

Česká zemědělská univerzita v Praze
Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů
Katedra pícninářství a trávnickářství

Vliv volby hybridu kukuřice na stravitelnost NDF kukuřičné siláže

Diplomová práce

Autor práce: Bc. Jana Zelinová

Vedoucí práce: Ing. Josef Hakl, PhD.

2012

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma **Vliv volby hybridu kukuřice na stravitelnost NDF kukuřičné siláže** vypracovala samostatně a použila jen pramenů, které cituji a uvádím v přiložené citované literatuře.

V Praze dne:

.....

Abstract

10 different corn hybrids was chosen for growing on two different sites in two years. Within one year were assessed differences between individual corn hybrids in the content and digestibility of neutral detergent fiber (NDF) and consequent impact on milk production according to the system Milk2006.

Differences among hybrids in the basic monitored indicators like NDF digestibility, dry matter yield and milk production per tonne of dry matter were statistically significant the level of significance $p < 0,05$ at each site and each year. The differences were observed even within hybrid use at different locations (sites) in a year. Greatest variability in terms of NDF digestibility showed hybrid Cemilk that in the locality Kolinec in 2010 reached the best results while in the locality Břilice in 2011 was rather below average. In the other indicators were the most variable hybrid Ceskor that thrived better, had a higher yield and milk production per tonne of dry matter in the locality Břilice in 2011.

NDF digestibility the rest of the plant (plant without cobs) in both sites and years ranged from 41,41 to 57,29 %. The higher NDF digestibility was observed in 2010, even the case in the whole plant NDF digestibility, which ranged from 50,73 to 62,00 %. NDF content the rest of the plant ranged from 58,84 to 84,30 % while the NDF content in the whole plant ranged from 42,05 to 50,90 %. Highest value of the contents of NDF showed extremely early hybrid Pyroxenia. Correlation of content and NDF digestibility was not statistically conclusive.

Keywords: forage, corn, hybrid, silage, neutral detergent fiber, digestibility

Souhrn

10 různých hybridů bylo vybráno pro pěstování na dvou různých lokalitách ve dvou letech. V rámci jednoho roku byly posuzovány rozdíly mezi jednotlivými hybridy v obsahu a stravitelnosti neutrálně detergentní vlákniny (NDF) a následného vlivu na mléčnou produkci podle systému Milk2006.

Rozdíly mezi hybridy v základních sledovaných ukazatelích jako stravitelnosti NDF, výnosu sušiny a mléčné produkce na tunu sušiny byly na každé lokalitě i v každém roce statisticky průkazné na hladině významnosti $p < 0,05$. Přičemž rozdíly byly pozorovány i v rámci jednoho hybridu použitého na různých lokalitách v jiném roce. Největší variabilitu z hlediska stravitelnosti NDF vykazoval hybrid Cemilk, který v lokalitě Kolinec v roce 2010 dosahoval nejlepších výsledků, kdežto v lokalitě Břilice v roce 2011 byl spíše podprůměrný. V ostatních ukazatelích byl nejvíce variabilní hybrid Ceskor, který lépe prospíval, měl vyšší výnos i mléčnou produkci na tunu sušiny, v lokalitě Břilice v roce 2011.

Stravitelnost NDF u zbytku rostliny (rostlina bez palic) v rámci obou lokalit i ročníků se pohybovala v rozmezí 41,41 – 57,29 %, přičemž vyšší stravitelnost byla pozorovatelná v roce 2010, a to i v případě stravitelnosti NDF v celé rostlině, která se pohybovala v rozmezí 50,73 – 62,00 %. Obsah NDF u zbytku rostliny byl v rozmezí 58,84 – 84,30 %, zatímco u obsahu NDF v celé rostlině kolísal od 42,05 do 50,90 %. Nejvyšší hodnoty u obsahu NDF vykazoval extrémně raný hybrid Pyroxenia. Vzájemná korelace obsahu a stravitelnosti NDF však nebyla statisticky průkazná.

Klíčová slova: pícniny, kukuřice, hybrid, siláž, neutrálně detergentní vláknina, stravitelnost

Obsah

1.	ÚVOD	5
2.	LITERÁRNÍ PŘEHLED	6
2.1.	KUKUŘICE	6
2.1.1.	<i>Způsob fotosyntézy</i>	6
2.1.2.	<i>Trend v České republice</i>	7
2.1.3.	<i>Agrotechnika</i>	8
2.1.3.1.	Pěstování a ošetřování rostlin	8
2.1.3.2.	Technologie sklizně	10
2.2.	KUKUŘIČNÁ SILÁŽ	11
2.2.1.	<i>Obsah sušiny v silážovaném materiálu</i>	12
2.2.2.	<i>Silážní proces</i>	12
2.2.2.1.	Bakterie mléčného kvašení	13
2.2.2.2.	Fermentační proces	13
2.2.3.	<i>Hodnocení kvality siláží</i>	14
2.2.3.1.	Hygienické hledisko	14
2.2.3.1.1.	Smyslové posouzení	15
2.2.3.1.2.	Kontaminanty	15
2.2.3.2.	Živinové hledisko	17
2.2.3.2.1.	Kvantitativní posouzení výživné hodnoty siláží	17
2.2.3.2.2.	Kvalitativní posouzení výživné hodnoty siláží	18
2.3.	FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ KVALITU SILÁŽÍ	20
2.3.1.	<i>Výběr hybridu</i>	20
2.3.1.1.	Kritéria výběru hybridu kukuřice	21
2.3.1.1.1.	Plánované využití	22
2.3.1.1.2.	Ranost hybridu	22
2.3.1.1.3.	Stravitelnost neutrálně detergentní vlákniny (NDF)	23
2.3.1.1.4.	Mléčná produkce	23
2.3.1.1.5.	Ekonomické ukazatele	24
3.	MATERIÁL A METODIKA	25
3.1.	MATERIÁL	25
3.1.1.	<i>Pěstitelské lokality</i>	25
3.1.1.1.	Kolinec	25
3.1.1.2.	Břilice	25
3.1.2.	<i>Zvolené hybridy</i>	26
3.1.2.1.	Kolinec 2010	26
3.1.2.2.	Kolinec 2010 i Břilice 2011	27
3.1.2.3.	Břilice 2011	27
3.2.	ANALÝZA KVALITATIVNÍCH UKAZATELŮ	28
3.3.	STATISTICKÁ ANALÝZA DAT	29
4.	VÝSLEDKY	30
4.1.	KOLINEC 2010	30
4.2.	BŘILICE 2011	31
4.3.	POROVNÁNÍ HYBRIDŮ MEZI OBĚMA LOKALITAMI A SEZÓNAMI	33
5.	DISKUZE	36
6.	ZÁVĚR	40
7.	CITOVANÁ LITERATURA	41

1. Úvod

Živočišná produkce je závislá na rostlinné výrobě, přesněji na výrobě pícnin. Produkční schopnost je podporována kvalitní výživou s vysokým obsahem energie. Kukuřičná siláž tyto požadavky může splňovat, přičemž kvalita se odvíjí zejména od poctivé lidské práce při výrobním procesu. Energetický obsah ovlivňuje stravitelnost organické hmoty zejména stravitelnost vlákniny. V současnosti je nejčastěji zmiňována tzv. neutrálně detergentní vláknina (NDF) spolu s její významnou složkou acido-detergentní vlákninou (ADF). Právě procentuální obsah ADF v NDF ovlivňuje stravitelnost nejen NDF, jako vláknité složky krmiva, ale i ostatních živin krmiva. Samotný obsah NDF v krmné dávce ovlivňuje celkový příjem sušiny dojníc. Příjem sušiny je zase klíčový pro příjem krmiva a v něm obsažené energie. Příjem energie má přímý vliv na produkci mléka. Posouzení významu zvoleného hybridu na tyto vztahy bude mít nepochybně význam jak pro další šlechtění kukuřice, tak i pro praktické pěstování kukuřice s ohledem na kvalitu vyrobených krmiv ze sklizeného materiálu.

2. Literární přehled

2.1. Kukuřice

Původní domovina této plodiny z čeledi lipnicovitých (*Poaceae*) je ve Střední Americe (Office of The Gene technology Regulator, 2008), kde jsou odlišné vegetační podmínky subtropického oceánského klimatu (klasifikace podle W. Köppena). Především průměrné roční teploty jsou vyšší s menší roční amplitudou, srážky jsou naopak celoročně nižší (300 – 500 mm). Postupem času bylo vyšlechtěno nepřeborné množství různých odrůd a hybridů pro různé typy využití a široké spektrum podmínek pěstování.

2.1.1. Způsob fotosyntézy

Specifika pěstování kukuřice vycházejí z faktu, že je u kukuřice využíván jiný typ fotosyntézy než u většiny trav mírného pásu. Většina rostlin i řas se řadí mezi tzv. C3 rostliny, jejichž prvním produktem asimilace je tříuhlíkatá kyselina 3-fosfoglycerát.

Kukuřice patří mezi tzv. C4 rostliny, jejichž primárním akceptorem CO_2 je fosfoenolpyruvát a meziproduktem je čtyřuhlíkatá dikarboxylová kyselina oxalacetát. Tento způsob vazby se vyskytuje u tropických rychle rostoucích rostlin (mimo kukuřici jsou to např. bambus nebo cukrová třtina). (Vodrážka, 2007)

Na fosfoenolpyruvát se váže HCO_3^- pomocí enzymu fosfoenolpyruvátkarboxyláza (PEPc). PEPc je cytosolový enzym. Jako uhlíkový substrát využívá HCO_3^- . Nejprve se však váže na Mg^{2+} , pak na fosfoenolpyruvát nakonec na HCO_3^- . Fixace CO_2 zde probíhá dvakrát. Nejprve je atmosferický CO_2 fixován v mezofylu v cytoplasmě s pomocí PEPc za vzniku oxalacetátu, který se dále přeměňuje na aspartát. Dále je transportován do cévních svazků, kde je znovu karboxylací fixován tentokrát v Calvinově cyklu pomocí enzymu ribulóza-1,5-bisfosfátkarboxyláza (Rubisco) jako u rostlin C3.

V průběhu růstu listu dochází u C4 rostlin ke změnám v podílu primární fixace CO_2 enzymem Rubisco a enzymem PEPc. Od počátku diferenciac buněk cévních svazků dochází k

tvorbě enzymu Rubisco. Teprve o 2 až 4 dny později se začíná syntetizovat enzym PEPc. (Procházka, a další, 2003)

Fosfoenolpyruvát se tvoří z pyruvátu, vzniklého převážně při odbourávání škrobu za použití dvou molekul ATP. Fotosyntéza hexózy při využití fixace molekul CO₂ pomocí fosfoenolpyruvátu tedy vyžaduje o 6,2 molekuly ATP více než při C₃ cestě. Je zapotřebí většího množství fotonů (tedy větší intenzity záření) pro výrobu tohoto ATP ve světelné fázi fotosyntézy. U C₄ rostlin se zvyšuje účinnost fixace CO₂ v lokalitách s intenzivním zářením, vysokou teplotou a omezeným přísunem vody. Fixace CO₂ probíhá dvakrát rychleji než u C₃ rostlin, protože fosfoenolpyruvát reaguje i při nižší koncentraci CO₂ než kterou potřebuje ribulóza-1,5-bisfosfát (produkt Calvinova cyklu C₃ rostlin). Rostliny C₄ mohou mít uzavřenější póry listů a tím mají menší ztráty vodní páry, čímž dokáží lépe hospodařit s vodou. Ztráty CO₂ fotorespirací jsou nižší, protože oxygenace Rubisco je kompetitivně inhibována vysokou koncentrací CO₂ v listech C₄ rostlin. (Vodrážka, 2007)

2.1.2. Trend v České republice

V dnešní době je Česká republika ve výrobě kukuřice soběstačná. Od roku 1994, kdy její celková výroba činila 91,4 tis. tun, stoupla její výroba více jak osminásobně na dnešních necelých 900 tis. tun (MZe, 2010). V marketingovém roce 2011/2012 se předpokládá stagnace využití kukuřice ke krmným účelům na úrovni 390 tis. tun vzhledem k nízkým počtům hospodářských zvířat (MZe, 2011). V poslední době význam kukuřice stoupá, zvětšují se osevní plochy. Statistika je k dispozici u Českého statistického úřadu. Vývoj osevních ploch a výnosů u kukuřice na zeleno nebo na siláž mezi léty 2007 – 2011 je uvedeno v Tabulce 1.

Tabulka 1: Statistika posledního trendu (v období 2007 – 2011) v pěstování kukuřice jako píce (kukuřice na zeleno nebo na siláž)

	jednotky	2007	2008	2009	2010	2011
osevní plocha pícnin	ha	428 598	406 161	396 713	406 450	423 050
osevní plocha kukuřice	ha	180 481	179 777	179 663	181 939	197 579
podíl z orné půdy	%	7,0	7,0	7,1	7,3	7,9
sklizená hmota	t	5 569 698	6 143 805	6 332 712	5 901 650	7 781 563
výnos zelené píce	t.ha ⁻¹	34,41	35,33	38,15	33,04	41,79

Zdroj: ČSÚ

Osevní plochy píce se od roku 2009 opět zvětšují. Kukuřice na zeleno nebo na siláž se pěstuje na ploše necelých 200 tis. ha, tj. téměř 8 % z veškeré orné půdy. Nejvíce prospívá v kukuřičné (KVO) a řepařské (ŘVO) výrobní oblasti. Svoje uplatnění, vzhledem k progresivnímu vývoji velmi rozmanitých hybridů, však nalezne i ve vyšších nadmořských výškách v obilnářské (OVO) či bramborářské (BVO) výrobní oblasti (Třináctý a kol., 2012).

Ministerstvo zemědělství statistiku provádí pouze pro kukuřici na zrno. V roce 2011 k 31.5. bylo oseto 109,7 tis. ha. V porovnání s předchozím rokem jde o nárůst o 9,9 tis. ha tj. téměř o 10 % (MZe, 2011).

2.1.3. Agrotechnika

Kukuřice je velice náročná jednoletá pícnina. Má velké nároky na půdu a na vegetační podmínky. Pro kvalitní výnos je třeba dodržovat technologie přípravy půdy, setí a dalšího ošetřování kukuřice a v neposlední řadě i volit vhodný hybrid pro dané podmínky.

