká kvalita vyrobených siláží je důkazem, že ani při výrobě kukuřičných siláží nejsou dodržovány potřebné technologické zásady (Gallo, 2000).

Kukuřičná siláž je zkrmována různým skupinám zvířat: rostoucím zvířatům, laktujícím krávám, krávám stojícím na sucho apod., proto je důležité, aby zkrmovaná siláž měla odpovídající živinové složení odpovídající potřebám zvířat (Roth, Undersander, 1995).

Silážované produkty z dělené sklizně (DS) kukuřice jsou hrubé pošrotované olistěné palice včetně větven (LKS) nebo pošrotovaná směs palic s větveny bez listenů (CCM). Tyto metody sklizně se provádí v době, kdy je největší podíl živin (škrobu) transformováno do palic a nepodstatný podíl zůstává ve zbytku rostlin (zejména sacharidy). Tyto krmiva jsou velmi bohatá na energii (KE-7,5-8 MJ NEL) s nízkým obsahem vlákniny, NL (méně než 8 %) a vysokým obsahem škrobu, jehož bacherová degradovatelnost je relativně nižší (50-60 %) než u tradiční kukuřičné siláže. To vede k většímu přenosu škrobu do tenkého střeva, nižší bacherové degradovatelnosti a tím redukuje riziko poklesu pH bacherového obsahu a vzniku acidózy (Doležal, Zeman, 2008).

LKS přináší dobré výsledky a odolnost vůči chorobám. Správný termín sklizně je při sušině palic 50-55 %, kdy se u zrna na klíčku začíná tvořit černá skvrna. V této době se zastavuje přísun živin z rostliny do zrna a nelze již očekávat ani zvýšení výnosu. Zároveň v rozmezí vlhkosti 40-50 % jsou zajištěny vhodné podmínky pro optimální kvasný proces. Za optimum lze považovat vlhkost palice 45 % tj. sušinu 55 %.

LKS je hodnotné krmivo s vysokou koncentrací energie a poměrně nízkým obsahem

vlákniny. Je určena pro chovy s vysokou užitkovostí dojnic jako určitá náhrada jadrných krmiv zejména v první fázi laktace a intenzivně vykrmovaného skotu (Románková, 2003). Dojnicím se vyplatí LKS přidávat do KD v množství 5 kg při dosažení užitkovosti 20 litrů na kus a den. Při zvýšení užitkovosti o 10 litrů je téměř nezbytné zvýšit dávku LKS v KD o 100% (Loučka, Jambor, 1998).

CCM lze využít ve výkrmu prasat, ale i u vysokoužitkových dojnic a u intenzivního výkrmu, ovšem od přípravy CCM se v pravém smyslu v zemědělské praxi již upustilo (Doležal, Zeman, 2008).

Možnost pěstování kukuřice těmito metodami lze doporučit jen při správném výběru hybridu. Oddělením palic ve voskové zralosti se sníží sušina zbývající části, ale zhorší se kvasné procesy a chutnost (Kudrna a kol., 1998).

### **3.2.1. Fermentační proces**

Siláž je krmivo vzniklé konzervací čerstvé nebo zavadlé píce kyselinotvorným, především mléčným kvašením, nebo konzervací píce s přidavkem látek, které inhibují veškerou bakteriální činnost (Kudrna a kol., 1998).

Fermentací vodorozpustných sacharidů a celkovým fermentačním procesem v silážní biomase kukuřice za anaerobních podmínek vznikají organické kyseliny (zejména kyselina mléčná a octová) (Doležal, Zeman, 2008).

Podstata silážování bez přidavku chemických inhibičních látek je v podpoře činnosti bakterií mléčného kvašení (LAB): vytvořením anaerobního prostředí (intenzivním udusáním, dokonalým utěsněním), přidavkem látek, které zvyšují obsah využitelných cukrů, přidavkem mikroorganismů, které pomáhají vytvořit prostředí vhodné pro rozvoj LAB (potlačení růstu nežádoucích mikroorganismů), u polobílkovinné a bílkovinné píce omezením činnosti některých mikroorganismů zavaznutím na sušinu, při které je voda v rostlinných buňkách pro ně nedostupná (fyziologická suchost), ale pro LAB ještě vyhovující (Kudrna a kol., 1998).

Optimální proces silážování by měl omezit fermentační ztráty a zachovat přijatelnou míru aerobní stability siláže v průběhu zkrmování (Lád a kol., 2005).

Vytvoření optimálních podmínek pro průběh fermentačních procesů je možné dosáhnout především na základě znalostí biochemie. Výsledek silážování bude tím lepší, čím více se heterofermentativní typ mléčného kvašení přiblíží homofermentativnímu. Jinými

slovy, bude tím lepší, čím více kyseliny mléčné v poměru k ostatním kyselinám a různým metabolitům vznikne a čím méně energie (tepla) se při takovém procesu uvolní (Kudrna a kol., 1998).

Velmi významným faktorem ke zlepšení, resp. usměrnění fermentace silážované kukuřice, kterým lze výrazně ovlivnit i kvalitu fermentačního procesu, jsou silážní aditiva. Je ale nutné zdůraznit, že ani ty nejlepší a nejdražší inokulanty, či směsné mikrobiálně-enzymatické preparáty nemohou zajistit vysoce kvalitní kukuřičnou siláž ze špatné, mikrobiologicky narušené původní biomasy, nebo při nedodržení základních a nezbytných technologických požadavků na anaerobní prostředí (Doležal, Dvořáček, 1999).

Kukuřice na siláž je nejčastěji sklízená v růstovém stádiu, kdy odumřelé listy a výskyt kvasinek a hub je často velmi vysoký. Tyto mikroorganismy mohou ohrozit aerobní stabilitu krmiva, proto použití silážních aditiv za těchto podmínek je jednoznačně pozitivní (Gallo a kol., 1999).

Pro první fázi fermentace je charakteristické intenzivní působení enzymu na rostlinná pletiva a bouřlivé množení velmi různorodých mikroorganismů. Intenzivně se odbourávají především cukry. V závislosti na chemickém složení píce a vytvoření příznivých podmínek pro optimální rozvoj mléčných bakterií může první fáze fermentace trvat jen několik hodin, ale i celý týden. Druhá (hlavní) fáze fermentace je charakteristická bouřlivým rozvojem bakterií mléčného kvašení. V podmínkách optimálních pro rozvoj mléčných bakterií může tato fáze trvat týden, v horších podmínkách déle než měsíc. Při určité kyselosti, resp. určité koncentraci kyseliny mléčné, nastává třetí a poslední fáze silážování, při které dochází k téměř úplnému zastavení rozvoje mléčných bakterií a činnosti enzymů. Po dlouhou dobu pak v siláži probíhá jen minimum biochemických reakcí, ovšem pouze v případě, že je siláž uchovávána v anaerobním prostředí. Siláže dobře prokvašené (fermentované) a dobře skladované mohou být stabilní i několik let (Kudrna a kol., 1998).

Kvalitu fermentačního procesu určuje nejen kvalita materiálu určeného k silážování, ale i technologie silážování (Loučka, Jambor, 1998).

Je třeba si uvědomit, že při silážování různých píceň jsou mezi fermentačními procesy významné rozdíly. Píce s vyšším zastoupením zkvasitelných cukrů a nízkou tlumivou kapacitou - glycidová (např. kukuřice) - je lehce silážovatelná, většinou se konzervuje po přímé sklizni, bez zavadání. Výsledkem fermentace bývá siláž s nízkým pH a vysokým obsahem kyseliny mléčné (Kudrna a kol., 1998).



Ochrana proti špatné kvalitě siláže je do značné míry závislá na přítomnosti volného kyslíku v sila a nízké hodnotě pH. Ideální fermentace siláže je proces, při němž bakterie mléčného kvašení fermentují cukry na kyselinu mléčnou a zastavují růst konkurenčních mikroorganismů, zejména enterobakterií a klostridií (Pettersson, 1988).

### **3.2.2. Nutriční hodnota a živiny**

Nutriční hodnota je funkcí výživné hodnoty a ta je dána koncentrací stravitelných živin a energie. Dobrovolný příjem krmiva je ovlivňován jeho chutností a schopnostmi naplnit zažívací trakt zvířete (Pozdíšek a kol., 1998).

Zrno kukuřice je významným zdrojem energie, krmivem a potravinou s velkou nutriční hodnotou a to především díky vysoké stravitelnosti všech přítomných živin (Zimolka a kol., 2008).

Živiny v krmivech jsou látky, které jsou po přijetí a trávení schopny být v organismu zvířete metabolizovány. Jsou to látky organického i neorganického původu. Organické látky vedle schopnosti zabudovat se do nově tvořených tkání vlastního těla, případně produktů, uvolňují při jejich štěpení energii. Anorganické látky jsou zabudovávány do tkání těla nebo produktu, ale neuvolňují při svém štěpení energii. Hlavní energetické živiny jsou sacharidy, tuky a dusíkaté látky (Kudrna a kol., 1998).

Pro vyjádření výživné hodnoty krmiv nestačí znát pouze chemické složení, ale je potřeba k tomu znát i stravitelnost jednotlivých živin a energie pro krmená zvířata. Výživnou hodnotu krmiva ovlivňuje i obsah biologicky účinných látek, tedy nejen vitamínů, enzymů a hormonů, ale i antinutričních látek (Pozdíšek a kol., 2008).

Podstatnou část NL v zrnu kukuřice tvoří bílkoviny. Jejich obsah se průměrně pohybuje okolo 10 %. Nebílkovinný dusík je zastoupen jen z 1-5 %. Bílkoviny kukuřice, stejně jako u ostatních obilovin, sestávají z těchto frakcí: albuminy, globuliny, prolaminy a gluteliny (Zimolka a kol., 2008).

NL se vyjadřují jako analyticky stanovený obsah dusíku v krmivu vynásobený přepočítávacím koeficientem 6,25. Z hlediska výživy zvířat jsou NL živiny obsahující dusík využitelné pro zvířata, které mohou zabudovat do svého těla nebo případně do produktu.

V současné době rozlišujeme pro potřeby výživy skotu NL degradovatelné a nedegradovatelné (tzv. by-pass protein). Nedegradovatelné projdou bachorem beze změny,

degradovatelné jsou z větší části přeměňovány na mikrobiální NL. Degradovatelnost NL (DEG) je procentické vyjádření poměru mezi nedegradovanou částí krmiva v bacheru a částí, která podlehne nejdříve bakteriálnímu rozkladu a dále je z ní tvořen mikrobiální protein (Pozdíšek a kol., 2008).

Sacharidy tvoří 50-80% sušiny krmiv a jsou hlavním zdrojem energie pro přežvýkavce. Z hlediska výživy rozlišujeme sacharidy jednoduché a zásobní.

