

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra agroekologie a rostlinné produkce



Vliv hybridu a výsevku na výnos silážní kukuřice

Bakalářská práce

Autor práce: Tomáš Vyšohlíd

Obor studia: Rostlinná produkce ABR

Vedoucí práce: Ing. Pavel Fuksa, Ph.D.

© 2019 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Vliv hybridu a výsevku na výnos silážní kukuřice" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 17. 4. 2019

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval panu Ing. Pavlu Fuksovi, Ph.D. za odborné rady při vedení mé bakalářské práce a Ing. Jiřímu Šmolíkovi za cenné informace.

Vliv hybridu a výsevku na výnos silážní kukuřice

Souhrn

Cílem teoretické části bakalářské práce bylo vypracovat literární rešerši zaměřenou na nejvýznamnější faktory ovlivňující výnosové parametry silážní kukuřice. Problematika se týká především výběru vhodného hybridu, hustoty založení porostu a vlivu listové plochy na ekonomiku pěstování silážní kukuřice.

Firmy zabývající se osivy v dnešní době nabízejí velkou škálu hybridních osiv kukuřice, a to jak na siláž, tak i na zrno. Z tohoto důvodu má pěstitel možnost výběru vhodného silážního hybridu, který bude přímo vyhovovat jak půdním, tak klimatickým podmínkám dané lokality a způsobu využití kukuřičné siláže. I hustota a uspořádání porostu je jedno z nejvýznamnějších pěstitelských opatření ovlivňující jak výnos, tak kvalitu vyprodukované silážní kukuřice. Zvolení správného výsevku má vliv jednak na pořizovací náklady osiva, ale například i na velikost listové plochy a následný výnos.

V praktické části byl založen pokus na pokusném pozemku FAPPZ v Praze – Suchdol nedaleko Brandejsova statku dne 25. dubna. Pokus se skládal z dvou vybraných hybridů Luxxida a Xxavi a dvou různých výsevků 79 000 rostlin/ha a 95 000 rostlin/ha. Pokus byl založen do latinského čtverce při čtyřech opakování. Během vegetace byla měřena listová plocha a výška rostlin. 16. srpna proběhla sklizeň a následně byly statisticky vyhodnoceny rozdíly mezi výnosem zelené hmoty, sušiny a charakteristickými znaky rostlin jednotlivých variant. Z daného pokusu vyplývá, že ranější hybrid Xxavi (FAO 300) je o 1,4 t/ha výnosnější než hybrid Luxxida (FAO 300). Po zvýšení výsevku ze 79 000 rostlin/ha na 95 000 rostlin/ha, došlo k nárůstu výnosu u vyššího výsevku o 0,5 t/ha. Společné porovnání výsevků a hybridů určilo, že největší výnosový potenciál má kombinace hybridu Xxavi a výsevku 95 000 rostlin/ha, kdy byl dosažen výnos 35 t/ha zelené hmoty. Ekonomické porovnání dvou různých výsevků u jednotlivých hybridů prokázalo, že zvýšení výsevku u obou hybridů ze 79 000 rostlin/ha na 95 000 rostlin/ha není rentabilní vzhledem k výnosu.

Klíčová slova: kukuřice, hustota porostu, hybrid, výnos, výška rostlin, listová plocha

Influence of hybrid and seeding rate on the yield of silage maize

Summary

The aim of theoretical part of this bachelor thesis was to summarize main factors which influence the yield of silage maize. The issue mainly concerns the selection of suitable hybrid, the density of planting and the impact of leaf area on the economy of silage maize.

Companies on the seeds market today offer wide scale of hybrid maize seeds grown both for silage and grain. Due to this reason the grower has the choice to get a suitable silage hybrid which is the best for soil and climate conditions of grower's location and for use of silage maize. Furthermore, density and arrangement of a stand both grain and silage is one of the most important growing measures having impact on yield and quality of produced silage maize. Choice of the right seed influences on the one hand purchase costs of seed and on the other hand size of leaf area which has impact on final yield.

The author examined the efficiency of two hybrids on yield in the practical part of this thesis. The experiment took place on the land of FAPPZ in Prague near "Brandejsův statek" on the 25th of April. It consisted of two hybrids – Luxxida and Xxavi and two different seeding. First sowing had 79.000 plants/ha and the grain distance in a row was 18 cm and the second one 95.000 plants/ha with 15 cm distance. This experiment was planted on the latin square in four recurrences. Leaf areas and plant heights were measured in the period of vegetation. The crop was harvested on the 16th of August and then differences between yield of green matter, dry matter and plant characteristics of individual variants were statistically evaluated. The result of this experiment is that earlier hybrid Xxavi is about 1,4 t/ha more productive than hybrid Luxxida. After increasing of seeding from 79.000 plants/ha to 95.000 plants/ha is the yield 0,5 t/ha higher. The result of this experiment is that the most productive combination is hybrid Xxavi with seeding of 95.000 plants/ha. The yield of this combination reached 35 t/ha of green matter. From the economical point of view the increasing of seeding is unprofitable in consideration of the yield.