2.1.3.1. Pěstování a ošetřování rostlin

Kukuřici je nejvhodnější vysévat při požadované teplotě půdy 6 – 8 °C. Porost kukuřice nemá možnost eliminovat chyby při setí, a proto je použití vhodné technologie setí velice důležité.

Hloubka výsevu se řídí dle použitého hybridu a typu půdy, do které osivo vyséváme. Pohybuje se v rozmezí 60 – 90 mm. Mělčí výsev využíváme zejména do těžších, vlhčích a chladnějších půd. Do lehčích půd vyséváme osivo hlouběji. Hlubší setí je vhodnější zejména při horších vlhkostních poměrech v půdě.

Výběr termínu setí je velice problematický. Je důležité využít zimní vláhu, a zvýšit tak jistotu dozrání, a zároveň využít minimální teplotu půdy. Tento rozpor lze vyřešit vhodnou volbou hybridu pro dané vlhkostní i teplotní podmínky.

Vzdálenost řádků je závislá na používané mechanizaci při sklizni, nejčastěji 70 cm. vzdálenost rostlin v řádcích má vliv na výnos hmoty z hektaru, ale jeho výše závisí i na

zvoleném hybridu. V dnešní době se provádějí výzkumy s výsevem rostlin do dvojřádků. Výsledky těchto výzkumů jsou velice zajímavé. Podle Lauera (2011) tento způsob zajistí vyšší výnosy z hektaru při volbě správného hybridu. Ale každý hybrid reaguje na tento způsob pěstování odlišně (Tatarčíková a kol., 2011).

Počty rostlin na hektar jsou dány výsevními jednotkami (VJ) podle zvoleného hybridu doporučené výrobcem pro plánované využití. Při pěstování kukuřice na siláž jsou doporučené hodnoty obvykle vyšší než u pěstování na zrno. Nejčastěji je doporučována hustota výsevu pro využití rostlin na siláž 90 000 zrn/ha, tato hodnota obvykle odpovídá množství zrn v jednom balení při prodeji osiva. Cena za toto balení se pohybuje kolem 2 000,- Kč (ceník OSEVY pro rok 2012 dostupný z internetové adresy: <http://www.osevabzenec.cz/hybridy/hybridy.html>).

Protože kukuřice roste z počátku velice pomalu, je nutné směřovat kultivačními opatřeními k potlačení růstu plevelů. Tato ochrana se provádí, jak pomocí zemědělské techniky, tak využitím chemické ochrany. Tyto jsou komplexem opatření, která začínají již na podzim a pokračují v jarním i letním období. Po zapojení porostu kukuřice už není nebezpečí zvýšené konkurence ze strany plevelů tak veliké.

Pozemek by měl být dobře zásoben živinami, ale důležitým ukazatelem pro použití hnojiv je rozbor půdy a následné použití vhodných hnojiv. Vyšší dávky se zpravidla používají u zrnových hybridů (Loučka, 2011). Nedostatek fosforu a draslíku snižuje odolnost rostlin proti chladu, chorobám, suchu a poléhání. Při dostatečném zásobení fosforem se palice dobře vyvíjejí a dosahují větších rozměrů. Draslík podporuje tvorbu cukrů. Nedostatek dusíku se více projevuje v suchém období a při nerovnoměrném rozdělení srážek a většinou až po odkvětu. Palice bývají malé a méně ozrněné, dochází k předčasnému žloutnutí spodních listů. Naopak vyšší dávky dusíku prodlužují vegetaci a oddalují dozrávání (Loučka, 2010b). Další doporučené živiny, které možno do chudých půd dodat ve formě hnojení jsou hořčík (chlorofyl), bór (karoten v zrnu) nebo síra.

2.1.3.2. Technologie sklizně

Kukuřice je schopná růst téměř až do plné zralosti. Z hlediska výnosu živin se jeví jako nejvhodnější termín sklizně ve zralosti zjišťované u palic při dosažení 1/2 až 2/3 mléčné linie zrna. V těchto fázích poskytuje kukuřice vysoký výnos sušiny. Podíl palic se zvyšuje se zráním rostliny. Obsah vlákniny v hmotě klesá a podíl škrobu stoupá (Bal et al., 1997). Pro silážování zrna se jeho zralost určuje objevením tzv. černé skvrny, která signalizuje ukončení přísunu živin z rostliny do zrna (White a Johnson, 2003). Sklizeň by měla být dokončena před prvními mrazíky. Jinak může dojít ke spálení listů, rozkladu karotenu a ztrátě vody.

Sklizňové okno kukuřice na siláž bývá jeden až dva týdny, kdy dosahuje obsah sušiny sklizené hmoty optimálních hodnot v rozmezí 28 – 35 %. Na obsahu sušiny silně závisí průběh fermentačního procesu při silážování a následné ztráty živin a energie, dále i chutnost a stravitelnost výsledné siláže.

Sklízet se nemusí pouze celá rostlina. Velice rozšířená je tzv. dělená sklizeň, která poskytuje krmivo s různou koncentrací energie (Loučka a kol., 2009b). Značně rozšířené jsou dvě technologie: LKS (Lieschen Kolben Schrott) tj. zpracování palic s listeny (50% sušiny) nebo CCM (Corn Cob Mix) tj. zpracování palic bez listenů (60% sušiny). Palice se konzervují ve formě drti, zbytek rostliny se může silážovat klasickou metodou stejně jako v případě celé rostliny. Tyto metody jsou vhodné při výběru vhodného hybridu určeného pro takovéto využití. Podíl vřetene může být různý. Důležitou podmínkou pro výrobu kvalitní siláže je podíl palic alespoň 40%. Výnos živin z palic se pohybuje mezi 60 – 75 %.

Při zpracování sklizené hmoty musíme hmotu pořezat, zrno se musí narušit. Délka řezanky by měla být kompromisem mezi potřebou pro zdárný průběh silážního procesu a fyziologickými potřebami zvířat. Nejvíce je ovlivněna obsahem sušiny v materiálu. Její délka může být tím větší, čím je obsah sušiny nižší. Při nižší hranici optimálního obsahu sušiny (v mléčně voskové zralosti) by délka řezanky měla být 20 – 25 mm a při vyšší hranici optimálního obsahu sušiny už je potřeba délku řezanky upravit na 5 – 7 mm (Třináctý a kol., 2012). Loučka (2010b) považuje za teoretickou limitní hodnotu délky řezanky, vzhledem k potřebě strukturální vlákniny pro přežvýkavce, 8 mm (nad touto hodnotou nemá délka

řezanky významný vliv na příjem krmiva, mléčnou produkci nebo aktivitu přežvykování (Bal et al., 2000)). Podle Loučky (2010b) je velice důležité je mechanické zpracování zrna např. pomocí corncrackeru, který drtí zrno, a zpřístupňuje tím živiny (především škrob jako zdroj energie pro bachorovou mikroflóru), které by jinak trávicím traktem přežvýkavců prošly bez užítku (ztráty mohou být až 50 % živin zrna).

Podle Loučky (2010b) se obsah vlákniny i sušiny ve sklizené hmotě dá do jisté míry korigovat pomocí výšky strniště. Jako optimální se jeví výška strniště 15 cm. Vyšší výška (např. 30 cm) snižuje výnos až o 15 %. Co se týče následného vlivu na mléčnou produkci jedné dojnice, ta poklesne jen asi o 3,5 %. Přesto nadměrné zvyšování strniště není příliš ekonomické a využívá se zejména pro omezení výskytu plísní a nečistot ve hmotě při sklizni v bahnitém terénu, nebo při nutnosti snížení obsahu nitrátů ve sklizené hmotě.

2.2. Kukuřičná siláž

Kukuřičná siláž je dnes jedním z nejrozšířenějších krmiv především v chovu dojnic. V krmných dávkách je zastoupena v průměru od 25 % do 35 % a to činí 5,5 kg až 7,7 kg sušiny z průměrného příjmu 22 kg sušiny na den pro dojnici (Mikyska, 2011).

Jedná se o objemné glycidové krmivo s vysokým energetickým potenciálem. Netto energie laktace (NEL), která se nejčastěji uvádí pro energetickou bilanci krmiv pro dojnice u nás, bývá kolem 7 či 8 MJ.kg⁻¹ sušiny. Loučka a kol. (2009a) uvádějí jako tabulkové hodnoty netto energie laktace a výkrmu 6,6 respektive 6,7 MJ.kg⁻¹, přičemž hodnoty skutečně zjištěné jsou o 0,3 respektive 0,5 MJ.kg⁻¹ nižší.

Rostlina kukuřice se skládá ze dvou druhů krmiv. Jedná se o zrno (palici) a zbytek rostliny (stéblo s listy). Každá část má odlišné složení, zejména co se týče poměru jednotlivých složek, především ligninu a polysacharidů. Jejich obsah a vzájemný poměr významně ovlivňuje kvalitu siláže jako krmiva. Siláž lze vyrábět jak z celé rostliny, tak i pomocí tzv. dělené sklizně, z palic a popřípadě zbytku rostliny zvlášť.

Při správném silážování kvalitního materiálu představuje kukuřičná siláž vysoce kvalitní krmivo hojně využívané zejména pro vysoko užitkové dojnice.

2.2.1. Obsah sušiny v silážovaném materiálu

Optimum sušiny celé rostliny se pohybuje v rozpětí 28 – 35 %. Při obsahu sušiny pod 24 % hrozí velké ztráty na živinách v důsledku odtoku silážních šťáv, navíc je snížen příjem sušiny dojnici. Při sušině nad 40% hrozí nebezpečí plísní, stravitelnost živin je nižší a i obsah dusíkatých látek a vitaminů je omezen (Loučka a kol., 2009b). Palice zpracovány metodou LKS mívají obsah sušiny přibližně 50 %, u zpracování metodou CCM obsahuje silážovaný materiál více než 50% sušiny. Sušina rostliny při silážování stébel a listů rostliny se pohybuje kolem 24 %. Tato čísla jsou výsledkem několikaletých výzkumů optimalizace výroby siláží. Při takové sušině se materiál relativně dobře dusá a dále také nedochází k velkému odtoku silážních šťáv. Tento odtok znamená pro siláže živinové ztráty. Nastává také ekologický problém v důsledku jejich likvidace tak, aby nedošlo k narušení životního prostředí a v neposlední řadě i vodních zdrojů.

2.2.2. Silážní proces

Podstata první fáze silážování je v rychlém naskladnění, sklizené a pořezané, hmoty a jejím udusání pro vytvoření anaerobních podmínek a následné neprodyšné zakrytí či uzavření silážního žlabu respektive vaku či silážní věže (věže se dnes už nepoužívají). Podpoří se tím rychlý rozvoj bakterií mléčného kvašení a potlačí se aktivita nežádoucích mikroorganismů jako enterobakterií, kvasinek nebo i plísní či hnilobných bakterií. Tento eliminační proces podpoří také snížení pH pod 5,0, při kterém klesá aktivita klostridií (Loučka, 2010a).

Důležitá je alespoň minimální přítomnost laktobakterií v silážované hmotě. Jinak je možno využít silážních aditiv ve formě inokulantu (laktobakterií) s celulolytickými enzymy. Siláž je konzervována pomocí kyseliny mléčné produkované právě těmito mikroorganismy (Loučka, 2010b).

2.2.2.1. Bakterie mléčného kvašení

Laktobakterie jsou anaerobní mikroorganismy, tvořící kyselinu mléčnou. Kyselina mléčná zastavuje rozmnožování hnilobných bakterií a stafylokoků (Šilhánková, 2008). Výrazně snižuje pH siláže a napomáhá potlačení aktivity nežádoucích klostridií.

Existuje spousta různých rodů a jejich druhů (*Lactobacillus* spp., *Pediococcus* spp., *Enterococcus* spp., aj.). Rozdíly jsou zejména v konečných produktech jejich metabolismu, které souvisí s jejich různorodým enzymatickým systémem a se substrátem, který dané druhy zpracovávají. V siláži jsou žádoucí jak homofermentativní, tak i heterofermentativní druhy. Dříve se myslelo, že heterofermentativní bakterie jsou nežádoucí z důvodu tvorby ještě jiných metabolitů (např. kyselina octová, etanol, aj.) než kyseliny mléčné. Nyní je ale prokázáno, že tvorba kyseliny octové těmito druhy je důležitá pro aktivaci kyseliny mléčné, etanol může do určitého množství (0,1 %) pozitivně ovlivňovat chutnost siláže. Dalším kladem těchto druhů je možnost zkvašování nejen hexóz, ale i pentóz. Tímto dokáží zpracovat větší množství lehce zkvasitelných cukrů.

Laktobakterie jsou schopny aktivity v různých teplotních intervalech. Jejich struktura se podle teplotních podmínek mění. Existují laktobakterie Psychrofilní: s aktivitou do 20°C a Termofilní: s aktivitou nad 45°C (Šilhánková, 2008). V silážích jsou žádoucí psychrofilní laktobakterie, protože nepodporují zahřívání siláže a tím ztráty na živinách v důsledku snížené stravitelnosti (např. Maillardova reakce polysacharidů s aminokyselinami) a ztráty energie teplem (Loučka, 2010a).

2.2.2.2. Fermentační proces

Na fermentačním (kvasném) procesu záleží výsledná kvalita siláže, jak v živinovém obsahu, tak i jeho stravitelnosti (Joanning et al., 1981). Stravitelnost ve značné míře ovlivňuje využitelnost živin v siláži. Vyšší stravitelnost může zlepšovat ekonomiku chovu. Výzkumy prokázaly, že nárůst stravitelnosti siláže o 1% může znamenat zvýšení příjmu krmiva o 0,5 kg, což znamená zvýšení příjmu sušiny o 0,17 kg a následně zvýšení denního nádoje až o 0,25 kg (FCM 4%) mléka (Oba a Allen, 1999).

Pro správný průběh fermentačního procesu je možné méně vhodný materiál patřičně upravit: např. úprava materiálu s obsahem sušiny více než 40% je možná s využitím syrovátky pro snížení obsahu sušiny (syrovátka zároveň podpoří užitečné kvasné procesy), za méně vhodný zvlhčující materiál je považována přidaná voda; nebo vhodně zpracovat: např. pokud kukuřice promrzne (již při teplotě -1 až -2 °C, trvá-li 3 – 4 hodiny), hrozí napadení plísněmi a hnilobnými bakteriemi, proto se musí sklidit nejpozději do dvou až tří dnů, zmrzlou hmotu je potřeba pořezat na velmi krátké části a důkladně udusat, vhodné je použít také silážní aditiva (kyselinu mravenčí nebo kyselinu propionovou).