Všeobecně se doporučuje, aby denní dávka škrobu a cukrů, nebyla vyšší než 250 g v 1 kg sušiny KD, protože dobytek je schopen v tenkém střevě využít max. 1,0 – 1,5 kg škrobu za den (Pozdíšek a kol., 2008).

Škrob je významným zdrojem energie v krmných dávkách přežvýkavců a je nezbytnou živinou k dosažení vysoké úrovně produkce. Optimální využití škrobu je tedy základem zlepšení efektivity produkce živočišných výrobků (Dvořáček a kol., 1999).

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 zrnu převažuje obsah škrobu (Zimolka a kol., 2008).

Hrubá vláknina patří k nejstarším metodám stanovení složitého komplexu látek rostlinného původu patřících do skupiny tzv. strukturálních sacharidů. Množství hrubé vlákniny v KD závisí na živé hmotnosti a intenzitě produkce mléka, resp. přírůstcích živé hmotnosti zvířat. Při zvyšující se intenzitě vzrůstají nároky na stravitelnost živin, která je v přímé negativní závislosti s obsahem vlákniny v KD. Tímto je podíl hrubé vlákniny úzce determinovaný a pohybuje se v relativním vyjádření u dojnic v rozpětí zhruba od 27 % ze sušiny KD u zachovné dávky do 15 % při denní produkci 35 kg mléka (FCM), při vyšší produkci mléka by v žádném případě neměla denní dávka klesnout pod 3 kg, z toho musí být 80 % vlákniny v strukturální formě

Acidodetergentní vláknina (ADF) vyjadřuje obsah celulózy, ligninu a lignifikovaných dusíkatých složek rostlin. Je relativně rychlou, často používanou metodou stanovení vlákniny, ale není tak přesná, jelikož nereprezentuje celkový obsah buněčných stěn v krmivech, protože není analyticky stanovena frakce hemicelulózy. Podle NRC (2001) by podíl ADF u vysokoprodukčních dojnic měl být v rozmezí 17 – 22 % v sušině KD.

Neutrálně detergentní vláknina (NDF) vyjadřuje obsah acido detergentní vlákniny

a hemicelulózy. Je nejpřesnějším ukazatelem celkového obsahu vlákniny, resp. stavebních složek buněčných stěn rostlin. Má velmi úzký korelační vztah k příjmu sušiny z krmiv, ruminaci a celkové aktivitě přežvykávání. Podíl NDF by měl být v rozmezí 30 – 45 % v sušině (Pozdíšek a kol., 1998).

Charakteristickým procesem v silážní hmotě je tvorba organických kyselin, které vznikají především při mikrobiálním rozkladu vodorozpustných sacharidů. Kvalitu siláže ovlivňují nejvíce jen 3 z nich a to kyselina mléčná, octová a máselná. Procentuální součet všech kyselin v siláži vyjadřuje její celkovou kyselost (Ryšavá a kol., 1996).

Tuky (olej) jsou velmi důležitou složkou zrna. Jejich obsah závisí na charakteru hybridu, půdních a klimatických podmínkách. Pohybuje se v rozmezí 3-6 % a s výjimkou ovsa je to u obilovin nejvyšší hodnota.

Popeloviny jsou zastoupeny v zrnu kukuřice od 1,19 – 1,45 %, tedy podstatně méně než u ovsa a o něco méně než u zrna pšenice, ječmene a žita.

Asi  $\frac{3}{4}$  ML jsou soustředěny v klíčku a téměř celé zbývající množství připadá na sklovité části endospermu, zatímco moučnatá část je na ML velmi chudá. Podobně jako ostatní obiloviny má i kukuřice nízký obsah Ca, naopak je bohatá na P ve formě fytinu (podvojně sloučeniny hořečnaté soli s kyselinou fosforečnou), což je příčina nízké kalcifikační účinnosti kukuřice. Zrno obsahuje i značné množství K a Fe, má ale málo Na a Mg (Zimolka a kol., 2008).

Netto energie je část metabolizované energie uložená v záchově a produkci (přírůstek, laktace). Výpočet netto energie krmiva se provede vynásobením obsahu metabolizovatelné energie koeficientem utilizace ME odlišným pro laktaci nebo výkrm, metabolizovatelností energie (koncentrací energie) a úrovní výživy (Kudrna a kol., 1998).

Hodnocení obsahu energie v krmivech a vyjádření potřeby energie pro dojnice na záchovu a laktaci je v systému NRC (2001) vyjádřeno v jednotkách NEL (obsah energie na laktaci) (Třináctý a kol., 2009)

### **3.3. Kvalita kukuřičné siláže**

Výroba kvalitních objemných krmiv na orné půdě a trvalých travnatých porostech je základem výživy skotu (Kudrna a kol., 1998).

Pokud chceme hovořit o kvalitativních ukazatelích kukuřičné siláže, potom musíme

volit taková kritéria, které splňují potřebu a požadavky zvířat (Jambor, 2003).

Vývoj zrání kukuřice, především změny obsahu sušiny, ovlivňují kvalitu získaného krmiva, celkové ztráty silážováním a příjem sušiny zvířaty (Vrzal, Loučka, 1998).

Dále se vychází z toho, že vysoce kvalitní krmivo pro skot, se získá především výběrem vhodných hybridů a jejich silážováním vhodnou metodou (Loučka a kol., 2000).

K nejdůležitějším faktorům určujícím nutriční hodnotu krmiv patří stravitelnost. Její hodnota významně ovlivňuje množství živin a energie, jež má zvíře k dispozici. U objemných krmiv stravitelnost kolísá v důsledku vegetační fáze, stupně lignifikace pletiv, klimatických faktorů, technologie sklizně, konzervace a uskladnění (Kudrna a kol., 1998).

Kukuřice jako rostlina je tvořena, co do obsahu, velmi odlišnými částmi. Jednotlivé podíly nejsou v žádném případě konstantní, neboť jsou ovlivňovány výrazně typem hybridu, klimatickými podmínkami, dobou sklizně a úrovní kvality práce sklizňové techniky. Konečná krmná hodnota je výsledkem dílčích krmných hodnot jednotlivých částí rostliny, kde rozhodujícím nositelem energie je klas, ve kterém je zastoupeno plných 65 % veškerých živin (Čermák, Křížková, 1999)

Hodnocení kvality krmiv je předpokladem jejich efektivního využití v sestavovaných krmných dávkách. Dostatečný příjem živin, odpovídající nutričním požadavkům zvířat, je zárukou nejen vysoké užitkovosti naplňující genetický potenciál zvířete a snížení ekonomických nákladů, ale i dobrého zdravotního stavu zvířete. Nutriční hodnota krmiva zahrnuje obsah živin a energie, jejich stravitelnost, dietetické vlastnosti a vhodnost pro metabolické funkce a také množství přijatého krmiva. Příjem sušiny, který je výsledkem souboru fyziologických vlastností zvířete a kvality krmiva, významně determinuje krytí živinových požadavků zvířete (Kudrna a kol., 1998).

### **3.3.1. Hodnocení kvalitativních parametrů kukuřičné siláže**

Vzhledem ke skutečnosti, že kukuřice patří k nejdůležitějším krmným plodinám pěstovaným v ČR, je důležité znát její krmnou a výživnou hodnotu. Hodnocení těchto hodnot a celkové kvality kukuřice prošlo v poslední době výraznými změnami. V ČR se přešlo z dřívějšího stanovení výživné hodnoty škrobovými jednotkami (ŠJ) a stravitelnými dusíkatými látkami (SNL) k mnohem detailnějšímu systému, jehož výsledkem je určení energetické hodnoty vyjádřené v netto energii (NEL – netto energie laktace – pro dojnice

a NEV – netto energie výkrmu – pro rostoucí zvířata). Změnou prošlo i hodnocení dusíkaté složky krmiva z dříve používané jednotky stravitelnosti dusíkaté složky (SNL) na přesnější jednotky, vyjadřující využití dusíkaté složky k produkci – PDI (protein skutečně stravitelný v tenkém střevě (Zimolka a kol., 2008).

Při posuzování kukuřičné siláže je základním hodnotícím znakem její výživná hodnota, která závisí na vegetační fázi a sušině celé rostliny (kukuřice pěstovaná na siláž má nejvyšší produkční účinnost, když je sklizena při sušině 30 - 33 %). Z výživářského hlediska nás zajímá fáze, při které se získá optimální obsah krmných hodnot. Nárůst energetické hodnoty pokračuje do stádia plně mléčně voskové zralosti, kdy již zraje palice. Sušina palice je vyšší než 40 % a na hmotnosti sušiny celé rostliny se podílí více než ze 40 %. Nejvyšší výnos sušiny se u porostů silážní kukuřice získává teprve tehdy, když podíl sušiny palice tuto hranici překročí (Kudrna a kol., 1998).

Metody používané k hodnocení kvality kukuřičné siláže jsou chemické metody, jako je analýza vlákniny, biologické metody jako je hodnocení fermentační aktivity bachorových mikroorganismů a pomocné metody, jako je spektroskopie v blízké infračervené oblasti (NIR), která spíše určí živiny v krmivu než měřením přímo. Všechny tyto metody vyžadují, aby analyzovaný vzorek z krmiva podávaného zvířatům, byl reprezentativní (Roth, Undersander, 1995).

Jak známo, kukuřice je plodinou mikroklimatu a v různém prostředí mývá i významně odlišný vývoj a tedy i výnos hmoty a jednotlivých živin. Posuzováním kukuřice jen podle výsledků z jednoho stanoviště by mohlo dojít k jejich zkreslení (Machačová a kol., 2000).

U siláží nejde hodnotit pouze kvalitu fermentačního procesu, ale je důležité hodnotit i živiny, které se přímo vztahují na produkční účinnost krmiv. Hodnocení vychází z obsahu sušiny, vlákniny a NL. Důvodem pro hodnocení sušiny v současné době je stav technologie krmení. Byly zavedeny krmné míchací vozy se systémem krmení TMR, který vyžaduje, aby siláže měly optimální sušinu cca 35% (Pozdíšek a kol., 2008).

Nejrozšířenější způsob hodnocení NL u nás, byl převzat z francouzského systému PDI. Systém PDI je založen na porovnání přívodu živin s normou potřeby pro daný druh a užitkovost. Systém PDI posuzuje požadavky organismu na zásobení proteinem podle jeho množství skutečně vstupujícího do tenkého střeva (Kudrna a kol., 1998).

Ideálně fermentovaná kukuřičná siláž by měla mít zeleno–žluto–hnědou barvu, jemnou mléčnou vůni, sušinu kolem 32 %, pH 4 až 4,2 a podíl kyseliny mléčné k octové v poměru

3:1 a vyšší. Pokud má navíc ve 100 % sušině obsah NL kolem 8,3 %, tuku 2,8 %, popelovin 4,5 %, BNLV 61 %, vlákniny 23 %, NDF 48,5 % a ADF 25 %, můžeme říci, že je též živinově bohatá (Loučka, Jambor, 1998).