Keywords: Maize, cuttings, density of vegetation, hybrid, yield, plant height, leaf area

Obsah

1 Úvod	- 1 -
2 Cíl práce	- 2 -
3 Literární rešerše	- 3 -
3.1 Kukuřice	- 3 -
3.1.1 Historie.....	- 3 -
3.1.2 Biologická a morfologická charakteristika	- 3 -
3.1.2.1 Klíčení zrna	- 4 -
3.1.2.2 Kořeny	- 4 -
3.1.2.3 Stéblo	- 4 -
3.1.2.4 Listy	- 4 -
3.1.2.5 Květenství.....	- 4 -
3.1.2.6 Fotosyntéza	- 5 -
3.2 Hybridy silážní kukuřice	- 5 -
3.2.1 Šlechtění hybridních odrůd kukuřice	- 6 -
3.2.2 Zkoušky užitné hodnoty	- 7 -
3.2.3 Rozdělení hybridů	- 7 -
3.2.4 Ranost a číslo FAO.....	- 8 -
3.2.5 Suma efektivních teplot.....	- 9 -
3.3 Hustota porostu	- 10 -
3.4 Listová plocha	- 13 -
3.4.1 Sluneční záření	- 13 -
3.4.2 Index listové plochy	- 13 -
3.5 Sklizeň	- 16 -
3.5.1 Výnos silážní kukuřice	- 17 -
3.6 Pěstování kukuřice pro produkci bioplynu	- 18 -
3.7 Ekonomika pěstování silážní kukuřice	- 19 -
3.7.1 Náklady na pěstování kukuřice	- 19 -
4 Materiál a metody	- 21 -
4.1 Charakteristika stanoviště	- 21 -
4.1.1 Půdní podmínky	- 21 -
4.1.2 Klimatické a meteorologické podmínky během vegetace.....	- 21 -
4.2 Charakteristika pěstovaných hybridů	- 22 -
4.2.1 RGT Xxavi	- 22 -
4.2.2 RGT Luxxida.....	- 22 -
4.3 Stanovení LAI	- 22 -

4.4	Založení pokusu.....	23 -
4.5	Odebírání vzorků během vegetace.....	23 -
4.6	Sklizeň a odběr vzorků.....	24 -
4.7	Statistické vyhodnocení dat.....	24 -
5	Výsledky	25 -
5.1	Výnosové hodnoty	25 -
5.2	Sklizňové parametry průměrné rostliny	26 -
5.3	Výška rostlin.....	27 -
5.4	Vyhodnocení listové plochy	29 -
5.5	Ekonomické vyhodnocení	32 -
6	Diskuze	33 -
7	Závěr	37 -
8	Literatura.....	39 -

1 Úvod

Kukuřice je jedna z nejdůležitějších píceň pěstovaná jak v České republice, tak i ve světě. Její rozšíření umožnila velká variabilita a výnosnost. Díky výraznému pokroku ve šlechtění a neustálé tvorbě nových hybridů, je umožněno pěstovat kukuřici i v méně příznivých podmínkách.

Samotná kukuřice hraje nezanedbatelnou roli jak v rostlinné, tak živočišné výrobě, a to zejména díky své jednoduchosti, nenáročnosti a velkému výnosovému potenciálu. Kukuřice pěstovaná na siláž je základem kvalitní krmné dávky pro hospodářská zvířata a také vhodný zdroj energie pro bioplynové stanice. V osevním postupu působí kukuřice jako zlepšující plodina a také jako přerušovač obilných sledů. Z toho důvodu je nejčastější předplodina právě obilnina, ovšem kukuřice sama o sobě je celkem nenáročná na předplodinu a snáší i pěstování po sobě.

Téma bakalářské práce jsem zvolil kvůli významnosti silážní kukuřice jako jednoleté pícniny pěstované na orné půdě. Pro většinu tuzemských podniků, zabývajících se živočišnou produkcí, je kukuřice jedna z nejdůležitějších pícnin, protože její výživové hodnoty a kvalita píce převyšují ostatní pícniny. Právě pro tyto podniky může být důležitá závislost výsevu na výnosu silážní kukuřice a volba vhodných hybridů, jelikož množství výsevu a zvolení vhodného hybridu může ovlivňovat finanční rentabilitu pěstování silážní kukuřice. K dosažení nejlepších ekonomických výsledků je také nutné dodržovat základní agrotechnické pravidla. Jako jedno z nejdůležitějších rozhodnutí je právě výběr vhodného hybridu. Volba správného hybridu se odvíjí především od lokality pěstování kukuřice, jeho ranosti a způsobu využití sklizeného materiálu. V dnešních letech, kdy zemědělci často čelí nedostatku píce jako krmivo pro hospodářská zvířata, je dalším velmi důležitým agrotechnickým opatřením volba vhodného výsevu. Samotný výsevek totiž ovlivní porost během celé vegetační doby a má vliv především na výnos i kvalitu kukuřičné siláže.

2 Cíl práce

Cílem bakalářské práce je vypracovat literární rešerši zaměřenou na nejvýznamnější faktory ovlivňující výnosové parametry silážní kukuřice. V praktické části bude porovnáván vliv hybridů a odlišných výsevků na morfologické a výnosové charakteristiky silážní kukuřice.

Hypotéza: Odlišné výsevky mají v interakci s různými hybridy vliv na morfologické, výnosové a ekonomické ukazatele silážní kukuřice.

3 Literární rešerše

3.1 Kukuřice

Kukuřice (*Zea mays* L.) je jednou z nejdůležitějších cereálních plodin a model pro studium genetiky, evoluce a domestikace (Fusheng et al. 2007). Význam kukuřice pro lidstvo je zřejmý z toho, že se dnes pěstuje na pěti světadílech. Výnosy se liší v závislosti na ročníku a lokalitě mezi jednotlivými hybridy (Zimolka et al. 2008).

Kukuřice také patří k tradičním GM plodinám, podíl transgenních hybridů dosáhl v roce 2006 17 % z celkové výměry s meziročním nárůstem cca 4 % (Drobník 2007).

3.1.1 Historie

Na rozdíl od ostatních známých obilnin jsou domovinou kukuřice tropické a subtropické oblasti Jižní a Střední Ameriky. Je to prastará kulturní plodina, která byla známá dávným americkým indiánským kmenům. Kukuřice tak jak jí známe nyní, neexistovala ve volné přírodě, neboť vzhledem ke stavbě klasu, pevnému uložení zrna a obalovým listenům se nemůže sama rozmnožovat. Původní podoba kukuřice, vznik a vývin nejsou dosud objasněny (Šuk et al. 1998). Do Evropy, Asie a Afriky se dostala po objevení Ameriky. U nás se pěstování kukuřice více rozšířilo až na začátku 20. století, zvláště se zaváděním hybridního osiva (Zimolka et al. 2008).