Optimální pH siláže po ukončení primárního fermentačního procesu se pohybuje kolem 4,2. Aktivita laktobakterií pomalu ustává a sacharidy, jako zdroj energie, jsou ještě přítomné a využitelné i přímo v organismu krmných zvířat. Siláž také není příliš kyselá a nemusí se pro zkrmování upravovat.

Výsledná siláž by měla být dostatečně aerobně stabilní při postupném zkrmování. Tato stabilita je možná při dodržení zásad správného odběru siláží, nejlépe pomocí frézy (Loučka, 2011). Použití frézy, která poskytuje relativně hladký řez, nám umožní pouze odkrytí plochy nezbytně nutné. Minimalizuje se tak přístup vzduchu do siláže a omezuje se aktivita přítomných aerobních kvasinek, které sekundárně zkvašují zbylé vodorozpustné cukry.

2.2.3. Hodnocení kvality siláží

Kvalita je hodnocena z různých hledisek pomocí řady ukazatelů a několika odlišných systémů hodnocení. Kvalita siláží se hodnotí jak z hlediska živinového tj. z hlediska výživy, tak i hygienického nebo zdravotního tj. z hlediska zkrmitelnosti výsledné siláže.

2.2.3.1. Hygienické hledisko

Zkrmitelnost siláží je dána obsahem cizorodých látek (kontaminantů) v siláži. Z velké části se dá posoudit i pouhým smyslovým vnímáním, obsah mykotoxinů však není na první pohled patrný, mohou být i ve fyzicky nezaplísněných silážích. V silážích mohou být i další antinutriční látky snižující využitelnost živin krmiva.

2.2.3.1.1. Smyslové posouzení

Závadná siláž často zapáchá, má výrazně změněnou barvu a konzistenci materiálu. **Zápach** je často způsoben obsahem nežádoucí kyseliny máselné, hnilobný zápach je způsoben hnitím způsobeným přítomností a aktivitou hnilobných bakterií, na fyzickou přítomnost plísní upozorňuje charakteristický tzv. plísňový zápach. Pokud je v siláži přítomno více alkoholu ethanolu může být cítit ze siláže alkoholové aroma. Kvalitní siláž „voní“ mírně nakysle s ovocným nádechem. **Barva** siláže by neměla být příliš odlišná od barvy původního materiálu. Nejčastější zbarvení je světle hnědého nádechu. Černé zbarvení značí hnití materiálu. I plísně mohou být na první pohled patrné. **Konzistence** materiálu siláže by neměla být příliš odlišná od materiálu původního. Původní materiál by měl být v siláži rozpoznatelný. Celkově by siláž měla být spíše sypká. Mazlavost siláže značí probíhající hnilobné procesy či vysoký stupeň degradování škrobu v zrně.

Špatně udělaná (nedodržení zásad silážování), nekvalitní siláž (příliš mazlavá, zapáchající, černá) by neměla být zkrmována. Narušený povrch siláže (hnilobnými procesy, plísněmi) by také neměl být zkrmován. Ztráty při odstraňování takovéto závadné siláže jsou ovšem zanedbatelné oproti ztrátám na zvířatech či jejich užitkovosti zkrmováním znehodnoceným krmivem. Frézováním při odběru se objem odstraňování závadné siláže minimalizuje.

2.2.3.1.2. Kontaminanty

Většina nežádoucích nebo i toxických látek lze zjistit teprve laboratorním rozбором vzorků siláže. Často se rozbor provádí až při poklesu užitkovosti nebo zdravotních problémech krmených zvířat.

Mezi časté kontaminanty siláží patří bakterie (*Listeria monocytogenes*, *Clostridium* ssp. apod.), houby (především plísně) a jejich metabolity jako např. mykotoxiny. Mezi další kontaminanty řadíme např. těžké kovy a další toxické mikroprvky, které se dostávají do siláží z ovzduší nebo z půdy v průběhu celého výrobního procesu.

Podle Suchého a kol. (2010) jsou **mykotoxiny** velice stabilní toxické nízkomolekulární látky s rozmanitou strukturou. Nejhorším úskalím je jejich přechod do substrátu a následné

setrvání, i při odstranění primární příčiny vzniku tj. hub, které už v substrátu nejsou diagnostikovatelné. Mykotoxiny se dají považovat za nejzávažnější látky. Způsobují celou řadu negativních patologicko – anatomických, histologických a fyziologických změn, které vedou k poklesu užitkovosti, snížení plodnosti, oslabení imunitního systému a alergickým reakcím. Jejich projevy nebývají specifické a odhalení prvotní příčiny problémů je velmi obtížné. Velkým nebezpečím je vzájemný synergismus některých skupin mykotoxinů. Velmi často se v krmivu nachází více druhů mykotoxinů.

Vzhledem k různorodé chemické struktuře je jejich případná dekontaminace značně složitá tvrdí Suchý a kol. (2010). Základem je prevence už při výrobě siláží dodržování zásad správného silážování především urychleným zajištěním anaerobního prostředí (v anaerobním prostředí dochází k rychlému odumírání plísni rodů *Fusarium*, *Alternaria* a *Cladosporium*). Pozdější dekontaminace je možná použitím antagonistických mikroorganismů, sorbentů, vysoké teploty a tlaku, UV záření, ionizujícího záření, ozonizací, enzymy, příznivě může působit i obsah vlákniny.

Mezi nejnebezpečnější **metabolity bakterií** (proteolytických klostridií) podle Suchého a kol. (2010) patří tzv. biogenní aminy. Jsou produkty vznikajícími při dekarboxylaci aminokyselin. Bývají označovány jako „mrtvolné jedy“. Biogenní aminy způsobují útlum bachorové motility, poškození sliznic trávicího traktu, dále také mají negativní vliv na bachorovou mikroflóru. V silážích bývají nejčastěji zastoupeny putrescin a kadaverin, vzniklé z ornithinu respektive z lysinu. Ve starších silážích bývají přítomny i tyramin nebo histidin, vznikající z tyrosinu respektive histidinu. Při deaminaci aminokyselin se uvolňuje amoniak a příslušná mastná kyselina závislá od dané aminokyseliny. Amoniak a biogenní aminy stimulují sekreci gastrinu a tím nepřímo způsobují snížení příjmu krmiva.

Velmi nežádoucími **mikroorganismy** v silážích jsou podle Suchého a kol. (2010) klostridie (*Clostridium butyricum*, *C. sporogenes* a *C. thyrobutyricum*). Škodí nejen již zmíněnou aktivitou a tvorbou biogenních aminů, ale i svými spory přítomnými v silážích, které prostřednictvím výkalů kontaminují stájové prostředí a následně mají negativní dopad na produkci. Kontaminované mléko je příčinou tzv. pozdní plynatosti a sensorických vad dlouho zrajících sýrů. Kvalita živočišné produkce je kvalitou siláží nepřímo, ale značně, ovlivněna.

Dalšími nežádoucími bakteriemi jsou listerie (*Listeria monocytogenes*). Tato bakterie se běžně vyskytuje v trávicím traktu hospodářských zvířat bez projevení příznaků onemocnění. Náchylní jsou jedinci s oslabenou imunitou. Nebezpečím je přenos z matky na plod a dále přechod do živočišných produktů. Tím negativně ovlivňuje i lidskou výživu.

2.2.3.2. Živinové hledisko

Živinové hledisko lze posoudit pouze laboratorními metodami nebo experimentálními pokusy in vivo, které bývají kombinovány s laboratorními metodami. Nejvíce rozšířeným způsobem hodnocení je stanovení a hodnocení obsahu jednotlivých živin. Tento obsah se stanovuje různými metodami. Samotný obsah nedává dostatečné informace o kvalitě krmiva. Kvantitativně lze hodnotit absolutní i relativní obsah dané živiny. Kvalita živin je dána jejich strukturou, vzájemnými interakcemi a poměry, které ovlivňují stravitelnost jednotlivých živin. Stravitelnost je v konečném důsledku tím nejpodstatnějším ukazatelem kvality předkládaného krmiva. Stravitelností základních živin je vyjádřena relativní krmná hodnota.

Pro hodnocení kvality siláží se používaly a stále používají stejné systémy hodnocení a jimi využívané metody. Postupem času byly také zavedeny systémy nové, které se dnes již běžně používají. Tyto systémy využívají vědeckého pokroku v objevování nových efektivnějších metod.

2.2.3.2.1. Kvantitativní posouzení výživné hodnoty siláží

K nejstarším, dnes stále používaným systémům hodnocení patří **Wendeeská analýza**. Jde o laboratorní stanovení obsahu jednotlivých živin - dusíkatých látek (NL), tuků, bezdusíkatých látek výtažkových (BNLV), vlákniny a popelovin - v sušině včetně obsahu sušiny v analyzovaném vzorku. Pro tuto analýzu je využíváno rozmanitých laboratorních metod pro stanovení jednotlivých živin ze vzorků.

Jung (1997) uvádí, že analýza vlákniny buněčné stěny je hlavním problémem a potřebou pro předvídaní užitkovosti zvířat přežvýkavců. Nejvíce využívanými metodami jsou **gravimetrické metody** např. zjišťování obsahu hrubé vlákniny. Tyto metody jsou stále

používané díky své jednoduchosti a možnosti využití široké databáze využívané pro tyto metody.

2.2.3.2.2. Kvalitativní posouzení výživné hodnoty siláží

Obsah živin v krmivu je důležitý, avšak pokud živiny nejsou dostatečně stravitelné, procházejí organismem zvířete bez většího užitku. Pro užitek zvířat je hlavním ukazatelem příjem energie. Podle Buxtona et al. (2003) **koncentrace stravitelné energie** v siláži velmi úzce souvisí se stravitelností tzv. neutrodetergentní vlákniny (NDF), a také s celkovým příjmem sušiny, který je stravitelností NDF do značné míry ovlivněn. Existuje mnoho interakcí mezi příjmem krmiva a stravitelností jeho jednotlivých složek, především NDF a sušiny respektive organické hmoty. Podle Mitríka a Vajdy (2011) energetická hodnota klesá se snižováním stravitelnosti v důsledku lignifikace pletiv. Lignifikace se zintenzivňuje s přechodem do voskové zralosti zrna, zejména ve stéble rostliny. Zjištěné hodnoty jsou také ovlivněny výběrem metody měření. Těmito **metodami** jsou **měření in vitro** popřípadě **in situ** nebo **in vivo**. Zjištěná stravitelnost metodami in vitro nebo in situ je značně odlišná od stravitelnosti in vivo, avšak tyto metody jsou nejvíce spolehlivé v posouzení energetické koncentrace siláže. Důležitou roli hraje podle Buxtona et al. (2003) několik ukazatelů: doba inkubace v každém případě, pro metodu in vitro to jsou výživa zvířat poskytujících bachorovou tekutinu, pufrovací kapacita a obsah dusíkatých látek v bachorové tekutině; pro metodu in situ to jsou pH bachorové tekutiny a pórovitost použitých sáčků.

Do popředí hodnocení kvality, nejenom objemných, ale i jadrných krmiv, se začíná prosazovat **system hodnocení vlákniny**, tedy strukturálních sacharidů, **pomocí** tzv. detergentní vlákniny (**ADF** a **NDF**). Praktické používání tohoto hodnocení začalo před několika lety, společně s požadavkem na **rozběr škrobu** v silážích z kukuřice (Mikyska, 2011).

NDF ovlivňuje příjem sušiny. Její kvalita, tj. podíl ADF (celulóza a lignin) v NDF, má vliv na plnivost bachoru a rychlost pasáže tráveniny z bachoru. Takto ovlivňuje celkovou stravitelnost siláže (Šimko a kol., 2011). Podle některých autorů má stravitelnost NDF velký význam a představuje důležitou složku krmiva. Tento ukazatel se však běžně nehodnotí (není oficiální AOAC metodou pro analýzu krmiv). Častěji bývá měřen obsah ligninu (ADL) jako

součástí NDF. Důvody jsou zejména ekonomické, toto měření je i jednodušší. Tento ukazatel má vysokou korelaci ($r = -0,73$) (Allen a Oba, 1996) se stravitelností NDF in vitro.

Strukturální vláknina je důležitá především pro přežvýkavce. Je zdrojem pro bachorovou mikroflóru, která svým enzymatickým systémem fermentuje polysacharidy na těkavé mastné kyseliny (TMK), které jsou zdrojem energie pro zvíře (krávu, aj.). Podle Šimka a kol. (2011) by podíl NDF v sušině krmiva přežvýkavců měl být v rozmezí 30 – 45 % pro udržení správné funkčnosti bachoru a aktivity přežvykování. Při jejím nedostatku může docházet k acidózám bachoru v důsledku zpomalení až zastavení přežvykování a pohybu bachoru.