Při laboratorním rozboru může siláž získat maximálně 100 bodů, kde 20 bodů je za sušinu, 30 bodů za vlákninu, 20 bodů za NL a 30 bodů za fermentační proces. Při nedodržení kvalitativních ukazatelů jsou prováděny srážky v bodech dle tabulkových hodnot (Pozdíšek a kol., 2008).

### **3.3.2. Interakce kvalitativních ukazatelů**

Základním požadavkem při výrobě kukuřičných siláží jen nejen ekonomická efektivnost výroby, ale také co nejvyšší kvalita. Objektívni posouzení a vyhodnocení kvality vyrobených objemných krmiv je důležité, ne jednoduché a to také z důvodu vzájemných interakcí kvalitativních ukazatelů. O souborných interakcích živinových ukazatelů v kukuřičné siláži není mnoho napsáno, a proto se jimi zabýváme v této práci.

## **4. Materiál a metodika**

### **4.1. Zdroj dat pro analýzu**

Kvalitativní analýzy kukuřičných siláží uváděné v této práci byly zpracovány akreditovanou společností EKO-LAB Žamberk spol. s r.o. ze sklizňových let 2007 – 2011. Tato společnost je již na trhu známá více než 20 let. Jejím oborem činnosti je provádění chemických a mikrobiologických rozborů krmiv, rostlin a některých potravinářských výrobků, pitných, lékárenských, bazénových a odpadních vod, půd, kompostů, čistírenských kalů a vodných výluhů. Tato práce vznikla díky spolupráci naší univerzity s VÚŽV Uhřetěves, který nám poskytl veškerá data ze sledování kvalitativních ukazatelů kukuřičných siláží.

### **4.2. Metody použitých analýz**

#### **Stanovení obsahu vlákniny (CF):**

Vláknina se stanoví jako zbytek po hydrolýze, směsí kyselin dusičné a octové za varu, po odečtení popela vážkově.

#### **Stanovení obsahu neutrálně detergentní vlákniny (NDF):**

Neutrálně detergentní vláknina, jako zbytek buněčných stěn rostlinných pletiv, se stanoví vážkově po hydrolýze vzorku v prostředí neutrálního roztoku laurylsulfátu sodného.

#### **Stanovení obsahu acido detergentní vlákniny (ADF):**

Acido detergentní vláknina je lignocelulózový zbytek buněčných stěn rostlinných pletiv, který se stanoví vážkově po kyselé hydrolýze vzorku krmiva v prostředí kyselého roztoku cetyltrimetylamonium bromidu.

#### **Stanovení obsahu vlhkosti (sušiny):**

Obsah vlhkosti se stanoví vážkově jako úbytek po vysušení vzorku při 105 °C, u vlhkých nebo zvláště vyjmenovaných krmiv po předsušení při 50 až 60 °C za předepsaných podmínek, vážkově. Pro vztah vlhkosti a sušiny vzorku platí : obsah vlhkosti + obsah sušiny v (g/kg) = 1000

**Stanovení obsahu popela:**

Popel se stanoví vážkově jako zbytek hmoty po zpopelnění při teplotě 550 °C do konstantní hmotnosti za předepsaných podmínek.

**Stanovení dusíkatých látek (NL):**

Dusíkaté látky se stanoví titračně acidimetry po mineralizaci vzorku horkou kyselinou sírovou převedením na síran amonný, vytěsněním amoniaku hydroxidem sodným a jeho predestilováním do kyseliny borité.

**Stanovení obsahu celkového fosforu (P):**

Fosfor se stanoví po mineralizaci vzorku kyselinou sírovou po reakci s molybdatovanadátovým činidlem spektrofotometry.

**Stanovení obsahu vápníku (Ca), sodíku (Na) a draslíku (K) :**

Vápník, sodík a draslík se stanoví ve výluhu po mineralizaci vzorku kyselinou sírovou metodou emisní plamenové spektrometrie.

**Stanovení obsahu hořčíku (Mg):**

Hořčík se stanoví ve výluhu po mineralizaci vzorku kyselinou sírovou metodou atomové absorpční spektrometrie.

**Stanovení obsahu škrobu :**

Škrob se stanoví polarimetry po hydrolýze vzorku kyselinou chlorovodíkovou a odstranění bílkovin Carresovými činidly.

**Stanovení obsahu tuku :**

Při vyšších obsazích tuku – vážkově po extrakci tuku hexanem. Při nižších obsazích a známém typu materiálu se provádí výpočtem po dosazení tabulkové hodnoty.



### **Stanovení bezdusíkatých látek výtažkových (BNVL) :**

Výpočtem dle ČSN 46 7092-24. Tato norma platí pro způsob výpočtu obsahu bezdusíkatých látek výtažkových z výsledků stanovení základních složek krmiv, vlhkosti, dusíkatých látek ( $N \times 6,25$ ), tuku, popela a vlákniny (močoviny a amoniaku).

Obsah bezdusíkatých látek výtažkových se stanoví nepřímo výpočtem, pomocí zjištěných obsahů základních složek krmiv stanovených objektivními zkušebními metodami podle ČSN 46 7092 – 3, 46 7092 – 4, 46 7092 – 7, ČSN 467092 – 9 a ČSN 46 7092 – 20 popř. i ČSN 46 7092 – 6 jako zbytek do 1000 g/kg.

**BNVL** – lehce hydrolyzovatelné sacharidy, většinou buď škrob nebo cukry, popř. obojí; v menším zastoupení je přítomen lignin, pentosany apod.

### **Stanovení proteinu skutečně stravitelného v tenkém střevě (PDI) :**

Výpočtem dle Katalogu krmiv (Zeman a kol., 1995).

**Stanovení PDI** – stanoví se obsah dusíkatých látek v krmivu, dále degradovatelnost standardizovanou metodou *in situ*, stanoví se obsah fermentovatelné organické hmoty (FOM) výpočtem z celkového obsahu stravitelné organické hmoty po odečtení obsahu tuku, nedegradovatelného proteinu krmiva a fermentačních produktů siláží, stanoví se „skutečná stravitelnost“ nedegradovaného skutečného proteinu krmiva v tenkém střevě (dsi);

**PDIA** - nedegradovaný protein krmiva v bachoru skutečně stravitelný v tenkém střevě ( $1,11 \times NL \times (1 - \text{deg}) \times \text{dsi}$ );

**PDIM** - mikrobiální protein skutečně stravitelný v tenkém střevě;

Protože každé krmivo zajišťuje bachorovým mikroorganismům degradovatelný protein a zdroj energie, má PDIM dvě složky:

**PDIMN** - množství mikrobiálního proteinu syntetizovatelného z degradovaného proteinu, pokud není obsah využitelné energie a dalších živin limitující [ $0,64 \times NL \times (\text{deg} - 0,10)$ ];

**PDIME** - množství mikrobiálního proteinu krmivá syntetizovatelného z využitelné energie, pokud není obsah degradovatelného proteinu a dalších živin limitující ( $0,093 \times \text{FOM}$ );

Každé krmivo má proto dvě hodnoty PDI, a to PDIN a PDIE:

$$\text{PDIN} = \text{PDIA} + \text{PDIMN}$$

$$\text{PDIE} = \text{PDIA} + \text{PDIME}$$

**Stanovení pH :** pH je vodíkový exponent udávající, zda vzorek (vodný roztok) reaguje kyselé či alkalicky zobrazené logaritmickou stupnicí s rozsahem hodnot 0 – 14.

### **Stanovení energetické hodnoty krmiva [netto energie laktace (NEL); netto energie výkrmu (NEV)]**

Energetická hodnota krmiva (kJ / kg) vychází z konkrétního obsahu živin v krmivu (g / kg) a počítá se s pomocí rovnic, odvozených z bilančních pozorování u jednotlivých druhů zvířat.

#### **Vzorec pro výpočet netto energie laktace:**

$$\text{NEL} = \text{ME} \times [0,4632 + 0,24 \times q];$$

(q je koeficient metabolizovatelnosti energie;  $q = \text{ME} / \text{BE}$ )

#### **Vzorec pro výpočet obsahu netto energie pro výkrm**

$$\text{NEV (MJ)} = \text{ME} \times k_{zp};$$

[ $k_{zp}$  je koeficient ME pro výpočet NEV;  $k_{zp} = (k_z \times k_p) \times 1,5 / k_p + k_z \times 0,5$ ;  $k_z$  je koeficient využití ME pro záchovu;  $k_z = 0,554 + 0,287 \times q$ ;  $k_p$  je koeficient využití ME pro přírůstek živé hmotnosti;  $k_p = 0,006 + 0,780 \times q$ ; q je koeficient metabolizovatelnosti energie;  $q = \text{ME} / \text{BE}$ ]

### **Stanovení OH**

Stanoví se výpočtem jako rozdíl mezi obsahem sušiny a popele.

## **4.3. Statistická analýza dat**

Základní korelační analýzy byly vypočteny v programu STATISTICA 9.1. s použitím Pearsonových korelačních koeficientů. V tomto programu byl dále vyhodnocen vliv ročníku pomocí jednoduché analýzy rozptylu. Vícerozměrné statistické analýzy byly zpracovány v programu CANOCO 4.1. Zde byla použita redundanční analýza a separace vlivu jednotlivých proměnných pomocí parciálních analýz.

## 5. Výsledky

### 5.1. Variabilita hodnot a vliv ročníku

V této kapitole jsou uvedeny výsledky základních statistických analýz kvalitativních ukazatelů kukuřičných siláží z let 2007 – 2008 a vlivu ročníku na organické živiny, fermentační proces, netto energii, PDI a minerálních látek.

V Tab. 1. na str. 22 průměr udává procentické zastoupení jednotlivých živin ve 100 % sušině. Minimum a maximum nám udává nejnižší a nejvyšší naměřenou procentuální hodnotu živin ve zkoumaných vzorcích. Nejvyšší průměr má kyselost vodního výluhu (KVV), dále pak organická hmota (OH). Medián definuje prostřední hodnotu výběru nacházejícího se uprostřed rozpětí minima a maxima. Směrodatná odchylka udává, jak kolísají naměřené hodnoty od průměru. Nejvíce je to patrné opět u kyselosti vodního výluhu a PDIN.