Wang et al. (1999) uvádí, že domestikace všech hlavních rostlin se vyskytovala během krátké doby v lidské historii zhruba před 10 000 lety. Během této doby si starověcí zemědělci vybrali semena preferovaných forem a vyřadili semínko nežádoucích typů, aby vyrobili každou další generaci. V důsledku toho se zvýšily frekvence zvýhodněných alel. Domestikace kukuřice vyžaduje stovky let a je potvrzen předchozí důkaz, že kukuřice byla domestikována z jihozápadního Mexika

3.1.2 Biologická a morfologická charakteristika

V botanickém systému je kukuřice (*Zea mays* L.) zařazena jako jednoletá rostlina, jednodomá, různopohlavní, typu rostlin diklinických s prašníkovými (samčími) a pestíkovými (samičími) květy, uspořádanými do oddělených květenství (laty a palice). Je cizosprašná a patří do podtřídy jednoděložných, řadu lipnicokvětých, čeledi lipnicovitých, skupiny kukuřicovitých. Většina skupin se dělí na nižší botanické jednotky podle barvy nebo tvaru zrna a podle barvy pluch na větenech palice (Ivanov 1959).

Dle biologických vlastností se kukuřice dělí na kukuřici obecnou neboli tvrdou, kukuřici koňský zub, kukuřice polozubovitá, kukuřice pukancová, kukuřice cukrová, kukuřice škrobnatá, kukuřice vosková a kukuřice plevnatá (Šuk et al. 1998).

3.1.2.1 Klíčení zrna

Zrno začíná klíčit za vhodných tepelných a vlhkostních podmínek vzduchu a půdy. Rychlost růstu při klíčení souvisí s příjmem vody. Nejnižší obsah vody v půdě, při kterém začíná růst kořínek je 57 % při teplotě 30 °C, při teplotě 12 °C je to již 75 %. Doba klíčení v polních podmínkách je 7 - 10 dnů (Šuk et al. 1998).

3.1.2.2 Kořeny

Zimolka et al. (2008) uvádí, že kukuřice vytváří svazčitý kořenový systém, jehož provazovité kořeny pronikají poměrně hluboko do půdy, podle stanovištních podmínek 1,5 - 3 i více metrů, a zajišťují zásobování vodou ze značné hloubky. Převážná část jemných kořínků je však rozložena mělce v orniční vrstvě do 20 cm, kolem stébla v okruhu okolo 100 cm a více.

3.1.2.3 Stéblo

Vaněk et al. (2016) uvádí, že stéblo je složené z článků (internodií) a z plných kolének (nody). Počet nadzemních článků a kolének je závislý na stanovištních podmínkách a délce vegetační doby. U jednotlivých hybridů se počet nadzemních článků liší a je založen geneticky (Vaněk et al. 2007).

3.1.2.4 Listy

Listy během vegetace začínají odumírat od spodní části rostliny. Podle postavení listové čepele k povrchu půdy rozeznáváme dva základní typy: planofilní (horizontálně postavené) a erektofilní (vertikálně postavené). Postavení listu má především význam při využití dopadajícího slunečního záření v porostu kukuřice. Tvorba listových základů končí vznikem samčího (prašnickového) květenství (Šuk et al. 1998).

3.1.2.5 Květenství

Za 50 - 60 dnů po výsevu začíná období metání lat a mléčné zralosti. V této době vyžaduje kukuřice největší množství vláhy. Lata začíná kvést od středu a uvolňování pylu trvá

4 - 5 dní a za méně příznivých podmínek až 8 dní (Zimolka et al. 2008). Doba opylování je závislá na teplotě a vlhkosti, trvá průměrně až 25 dnů.

Vyšší teploty a nižší vzdušná vlhkost urychlují odumírání pylových zrn. Počátek kvetení palic bývá opožděn za latou o 1 - 5 dní (Skládanka et al. 2012).

Na rozdíl od jiných trav má dvě oddělené květenství- samčí na konci stonku a samičí (palice). Pyl je přenášen zejména větrem, včely a jiný hmyz sice pyl sbírají, ale jejich význam pro opylování je malý, protože nemají důvod navštěvovat také samičí květenství (Prugar et al. 2008).

3.1.2.6 Fotosyntéza

Výsledkem dlouhodobých adaptací rostlin na stanovištní podmínky je také modifikace procesu fotosyntézy. Rostliny typu C4 mají produkty primární karbonylace sloučeniny se čtyřmi uhlíky. Do této skupiny patří tzv. „tropické trávy“ jako například kukuřice nebo čirok. Jsou to většinou vysoce produktivní rostliny, které mohou využívat vysokou hustotu ozáření. Fotosyntéza u nich začíná již při velmi nízké koncentraci CO₂. Mají nízkou fotorespiraci, čímž nedochází ke ztrátám asimilátů a jsou ekonomičtější i ve vodním režimu. V suchých a teplých oblastech mohou potlačovat druhy rostlin ze skupiny C3 (Kostelanský et al. 2004).

3.2 Hybridy silážní kukuřice

Pro silážní účely volíme hybridy s vysokým výnosem silážní hmoty, vysokým podílem palic na celkové hmotnosti rostliny (více než 50 %), maximálním výnosem energie z jednotky plochy a maximální koncentrací energie v 1 kg sušiny a vysokou stravitelností zbytku rostliny. Důležitý je dobrý zdravotní stav porostu v době sklizně (Fuksa et al. 2006).

V posledních letech došlo k prudkému rozšíření nabídky raných hybridů s lepší odolností proti chladu a s rychlým počátečním růstem. To umožnilo začít pěstovat kukuřici i v dříve netradičních oblastech, a to nejen na siláž, ale i na zrno (Prugar et al. 2008).