NDF je mimo pektiny další složkou buněčných stěn. Pomocí enzymů a mikroorganismů se z ní získávají přístupné vodorozpustné cukry jako hlavní substrát pro bakterie mléčného kvašení při procesu silážování. Skládá se ze tří hlavních složek: celulózy, hemicelulózy a ligninu. **Celulóza** je strukturální polysacharid obsažený v pletivech rostlin. Je hlavním polysacharidem ukládaným v sekundární buněčné stěně (Jung, 1997). Skládá se s D-glukózových jednotek spojených $\beta(1\rightarrow4)$ glykosidickými vazbami. Ty jsou stabilizovány spojením vodíkovými můstky do paralelních řetězců (Vodrážka, 2007). Celulóza je pro samotná zvířata nestravitelná. Přežvýkavci mají v bachoru symbiotickou mikroflóru, která díky svému hydrolytickému enzymatickému systému dokáže celulózu rozložit na stravitelnou glukózu nebo až na TMK. Tento proces limituje vysoký podíl ligninu (Šimko a kol., 2011). **Hemicelulóza** má podobnou strukturu jako celulóza. Jednotkami mohou být mimo glukózu i další monosacharidy jako např. D-galaktóza, L-arabinóza (Vodrážka, 2007), manóza nebo xylóza. Je to nekystalická kyselinami snadno hydrolyzovatelná látka. Její heterogenita umožňuje rozmanitost její struktury. Mimo cukerné jednotky obsahuje i další komponenty např. kyselinu octovou. Obsah hemicelulózy v NDF se pohybuje v rozmezí 25 – 30 % (White, a další, 2003). **Lignin** je polymer vyztužující a zpevňující stěny rostlinných buněk. Je to chemicky obtížně definovatelná amorfnní makromolekulární sloučenina. Chemické složení se liší u různých rostlinných druhů. Podle K. Freudenberg je lignin vysoce prokřížený a větvený polymer vznikající dehydratací a polykondenzací. Je nerozpustný v horké 70 % kyselině sírové, je tedy velmi dobře odolný vůči kyselinám (Vodrážka, 2007). Jeho podíl v rostlině se zvyšuje se stářím rostliny, ukládá se především v pletivech s podpůrnou nebo mechanickou funkcí

(Procházka, a další, 2003). Je velice důležité sklízet rostliny v optimální vegetační fázi, protože lignin zhoršuje přístup k ostatním složkám potravy tj. jejich stravitelnost. Snižuje jejich využitelnost pro organismus krmného zvířete. Pomocí hub přítomných v batoru je možné lignin částečně rozložit (Krause, a další, 2003). Lignin se začíná ukládat od střední lamely přes primární buněčnou stěnu, teprve potom začíná lignifikace sekundární stěny. Lignin je kovalentně vázán na polysacharidy buněčné stěny. Jung (1997) uvádí, že tato lignifikace vždycky zaostává za ukládáním polysacharidů v buněčné stěně. Tudiž poslední uložený polysacharid ještě není lignifikován. Houby jsou schopny rozkládat až 34% ligninu v rostlinné tkáni, kam mohou proniknout v důsledku jejich vláknitého růstu (McSweeney et al., 1994), mají širokou škálu vysoce aktivních enzymů, a jsou jedinými známými batorovými mikroorganismy s exogenně působící celulóзовou činností (Forsberg et al., 1997).

2.3. Faktory ovlivňující kvalitu siláží

Kvalitu siláží, pro zkrmování a následnou užitkovost zvířat, ovlivňuje mnoho faktorů. Některé jsou přímo ovlivnitelné činností člověka. Jiné jsou dány genetickým základem použitých rostlin (tj. hybridů) a tedy mohou být nepřímo ovlivnitelné člověkem na začátku výroby při výběru vhodného hybridu pro plánované využití v dané lokalitě.

Podle Mitrika a Vajdy (2011) se výživná hodnota výrazně snižuje u více zahřátých siláží, kdy se dusíkaté látky (aminokyseliny) váží na polysacharidy vlákniny v důsledku tzv. Maillardovy reakce neboli hnědnutí bílkovin. Tato reakce je nevratná. Z toho vyplývá, že velký vliv na kvalitu mají technologie pěstování, následné sklizně a především technologie a dodržování zásad silážování. Mikyska (2011) tvrdí, že uvedené technologie mají větší vliv na produkční účinnost silážní kukuřice než má genetický pokrok ve vývoji a tvorbě nových hybridů. I přesto je výběr hybridu důležitým faktorem, který významně ovlivňuje kvalitu výsledné siláže.

2.3.1. Výběr hybridu

Vlastnosti rostlin jsou ve velké míře dány genotypem. Proto je volba hybridu důležitou součástí pěstování kukuřice pro konkrétní účel a konkrétní podmínky. Při pěstování kukuřice

se používá výhradně hybridního osiva. Aby bylo dosaženo maximálního využití potenciálu rostlin, je nutné pro určité podmínky zvolit správný hybrid s požadovanými vlastnostmi. Z výsledků mnoha pokusů vyplývá, že selekce hybridů je ekonomicky velmi důležitá. Tatarčíková a kol. (2011) uvádějí, že průměrné rozdíly mezi nejlepšími a nejhoršími hybridy v pokusech byly až 6,9 t sušiny na hektar. V případě mléčné užitkovosti tyto rozdíly činily 238 kg mléka na tunu sušiny, což představuje produkci 12 900 kg mléka z jednoho hektaru.

Kvalita hybridů kukuřice se stále zlepšuje a to především její produkční účinnost, která se odvíjí od zvyšující se stravitelnosti organické hmoty. Zvyšuje se jak vlastní stravitelnost stonku, tak i zvýšený podíl škrobu vyprodukovaného z hektaru. Tuto skutečnost však mohou velmi ovlivnit klimatické podmínky, které jsou každým rokem rozdílné (Mikyska, 2011).

Existují už i speciální druhy hybridů zařazovaných do stejné kategorie podle určité vlastnosti. Jsou to tzv. **BMR hybridy** s nižší koncentrací ligninu a vyšší stravitelností NDF, **TMF hybridy**: vysoké, bohatě olistěné rostliny s měkkým škrobem v zrna (Ballard et al., 2001). U nás zatím nejsou tyto hybridy rozšířené a používané.

U nás již běžně využívané jsou tzv. **Stay green hybridy**, u kterých zbytek rostliny zůstává zelený i při vysoké zralosti zrna, což může rozšířit "sklizňové okno" respektive **Dry down hybridy**, u kterých rychleji dozrává zrno (Vršková a Bencová, 2011).

Dalšími mohou být například **hybridy více listnaté**. Podle Buxtona et al. (2003) jsou tyto přidané listy stravitelnější a obsahují více bílkovin než je tomu u běžných konvenčních hybridů. Vyznačují se i vyšším výnosem sušiny celé rostliny. Tyto genotypy jsou schopny akumulovat větší množství sacharidů do listů na rozdíl od zrna.

2.3.1.1. Kritéria výběru hybridu kukuřice

Kukuřičné hybridy se šlechtí pro dvojí využití: pro výrobu siláží a na zrno. Dalším možným využitím, které není přímo předmětem šlechtění, je použití vyrobené siláže do bioplynových stanic. V dnešní době je možné pěstovat kukuřici i na místech, dříve považovaných za nevhodné lokality vzhledem ke klimatickým podmínkám. Vzhledem k široké nabídce

nejrůznějších typů hybridů na trhu, je možné optimalizovat výrobu vhodným výběrem hybridu. Výběr hybridu se řídí několika základními kritérii.

2.3.1.1.1. Plánované využití

Hlavním rozdílem u hybridů s odlišným určením je obsah škrobu v zrně, a především také jeho struktura a degradovatelnost v batoru popřípadě ve střevech. Tyto vlastnosti určuje zejména vzájemný poměr dvou základních stavebních jednotek škrobu tj. amylopektinu a amylozy. Amylóza je ve vodě rozpustný polysacharid tvořený lineárně spojenými maltózovými jednotkami. Amylopektin je tvořen větvenými (pomocí glukózových jednotek) řetězci tvořenými maltózovými jednotkami a ve vodě se nerozpouští (Vodrážka, 2007). Z hlediska degradovatelnosti obsahuje škrob 3 frakce (A, B a C). Frakce A je okamžitě a vysoce degradovatelná, frakce B je pomaleji degradovatelná a frakce C je velmi obtížně degradovatelná. Vysoké zastoupení frakce A nebo jiných vodorozpustných sacharidů může vyvolat acidózu. **Silážní hybridy** mívají tvrdší typ zrna (flint). Zrno typu flint musí nejprve v batoru změkknout, a proto je jeho úplná degradace v batoru omezena a pohybuje se v rozmezí 80 – 98 %. To má za následek omezení výskytu acidóz. Tvrdost zrna je dána podílem moučnatého a sklovitého endospermu v zrně. **Zrnové hybridy** bývají často používány i pro silážování. Jejich vhodnost použití je však diskutabilní. Vyskytuje se u nich často typ zrna koňský zub (dent) s rychlým uvolňováním vody ze zrna (Loučka, 2010b). Dále jsou rozdílná doporučení pro jejich pěstování. U silážních hybridů Loučka (2011) doporučuje pozdější setí až o sedm dní. Hustota setí může být i o 10% vyšší než u zrnových hybridů.

2.3.1.1.2. Ranost hybridu

Velice důležitým kritériem při výběru vhodného hybridu je zvolení jeho ranosti. Kukuřice je dnes pěstována i na méně vhodných lokalitách než tomu bylo v minulosti a ranější hybridy jsou schopny dozrávat i v chladnějších oblastech.

Jednou z možností je volba podle čísla ranosti, tzv. **čísla FAO** (Food and Agriculture Organization). Toto číslo určuje střední obsah sušiny v době zralosti, ale bývá posuzováno podle tzv. sumy efektivních denních teplot (**SET**) pro délku vegetační doby hybridu nutnou

pro růst a vývoj rostliny. U nás používané hybridy mají číslo FAO v rozmezí 190 – 400 a SET se pohybuje od 1350°C do 1650°C. Čím jsou tato čísla nižší, tím je hybrid rannější. Rozdíl v čísle FAO o 10 znamená rozdíl ve zralosti o 1 – 2 dny, případně o 1 – 2 % více sušiny v době dozrávání. Další možností je podle Třináctého a kol. (2012) volba ranosti z hlediska zralosti zrna tzv. relative maturity (**RM systém**). Určuje se na základě celkové potřeby tepla pro dosažení jednotlivých fází růstu.

Určení ranosti úzce souvisí s oblastí pěstování. Obecně lze říci, že v chladnějších oblastech (BVO) se využívá rannějších hybridů (FAO 190 – 200), v teplejších (např. KVO) pozdnější (FAO 300 a více). Třináctý a kol. (2012) doporučují pro větší pozemky použít i kombinace hybridů s různou raností. Případně využít rozdílnost půdních charakteristik či různé expozice pozemků. Podle Loučky (2010b) tím lze docílit postupně efektivní sklizně kvalitního materiálu o optimální sušině tj. můžeme tak rozšířit "sklizňové okno", zvyšujeme i jistotu výnosu.

2.3.1.1.3. Stravitelnost neutrálně detergentní vlákniny (NDF)

Loučka (2010b) považuje toto kritérium za klíčové a vysoce spolehlivé pro výběr hybridu s využitím na siláž. Stravitelnost NDF je dána z velké části geneticky a je jen velmi omezeně ovlivnitelná dalšími faktory. Stravitelnost NDF nesouvisí s jejím obsahem. Obsah NDF u jednotlivých hybridů se pohybuje v rozsahu 30 – 54 %, stravitelnost NDF jednotlivých hybridů se pohybuje v rozsahu 45 – 64 %.

2.3.1.1.4. Mléčná produkce

Hojně používaným relativně novým systémem je **Milk 2006**, který umožňuje posuzovat vhodnost hybridů kukuřice pro výrobu siláží dle jejich účinnosti na mléčnou produkci. Vyjadřuje se formou dvou indexů: „Produkce mléka na hmotnostní jednotku sušiny siláže“ a „Výnos na jednotku plochy“ (Vršková a Bencová, 2011). Tento systém je zatím nejnovějším přepracováním postupně používaných systémů Milk 1991, Milk 1995 a Milk 2000, které byly zavedeny a používány dříve (Třináctý a kol., 2009). U nás byl upraven pro podmínky v ČR a nyní je tato upravená verze ve stádiu přihlašování (ústní podání panem Loučkou, 2012).

2.3.1.1.5. Ekonomické ukazatele

Ekonomika je na prvním místě. Významným ekonomickým ukazatelem je **cena osiva**. Např. cena osiva BMR hybridů je asi až třikrát vyšší než běžných konvenčních hybridů (Ballard, a další, 2001). Hustota se dá považovat za nepřímý ekonomický ukazatel. Hustoty porostu u jednotlivých hybridů jsou doporučovány šlechtiteli a u některých hybridů přímo dodávány ve výsevních jednotkách. Při zbytečně vysokých hustotách, mimo zvýšených ekonomických nákladů na osivo, se rovněž oddaluje zrání, zvyšuje se riziko poléhání porostu a snižuje se kvalita rostlin. Proto je důležité efektivně využívat možnosti, které nám nabízí pokrok ve šlechtění nových hybridů s požadovanými vlastnostmi. Pro silážní hybridy je důležitá jejich energetická hodnota a stravitelnost vlákniny obzvlášť. Je prokázáno, že zvýšení stravitelnosti NDF, zvyšuje produkci mléka. Podle Oby a Allena (1999) zvýšení stravitelnosti NDF o 1 % může v důsledku znamenat zvýšení dojivosti o 0,25 kg mléka (FCM 4 %). Stravitelnost NDF je do značné míry řízena geneticky a výběr hybridu tudíž hraje důležitou roli v ekonomice chovu. Volba správného hybridu tak může být významná pro kvalitu produkce a zvýšení užitkovosti zvířat. Zjišťování stravitelnosti NDF hybridů je tedy důležitou činností prováděnou při registraci jednotlivých hybridů, a její výsledky jsou důležitou informací pro pěstitele kukuřice na siláž. Jak velký význam pro praxi má volba hybridu, na základě tohoto ukazatele, je otázkou, která je předmětem mnoha výzkumných projektů. Tato diplomová práce se rovněž zabývá uvedenou problematikou jako součást projektu NAZV QI91A240.

3. Materiál a Metodika

Pro pokusy bylo použito 6 respektive 7, až na výjimky středně raného a extrémně raného hybridu v roce 2011, ranějších hybridů. Pěstovány byly postupně na dvou různých lokalitách.

Pro zjišťování stravitelnosti byla použita metoda in sacco podle (Tilley a Terry, 1963). Pro zjišťování stravitelnosti a jejího účinku na produkci mléka bylo použito software systému Milk 2006, upraveného firmou Nutrivet s.r.o. pro poměry v ČR.

3.1. Materiál

3.1.1. Pěstitelské lokality

Pro pokusy byly vybrány ve dvou sezónách dvě lokality s mírnými klimatickými podmínkami. Jedna se nachází poblíž Klatov a druhá na okraji města Třeboň.

3.1.1.1. Kolinec

V Kolinci, v okrese Klatovy, probíhal pokus se šesti ranými hybridy v roce 2010. Lokalita se nachází v bramborářské výrobní oblasti v nadmořské výšce 570 m.