**Tab. 1. Základní statistická analýza kvalitativních ukazatelů kukuřičných siláží z let 2007 - 2011**

Proměnná	Popisné statistiky (databáze siláží.sta)							
	N plat.	Průměr	Medián	Min	Max	S.odch.	Kf.prom.	Sv.chy.
sušina	456	33,75	33,54	23,07	44,90	3,80	11,27	0,18
NL	456	8,33	8,35	5,32	12,12	0,93	11,16	0,04
Tuk	456	3,26	3,23	0,00	4,24	0,39	12,00	0,02
CF	456	19,48	19,14	13,50	27,79	2,61	13,39	0,12
ADF	456	23,37	22,91	13,39	41,57	3,58	15,33	0,17
NDF	456	46,12	45,75	29,42	66,48	5,59	12,12	0,26
BNLV	456	64,79	65,22	53,82	71,89	3,07	4,75	0,14
škrob	456	31,67	32,12	10,70	49,29	5,58	17,60	0,26
OH	456	95,86	95,91	92,40	98,70	0,71	0,74	0,03
NEL	456	6,34	6,41	5,96	6,70	0,18	2,88	0,01
NEV	456	6,32	6,41	5,89	6,77	0,23	3,60	0,01
popel	456	4,14	4,09	1,30	7,60	0,71	17,08	0,03
Ca	456	0,25	0,24	0,12	0,80	0,08	33,22	0,00
P	456	0,23	0,23	0,14	0,34	0,03	14,28	0,00
Na	456	0,01	0,01	0,00	0,07	0,01	56,01	0,00
K	456	1,01	0,99	0,56	1,65	0,17	17,03	0,01
Mg	456	0,13	0,12	0,07	0,27	0,02	18,43	0,00
PDIA	456	16,32	16,37	10,43	23,73	1,82	11,13	0,09
PDIN	456	50,85	51,00	32,50	74,00	5,66	11,13	0,26
PDIE	456	67,29	67,65	57,26	75,06	3,11	4,62	0,15
pH	456	3,74	3,74	3,33	4,22	0,13	3,53	0,01
KVV	456	1528	1496	714	2433	291	19	13
kys.ml.	456	1,96	1,93	0,76	3,44	0,40	20,57	0,02
kys.oct.	456	0,60	0,52	0,16	1,80	0,27	43,95	0,01
kys.más.	456	0,03	0,02	0,01	0,10	0,03	100,63	0,00

Legenda: N plat. = počet všech měření; Min = minimum; Max = maximum;

S.odch. = směrodatná odchylka; Kf. Prom. = koeficient proměnlivosti; Sv.chy. = střední výběrová chyba; kys.ml. = kyselina mléčná; kys.oct. = kyselina octová; kys.más. = kyselina máselná

Z Tab. 2. je zřejmé, jak ročník ovlivnil obsah organických živin v kukuřičných silážích a zda-li živiny vykazují v jednotlivých letech rozdíly mezi sebou. Nejvyšší obsah sušiny byl v r. 2008, a s ní souvisí i nejvyšší hodnota bezdusíkatých látek výtažkových, škrobu, organické hmoty a dusíkatých látek. Tato souvislost platí i v případě roku 2010, ovšem zde jsou hodnoty nejnižší, kromě dusíkatých látek, které mají nejnižší hodnotu v roce 2011. Hrubá vláknina je statisticky nevýznamná. Acido detergentní a neutrálně detergentní vláknina byla nejvyšší v roce 2009 a nejnižší v roce 2007. U sušiny se průkazně liší rok 2010 od předešlých let. Ročník průkazně ovlivňuje obsah sušiny a organických živin s výjimkou hrubé vlákniny.

**Tab. 2. Vliv ročníku na obsah sušiny a organických živin**

	Sušina (%)	BNLV (%)	Škrob (%)	OH (%)	NL (%)	CF (%)	ADF (%)	NDF (%)
2007	34,03 <sup>ab</sup>	64,74 <sup>ab</sup>	31,34 <sup>ab</sup>	95,87 <sup>a</sup>	8,41 <sup>ac</sup>	19,42	22,56 <sup>a</sup>	44,79 <sup>a</sup>
2008	35,17 <sup>b</sup>	65,38 <sup>b</sup>	32,62 <sup>a</sup>	96,11 <sup>a</sup>	8,53 <sup>a</sup>	18,96	23,23 <sup>ab</sup>	45,54 <sup>ab</sup>
2009	34,07 <sup>ab</sup>	64,67 <sup>ab</sup>	31,06 <sup>ab</sup>	95,81 <sup>a</sup>	7,96 <sup>b</sup>	19,97	24,53 <sup>b</sup>	47,86 <sup>b</sup>
2010	31,43 <sup>c</sup>	63,66 <sup>a</sup>	29,27 <sup>b</sup>	95,40 <sup>b</sup>	8,66 <sup>a</sup>	19,75	23,75 <sup>ab</sup>	47,37 <sup>ab</sup>
2011	33,07 <sup>ac</sup>	64,92 <sup>ab</sup>	32,76 <sup>a</sup>	95,87 <sup>a</sup>	8,07 <sup>bc</sup>	19,61	23,24 <sup>ab</sup>	46,04 <sup>ab</sup>
p	<0,0000	0,0093	0,0003	<0,0000	<0,0000	0,0786	0,0095	0,0020

Rozdílné písmenné indexy vyjadřují statisticky průkazné rozdíly na  $P < 0,05$ , Tukey HSD

Legenda: OH = organická hmota; NL = dusíkaté látky; p = hladina významnosti

Z Tab. 3. na str. 24 je patrné, že nejvyšší hodnota tuku byla v roce 2010 a nejnižší v roce 2009, ovšem tuk je statisticky nevýznamným. Nejvyšší zastoupení netto energie byla v roce 2008, nejnižší pak v roce 2009. PDI bylo nejvyšší v roce 2010 a nejnižší v roce 2009. Je jasné patrné, že hodnoty z roku 2009 u netto energie laktace a výkrmu se průkazně liší od ostatních let.

**Tab. 3. Vliv ročníku na obsah tuku, Netto energie a PDI**

	Tuk (%)	NEL (MJ)	NEV (MJ)	PDIA (g)	PDIN (g)	PDIE (g)
2007	3,28	6,36 <sup>a</sup>	6,34 <sup>a</sup>	16,47 <sup>ac</sup>	51,31 <sup>ac</sup>	67,72 <sup>a</sup>
2008	3,22	6,37 <sup>a</sup>	6,35 <sup>a</sup>	16,71 <sup>a</sup>	52,08 <sup>a</sup>	68,27 <sup>a</sup>
2009	3,21	6,25 <sup>b</sup>	6,20 <sup>b</sup>	15,60 <sup>b</sup>	48,61 <sup>b</sup>	66,15 <sup>b</sup>
2010	3,33	6,35 <sup>a</sup>	6,34 <sup>a</sup>	16,97 <sup>a</sup>	52,89 <sup>a</sup>	67,77 <sup>a</sup>
2011	3,28	6,33 <sup>a</sup>	6,31 <sup>a</sup>	15,83 <sup>bc</sup>	49,33 <sup>bc</sup>	66,27 <sup>b</sup>
P	0,2681	0,0001	0,0002	<0,0000	<0,0000	<0,0000

Rozdílné písmenné indexy vyjadřují statisticky průkazné rozdíly na  $P < 0,05$ , Tukey HSD

Z Tab. 4 je zřejmé, že nejvyšší obsah popela byl v roce 2010. V tomto roce byl nejvyšší obsah i u vápníku, fosforu a draslíku, zatímco u sodíku to bylo v roce 2007 a u hořčíku v roce 2007, 2010 a 2011. Nejnižší hodnoty jsou u popela v roce 2008. V roce 2011 byl nejnižší obsah u vápníku a sodíku. U fosfor byla nejnižší hodnota v roce 2007. U draslíku byla nejnižší hodnota v letech 2007 a 2008. Tyto roky se významně liší od ostatních. U hořčíku byla nejnižší hodnota v roce 2008 a 2009. U popela je patrné, že rok 2010 se statisticky významně lišil od ostatních let.

**Tab. 4. Vliv ročníku na obsah minerálních látek**

	Popel (%)	Ca (%)	P (%)	Na (%)	K (%)	Mg (%)
2007	4,13 <sup>a</sup>	0,25 <sup>ab</sup>	0,21 <sup>a</sup>	0,02 <sup>a</sup>	0,95 <sup>b</sup>	0,13 <sup>ab</sup>
2008	3,89 <sup>a</sup>	0,26 <sup>a</sup>	0,22 <sup>a</sup>	0,014 <sup>a</sup>	0,95 <sup>b</sup>	0,12 <sup>ab</sup>
2009	4,19 <sup>a</sup>	0,25 <sup>ab</sup>	0,23 <sup>b</sup>	0,013 <sup>ab</sup>	1,06 <sup>a</sup>	0,12 <sup>a</sup>
2010	4,60 <sup>b</sup>	0,27 <sup>a</sup>	0,25 <sup>c</sup>	0,013 <sup>ab</sup>	1,09 <sup>a</sup>	0,13 <sup>ab</sup>
2011	4,13 <sup>a</sup>	0,23 <sup>b</sup>	0,24 <sup>bc</sup>	0,010 <sup>b</sup>	1,05 <sup>a</sup>	0,13 <sup>b</sup>
p	<0,0000	0,0025	<0,0000	<0,0000	<0,0000	0,0002

Rozdílné písmenné indexy vyjadřují statisticky průkazné rozdíly na  $P < 0,05$ , Tukey HSD

Z Tab. 5 je zřejmé, že ročník průkazně ovlivňuje obsah sušiny a všechny ukazatele fermentačního procesu s výjimkou kys. mléčné. Zastoupení kyseliny mléčné bylo nejvyšší v roce 2007, nejnižší v roce 2010. Nejvyšší hodnota pH byla v roce 2010, nejnižší v roce 2007. Kyseliny octové bylo nejméně v roce 2007, nejvíce v roce 2011. Kyseliny máselné bylo nejméně v letech 2007, 2008 a 2010, nejvíce v roce 2011. Rok 2011 je u kyseliny octové i máselné statisticky průkazně rozdílný od ostatních let. Kyselost vodního výluhu byla nejvyšší v roce 2007 a nejnižší v roce 2010.

**Tab. 5. Vliv ročníku na obsah pH, KVV a obsah organických kyselin**

	pH	Kys.mléčná (%)	Kys.octová (%)	Kys.máselná (%)	KVV
2007	3,67 <sup>b</sup>	2,02	0,53 <sup>a</sup>	0,02 <sup>a</sup>	1589,10 <sup>b</sup>
2008	3,73 <sup>a</sup>	1,94	0,62 <sup>a</sup>	0,02 <sup>a</sup>	1532,01 <sup>ab</sup>
2009	3,72 <sup>ab</sup>	1,94	0,59 <sup>a</sup>	0,03 <sup>a</sup>	1516,83 <sup>ab</sup>
2010	3,84 <sup>c</sup>	1,92	0,52 <sup>a</sup>	0,02 <sup>a</sup>	1418,76 <sup>a</sup>
2011	3,76 <sup>a</sup>	1,96	0,72 <sup>b</sup>	0,05 <sup>b</sup>	1539,90 <sup>ab</sup>
p	<0,0000	0,5361	<0,0000	<0,0000	0,0084

Rozdílné písmenné indexy vyjadřují statisticky průkazné rozdíly na  $P < 0,05$ , Tukey HSD  
Legenda: KVV = kyselost vodního výluhu;

Tab. 6 na str. 26 udává výsledky základní korelační analýzy, které ukazují vzájemné vztahy u vybraných parametrů kvality. Červeně zbarvené hodnoty udávají, zda je hodnota statisticky významná (tzn. že koreluje). Je patrné, že z organických živin nejvíce korelují dusíkaté látky. Neutrálně detergentní vláknina naopak moc nekoreluje. Z vypočtených hodnot nejvíce koreluje popel a nejméně netto energie laktace. U fermentačních ukazatelů nejméně koreluje pH a nejvíce kyselina máselná. Všechny uvedené ukazatele korelují nejvíce s PDIE, se sušinou s draslíkem, se škrobem a hrubou vlákninou. Fermentační ukazatele nekorelují s organickou hmotou. S tukem koreluje jen netto energie laktace a PDIE.