Kukuřice je plodinou, která se pěstuje, i přes její tropický původ, v rozmanitých klimatických podmínkách. Tato skutečnost byla umožněna rozvojem šlechtění, jehož výsledkem je fakt, že se dnes používá výhradně hybridní osivo. To ovšem znamená, že pěstitel za podmínek intenzivního pěstování kukuřice je závislý na specializovaných množitelích osiv (Vrzal et al. 1995).

Výběr vhodných hybridů patří mezi nejdůležitější pěstitelské opatření, neboť správná volba vhodného hybridu může ovlivnit výnos až z 30 % (Šuk et al. 1998).

Kukuřice má vysoké nároky na teplo, jisté výnosy zrna proto poskytuje v nejteplejších oblastech republiky. V méně příznivých oblastech se osvědčují hybridy s krátkou vegetační dobou nebo se pěstuje jen kukuřice na siláž.

Pěstování kukuřice na zrno se u nás v posledních letech významně rozšiřuje a skutečností je, že svými výnosy zrna překonává všechny zrniny, včetně ozimé pšenice. Kukuřice vytváří mohutný kořenový systém a vzhledem k delšímu období příjmu živin využívá dobře živiny půdy. Náleží mezi rostliny typu C4, a proto využívá velmi dobře sluneční energii. S tím je spojeno i efektivní využití přijatých živin na tvorbu výnosu. (Vaněk et al. 2016). Obsah živin v rostlinách je ovlivněn především půdně-klimatickými podmínkami, úrovní hnojení a pěstovaným hybridem, a proto se i odběr živin může významně lišit (Vaněk et al. 2007).

Zdrojem energie u silážních hybridů kukuřice není jen škrob, i když patří k hlavním zdrojům, ale také stravitelná vláknina, zejména zbytky rostliny, která je velmi důležitá z hlediska zdraví bachorového trávení dojníc. Z tohoto důvodu dobrý zrnový hybrid s vysokou stravitelností škrobu a horší stravitelností vlákninového komplexu zbytku rostliny nemusí být zrovna ideální rostlinou pro silážování. Proto na správném výběru vhodného silážního hybridu závisí nejen celková produkce biomasy a energie z 1 ha plochy, ale také množství stravitelných organických živin a v konečné podobě i omezení rizika acidóz u skotu (Zimolka et al. 2008).

Životní projevy kukuřice jsou ovlivňovány teplotou. Teplotu půdy a vzduchu může pěstitel ovlivňovat minimálně a to agrotechnickými zákroky. Z těchto důvodů je důležitější šlechtění kukuřice na vyšší odolnost proti nízkým teplotám. Rovněž při výběru hybridů vhodných pro pěstování hlavně v chladnějších podmínkách musíme dbát na jejich chladovou toleranci (Šuk et al. 1998).

3.2.1 Šlechtění hybridních odrůd kukuřice

Šlechtění kukuřice je založeno na tvorbě hybridů a využití heterózního efektu. Šlechtění probíhá v následujících krocích. Nejprve tvorba line, poté zkoušení kombinační schopnosti line a následně tvorba a zkoušení hybridů (Havlíčková et al. 2008).

Chloupek (2008) uvádí, že hybridní odrůdy vznikají vzájemným kontrolovaným prokřížením dvou, tří nebo čtyř rodičovských komponentů (většinou linií), vynikajících kombinační schopností. Kombinační schopnost je předpokladem vzniku heterozygotů v první generaci po nakřížení. Heterozygoty je vyšší výnos heterozygotů proti srovnatelným

homozygotům. Hybridní osivo vzniká po křížení dvou komponentů, přičemž tyto komponenty již mohou být hybridní. Podle toho rozlišujeme tři typy hybridů:

- Jednoduché či dvouliniové, tj. $A \times R$,
- Tříliniové, tj. $(A \times B) \times R$,
- dvojité či čtyřliniové, tj. $(A \times B) \times (R \times S)$.

Počet listů na rostlině je odrůdový znak a jejich počet narůstá s délkou vegetační doby hybridu. Šlechtitelská práce nám dala k dispozici hybridy do různých agroekologických podmínek (Havlíčková et al. 2008).

3.2.2 Zkoušky užitné hodnoty

Hybrid kukuřice se pro účel registrace zkouší buď pro využití na siláž nebo na zrno, či současně pro oba tyto způsoby. Vzhledem k velkým rozdílům v délce vegetační doby je zkoušení rozděleno do čtyř skupin (sortimentů) podle ranosti. Každý sortiment je ověřován na více lokalitách. Při dosažení sklizňové zralosti kontrolních hybridů jsou všechny hybridy daného sortimentu sklizeny v jednom termínu. Zkoušení trvá obvykle dva roky. Hlavními sledovanými znaky vlastnostmi jsou výnos celkové suché hmoty, výnos celkové zelené hmoty, škrob, cukr, hrubá vláknina, stravitelnost, N-látky, popel, doba do květu blizen, sušina zrna před sklizní, sušina celkové suché hmoty při sklizni, odolnost proti poléhání, sněť kukuřičná, zlomené rostliny pod palicí, výška rostlin a výška nasazení palic (Zimolka et al. 2008).

3.2.3 Rozdělení hybridů

Z hlediska fyziologických vlastností rozlišujeme u kukuřice následující typy hybridů:

Rychle dozrávající hybridy - rostliny z této skupiny se vyznačují rychlým nárůstem sušiny a velmi častým zasycháním zbytku rostliny. Obsah škrobu v zrnu se zpočátku navyšuje velmi rychle, později dochází ke zpomalení nárůstu. Tyto hybridy jsou méně odolné vůči houbovým chorobám. Vhodné jsou pro pěstování v chladnějších a vlhčích oblastech.

Rovnoměrně dozrávající hybridy - hybridy s postupným dozráváním, přechodné formy.