Klimatické podmínky jsou specifikovány jako mírně vlhké a mírně chladné až mírně teplé, vrchovinné. Podle statistik ČHMÚ pro rok 2010 se průměrná roční teplota a roční úhrn srážek pohybují v průměru 6°C, respektive mezi 800 – 1000 mm.

3.1.1.2. Břilice

V Břilicích, na okraji města Třeboň v okrese Jindřichův Hradec, bylo v roce 2011 pěstováno 7 hybridů kukuřice. Lokalita se nachází v obilnářské výrobní oblasti v nadmořské výšce 420 m.

Klimatické podmínky jsou specifikovány jako mírně teplé a vlhké. Podle statistik ČHMÚ pro rok 2010 se průměrná roční teplota a roční úhrn srážek pohybují v průměru 7°C, respektive mezi 700 - 800 mm.

3.1.2. Zvolené hybridy

Použité hybridy jsou vesměs rané hybridy s čísly FAO 210 – 240. Použit byl také jeden extrémně raný hybrid s číslem FAO 130 a dále jeden středně raný hybrid s číslem FAO 260. Jedná se o dvou nebo tříliniové hybridy. Tři stejné hybridy byly použity v obou lokalitách a obou sezónách. Jsou to hybridy Ceklad, Cemilk a Ceskor.

Všechny hybridy jsou nabízeny firmou Oseva Bzenec ve výsevních jednotkách 90 000 zrn. Následné specifikace jednotlivých hybridů jsou uvedeny podle lokalit, kde byly konkrétní hybridy pěstovány. Charakteristiky hybridů jsou popsány podle informací uvedených výrobcem popř. distributorem osiva, u nás CEZEA respektive OSEVA Bzenec, uveřejněné v katalogu. Uvedené ceny platí pro sezonu 2012.

3.1.2.1. Kolinec 2010

CEMISS (FAO 220) je dvouliniový hybrid vhodný zejména pro pěstování kukuřice na zrno v ŘVO. Je tolerantní vůči chladu, odolný vůči nemocem a poléhání. Má rychlý počáteční vývoj a vysoký obsah škrobu v zrně. Poskytuje vysoký výnos a nízký obsah vody při sklizni. Doporučený výsevek je udáván pouze pro využití na zrno tedy 85 000 zrn/ha. Cena výsevní jednotky je 1850,- Kč.

CELUX (FAO 225) je dvouliniový hybrid vhodný na siláž i pro zrno. Pro zrno je ho vhodné pěstovat zejména v ŘVO, na siláž je vhodné jeho použití do chladnějších oblastí ŘVO a do BVO. Poskytuje velmi dobré výnosy zrna s vysokým obsahem škrobu. Je vhodný pro výrobu kvalitní siláže celé rostliny i tzv. CCM. Má pevné a dlouho zelené stéblo, je odolný proti lámání stébla a také nemocem. Zrno lze využít i pro mlynářské účely. Doporučený výsevek je při využití na siláž se udává 90 000 zrn/ha, pro využití zrna se udává 85 000 zrn/ha. Cena výsevní jednotky je 1850,- Kč.

CESTER (FAO 230) je modifikovaný tříliniový hybrid vhodný na siláž (TOP siláž) v ŘVO a BVO. Má velmi dobrý počáteční vývoj, a také je dobře přizpůsobivý chladnějším podmínkám. Siláž bývá velmi dobře stravitelná. Zrno se vyznačuje vysokým obsahem škrobu. Hybrid je využitelný na siláž celé rostliny i CCM. Doporučený výsevek je 90 000 zrn/ha. Cena výsevní jednotky je 1700,- Kč.

3.1.2.2. Kolinec 2010 i Břilice 2011

CEMILK (FAO 220) je modifikovaný tříliniový hybrid vhodný na siláž (TOP siláž) v chladnějším oblastech BVO a ŘVO. Poskytuje vysoké výnosy s vysokým podílem palic. Má velmi dobrý zdravotní stav a výbornou stravitelnost. Hlavní předností je mimořádná koncentrace energie poskytující následně vyšší užitkovost dojnic. Doporučený výsevek je 85 až 90 000 zrn/ha. Cena výsevní jednotky je 2250,- Kč.

CEKLAD (FAO 235) je modifikovaný tříliniový hybrid (MTc) vhodný především na siláž (TOP siláž), ale i na zrno. Možno ho použít i do bioplynových stanic. Je univerzálním hybridem vhodným pro pěstování do ŘVO a BVO. Poskytuje dobré výnosy zrna i kvalitní velmi dobře stravitelné siláže. Je vysoce odolný proti nemocem, poléhání a lámání stébla. Jeho předností je velmi dobrá stravitelnost siláže z celé rostliny. Doporučený výsevek je 85 až 90 000 zrn/ha pro využití na siláž a 80 000 zrn/ha při využití na zrno. Cena výsevní jednotky je 1800,- Kč.

CESKOR (FAO 240) je dvouliniový univerzální hybrid. Je odolný proti nemocem a poléhání, i přes relativně vysoký vzrůst. Poskytuje vysoký výnos zrna s vysokým obsahem škrobu v zrně. Doporučený výsevek je 85 až 90 000 zrn/ha při využití na siláž a 80 000 zrn/ha při využití na zrno. Cena výsevní jednotky je 2250,- Kč.

3.1.2.3. Břilice 2011

PYROXENIA (FAO 130) je tříliniový hybrid vhodný především na siláž. Vyšlechtěn byl na Slovensku. Je vhodný do horských oblastí, kde se doporučuje hustší výsev tj. 120 000 až 130 000 rostlin/ha. Jedná se o extrémně raný hybrid a v teplejších oblastech je možné ho pěstovat jako meziplodinu. Vyznačuje se rychlým nárůstem sušiny palice. Má vysoký podíl

palic a dobrý zdravotní stav. Při pěstování na CCM a LKS je hustota porostu doporučována maximálně 100 000 rostlin/ha. Cena výsevní jednotky je 2390,- Kč.

CEKOB (FAO 210) je dvouliniový hybrid, vhodný zejména na siláž v BVO a ŘVO. Je tolerantní vůči chladu. Má velmi dobrý počáteční vývoj a velmi dobrý zdravotní stav. Mezi hlavní přednosti patří vysoký výnos celkové hmoty a vysoký podíl palic v siláži, v neposlední řadě také výborná stravitelnost silážní hmoty. Doporučený výsevek je 90 000 zrn/ha. Cena výsevní jednotky je 2250,- Kč.

LABOOM (FAO 220) je tříliniový univerzální hybrid s tvrdším zrnem. Byl vyšlechtěn v Německu. Má dobrý počáteční vývoj, je typickým stay green hybridem. Má vysoký výnos sušiny, zrna i energie, a také velmi dobrou stravitelnost siláže. Je odolný vůči nemocem. Doporučený výsevek je pro využití na siláž 90 000 zrn/ha a pro využití na zrna 85 000 zrn/ha. Cena výsevní jednotky je 2490,- Kč.

CEMET (FAO 260) je tříliniový hybrid vhodný pro siláž v ŘVO. Má tvrdší zrno. Je vhodný i pro bioplynové stanice. Zelená hmota je zachována i po dosažení fyziologické zralosti. Má dobrý počáteční vývoj a rychlý nárůst hmoty. Široké uplatnění nalezne vzhledem k vysoké výkonnosti a plasticitě. Poskytuje vysoké výnosy silážní hmoty i sušiny. Siláž je výborně stravitelná. Je odolný proti nemocem. Doporučený výsevek je udáván 85 000 zrn/ha. Cena výsevní jednotky je 1850,- Kč.

3.2. Analýza kvalitativních ukazatelů

Každý hybrid byl pěstován na vybrané lokalitě ve čtyřech řádcích v hustotě osetí 85 000 rostlin na hektar. Odběr vzorků čerstvé píce byl prováděn ve třech opakováních (tři náhodně vybrané řádky), vždy bylo odebráno 10 po sobě jdoucích rostlin.

U vzorků byl následně zjišťován obsah sušiny a hmotnost sušiny v celé rostlině i jejich jednotlivých částech (stéblo s listy a palice). V sušině byl stanoven obsah neutrodetergentní vlákniny a řady dalších kvalitativních ukazatelů. V této práci jsou však v souladu s jejím zaměřením prezentovány pouze výsledky související s obsahem a stravitelností NDF.

Analýza stravitelnosti NDF byla provedena na NIRS s kalibrací na 48 hodin metodou *in vitro*. V laboratoři byly nastoleny podmínky, aby byly co nejpodobnější podmínkám v bacheru při trávení. Inkubace vzorků probíhala v nylonových sáčcích při teplotě 38 – 39 °C při pH tekutiny 6,7 – 6,9 po dobu 48 hodin. Toto stanovení vychází ze standardní *in vitro* metody podle Tilley a Terry (1963), kteří takto stanovovali stravitelnosti sušiny nebo organické hmoty. V současné době jsou rozšířeny dvě modifikace: inkubace v tubách; inkubace v rotujících nádobách umístěných v inkubátoru. Goering a VanSoest (1970) nahradili dříve používaný roztok pepsinu neutrálním detergentem (Třináctý a kol., 2010).

V upraveném software Milk2006 byl porovnáván výpočet NEL s tabulkovými a stanovenými hodnotami metodou *in sacco* s inkubací 24 hodin. Z naměřených hodnot byli vypočteny výnosové a produkční ukazatele.

3.3. Statistická analýza dat

Zjištěné hodnoty byly zpracovány v programu STATISTICA. Porovnávány mezi sebou byly vždy hybridy v rámci jednoho pokusu. Pro vyhodnocení vlivu hybridu na kvalitativní ukazatele byla použita jedno-faktorová analýza rozptylu. Vztah mezi proměnnými byl vyhodnocen pomocí korelační matice. Míra odlišnosti jednotlivých hybridů u jednotlivých kvalitativních ukazatelů byla určována na hladině významnosti $p < 0,05$ pomocí Tukeyho testu. Tři hybridy použité v obou pokusech byly posouzeny pomocí variačního koeficientu v rámci všech zjištěných hodnot pro ukazatele výnosu sušiny, výnosu stravitelné NDF, mléčné produkce na hektar a mléčné produkce na tunu sušiny.

4. Výsledky

Důležitými ukazateli pro výběr hybridu jsou stravitelnost NDF a pak následně výše produkce mléka. Nezanedbatelnými faktory jsou charakteristika pěstební lokality, a také konkrétní průběh sezóny zejména z hlediska teploty a vlhkosti.

4.1. Kolinec 2010

V této chladnější vrchovinné lokalitě byly použity ranější hybridy, které v těchto podmínkách poskytly relativně vysoký výnos sušiny od 14,08 až po 18,96 t.ha⁻¹. Sklizeny byly při průměrné sušině celé rostliny 30,38 ± 1,67 %.

V Tabulce 2 jsou porovnávány obsahy a stravitelnosti jednotlivých hybridů, a dále také celkový výnos sušiny a stravitelné NDF a výše produkce mléka v přepočtu na hektar a v přepočtu na tunu sušiny na hladině významnosti $p < 0,05$. Hodnoty všech ukazatelů byly statisticky průkazné $p < 0,05$. Tučně jsou označeny nejvyšší hodnoty, kurzívou naopak ty nejnižší. Vzájemné korelační koeficienty zejména pro obsah a stravitelnost NDF jsou uvedeny v Tabulce 3.

Tabulka 2: Průměrné hodnoty sledovaných ukazatelů u hodnocených hybridů na stanovišti Kolinec (rok 2010, písmena vyjadřují statisticky průkazné rozdíly mezi hybridy na hladině významnosti $p = 0,05$; Tukey HSD).

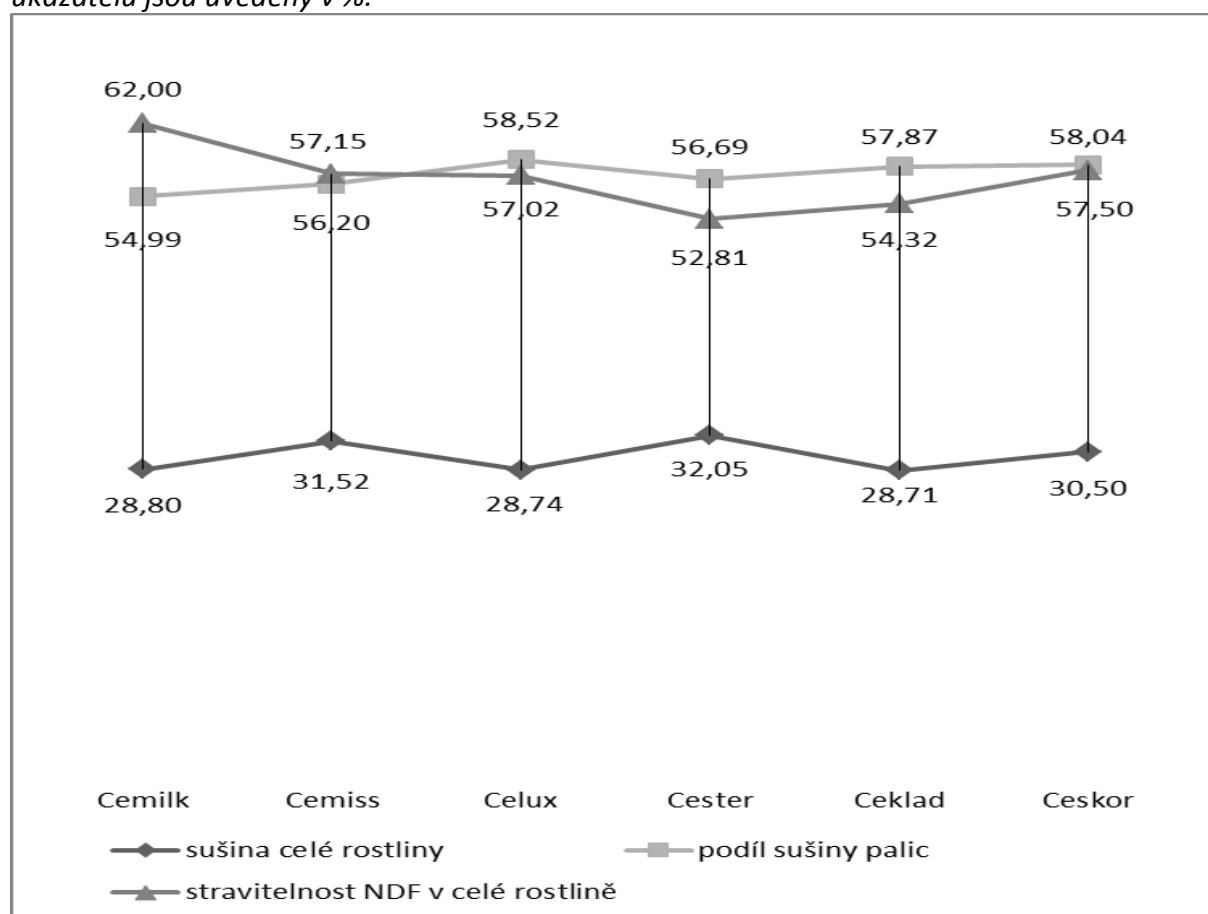
hybrid	obsah NDF ve stéble s listy	stravitelnost NDF ve stéble s listy	obsah NDF v celé rostlině	stravitelnost NDF v celé rostlině	výnos stravitelné NDF	produkce mléka		výnos sušiny
	%	%	%	%	t/ha	tis. kg/ha	kg/t sušiny	t/ha
Cemilk	58,84 c	57,29 b	42,05 c	62,00 b	5,40 c	42,09 a,b	2016 a	16,51 a,b,c
Cemiss	74,05 a,b	50,87 a,b	48,24 a,b	57,15 a,b	4,69 a,b,c	42,16 a,b	1995 a	16,81 a,b
Celux	69,08 a	49,51 a,b	45,21 a,c	57,02 a,b	4,85 b,c	47,08 b	1997 a	18,96 b
Cester	72,59 a,b	44,02 a	47,47 a,b	52,81 a	3,67 a	36,17 a	1881 b	14,08 c
Ceklad	70,03 a	45,56 a	45,90 a,b	54,32 a	3,97 a,b	40,15 a	1939 c	15,94 a,c
Ceskor	74,05 b	51,20 a,b	49,16 b	57,50 a,b	4,69 a,b,c	42,26 a,b	1933 b,c	16,74 a,b
p =	0,0000	0,0026	0,0001	0,0021	0,0037	0,0020	0,0000	0,0009