**Tab. 6. Interakce kvalitativních ukazatelů**

	NL	CF	NDF	škrob	PDIE	NEL	popel	pH	K.ml	K.má
Sušina	-0,14	-0,47	-0,34	0,56	0,32	0,12	-0,29	0,20	-0,06	-0,10
NL	-	-0,11	>0,00	-0,20	0,69	0,47	0,25	0,06	0,11	-0,43
Tuk	0,09	0,08	0,03	-0,03	0,23	0,43	0,07	0,05	-0,02	-0,06
CF	-0,11	-	0,57	-0,70	-0,35	-0,14	0,28	-0,20	0,01	0,29
ADF	0,03	0,70	0,56	-0,59	-0,17	-0,08	0,26	-0,12	-0,01	0,12
NDF	>0,00	0,57	-	-0,57	-0,19	-0,08	0,23	-0,06	0,01	0,11
BNLV	-0,28	-0,89	-0,54	0,75	0,08	-0,04	-0,56	0,15	-0,06	-0,12
Škrob	-0,20	-0,70	-0,57	-	0,15	0,04	-0,38	0,18	-0,11	-0,04
OH	-0,25	-0,28	-0,23	0,38	0,10	0,15	-0,99	-0,03	-0,05	-0,05
NEL	0,47	-0,14	-0,08	0,04	0,72	-	-0,15	0,01	0,10	-0,34
NEV	0,47	-0,13	-0,07	0,03	0,71	0,99	-0,11	0,01	0,11	-0,33
popel	0,25	0,28	0,23	-0,38	-0,10	-0,15	-	0,03	0,05	0,04
Ca	0,53	0,03	0,07	-0,30	0,31	0,13	0,41	0,05	0,08	-0,35
P	0,22	-0,04	>0,00	-0,09	-0,03	0,01	0,36	0,18	0,15	-0,06
Na	0,33	-0,06	-0,03	-0,09	0,21	0,10	0,16	-0,02	0,05	-0,29
K	0,14	0,43	0,33	-0,51	-0,30	-0,19	0,58	0,03	0,15	0,21
Mg	0,26	0,06	0,01	-0,17	0,01	0,03	0,30	0,09	0,17	0,01
PDIA	0,99	-0,11	>0,00	-0,21	0,68	0,47	0,25	0,06	0,11	-0,43
PDIN	0,99	-0,11	<0,00	-0,21	0,68	0,47	0,25	0,06	0,11	-0,43
PDIE	0,69	-0,35	-0,19	0,15	-	0,72	-0,10	0,27	-0,28	-0,50
pH	0,06	-0,20	-0,06	0,18	0,27	0,01	0,03	-	-0,51	-0,11
KVV	0,13	0,16	0,06	-0,21	-0,34	0,08	0,15	-0,48	0,68	-0,05
K.ml.	0,11	0,01	0,01	-0,11	-0,28	0,10	0,048	-0,51	-	-0,07
K.oct.	-0,08	0,27	0,15	-0,12	-0,42	-0,14	0,07	0,03	<0,00	0,35
K.más.	-0,43	0,29	0,11	-0,04	-0,50	-0,34	0,04	-0,11	-0,07	-



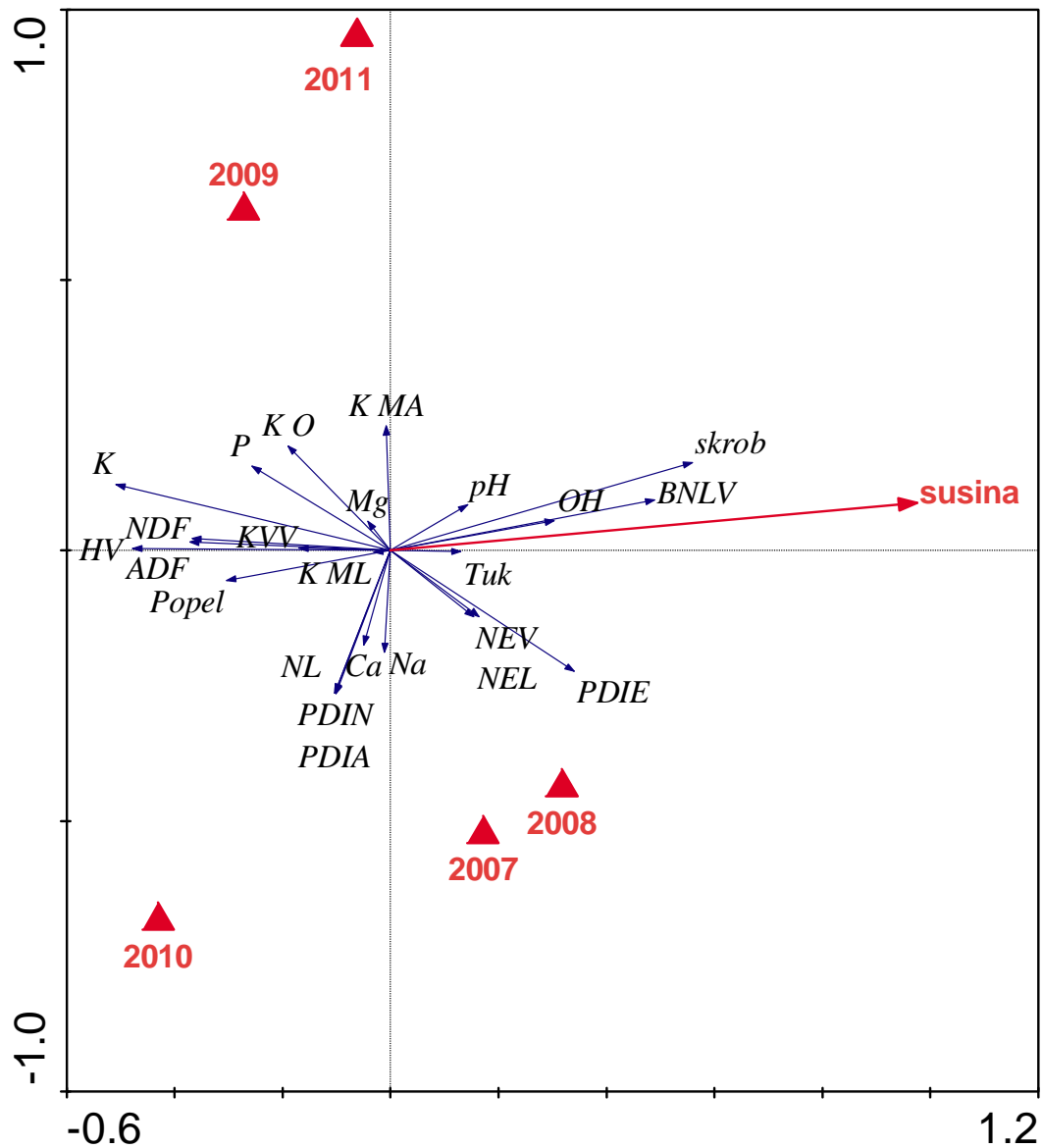
## 5.2. Vícerozměrné statistické analýzy

### Vliv ročníku a sušiny na kvalitu siláží:

Vliv ročníku a sušiny na hodnocené kvalitativní ukazatele je statisticky průkazný ( $P=0,002$ ) a vysvětluje 12,6 % variability dat.

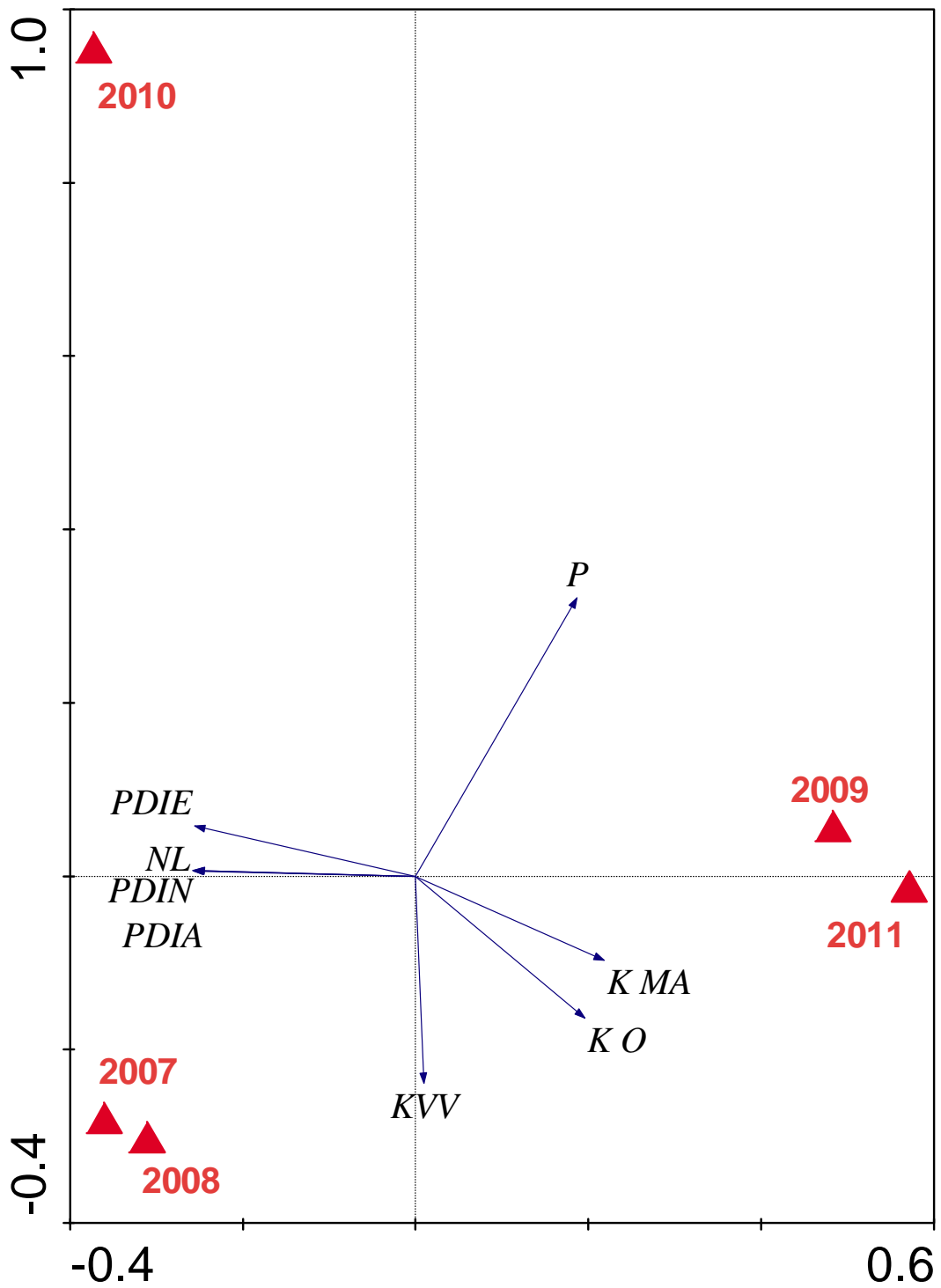
Z Grafu 1. na str. 28 je patrné, že sušina i ročník působí na všechny kvalitativní ukazatele. Sušina pozitivně ovlivňuje především obsah bezdusíkatých látek výtažkových, škrobu a PDIE, tzn. že čím vyšší je sušina, tím vyšší je i obsah těchto ukazatelů, ale negativně ovlivňuje složky vlákniny a draslík, takže obsah těchto ukazatelů s jejím rostoucím obsahem, klesají. Ročníky 2009 a 2011 ovlivňují fermentační ukazatele pozitivně a negativně PDI, které je ovšem pozitivně ovlivněno rokem 2010. PDIE je pozitivně ovlivněno nejen sušinou, ale i rokem 2008.