Stay green hybridy - vyznačují se dlouho zelenými rostlinami, které zůstávají fotosynteticky aktivní až do sklizňové zralosti. Jejich předností je kontinuální tvorba škrobu, vyšší výnos zrna, odolnost houbovým chorobám či delší časový úsek pro sklizeň. Tyto pomalu dozrávající hybridy jsou vhodné pro pěstování v oblastech s delším vegetačním obdobím. V teplotně méně příznivých oblastech však hrozí nebezpečí, že nebude dosaženo potřebné sklizňové sušiny.

Hybridy s fixním počtem zrn v palici - celkový počet zrn a počet řad zrn v palici je u těchto rostlin dán geneticky a vlivem prostředí ani pěstitelskými zásahy se nemění. Výnos zrna je určen počtem palic, resp. rostlin na jednotce plochy. Nepříznivé podmínky však mohou způsobit snížení hmotnosti zrna.

Hybridy s flexibilním počtem zrn v palici - při optimálních podmínkách je palice ozrněna až do její špičky, za nepříznivých okolností (nedostatek živin, vody, zaplevelení aj.) se palice zkracuje a ve špičce se nevytvoří zrna. Výnos závisí především na intenzitě pěstování (Šuk et al. 1998; Fuksa et al. 2006; Zimolka et al. 2008).

Prugar et al. (2008) uvádí, že výsledkem šlechtitelské práce je řada rozdílných typů hybridů lišících se anatomickou stavbou a fyziologickými vlastnostmi, výrazně dlouhou fotosynteticky aktivní periodou až do fyziologické zralosti se vyznačují pomalu dozrávající tzv. stay green hybridy. Díky této vlastnosti dosahují zvýšený výnos škrobu a vyšší výnos zrna a nezanedbatelná je aktivita antimikrobiálního aparátu, umožňujícího rostlinám déle odolávat ataku fytopatogenních organismů. V chladných a vlhkých oblastech jsou vhodnější rychle dozrávající hybridy s typickým rychlým nárůstem sušiny ve zbytku rostliny. Mezi oběma typy hybridů existuje široká škála přechodů, které jsou označovány jako rovnoměrně dozrávající hybridy.

3.2.4 Ranost a číslo FAO

Počet nadzemních článků a kolének je podmíněn délkou vegetační doby, tudíž raností hybridů. I velikost listů, zvláště šířka a další znaky na listech, patří k odrůdovým znakům, je však ovlivňována i faktory prostředí. Počet listů rovněž patří ke stálým odrůdovým znakům. Rané hybridy tvoří okolo osmi až deseti listů, pozdní 24 i více. Důležité je i postavení listů (úhel ke stéblu), kde je výhodnější erektivní postavení listů pro lepší využití fotosynteticky aktivní sluneční radiace (menší zastínění spodního patra) (Zimolka et al. 2008).

Rané hybridy s kratší vegetační dobou se vyznačují vyšším podílem palic ke zbytku rostliny (i přes 60 %; vyjádřeno v sušině), ale celkový výnosový potenciál rostlin je oproti pozdějším hybridům nižší. Naopak pozdní hybridy mohou dosahovat v teplotně a půdně příznivých podmínkách výrazně vyšších výnosů, obvykle však s nižším podílem palic (Fuksa 2018).

Vlastní rozšíření kukuřice i do vyšších poloh bylo zejména umožněno vyšlechtěním velmi raných hybridů, kterým stačí podstatně menší suma efektivních teplot pro dosažení odpovídající silážní zralosti. Tím byl do značné míry řešen problém zajištění energetické

složky v krmných dávkách skotu, která ve vyšších oblastech obvykle nejvíce chybí (Diviš et al. 1992)

Výběr hybridů patří mezi nejdůležitější pěstitelská opatření. Vlivem šlechtitelského úsilí byly vyšlechtěny hybridy vhodné pro velmi rozdílné klimatické poměry. Číslo ranosti určuje délku vegetační doby. Rozdíl o 10 č. FAO znamená rozdíl ve zralosti 1 - 2 dny (Vrzal et al. 1995).

Zimolka et al. (2008) uvádí, že v současné době ranost hybridu ukazuje tzv. číslo FAO. Jde o číslo hybridu, které je vypočítáno na základě středního obsahu sušiny v palici v době zralosti kukuřice na siláž ve srovnání s kontrolními hybridy. Odchylka v obsahu sušiny o 1 % přitom odpovídá 10 FAO jednotkách.

Dle Fuksy et al. (2017) je udávaná délka vegetační doby pro jednotlivé kategorie (do 123 dnů vegetace u velmi raných a raných hybridů s FAO do 240, 123 – 130 dnů u středně raných a středně pozdních s č. FAO 240 – 350 a více než 130 dnů u pozdních a velmi pozdních s FAO nad 350).

Jelikož se v různých státech ke stanovení čísla FAO využívá jako standardu jiná skupina hybridů, číslo FAO je u stejného hybridu v různých státech rozdílné. Jak je vidět, stanovení ranosti FAO vlivem využívání rozdílné skupiny standardních hybridů je poměrně nepřesné, a proto se ve světě začínají prosazovat metody využívající pro stanovení ranosti sumaci teplot (Zimolka et al. 2008).

3.2.5 Suma efektivních teplot

Vlivem kontinentálního a přímořského klimatu v České republice dochází v jednotlivých letech k výrazným rozdílům v sumaci teplot. Využívání SET pro hodnocení ranosti jednotlivých hybridů se jeví jako podstatně přesnější než používání čísla FAO (Zimolka et al. 2008).

Výpočet se provádí sčítáním denních středních teplot, od kterých je odečtena fyziologická minimální teplota 6 °C. Na základě znalosti teplotního úhrnu pro optimální stadium zralosti je možné sestavit poměrně přesnou prognózu doby sklizně silážní kukuřice pro určitou oblast (Fuksa et al. 2006).