Tabulka 3: Korelační koeficienty mezi hodnocenými parametry na stanovišti Kolinec v roce 2010 (tučně jsou označeny korelační koeficienty statisticky průkazné na hladině významnosti $p = 0,05$).

		obsah NDF ve stéble s listy	obsah NDF v celé rostlině	výnos stravitelné NDF	produkce mléka na hektar	produkce mléka na tunu sušiny	sušina celé rostliny	podíl sušiny v palici
stravitelnost NDF	stéblo s listy	-0,35	-0,33	0,84	0,38	0,77	-0,25	-0,21
	celá rostlina	-0,41	-0,41	0,82	0,41	0,79	-0,31	-0,13

Jak je vidět z Tabulky 3, procentuální obsah NDF nijak výrazně neovlivňuje stravitelnost NDF nebo její výnosy, ani mléčnou produkci. Pokud by měl nějaký vliv, tak pravděpodobně spíše nepřímo úměrný tedy se zvyšujícím se obsahem NDF klesá její stravitelnost. V Grafu 1 jsou uvedeny průměrné hodnoty sušiny rostlin a podíl sušiny v palici v porovnání se stravitelností NDF v celé rostlině. Svislé čáry spojující body jsou pouze pro lepší orientaci.

Graf 1: Graf průměrného obsahu sušiny v celé rostlině ($p = 0,0003$) a podíl sušiny v palici v porovnání se stravitelností NDF v celé rostlině v lokalitě Kolinec (2010), všechny hodnoty ukazatelů jsou uvedeny v %.



4.2. Břilice 2011

V této teplejší a vlhčí lokalitě byly použity, vyjma jednoho extrémně raného hybridu, hybridy ranější až středně rané. V těchto podmínkách poskytly výnos sušiny od 11,43 (extrémně raný hybrid) respektive 16,93 až po 21,27 t.ha⁻¹. Sklizeny byly při průměrné sušině rostliny 29,39 ± 6,86 %.

V Tabulce 4 jsou porovnávány obsahy a stravitelnosti jednotlivých hybridů, a dále také celkový výnos sušiny a stravitelné NDF a výše produkce mléka v přepočtu na hektar a

v přepočtu na tunu sušiny na hladině významnosti $p < 0,05$. Výsledky v tabulce byly zjišťovány nejdříve se zahrnutím extrémně raného hybridu (1), a pak i bez něho (2). Ve druhém případě jsou rozdíly i statistická průkaznost méně výrazné. Tučně jsou označeny nejvyšší hodnoty, kurzívou naopak ty nejnižší. Vzájemné korelační koeficienty jsou uvedeny v Tabulce 5.

Tabulka 4: Průměrné hodnoty sledovaných ukazatelů u hodnocených hybridů na stanovišti Břilice (rok 2011, písmena vyjadřují statisticky průkazné rozdíly mezi hybridy na hladině významnosti $p = 0,05$; Tukey HSD).

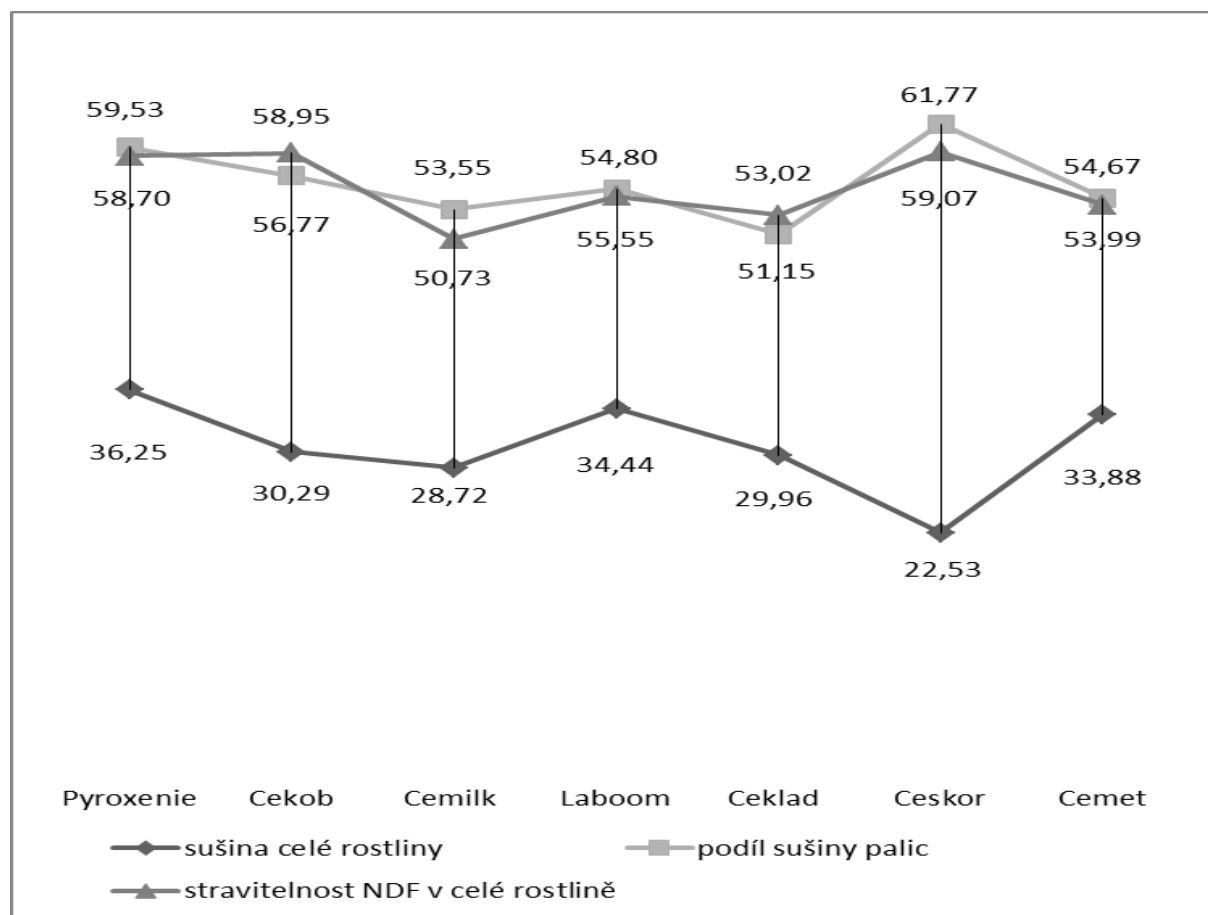
hybrid	obsah NDF ve stéble s listy		stravitelnost NDF ve stéble s listy		obsah NDF v celé rostlině		stravitelnost NDF v celé rostlině		výnos stravitelné	produkce mléka			výnos sušiny				
	%		%		%		%		t/ha	tis. kg/ha		kg/t sušiny		t/ha			
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	
Pyroxenie	84,30	b	52,98	a	50,90	b	58,70	a,c	2,96	b	28,53		2028	a,b	11,43	c	
Cekob	67,39	a	52,88	a	45,22	a	58,95	a	5,14	a	45,98		2045	b	b	18,13	a,b
Cemilk	68,06	a	<i>41,41</i>	b	46,74	a	<i>50,73</i>	b	4,69	a,b	48,24		<i>1984</i>	a	a	18,09	a,b
Laboom	70,00	a	47,15	a,b	a,b,c	46,85	a	54,80	a,b,c	a,b	55,75		2011	a,b	a,b	21,27	b
Ceklad	<i>66,85</i>	a	45,52	a,b	a,b	47,05	a	53,02	b,c	a	45,47		1986	a	a	16,93	a
Ceskor	69,20	a	50,32	a	b,c	<i>44,11</i>	a	59,07	a	b	4,33	a,b	37,75		2047	b	b
Cemet	67,76	a	45,97	a,b	a,b,c	46,19	a	53,99	a,b,c	a,b	4,53	a,b	44,11		2019	a,b	a,b
p1 =	0,0000		0,0012		0,0008		0,0009		0,0029		0,1631		0,0088		0,0000		
p2 =	0,6569		0,0024		0,0707		0,0023		0,1754		0,5872		0,0108		0,0003		

Tabulka 5: Korelační koeficienty mezi hodnocenými parametry na stanovišti Břilice v roce 2011 (tučně jsou označeny korelační koeficienty statisticky průkazné na hladině významnosti $p = 0,05$).

		obsah NDF ve stéble s listy	obsah NDF v celé rostlině	výnos stravitelné NDF	produkce mléka na hektar	produkce mléka na tunu sušiny	sušina celé rostliny	podíl sušiny v palici
stravitelnost NDF	stéblo s listy	0,40	0,12	-0,31	-0,45	0,86	-0,04	0,50
	celá rostlina	0,34	-0,04	-0,38	-0,54	0,91	-0,25	0,64

V obou případech se hodnoty korelačních koeficientů u obsahu NDF a stravitelnosti NDF mezi jednotlivými lokalitami a ročníky značně liší. Tyto rozdíly mohou být také způsobeny zařazením v sezóně 2011 extrémně raného hybridu, který je od ostatních značně odlišný, do statistiky. Korelace mezi nimi je však vždy neprůkazná. Vliv na mléčnou produkci na tunu sušiny je vždy velmi vysoký. V Grafu 1 jsou uvedeny průměrné hodnoty sušiny rostlin a podíl sušiny v palici v porovnání se stravitelností NDF v celé rostlině. Svislé čáry spojující body jsou pouze pro lepší orientaci.

Graf 2: Graf průměrného obsahu sušiny v celé rostlině a podíl sušiny v palici ($p = 0,006$) v porovnání se stravitelností NDF v celé rostlině v lokalitě Břilice (2011), všechny hodnoty ukazatelů jsou uvedeny v %.



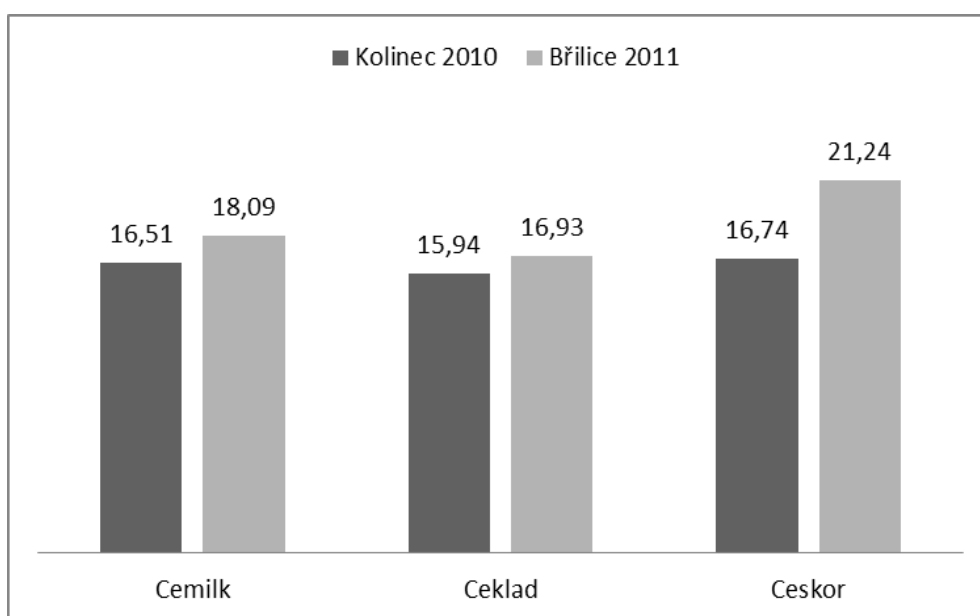
4.3. Porovnání hybridů mezi oběma lokalitami a sezónami

Vzhledem k použití dvou různých lokalit a dvou různých ročníků, je zajímavé též srovnání třech hybridů (Cemilk, Ceklad, Ceskor), použitých v obou případech. Grafy 3 až 6 ukazují závislost výnosových ukazatelů na výběru hybridu pro dané podmínky pěstování a danou sezónu. Jsou patrné i rozdíly hodnot stejných ukazatelů v rámci jednoho hybridu mezi ročníky. Variační koeficienty pro jednotlivé hybridy a ukazatele jsou uvedeny v Tabulce 6.