**Graf 1: Ordinační diagram redundanční analýzy o vlivu ročníku a sušiny na kvalitativní ukazatele kukuřičných siláží**



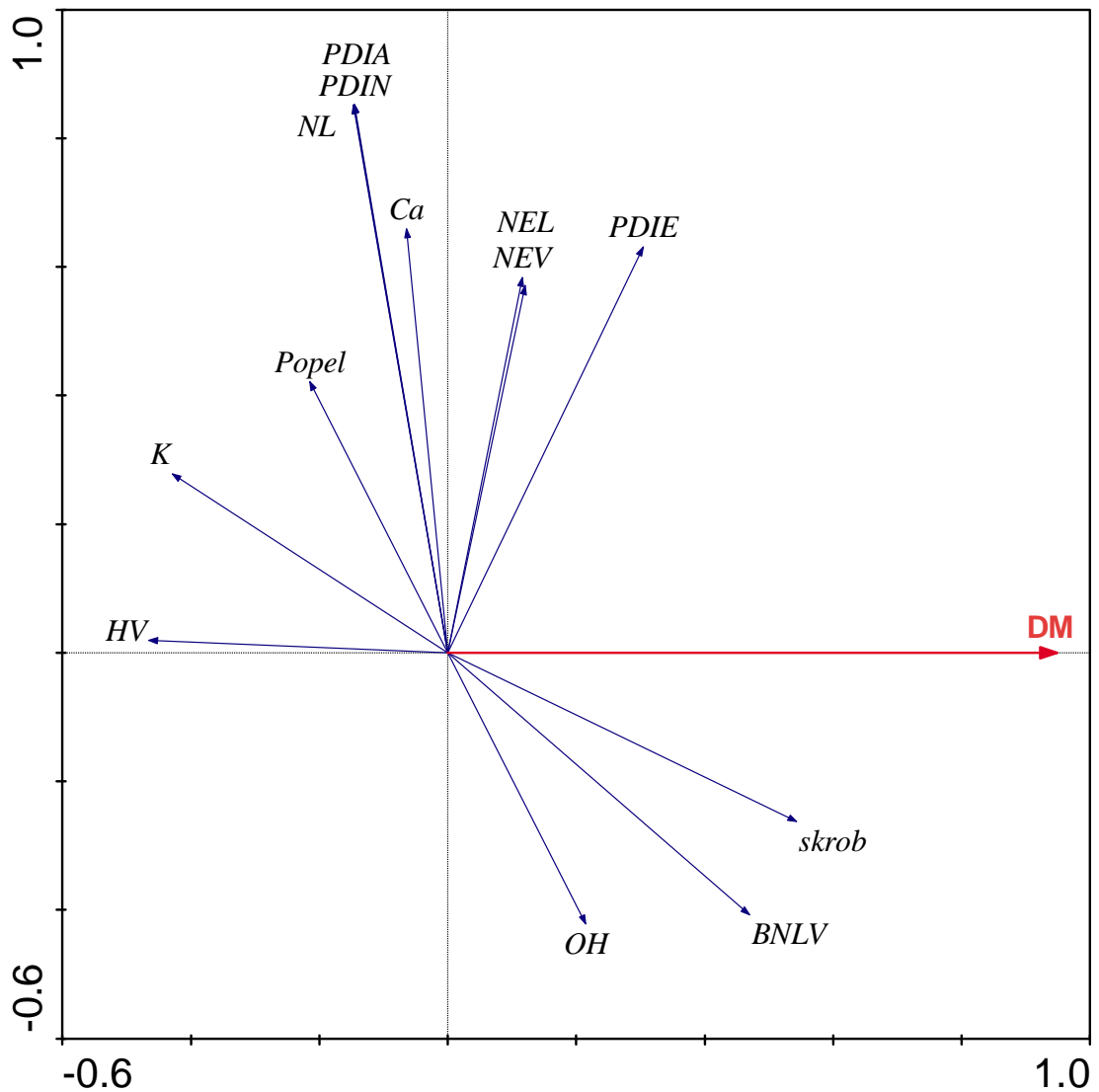
Z Grafu 2. na str. 29 je patrné že roky 2009 a 2011 pozitivně nejvíce ovlivňují fermentační ukazatele a obsah fosforu, negativně ovlivňují dusíkaté látky a PDI. Tyto roky mají velký význam na obsah kvalitativních ukazatelů. Roky 2007 a 2008 pozitivně ovlivňují obsah PDI a fermentační ukazatele. Rok 2010 ovlivňuje především PDIE a dusíkaté látky, ovšem jeho poloha v grafu neznáčí vysokou významnost.

Graf 2: Ordinační diagram redundanční analýzy o vlivu ročníku na vybrané kvalitativní ukazatele kukuřičných siláží



Graf 3. udává, že sušina významně a pozitivně ovlivňuje především obsah škrobu, bezdusíkatých látek výtažkových, organické hmoty, netto energie a PDIE. Negativně ovlivňuje především draslík, popel a také PDIA, PDIN a dusíkaté látky.

**Graf 3: Ordinační diagram redundanční analýzy o vlivu sušiny na vybrané kvalitativní ukazatele kukuřičných siláží**



Legenda: DM = sušina (dry matter);

Vliv sušiny při  $p = 0,002$  je 7,5%

Vliv ročníku při  $p = 0,002$  je 5,8%

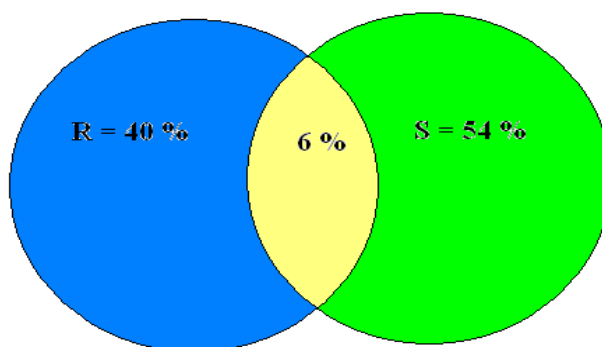
Tab. 7. udává, jakou měrou působí sušina, ročník a sušina + ročník na kvalitativní ukazatele kukuřičných siláží. Sušina + ročník mají vliv na obsah kvalitativních ukazatelů z 12,6 %. Dále udává i působení ročníku na sušinu a naopak.

**Tab. 7. Separace vlivu ročníku a obsahu sušiny na kvalitu siláží**

proměnná	kov	% vys.	p-
R+S	-	12,6	0,002
S	-	7,5	0,002
R	-	5,8	0,002

Legenda: kov = kovariáta; % vys. = procento vysvětlené variability; R = rok; S = sušina

**Graf 4. Relativní vliv ročníku a sušiny na kvalitu siláží (vliv ročníku a sušiny = 100%)**



Legenda: R = ročník; S = sušina

## 6. Diskuze

Kukuřičné siláže jsou důležitou složkou vyrovnaných krmných dávek pro přežvýkavce, proto je žádoucí, aby krmivo bylo co nejkvalitnější a to především z nutričního hlediska. Se zvyšující se užitkovost zvířat, stoupá i potřeba živin na jednotku produkce, ovšem zažívací trakt má omezenou kapacitu a proto musíme dbát především na zvýšenou koncentraci živin. V této práci je k dispozici velké množství rozborů, ale nejsou k dispozici údaje o stanovištních, klimatických a agrotechnických podmínkách, a proto jsou v práci hodnoceny především vzájemné vztahy mezi kvalitativními ukazateli kukuřičných siláží.

Statistickým vyhodnocením bylo zjištěno, že sušina významně ovlivňuje obsah organických živin, fermentačních ukazatelů, vlákniny a PDIE. Ročník významně ovlivňuje v kukuřičné siláži obsah fermentačních ukazatelů a PDI.

Při kvalitativním hodnocení kukuřičné siláže je základním určujícím znakem její výživná hodnota, která závisí na vegetační fázi a sušině celé rostliny. Podle Kudrny a kol. (1998) má kukuřice pěstovaná na siláž nejvyšší produkční účinnost, když je sklizena při sušině 30,00 – 33,00 %.

Nejvyšší obsah sušiny měla siláž v roce 2008, kdy dosahovala hodnot 35,17 % a nejnižší v roce 2010 s obsahem sušiny 31,43 %. Ideální rozmezí pro sušinu u kukuřice je mezi 32,00 – 34,00 %, kdy je zajištěn vysoký obsah škrobu (30,00 %), a tím i energie. V našich výsledcích je obsah škrobu nejvyšší v roce 2008 32,62 % a nejnižší v roce 2010 29,27 %. Dle Tab. 2. je mezi těmito ročníky průkazná rozdílnost. Domnívám se, že nízký a vysoký obsah sušiny, mohl být ovlivněn termínem sklizně. Smetana (2003) uvádí, že je důležité sklízet kukuřici v mléčně voskové zralosti. Výběr hybridu mohl také ovlivnit obsah sušiny. Výběr vhodných hybridů pro dané agroekologické podmínky patří mezi nejdůležitější pěstitelská opatření, mající přímý vliv na výši výnosu. Hybridy kukuřice určené na siláž by měly obsahovat 50,00 % a více sušiny zrna celé rostliny (Dufková, Jambor, 1999). Na obsahu sušiny závisí i ostatní ukazatele. Zjistila jsem, že sušina ovlivňuje obsah ostatních živin ze 7,50 %. Doležal a Zeman (2008) uvádí, že lepší nutriční hodnotu, zejména vyšší koncentraci škrobu, mají kukuřičné siláže s vyšším obsahem sušiny. Tyto siláže mají i vyšší obsah BNLV, jejichž hlavní složku tvoří škrob. Podle Kudrny a kol. (1998) na rozdíl od jiných krmných plodin klesá u kukuřice s nárůstem sušiny podíl vlákniny a popela. Je to dáno vývojem a zráním palic.