Pro kukuřici je důležitá výše teploty a její průběh v době vegetace. Kukuřice je teplomilná rostlina, nároky na celkovou sumu teplot v průběhu vegetace jsou vysoké a v závislosti na délce vegetační doby se pohybují od 1700 °C do 3150 °C (Havlíčková et al. 2008).

3.3 Hustota porostu

Pokud není správně založen porost, je negativně ovlivněn výnos biomasy. Platí zde klasické pravidlo, že úspěch začíná setím. Pokud je příliš vysoký počet rostlin, snižuje se kvalita a naopak příliš nízký počet rostlin, snižuje se výnos. Obvykle se volí vzdálenost řádků 0,75 m. Hustota porostu má zásadní význam pro dosažení výnosu a kvality biomasy. Na základě klimatických podmínek ČR a v závislosti na délce vegetační doby hybridu se doporučená hustota porostu pohybuje v rozmezí 7 - 10 rostlin na 1 m² (Havlíčková et al. 2008). Zimolka et al. (2008) uvádí, že v klimatických podmínkách ČR se doporučená hustota porostů pohybuje od 7 do 11 rostlin na m².

Dle Zimolky et al. (2008) hustota porostu závisí na užitkovém směru a vlastnostech použitého hybridu. Zvláště je třeba zohlednit ranost, toleranci k zahuštění, vláhové poměry stanoviště, úroveň hnojení a intenzitu slunečního svitu (fotosynteticky aktivní radiace). Doporučená hustota porostu klesá s prodlužující se vegetační dobou hybridů a obecně lze říct, že čím je horší stanoviště a podmínky pro pěstování kukuřice, tím se úměrně hustota snižuje. Naopak při závlaze se hustota zvyšuje o 10 – 15 %. Při stanovení skutečného výsevu se zvyšuje doporučený počet rostlin na jednotku plochy o 10 – 15 %. Eliminuje se tak nižší polní vzházivost a úbytek rostlin v průběhu vegetace.

Existují i biologické zásady určující šířku řádku. Kořenové soustavě pravděpodobně vyhovuje úživná plocha blízká čtverci. Naproti tomu nadzemní část rostliny vyžaduje širší řádky s ohledem na lepší prostupnost a tedy využití sluneční energie celým porostem. Užší řádky mají význam zejména při dostatku vláhy a dobré zásobenosti půdy živinami (Vrzal et al. 1995).

Výnos kukuřice je určen počtem rostlin z jednotky plochy a hmotností jednotlivých rostlin. Hmotnost rostlin vychází z výnosového potenciálu konkrétního hybridu a je dále ovlivňována úrovní hnojení, půdními, teplotními a vláhovými podmínkami, vzájemnou konkurencí mezi rostlinami, zaplevelením atd. (Fuksa 2018).

Pro hustotu porostu platí obecně, že vyšší hustoty jsou nebo mohou (mají) být na vlhčích a chladnějším stanovištích. Při zbytečně vysokých hustotách se mimo zvýšené ekonomické náklady na osivo rovněž oddaluje zrání a zvyšuje se riziko poléhání porostu, a také se zhoršuje poměr mezi palicí a celkovou zelenou hmotou (Vrzal et al. 1995).

Ovlivňovat hlavní vegetační faktory v zemědělství je možno různými způsoby. Množství dopadajícího slunečního záření, tzv. globálního záření, na porosty rostlin v přepočtu na jednu rostlinu, je možno ovlivňovat hustotou porostu (výsevním množstvím nebo velikostí

sponu). Hustějším porostem lze též omezovat neproduktivní výpar z půdy (evaporaci). Při větším počtu rostlin na určité ploše současně ale vzroste výdej vody rostlinami z této plochy prostřednictvím transpirace (Škoda et al. 1998).

Kostelanský et al. (2004) uvádí, že využití dopadající sluneční energie na porost zemědělských plodin je dáno zejména hustotou porostu, též postavením listů ke směru dopadajících paprsků, mírou napjatosti pletiv v závislosti na obsahu vody, apod. Z toho důvodu je nutno u pěstovaných plodin volit optimální spon. Intenzita osvětlení rovněž závisí na sklonu pozemku a na jeho poloze vůči světovým stranám. U plodin pěstovaných v širších řádcích je z důvodu většího osvětlení vhodnější směr řádů sever-jih.

Kukuřice je širokořádková plodina, a doporučuje se pěstovat v řádkové vzdálenosti buď 70 nebo 75 cm (Farnham 2001). V současné době je i v podmínkách ČR kukuřice pěstována jako tzv. širokořádková plodina s meziřádkovou vzdáleností 70 nebo 75 cm, což při výsevku 80 000 – 90 000 jedinců na hektar odpovídá vzdálenosti rostlin v řádku 14 – 17 cm. Pokud výsevek dále zvyšujeme, tak se rostliny dostávají k sobě blíže než na 14 cm, což je považováno za hranici, kdy se začíná negativně projevovat konkurence rostlin v řádku. Zúžení meziřádkové vzdálenosti umožňuje navýšit počet rostlin na ploše, aniž by docházelo ke konkurenci mezi rostlinami. Takového rozmístění rostlin lze docílit s využitím alternativních technologií, jako je pěstování kukuřice v úzkých řádcích (37,5 cm) či ve dvouřádcích tzv. „twin-row“ systém, kdy meziřádková vzdálenost jednotlivých řádků je obvykle 20 cm a vzdálenost mezi středy dvouřádků je 50 cm (Smutný et al. 2017).

Úzkořádkovou technologii lze využít v podmínkách erozně ohrožených pozemků a také technologie s úzkými řádky začíná být populární u majitelů bioplynových stanic, pro něž úzkořádkově setá kukuřice znamená podstatně lepší využití plošně aplikovaných živin v podobě digestátu (Smutný et al. 2017).

Prostorové uspořádání porostu, tj. kombinace různých výsevků a meziřádkových vzdáleností, společně s výrazným efektem ročníku nezanedbatelným způsobem ovlivňují celkový výnos sušiny (Fuksa 2018).