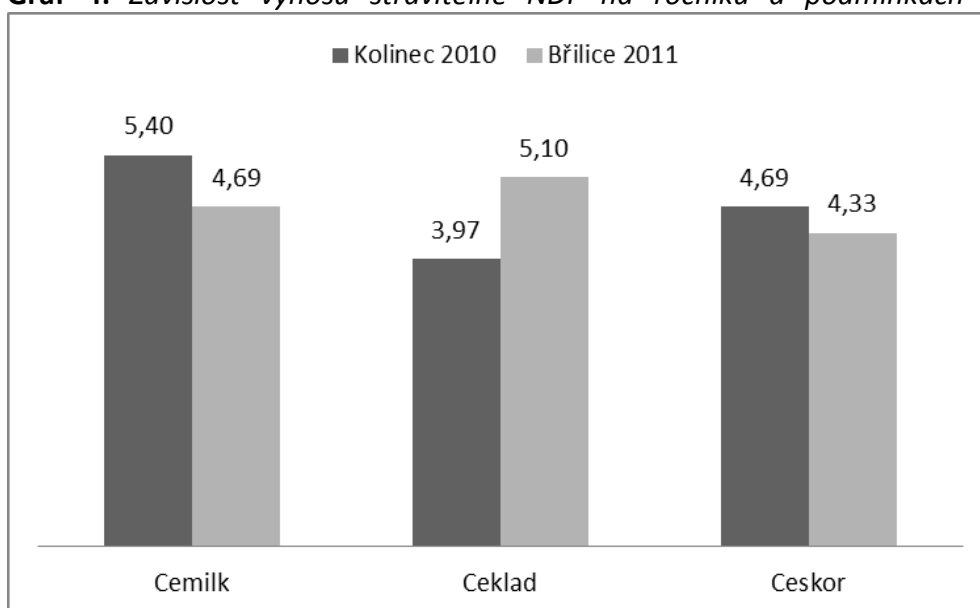
Tabulka 6: *Variační koeficienty mezi hodnotami zjištěnými v obou oblastech a v obou ročnících.*

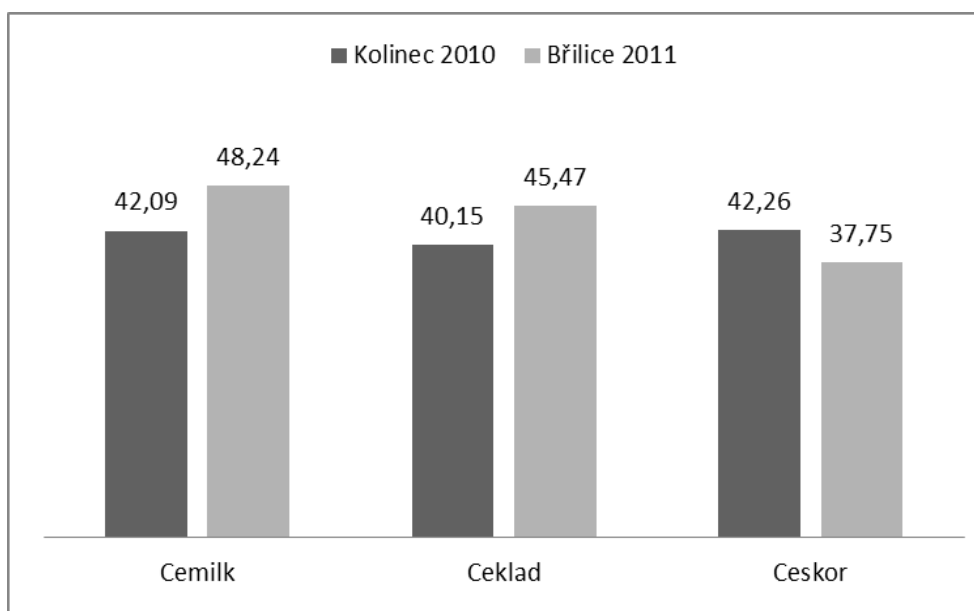
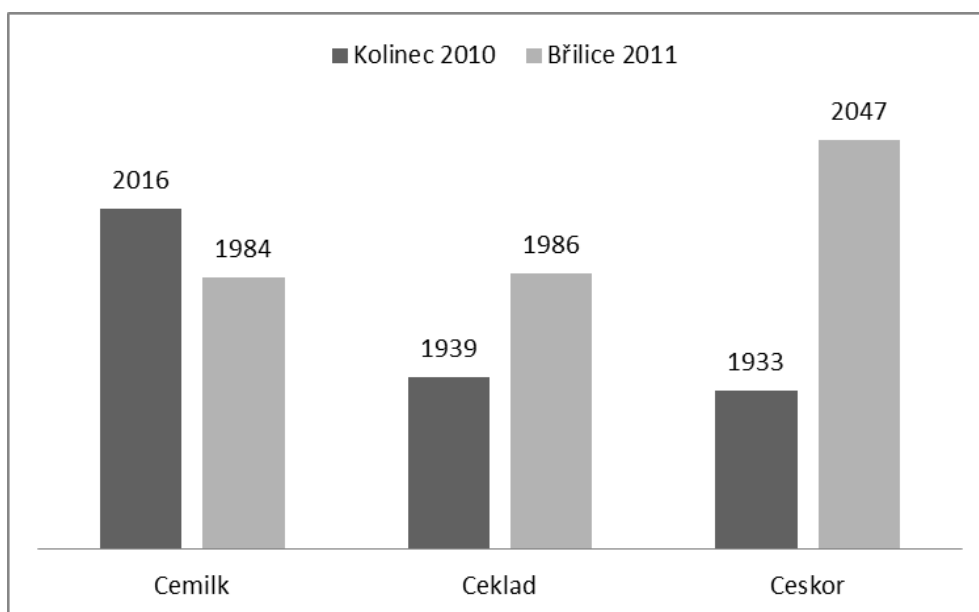
hybrid	Výnos stravitelné NDF	Výnos sušiny	mléčná produkce na hektar	mléčná produkce na tunu sušiny
Ceklad	17,247	6,124	9,541	1,392
Cemilk	14,119	7,106	8,841	1,137
Ceskor	16,875	13,637	43,728	3,232

Graf 3: *Závislost výnosu sušiny na ročníku a podmínkách pěstování ($t \cdot ha^{-1}$)*



Graf 4: *Závislost výnosu stravitelné NDF na ročníku a podmínkách pěstování ($t \cdot ha^{-1}$)*



Graf 5: *Produkce mléka na hektar v závislosti na ročníku a podmínkách pěstování (tis.kg.ha⁻¹)***Graf 6:** *Produkce mléka na tunu sušiny v závislosti na ročníku a podmínkách pěstování (kg.t⁻¹ sušiny)*

5. Diskuze

Mléčná produkce je pro živočišnou výrobu velice důležitá. Její výška ovlivňuje ekonomiku chovu. Jak je vidět z Tabulek 3 a 5, stravitelnost NDF ovlivňuje zejména mléčnou produkci na tunu sušiny. Stravitelnost NDF se u jednotlivých hybridů liší. Tento ukazatel je ovlivňován mnoha faktory.

V sezóně 2010 byly použity hybridy s velmi úzkou škálou čísel FAO. Tento fakt umožňuje srovnat lépe výnosové ukazatele hybridů. Není potřeba brát zřetel na vliv podmínek, kde by extrémnější rozdíly v ranosti hybridů mohly znamenat větší zkreslení výsledků, zejména co se týče významnosti rozdílů. Tyto rozdíly jsou prokazatelné už na velmi nízkých hladinách významnosti ($p \ll 0,05$), jak ukazují tabulky 2 a 4, zejména pro stravitelnosti a výnos sušiny a mléčné produkce na tunu sušiny.

Do vyšší nadmořské výšky byly správně použity ranější hybridy, které dozrají do optimální zralosti, tj. od stádia mléčného zubu přes 1/4 a 2/3 mléčné linie zrna až po stádium černé skvrny (Bal, a další, 1997). Poměry mezi jednotlivými složkami v sušině se mění s postupným dozráváním. Obsah sušiny má vliv i na technologii zpracování sklizeného materiálu. Čím vyšší je obsah sušiny v materiálu, tím kratší by měla být délka řezanky. Pokusy s různou délkou řezanky prováděli Bal et al. (2000). Pro obsah sušiny v celé rostlině 35 %, zvolili tři různé délky řezanky (hrubost siláže): 0,95 cm; 1,45 cm a 1,90 cm. U dojnic nezjistili žádné významné dopady na příjem krmiva nebo mléčnou produkci. Podle Loučky (2010b) by délka řezanky neměla být menší než 8 mm, aby splnila minimální fyziologické požadavky zvířat. Důležité je i mechanické zpracování zrna pomocí tzv. corncrackerů.

Na přežvykování, tedy na mechanické zpracování, má vliv obsah NDF v krmivu a společně se stravitelností NDF ovlivňuje plnivost batoru, tedy výsledný příjem sušiny. Příjem sušiny ovlivňuje příjem energie a tím následnou mléčnou produkci. Koncentrace NDF v krmivu určuje pH v batoru dojnic, její stravitelnost má vliv na rychlost pasáže přijatého krmiva. (Oba a Allen, 1999) Tématem obsahu a stravitelnosti vlákniny v kukuřičné siláži se zabývali další autoři: Andrae et al. (2001); Thomas et al. (2001); Schwab et al. (2003); Fernandez et al. (2004); Pereira et al. (2007); Poštulka a Doležal (2010); Loučka a Jambor

(2010). Andrae et al. (2001), Fernandez et al. (2004) a Loučka a Jambor (2010) shodně zjistili velmi malou korelaci mezi obsahem NDF a její stravitelností, což koresponduje s našimi výsledky. Naopak Schwab et al. (2003), Poštulka a Doležal (2010) uvádějí negativní korelaci mezi obsahem a stravitelností NDF ($r = -0,73$).

Pereira et al. (2007) zjistili, že stravitelnost NDF je významný faktor, který je ovlivněn podílem palic ve hmotě. S růstem podílu palice, klesá stravitelnost NDF: od 60,3 % stravitelnosti v zelené části rostliny, přes 55,3 % stravitelnosti u 50 % zastoupení palic, po 54,0 % stravitelnost NDF při zastoupení palice 75 %. K podobnému závěru dospěli i Thomas et al. (2001). Naše výsledky jsou však odlišné. V roce 2010 (podle Grafu 1) by se s tímto tvrzením dalo souhlasit, ale korelace mezi těmito faktory nebyla v tomto případě průkazná. Naopak v roce 2011 (podle Grafu 2) lze soudit o opačné závislosti ($r = 0,64$), která byla průkazná na hladině významnosti $p = 0,05$. Thomas et al. (2001) zjistili, že hybrid s větším podílem zelené hmoty a menším podílem zrna je stravitelnější a má i vyšší účinnost na produkci mléka. Wienberg et al. (2007) pozorovali inhibiční efekt škrobu na stravitelnost NDF.

Klesající stravitelnost NDF může souviset podle Loučky a kol. (2009) s růstem sušiny ve hmotě, s čímž by se dalo souhlasit podle našich výsledků viditelných v Grafech 1 a 2, korelace však nebyla ani v jednom z případů (lokalitě a ročníku) statisticky průkazná na hladině významnosti $p = 0,05$. Loučka a kol. (2009b) se ve své práci zabývali vlivem termínu sklizně na stravitelnost NDF, která s rostoucím obsahem sušiny (tedy vyšším stádiem zralosti) klesá. Použili 17 hybridů (čísla FAO od 210 do 300) ve stejných pěstebních podmínkách. Termíny sklizně byly rozdílné o 3 týdny, přičemž sušina sklizené hmoty se v průměru lišila o 4 %. U hybridů zjistili velmi variabilní obsah a stravitelnost NDF: obsah NDF se pohybuje mezi 30 – 54 %; její stravitelnost pak mezi 45 – 64 %.

Rozdíly mezi hybridy ve stravitelnosti NDF byly ve většině zmiňovaných pokusech neprůkazné ($p > 0,05$). Loučka a Jambor (2010) prováděli několik podobných pokusů. Vyhodnocení probíhalo pomocí různých metod, in vitro (NIRS), in sacco (chemická) i in vivo (na skopcích). Rozdíly při použití odlišných metod byly průkazné, avšak z vysokou korelací mezi metodami NIRS a chemickou. Je tedy i důležité vědět, která metoda byla pro měření použita. U stravitelnosti vlákniny in vivo na skopcích byly rozdíly v hybridech průkazné ($p <$

0,05). V případě pokusu o vlivu hybridu a stanoviště, kde byly použity 4 hybridy (FAO 260) na 6 stanovištích, vliv hybridu nebyl statisticky průkazný. Stravitelnost NDF siláže se pohybovala $38,57 \pm 3,59$ % při průměrném obsahu NDF $56,16 \pm 0,63$ %. Nízké hodnoty stravitelnosti mohou naznačovat nevhodnost použitých hybridů do vybraných lokalit (tedy klimatických podmínek), podobně jako nízké hodnoty hybridu Cemilk v Kolinci nebo hybridu Ceskor v Břilicích. V našem pokusu byla zjištěná průměrná stravitelnost NDF v celé rostlině od 50,73 do 62,00 % při jejím obsahu v celé rostlině mezi 42,05 – 50,90 %.

Podobný pokus, ale se zaměřením na výnos a stravitelnost sušiny, prováděli Ballard et al. (2001). Srovnávali mezi sebou různé druhy hybridů: BMR hybrid; hybrid s přidanými listy a běžný konvenční univerzální hybrid. Nejlépe z tohoto pokusu, co se týče stravitelnosti sušiny a stravitelnosti NDF, vyšel BMR hybrid. Autoři však poukázali na jeho výrazně vyšší cenu a nižší výnosy. V našem pokusu byly použity i hybridy šlechtěné na vysokou stravitelnost NDF označované jako TOP siláž (Cemilk, Ceklad a Cester). V našem pokusu však kromě hybridu Cemilk v Kolinci v roce 2010 neměly lepší stravitelnost NDF, nebo vyšší produkci, v porovnání s ostatními hybridy.