Škrob je významným zdrojem energie pro přežvýkavce. Jeho obsah kolísá vlivem řady činitelů. Výrazně ho ovlivňuje nejen použitý hybrid a termín sklizně, ale také technologie sklizně kukuřice. Zjistila jsem, že obsah škrobu je ovlivňován především obsahem sušiny, což je patrné v Grafu 3. V roce 2011 byl jeho obsah nejvyšší a to 32,76 % a nejnižší byl v roce 2010 a to 29,27 %. Rozdíly těchto ročníků jsou dle Tab. 2. statisticky významné a průkazně rozdílné. Průměrný obsah škrobu v kukuřičné siláži by měl být 30,00 % ze sušiny celé rostliny. V roce 2010 byl obsah škrobu podprůměrný a myslím si, že to mohlo být ovlivněno nízkým obsahem sušiny, který byl v roce 2010 také nejnižší. Při tak nízké hodnotě lze očekávat horší ekonomickou efektivnost, jelikož obsah škrobu ovlivňuje náklady na jednotku produkce.

Loučka a Jambor (2008) uvádí, že živinově bohatou kukuřičnou siláž lze označit, když má tyto hodnoty: ve 100 % sušině obsah NL kolem 8,30 %, tuku 2,80 %, popelovin 4,50 %, BNLV 61,00 %, vlákniny 23,00 %. NDF 48,50 a ADF 25,00 %. Dále uvádějí, že ideálně fermentovaná je siláž přibližně s těmito hodnotami: obsah sušiny 32,00 %, pH 4,00 – 4,20 a podíl kyseliny mléčné k octové vyšší než 3 : 1.

Výsledky rozborů uvedených v diplomové práci dávají následující průměrné hodnoty: průměrný obsah NL 8,32 %, tuku 3,26 %, BNLV 64,79 %, škrobu 31,67 %, CF 19,48 %, NDF 46,12 % a ADF 23,37 %. Myslím si, že hodnoty víceméně odpovídají tvrzení Loučky a Jambora a proto lze označit kukuřičné siláže ze sledovaných let za kvalitní.

Z předchozích údajů vyplývá, že největší podíl sušiny krmiva tvoří vláknina. Pozdíšek a kol. (1998) uvádí, že podle NRC (2001) by podíl ADF v krmné dávce u vysokoprodukčních dojnic měl být v rozmezí 17,00 – 22,00 % v sušině. Z výsledků je patrné, že nejvyšší obsah ADF byl v roce 2009 – 24,53 %, nejnižší v roce 2007 – 22,56 %. Důležitější z hlediska kukuřičné siláže je pro nás obsah NDF, který by měl být v rozmezí 30,00 – 45,00 % v sušině. Z výsledků je patrné, že nejvyšší i nejnižší hodnotu měla NDF ve stejných letech jako ADF (nejvyšší – 47, 86; nejnižší – 44, 79 %). Dle Tab. 2. je i zřejmé, že jak u ADF tak i u NDF, dle písemných indexů, ročníky vykazují průkaznou rozdílnost.

Dle Zimolky a kol. (2008) se obsah tuku v kukuřičné siláži pohybuje v rozmezí 3,00-6,00 % a s výjimkou ovsa je to u obilovin nejvyšší hodnota. Měřením byl zjištěn průměrný obsah tuku 3,26 %, což odpovídá uvedenému rozmezí. Nejvyšší byl obsah tuku v roce 2010 – 3,33 % a nejnižší v roce 2009 – 3,21 %. Hladina významnosti (p) u tuku je vyšší než 0,05, což značí, že statistické hodnoty měření jsou pro nás statisticky neprůkazné.

U dusíkatých látek je nejvyšší hodnota v roce 2010 – 8,66 % a nejnižší v roce 2009 – 7,96 %. Statisticky tyto roky vykazují významnou rozdílnost. Podle Doležala a Zemana (2008) je obsah NL na úrovni 8,00 – 9,00 % nízký, ale lze ho v krmných dávkách kompenzovat přidáním bílkovinných či jaderných krmiv.

Systém PDI hodnotí dusíkatou složku krmiva a je založen na porovnání příjmu živiny s normou potřeby pro daný druh a užitkovost. PDI posuzuje požadavky organismu na zásobení proteinem dle jeho skutečného množství vstupujícího do tenkého střeva.

Optimální pH by se podle Ryšavé a kol. (1996) mělo v kvalitní siláži pohybovat okolo 4,00 – 4,20. Průměrná hodnota pH ve sledovaných letech byla 3,73, což je podprůměrná hodnota. Domnívám se, že je to vlivem nízkého obsahu sušiny, což je zřejmé z Tab. 2. i z Grafu 1., kde je patrné, že při nízké hodnotě sušiny, je hodnota pH vysoká a naopak. Nejnižší pH bylo v roce 2007 a nejvyšší v roce 2010 a i zde se tyto roky od sebe statisticky významně liší.

Jak již bylo řečeno, podle Loučky a Jambora (2008) by měl být poměr kyseliny mléčné ke kyselině octové 3:1. Dle výsledků bylo průměrně kyseliny mléčné 1,96 % a kyseliny octové 0,60 %. Poměr obsahů těchto kyselin odpovídá poměru 3 : 1. Domnívám se, že dle těchto údajů jsou siláže ideálně fermentované. V základních statistických analýzách a z Tab.5. je patrné, že hodnoty kyseliny mléčné jsou statisticky neprůkazné ( $p > 0,05$ ). Nejvíce jí bylo v roce 2007 – 2,02 % a nejméně v roce 2010 – 1,92 %. Kyselina octová a máselná jsou statisticky průkazné ( $p < 0,05$ ). Nejméně bylo kyseliny octové v roce 2010 – 0,52 % a nejvíce v roce 2011 – 0,72 %. U kyseliny máselné nejnižší hodnota byla v letech 2007, 2008 a 2009, kdy byl obsah na stejné úrovni a to 0,02 %, nejvíce jí bylo v roce 2011 – 0,05 %. U kyseliny octové i kyseliny máselné je dle Tab. 5. zřejmé, že v roce 2011, kdy byly obsahy kyselin nejvyšší, že tento rok je průkazně rozdílný u obou kyselin od ostatních let.

Minerální látky jsou obsažené v kukuřičné siláži, ovšem jejich obsah nedosahuje vysokých hodnot. Jejich množství je u většiny pod 1 %. Popele bylo naměřeno v průměru 4,14 %. Nejvíce byl v siláži zastoupen v roce 2010 – 4,60 % a nejméně v roce 2008 – 3,89 %. Statisticky je rok 2010 od ostatních let v obsahu popela průkazně rozdílný což nám dosvědčuje Tab. 4.

Sušina ovlivňuje kvalitu kukuřičných siláží významněji než ročník, ale i ten má nezanedbatelný vliv. V Tab. 7 je zřejmé, že sušina společně s ročníkem ovlivňuje kvalitu



siláže ze 12,60 %. Myslím si, že zbývajících 87,40 % náleží klimatickým, agrotechnickým, půdním podmínkám i výběru hybridu a technologii při silážování.

Celkově hodnotím kvalitu kukuřičných siláží z let 2007 – 2011 za kvalitní, ovšem s nezanedbatelnými rozdíly. Např. rok 2009 byl všeobecně chudší na sušinu i živiny. Rok 2008 byl velice příznivý a kukuřičné siláže byly živinově hodnotnější. Domnívám se, že toto celkové ovlivnění mohlo být způsobeno klimatickými podmínkami daného roku, které mohly ovlivnit vývin kukuřice.

## 7. Závěr

Kukuřičná siláž má nezastupitelnou úlohu v chovech hospodářských zvířat, především z toho důvodu, že je vyrovnanou, celoroční krmnou dávkou především pro skot. Významným ukazatelem je obsah jednotlivých živin, které jsou v siláži koncentrované a většinou dostačují potřebám zvířat a jejich produkce. Zkrmováním těchto objemných krmiv lze dosáhnout ekonomicky rentabilních výsledků podniku.

V diplomové práci byly hodnoceny kvalitativní ukazatele kukuřičných siláží z let 2007 – 2011 a bylo zjištěno že:

- sušina významně ovlivňuje v kukuřičné siláži obsah organických živin, fermentačních ukazatelů, vlákniny a PDIE
- ročník významně ovlivňuje v kukuřičné siláži obsah fermentačních ukazatelů a PDI
- rok 2009 byl na obsah živin chudý, kromě dusíkatých látek
- v roce 2008 byly kukuřičné siláže výborné kvality z hlediska obsahu živin i fermentačního procesu.
- kvalitativní ukazatele kukuřičných siláží mezi sebou významně korelují.

Důležitým ukazatelem, který ovlivňuje většinu živin, je sušina. Proto je nezbytné dodržování správných technologických podmínek při pěstování kukuřice a výrobním procesu siláže tak, aby obsah sušiny příznivě ovlivnil obsah důležitých živin. Důležité je věnovat jistou pozornost i vztahům mezi jednotlivými složkami kukuřičné siláže.