Widdicombe et al. (2002) uvádí, že každý hybrid na změnu šířky řádků reaguje jinak. V jeho pokuse byly významné rozdíly v odezvě na menší šířku řádků mezi dvěma vyhodnocenými listovými hybridy.

Pro stanovení reálné hustoty porostu se vychází ze zjištěného počtu rostlin v náhodě vybraných úsecích řádků na různých místech pozemku (délka úseku 5m). Ze zjištěného průměrného počtu rostlin se pak zjistí přepočtem hustota porostu (Zimolka et al. 2008).

Přehušťování porostů kukuřice nevede k větší sklizni živin z hektaru. S narůstající hustotou klesá podíl palic, zhoršuje se dozrávání a pevnost stébel. Při hustotě nad 140 000 rostlin na hektar se prudce snižuje také ozrnění palic, a tím celkový výnos energie. Hustota porostu závisí na vlastnostech jednotlivých hybridů, na délce vegetace, na vláhových poměrech, na úrovni hnojení a na množství fotosynteticky aktivní radiace.

Obecně lze říci, že čím horší je stanoviště i podmínky pro pěstování kukuřice, tím by měla být hustota porostu menší. Naopak při závlaze můžeme zvýšit hustotu porostu až o 15 – 20 % (Podolák et al. 1990).

Podhodnocený, tj. pro konkrétní podmínky zbytečně nízký výsevek, není dostatečně kompenzován vyšší hmotností jednotlivých rostlin, což vede k nižším výnosům biomasy. Naopak u příliš vysoké hustoty porostu dochází již od počátku růstu ke konkurenci o vodu a živiny, což se projevuje v slabém rozvoji kořenového systému (Fuksa et al. 2017).

Masali et al. (2017) uvádí, že zkoumáním možností pěstování silážní kukuřice, metodou „no-till seed“. Na základě tří různých vzdáleností mezi semeny (10, 15 a 20 cm) byly zkoumány fyzikální vlastnosti půdy, vzestup rostlin, výnos a parametry výnosu, přesnost secího stroje. Podle výsledků získaných ze studie bylo zjištěno, že průměrná doba vzejití se snížila a ozrnění se zvyšovalo s tím, jak se zvyšovala vzdálenost mezi semeny rostlin. Nejranější hybrid vykazoval nejlepší čas vzejití, nejlepší procento výskytu palic a nejvyšší index rychlosti vzrůstu. Nejlepších výsledků bylo dosaženo ve vzdálenosti mezi semeny v řádku 20 cm.

Obecně lze odezvu výnosu na narůstající počet rostlin popsat parabolickou funkcí. Při velmi nízkém výchozím počtu rostlin na jednotce plochy si rostliny vzájemně nekonkurují a jejich hmotnost je maximální, ale celkový výnos sušiny je nízký. Navyšování počtu rostlin vede k nárůstu výnosu biomasy, ale z důvodu vyšší konkurence o sluneční záření, vodu a živiny začíná klesat hmotnost jednotlivých rostlin. Po dosažení vrcholu výnosové křivky následuje při dalším zvyšování hustoty rostlin pokles výnosu, a to z důvodu rapidního snížení hmotnosti jednotlivých rostlin. Současně při velmi vysokých hustotách se může snižovat i podíl palic na rostlině. Nižší podíl palic na rostlině se nepříznivě odráží na kvalitě silážní hmoty (Fuksa 2018).

Základním předpokladem je, aby se výsev uskutečnil ve vhodném termínu, aby byl zvolen odpovídající hybrid, správný výsevek, rovnoměrné rozmístění rostlin na ploše a v hloubce půdy. Dobře založený porost, se silnými a zdravými rostlinami, s rychlým počátečním růstem je pak odolnější proti různým stresům a tlaku chorob (Zimolka et al. 2008).

Pro dosažení maximálního výnosu silážní hmoty je tedy nutné zvolit takový výsevek, který odpovídá podmínkám stanoviště, intenzitě vstupů a respektuje vlastnosti vybraného hybridu vhodného pro konkrétní lokalitu (Fuksa et al. 2017).

Diviš et al. (1992) uvádí, že přes mnohé klady pěstování kukuřice ve vyšších polohách jsou některé problémy, které se nevyskytují nebo výrazně nevystupují do popředí jejího tradičního pěstování, jako je volba vhodných hybridů, hybridní skladby, doba setí, řešení hustoty porostů a vlivu rozmístění rostlin, hloubky setí ve vztahu k době a rovnoměrnosti vzházení a vztah těchto faktorů ke kvalitě získávané píče.

Rostliny mají variabilní konkurenční schopnost ve vztahu k plevelům. To závisí na skupině plodin, které vytváří různě zapojené porosty z hlediska hustoty (Kostelanský et al. 2004). Begna et al. (2001) píše, že produkce biomasy plevelů byla snížena spíše ranými hybridy, nežli hustotou porostu. Hybridní výběr a rozmístění rostlin by se tak mohly používat jako důležitá součást integrované ochrany rostlin.

3.4 Listová plocha

3.4.1 Sluneční záření

Dopadající sluneční záření, zejména v ultrafialové (UVB a UVA, 280 - 380 nm) a viditelné (400 - 700 nm) oblasti, je zásadní faktor ovlivňující fotosyntézu rostlin. Přestože jsou rostliny schopny se adaptovat na měnící se podmínky prostředí, nedostatek, či naopak nadbytek slunečního záření je stresový faktor. Jelikož rostliny využívají pro různé procesy záření různých vlnových délek, mohou změny ve spektrálním složení záření a jeho intenzitě ovlivnit procesy spojené s fotosyntézou a fyziologií rostlin obecně (Hnilička, 2017).