V pokusu, kterým se zabývá tato práce, byly zjištěné průkazné rozdíly na hladině významnosti $p < 0,05$ u všech sledovaných ukazatelů v roce 2010 v Kolinci jak ukazuje Tabulka 2. Statisticky významné jsou rozdíly ve stravitelnosti NDF, výnosu sušiny a mléčné produkci na tunu sušiny při vyloučení ze statistiky extrémně raného hybridu, respektive mezi sledovanými ukazateli mimo mléčnou produkci na hektar při zahrnutí extrémně raného hybridu, jak ukazuje Tabulka 4.

Velmi významným faktorem jsou i podmínky pěstování (Třináctý a kol., 2012). Tyto jsou charakterizovány nejen klimatickými podmínkami, ale i průběhem daného roku. Jak je vidět v Tabulce 1, celkové průměrné výnosy kukuřice pro jednotlivé sezóny se značně liší. Tento fakt může ovlivnit výsledky pokusů při porovnávání stejných hybridů v jiných lokalitách a ročnících. To může vysvětlovat značnou variabilitu hodnot ukazatelů u hybridů Cemilk, Ceklad a Ceskor mezi lokalitami a ročníky (viz. Tabulka 6).

Pěstitel nebo naopak zootechnik, krmivář se řídí podle rozdílných ukazatelů. Pro pěstitele je důležitý zejména vysoký výnos a ve výběru hybridu kukuřice podle produkční účinnosti (dle programu Milk 2006) by se měl řídit ukazatelem produkce mléka na jednotku plochy. Pro zootechnika, krmiváře je důležitým ukazatelem produkce mléka na tunu sušiny, tj. výtěžnost hybridu. Krmení kvalitními silážemi v důsledku pak znamená zlepšení živočišné produkce.

6. Závěr

Hybrid průkazně ovlivňuje stravitelnost NDF, a také výši výnosu a mléčné produkce.

To souvisí s podílem ligninu v pletivech, který značně ovlivňuje stravitelnost nejen NDF, ale i ostatních živin. Rychlost lignifikace pletiv je značně ovlivněná genetickým založením rostliny (hybridu).

Hybridy jsou šlechtěny pro využití na siláž anebo na zrno, toto je dáno zejména typem zrna, který je geneticky dán. Také stravitelnost NDF ve zbytku rostliny může být značně ovlivněna genetickým založením rostlin.

Z ekonomického hlediska je důležitá nejen cena osiva, ale i cena za vyrobenou siláž a následně přepočtená na mléčnou produkci.

Program MILK 2006 vhodně kombinuje výnos a kvalitu kukuřice na siláž a umožňuje a usnadňuje optimální výběr hybridu.

Kvalita výnosu je dána nejen obsahem živin a energie v krmivu, ale především jejich stravitelností a tudíž využitelností pro organismus zvířete.

Výši výnosu, zejména sušiny, ovlivňují zejména pěstební podmínky a výběr vhodného hybridu do daných podmínek. Pro praxi je vhodné zjistit si co nejlépe charakteristiku klimatických podmínek a doporučenou ranost hybridů, vhodných do konkrétních podmínek.

Schopnost dozrání rostliny v daných podmínkách je také dána geneticky a lze si vybrat vhodné hybridy podle ranosti (číslo FAO).

Tato vlastnost hybridu má významný vliv na další ukazatele zejména obsah a stravitelnost NDF ovlivněné interakcí stanoviště a ročníku.

7. Citovaná literatura

Allen, M.S. a Oba, M.. 1996. Physical constraints on voluntary intake of forages by ruminants. *In: Silage Science and Technology*. Buxton, D. R., Muck, R. E., Harrison, J. H. 2003.

Andrae, J.G., Hunt, C.W., Pritchard, G.T., Kennington, L.R., Harrison, J.H., Kezar, W., Mahanna, W. 2001. Effect of hybrid, maturity, and mechanical processing of corn silage on intake and digestibility by beef cattle. *Journal of Animal Science*. 2001, Sv. 79, stránky 2268 - 2275.

Bal, M. A., Shaver, R. D., Jirovec, A. G., Shinnors, K. J., Coors, J. G. 2000. Crop processing and Chop length of Corn Silage: Effects on Intake, Digestion, and Milk Production by Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*. 2000, stránky 1264-1273.

Bal, M. A., Coors, J. G. a Shaver, R. D. 1997. Impact of the Maturity of Corn for Use as Silage in the Diets of Dairy Cows on Intake, Digestion, and Milk Production. *Journal of Dairy Science*. 1997, stránky 2497-2503.

Ballard, C. S., Thomas, E. D., Tsang, D. S., Mandebvu, P., Sniffen, C. J., Endres, M. I., Carter, M. P. 2001. Effect of Corn Silage Hybrid on Dry Matter Yield, Nutrient Composition, In vitro Digestion, Intake by Dairy Heifers, and Milk Production by Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*. 2001, stránky 442-452.

Buxton, D. R., Muck, R. E., Harrison, J. H. 2003. *Silage Science and Technology*. Wisconsin, USA : ASA, CSSA, SSSA, 2003. str. 927.

Fernandez, I., Martin, C., Champion, M. a Michalet-Doreau, B. 2004. Effect of Corn Hybrid and Chop Length of Whole-Plant Corn Silage on Digestion and Intake by Dairy Cows. *In: Vliv hybridu kukuřice a stanoviště na obsah a stravitelnost živin*. Loučka, R. a Jambor, V. 2010

Forsberg, C.W., Cheng, K.J. and White, B.A. 1997. Polysaccharide degradation in the rumen and large intestine. *In: Opportunities to improve fiber degradation in the rumen: microbiology, ecology, and genomics*. Krause, D.O., Denman, S.E., Mackie, R.I., Morrison, M., Rae, A.L., Attwood, G.T., McSweeney, Ch.S. 2003.

Goering a VanSoest. 1970. Forage fibre analyses (apparatus, reagents, procedures, and some applications). *In: Hodnocení kukuřičné siláže prodojnice dle systému Milk 2006*. Třináctý, J., Richter, M. a Křížová, L. 2010.

Joanning, S. W., Johnson, D. E. a Barry, B. P. 1981. Nutrient digestibility depressions in corn silage-corn grain mixtures fed to steers. *Journal of Animal Science*. [Online] 1981. [Citace: 29. 1 2012.] jas.fass.org/content/53/4/1095.

Jung, H.G. 1997. Analysis of Forage Fiber and Cell Walls in Ruminant Nutrition. *The Journal of nutrition*.

Krause, D.O., Denman, S.E., Mackie, R.I., Morrison, M., Rae, A.L., Attwood, G.T., McSweeney, Ch.S. 2003. Opportunities to improve fiber degradation in the rumen: microbiology, ecology, and genomics. *FEMS Microbiology Reviews*. 12 2003, stránky 663-693. Vol.27, Issue 5.

Lauer, J. G. 2011. *Mezinárodní konference o výrobě kukuřičné siláže. In: Mezinárodně o zkušenostech s výrobou kukuřičné siláže.* Tatarčíková, L., Jambor, V., Lauer, J., Balázs, L., Barbi, A., Stumpf, F. 2011.

Loučka, R. a Jambor, V. 2010. Vliv hybridu kukuřice a stanoviště na obsah a stravitelnost živin. *Naše úroda*. 12 2010, stránky 52-54.

Loučka, R. 2010a. Konzervace píce: o peněžích a kvalitě. *Agroweb.cz*. [Online] 2010. [Citace: 13. 1 2012.] http://www.agroweb.cz/Konzervace-pice:-o-penezich-a-kvalite__s566x45850.html.

Loučka, R. 2010b. Kukuřičná siláž: kde mohou být rezervy. *Agroweb.cz*. [Online] 2010. [Citace: 13. 1 2012.] http://www.agroweb.cz/Kukuricna-silaz:-kde-mohou-byt-rezervy__s1307x47311.html.

Loučka, R. 2011. Proč a jak konzervovat kukuřici. 30. 11 2011.

Loučka, R., Jambor, V. a Hák, J. 2009a. Kvalitu ovlivňuje mnoho faktorů. *Náš chov*. 8 2009, stránky 34-35.

Loučka, R., Jambor, V. a Hák, J. 2009b. Vliv termínu sklizně kukuřice na obsah a stravitelnost živin. *Krmivářství*. 4 2009, stránky 29-31.

McSweeney, C.S., Dullieu, A., Katayama, Y., Lowry, J.B. 1994. Solubilisation of lignin by the ruminal anaerobic fungus *Neocallimastix patriciarum*. *In: Opportunities to improve fiber degradation in the rumen: microbiology, ecology, and genomics.* Krause, D.O., Denman, S.E., Mackie, R.I., Morrison, M., Rae, A.L., Attwood, G.T., McSweeney, Ch.S. 2003.

Mikyska, F. 2011. Kvalita objemných krmiv 2010. *Náš chov*. 3 2011, stránky 58-61.

Mitřík, T. a Vajda, V. 2011. Objemové krmivá a ich kvalita – 13. *Náš chov*. 3 2011, stránky 17-18.

MZe. 2011. Situační a výhledové zprávy - Obiloviny. *eagri.cz*. [Online] 12 2011. http://eagri.cz/public/web/file/140964/OBILOVINY_12_2011__k_umisteni_na_web.pdf.

MZe. 2010. Situační a výhledové zprávy - Průmyslová krmiva. *eagri.cz*. [Online] 6 2010. http://eagri.cz/public/web/file/81002/KRMIVA_06_2010.pdf.

Oba, M. a Allen, M. S. 1999. Evaluation of the Importance of the Digestibility of Neutral Detergent Fiber from Forage: Effects on Dry Matter Intake and Milk Yield of Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*. 3 1999, stránky 589-596.

Office of The Gene technology Regulator. 2008. The Biology of Zea mays L. spp mays (corn or maize). [Online] 2008. [http://www.ogtr.gov.au/internet/ogtr/publishing.nsf/content/maize-3/\\$FILE/biologymaize08_2.pdf](http://www.ogtr.gov.au/internet/ogtr/publishing.nsf/content/maize-3/$FILE/biologymaize08_2.pdf).

Pereira, E. S., de Arruda A. M. V., Mizubuti, I. Y., Moreira, F. B., Cavalcante, M. A., de Oliveira, S. M. P. a Villarreal, A. B. S. 2007. Chemical composition and ruminal kinetic of neutral detergent fiber

of corn and sorghum silages. *In: Vliv hybridu kukuřice a stanoviště na obsah a stravitelnost živin.* Loučka, R. a Jambor, V. 2010.

Poštulka, R. a Doležal, P. 2010. The influence of hybrid locality and silage preparation on the neutral detergent fiber digestibility of maize silage. *MendelNet.* [Online] 2010. http://mnet.mendelu.cz/mendelnet2010/articles/16_postulka_371.pdf.

Procházka, S., Macháčková, I., Krekule, J., Šebánek, J. 2003. *Fyziologie rostlin.* Praha : Academia, 2003.

Schwab, E.C., Shaver, R.D., Lauer, J.G., Coors, J.G. 2003. Estimating silage energy value and milk yield to rank corn hybrids. *Animal Feed Science and Technology.* 2003, Sv. 109, stránky 1 - 18.

Suchý, P., Straková, E. a Herzig, I. 2010. Toxické látky v krmivovém a potravním řetězci. [autor knihy] Lubomír Opletal a Věra Skřivanová. *Přírodní látky a jejich biologická aktivita.* Praha : Karolinum, 2010, Sv. 2 - Využití látek pro ovlivnění fyziologických procesů hospodářských zvířat, 9.

Šilhánková, Ludmila. 2008. *Mikrobiologie pro potravináře a biotechnology.* Praha : Academia, 2008.

Šimko, M., Bíro, D., Juráček, M., Gálik, B., Rolinec, M. 2011. *Hodnotenie obsahu štruktúrnych sacharidov v krmných dávkach pre dojnice.* Brno : VFU, 2011. IX. Kábrtovy dietetické dny : konference s mezinárodní účastí o bezpečnosti a produkční účinnosti krmiv. stránky 83-87.

Tatarčíková, L., Jambor, V., Lauer, J., Balázs, L., Barbi, A., Stumpf, F. 2011. Mezinárodně o zkušenostech s výrobou kukuřičné siláže. *Agrární obzor.* 5-6 2011, str. 11.

Thomas, E.D., Mandevu, P., Ballard, C.S., Sniffen, C.J., Carter, M.P., Beck, J. 2001. Comparison of Corn Silage Hybrids for Yield, Nutrient Composition, In Vitro Digestibility, and Milk Yield by Dairy Cows. *Journal of Dairy Science.* 2001, Sv. 84, stránky 2217 - 2226.

Tilley, J.M.A. a Terry, R.A. 1963. A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops. *Grass and Forage Science.* 1963, Sv. Vol.18, Issue 2, stránky 105 - 111. publikováno on-line 27.4.2006.

Třináctý, J., Richter, M. a Křížová, L. 2009. *Hodnocení energie krmiv pro dojnice dle NRC.* . Uplatněná certifikovaná metodika. Rapotín : Agrovýzkum, 2009. str. 41.

Třináctý, J., Matoušková, H. a Vychodilová, D. 2012. Výběr hybridů kukuřice podle FAO. *Náš chov.* [Online] 1 2012. [Citace: 31. 1 2012.] http://www.naschov.cz/@AGRO/informacni-servis/Vyber-hybridu-kukurice-podle-FAO__s485x58617.html.

Třináctý, J., Richter, M. a Křížová, L. 2010. *Hodnocení kukuřičné siláže pro dojnice dle systému Milk 2006.* Rapotín : Agrovýzkum, 2010.

Vodrážka, Z. 2007. *Biochemie.* Praha : Academia, 2007.

Vršková, M. a Bencová, E. 2011. *Kvalita kukuričných siláží v SR.* Brno : VFU, 2011. IX. Kábrtovy dietetické dny : konference s mezinárodní účastí o bezpečnosti a produkční účinnosti krmiv. stránky 148-153.

Weinberg et al. 2007. Effect of lactic acid bacteria inoculants on in vitro digestibility of wheat and corn silages. *In: The influence of hybrid locality and silage preparation on the neutral detergent fiber digestibility of maize silage.* Poštulka a Doležal. 2010.

White, P. J. a Johnson, L. A. 2003. *Corn: Chemistry and Technology.* Minnesota, USA : AACC, 2003. str. 892. druhé vydání.