## 8. Použitá literatura

- (1) ALLEN, M.S., COORS, J.G., ROTH, G.W. 2003. Corn Silage. In: BUXTON, D.R., MUCK, R.E., HARRISON, J.H. (eds.). 2003. Silage Science and Technology. American Society of Agronomy, Inc. Crop Science Society of America, Inc. Soil Science Society of America, Inc. Wisconsin, USA. p. 547 - 608. ISBN 0-89118-151-2
- (2) ČERMÁK, B., KŘÍŽKOVÁ, E., KLEPALOVÁ, J., LÁD, F. (eds.). 1999. Vliv rozdílného způsobu hnojení vybraných hybridů kukuřice na hektarové výnosy sušiny a živin. In: Pěstování kukuřice a výroba kukuřičné siláže. 1999. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita Brno. Ústav výživy a krmení hospodářských zvířat. s. 15 - 26. ISBN 80-717-411-2
- (3) ČERMÁK, B., LÁD, F., JANČÍK, F., FABIÁNOVÁ, R., VAŠÁTKOVÁ, L., VONDRÁŠKOVÁ, B., VOŽENÍLKOVÁ, B. 2005. Výroba kvalitních siláží. In: ČERMÁK, B. (ed.). Sborník z mezinárodního semináře na téma: Kvalita konzervovaných krmiv a jejich použití. 2005. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta. s. 7 – 22. ISBN 80-7040-823-5
- (4) ČSN 46 7092 – 24. Metody zkoušení krmiv – část 24: Stanovení obsahu bezdusíkatých látek výtažkových. Listopad 1998. Český normalizační institut. s. 8.
- (5) DOLEŽAL, P., DVOŘÁČEK, J. (eds.). 1999. Aktuální otázky při silážování kukuřice z pohledu hodnocení fermentačního procesu. In: Pěstování kukuřice a výroba kukuřičné siláže. 1999. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita Brno. Ústav výživy a krmení hospodářských zvířat. s. 39 – 45. ISBN 80-717-411-2
- (6) DOLEŽAL, P., ZEMAN, L. 2008. Silážní kukuřice. In: ZIMOLKA, J. (ed.). Kukuřice - hlavní a alternativní užitkové směry. 2008. Profi Press. Praha. 200 s 137 - 151. ISBN 978-80-86726-31-1
- (7) DUFKOVÁ, L., JAMBOR, V. (eds.). 1999. Výnosové ukazatele kukuřičných hybridů v různých agroekologických podmínkách. In: Pěstování kukuřice a výroba kukuřičné siláže. 1999. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita Brno. Ústav výživy a krmení hospodářských zvířat. s. 61 – 64. ISBN 80-717-411-2
- (8) DVOŘÁČEK, J., DOLEŽAL, P., KOPŘIVA, A. (eds.). 1999. Degradovatelnost kukuřičného škrobu z pohledu různých technologií sklizně a konzervace. In: Pěstování kukuřice a výroba kukuřičné siláže. 1999. Mendelova zemědělská a lesnická

- univerzita Brno. Ústav výživy a krmení hospodářských zvířat. s. 57 – 59. ISBN 80-717-411-2
- (9) FARNHAM, D.E., BENSON, G.O., PEARCE, R.B. 2003. Corn perspective and culture. In: WHITE, P.J., JOHNSON, L.A. (eds.). 2003. Corn: Chemistry and Technology. American Association of Cereal Chemists, Inc. Minnesota. USA. p. 1 – 34. ISBN 1-891127-33-0
  - (10) GALLO, M. Kukurica na Slovensku. 2000. Sborník – Pěstování, konzervace a využití kukuřice. X. odborný seminář o kukuřici spojený s přehlídkou pokusných porostů. 6.9.2000. VÚŽV Praha-Uhřetěves. s. 5.
  - (11) GALLO, M., SOMMER, A., MLYNÁR, R., RAJČÁKOVÁ, L. 1999. Zlepšenie stability kukuričnej siláže silážnymi prípravkami. In: Pěstování kukuřice a výroba kukuřičné siláže. 1999. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita Brno. Ústav výživy a krmení hospodářských zvířat. s. 33 -38. ISBN 80-717-411-2
  - (12) HALLAUER, A.R., Coors, J. G.; Carter, P. R.; Hunter, R. B. 1994. Specialty corns. Department of Agronomy, Iowa State University, Ames, Iowa. CRC Press. p. 305-340. ISBN 0-8493-4612-6
  - (13) JAMBOR, V. 2003. Hodnocení kvality kukuřičné siláže. Příloha týdeníku: Moderní rostlinná výroba. Zemědělský týdeník. 04.2003 Listopad. Str. 14-15.
  - (14) KUDRNA, V. a kol. 1998. Produkce krmiv a výživa skotu. Agrospoj. Praha. 362 s.
  - (15) LÁD, F., ČERMÁK, B., JANČÍK, F., KADLEC, J. 2005. Vliv inokulace na kvalitu fermentačního procesu kukuřičných siláží. In: ČERMÁK, B. (ed.). Sborník z mezinárodního semináře na téma: Kvalita konzervovaných krmiv a jejich použití. 2005. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta. s. 30 – 35. ISBN 80-7040-823-5
  - (16) LOUČKA, R., JAMBOR, V. 1998. Krmení. In: ŠUK, J., BALÍK, J., JACOB, P., JAMBOR, V., KOHOUT, V., LOUČKA, R., TÁBORSKÝ, V., VRZAL, J. Kukuřice. 1998. VP AGRO spol. s.r.o. Kněžves. s. 116 – 123. ISBN 80-86153-99-1
  - (17) LOUČKA, R., JAMBOR, V., HAKL, J. 2009. Vliv termínu sklizně kukuřice na obsah a stravitelnost živin. Krmivářství, 2009, roč. 13, č. 4. s. 29 - 31. ISSN 1212-9992
  - (18) LOUČKA, R., MACHAČOVÁ, E. 2000. Informace o výzkumu kukuřice v zahraničí. 6.9.2000. Sborník - Pěstování, konzervace a využití kukuřice. X. odborný seminář o kukuřici spojený s přehlídkou pokusných porostů. VÚŽV Praha 10 – Uhřetěves.

Praha. s. 15 – 16.

- (19) LOUČKA, R., MACHAČOVÁ, E., TYROLOVÁ, Y. 2000. Výzkumné záměry oddělení konzervace krmiv VÚŽV. Sborník – Pěstování, konzervace a využití kukuřice. X.odborný seminář o kukuřici spojený s přehlídkou pokusných porostů. 6.9.2000. VÚŽV Praha-Uhřetěves. s. 5 – 6.
- (20) MACHAČOVÁ, E., LOUČKA, R., TYROLOVÁ, Y. 2000. Pokusy VÚŽV s kukuřicí v posledních deseti letech. Sborník – Pěstování, konzervace a využití kukuřice. X.odborný seminář o kukuřici spojený s přehlídkou pokusných porostů. 6.9.2000. VÚŽV Praha-Uhřetěves. s. 6 – 7.
- (21) MUDŘÍK, Z., HUČKO, B. 1999. Kukuřičná siláž – základ krmných dávek pro dojnice. In: Pěstování kukuřice a výroba kukuřičné siláže. 1999. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita Brno. Ústav výživy a krmení hospodářských zvířat. s. 48 – 53. ISBN 80-717-411-2
- (22) PETTERSSON, K. 1988. Ensiling of forages. Factors affecting silage fermentation and quality. Dissertation. Swedish University of Agricultural Sciences. Department of Animal Nutrition and Management. Uppsala. Sweden. p. 774. ISBN 91-576-3621-4
- (23) POZDÍŠEK, J., MIKYSKA, F., LOUČKA, R., BJELKA, M. 2008. Metodická příručka pro chovatele k výrobě konzervovaných krmiv (siláží) z víceletých píceňin a trvalých travních porostů. Výzkumný ústav pro chov skotu, s.r.o. Rapotín. 38 s. ISBN 978-80-87144-06-0
- (24) PROKOP, M. 2008. Hodnocení ranosti hybridů. In: ZIMOLKA, J., (ed.). 2008. Kukuřice – hlavní a alternativní užitkové směry. 2008. Profi Press. Praha. s. 33 – 35. ISBN 978-80-86726-31-1
- (25) ROMÁNKOVÁ, Z. 2003. Konzervace a využití vlhkého kukuřičného zrna. Příloha týdeníku: Moderní rostlinná výroba. Zemědělský týdeník. 04.2003 Listopad. Str. 12-13.
- (26) ROTH, G., UNDERSANDER, D. 1995. Corn silage, production, management, and feeding. American Society of Agronomy. Inc., Crop Science Society of America, Inc., and Soil Science Society of America, Inc. USA. p. 42. ISBN 0-89118-124-5
- (27) RYŠAVÁ, B., LONGAUEROVÁ, J., MAZÚR, M., TRUKSA, J. 1996. Pestovanie kukurice. Ústav vedecko-technických informácií pre pôdohospodárstvo v Nitre. Nitra. 55 s. ISBN 80-85330-28-8.

- (28) SMETANA, V. 2003. Silážní kukuřice. Příloha týdeníku: Moderní rostlinná výroba. Zemědělský týdeník. 04.2003 Listopad. Str. 23.
- (29) ŠUK, J. 1998a. Historie pěstování kukuřice. In: ŠUK, J., BALÍK, J., JACOBÉ, P., JAMBOR, V., KOHOUT, V., LOUČKA, R., TÁBORSKÝ, V., VRZAL, J. Kukuřice. 1998. VP AGRO spol. s.r.o. Kněžves. s. 7 – 8. ISBN 80-86153-99-1
- (30) ŠUK, J. 1998b. Rozšíření kukuřice a její hospodářský význam. In: ŠUK, J., BALÍK, J., JACOBÉ, P., JAMBOR, V., KOHOUT, V., LOUČKA, R., TÁBORSKÝ, V., VRZAL, J. Kukuřice. 1998. VP AGRO spol. s.r.o. Kněžves. s. 8 – 10. ISBN 80-86153-99-1
- (31) ŠUK, J. 1998c. Pěstování kukuřice v České republice. In: ŠUK, J., BALÍK, J., JACOBÉ, P., JAMBOR, V., KOHOUT, V., LOUČKA, R., TÁBORSKÝ, V., VRZAL, J. Kukuřice. 1998. VP AGRO spol. s.r.o. Kněžves. s. 10 – 14. ISBN 80-86153-99-1
- (32) TŘINÁCTÝ, J., RICHTER, M., KRÍŽOVÁ, L. 2009. Hodnocení energie krmiv pro dojnice dle NRC (2001). Agrovýzkum Rapotín s.r.o. Rapotín. 41 s. ISBN 978-80-87144-12-1
- (33) VALENTA, S., ŠREIBER, P. 2003. Správná výživa kukuřice. Příloha týdeníku: Moderní rostlinná výroba. Zemědělský týdeník. 04.2003 Listopad. s. 4-6.
- (34) VRZAL, J., LOUČKA, R. 1998. Průběh zrání kukuřice. In: ŠUK, J., BALÍK, J., JACOBÉ, P., JAMBOR, V., KOHOUT, V., LOUČKA, R., TÁBORSKÝ, V., VRZAL, J. Kukuřice. VP AGRO spol. s.r.o. Kněžves. s. 80 – 86. ISBN 80-86153-99-1
- (35) ZEMAN, L. 1991. Katalog krmiv. Firma MICHEL Lysice. 1991. s. 544.
- (36) ZIMOLKA, J. 2008a. Význam, historie, vznik a původ kulturní kukuřice. In: ZIMOLKA, J. (ed.). Kukuřice – hlavní a alternativní užitkové směry. 2008. Profi Press. Praha. 11 – 12. ISBN 978-80-86726-31-1
- (37) ZIMOLKA, J. 2008b. Biologická charakteristika. In: ZIMOLKA, J. (ed.). Kukuřice – hlavní a alternativní užitkové směry. 2008. Profi Press. Praha. s. 15 – 28. ISBN 978-80-86726-31-1