Každá rostlina potřebuje během celého roku odpovídající množství a intenzitu FAR (fotosynteticky aktivní záření), nutného k optimálnímu vývoji, růstu a kvetení. Je-li ho nedostatek, projeví se u rostlin zvýšenou náchylností k chorobám. Výhony se prodlužují, mají světlou barvu. Rostliny se zbavují starých listů, které žloutnou a postupně opadávají. Výrazně se tento účinek projevuje při vyšších teplotách (Matouš & Hutla, 2002).

3.4.2 Index listové plochy

Fang & Liang (2008) uvádí, že Index listové plochy (LAI) je plocha zelených listů na jednotku horizontální půdní plochy a je důležitou strukturální vlastností vegetace. Vzhledem k tomu, že povrchy listů jsou primární hranicí výměny energie a hmoty, důležité procesy, jako je zachycování světelného záření, evapotranspirace a fotosyntéza, jsou přímo úměrné s LAI.

Současný stav techniky při získávání LAI může být rozdělen do pozemních metod a metod dálkového snímání.

V terénu lze odhadnout LAI přímo nebo nepřímě. Přímé metody LAI se měří pomocí dopadu nebo destruktivního odběru vzorků; nepřímé metody odhadují LAI prostřednictvím vztahů s dalšími snadno měřitelnými parametry, jako je propustnost světla.

Dle Zheng et al. (2009) je schopnost přesně a rychle získat index listových ploch (LAI) nepostradatelnou součástí ekologického výzkumu, který usnadňuje porozumění výměny plynů mezi vegetací a krajinou. Nicméně LAI je obtížné přímo získat pro velké prostorové rozsahy díky své časové a pracovní náročnosti. Měření LAI se dělí na přímé a nepřímé metody. Nepřímé metody vzdáleného snímání jsou rozděleny do dvou kategorií, a to do pasivního a aktivního dálkového snímání, které jsou dále kategorizovány jako pozemní, letecké a družicové platformy. O problematice LAI se diskutuje vzhledem k široké škále prostorového rozlišení dálkově snímatelných dat a požadavkům ekologického modelování.

LAI je kritickým parametrem mnoha vegetačních a klimatických modelů, které simulují cyklus uhlíku a vody. Struktura vegetačního vrchlíku, včetně LAI, přímo ovlivňuje proces radiačního přenosu slunečního světla ve vegetaci (Linag et al. 2012).

Hunter et al. (1977) uvádí, že účinky teploty a fotoperiody mají částečně vliv i na velikost listové plochy. U rostlin pěstovaných při delší fotoperiodě byla větší produkce sušiny. Nejvyšší konečná suchá hmota byla zjištěna při delší fotoperiodě a chladu. To může být do značné míry přičítáno vyšší ploše listu na rostlinu. Výnosy zrna byly vyšší při nižší teplotě kvůli zvýšení délky nalévání zrna. V pokuse byla dokázána interakce mezi fotoperiodou a sumou teplot pro dobu plnění zrn a následný výnos zrna.

Pronikání slunečního záření do porostu a míra jeho využití v procesu fotosyntézy je do značné míry ovlivněna i architekturou listového zápoje, tedy především prostorovým uspořádáním listů. To vychází jednak z úhlu, který svírají listy se stéblem a dále z podélného tvaru listové čepele, tj. zda jsou listy vzpřímené po celé délce nebo se v určitém místě listy ohýbají (tzv. zenit listu). Souhrnně lze postavení listů na rostlině popsat pomocí indexu LOV (Leaf Orientation Value), u kterého platí, že čím vyšší je jeho hodnota, tím má rostlina vzpřímenější listy (Fuksa et al. 2017).

Úrovně listů, frekvenční rozložení sklonu listových ploch, index listové plochy, množství zachyceného záření, výnosy zrn byly zjištěny u porostů kukuřice o dvou populačních hustotách 55 555 rostlin/ha (S1) a 80 000 rostlin/ha (S2). Rovněž byl zkoumán vliv umělé změny úhlu listu na tyto indexy. Dále bylo posuzováno standardní uhel listů (N),

a mírně zvětšený úhel listu (V). Zastavení příchozího záření ve variantách VS1 a VS2 bylo vyšší než ve variantách N S1 a N S2.

Varianty V ve srovnání s variantami N zvýšily výnos zrna a biologický výtěžek. Z tohoto pokusu vyplývá, že větší uhel a větší hustota porostu bude tvořit větší výnos pěstované kukuřice (Vidovič 2008).

Dle Havlíčkové et al. (2008) ozáření kukuřičného pole probíhá v následujícím rozdělení. 7 % z dopadajícího fotosyntetického účinného záření se odráží od povrchu porostu, 31 % zachytí horní listy, 10 % spodní listy a zbytek dopadne na listy ve středu stébla rostliny. Na 1 ha půdy vytváří kukuřice 20 000 - 60 000 m² asimilační plochy (LAI 2 - 6) (Šuk et al. 1998).

V podmínkách bez významnějšího omezení zásobení vodou a živinami je výnos kukuřice závislý především na velikosti listové plochy. Počet listů na rostlině je v pozitivní korelaci s délkou vegetační doby hybridů. Z toho vyplývá, že pozdnější hybridy mají větší listovou plochu. V teplotně příznivých oblastech s delší vegetační dobou mají pozdní hybridy k dispozici delší období pro tvorbu biomasy a mají tedy i vyšší výnosový potenciál. Menší listová plocha jedné rostliny raných hybridů se proto kompenzuje vyšším počtem rostlin na jednotku plochy, čímž se hodnota LAI jednotlivých skupin raností hybridů vyrovnává (Fuksa et al. 2017).

Nguy- Robertson et al. (2014) uvádí, že LAI je vysoce variabilní. Během vegetační doby se u jedné rostliny může hodnota LAI různě lišit. U kukuřice se od zasetí po zralost index listové plochy pohybuje v rozmezí od 0 do 6. LAI se odvíjí od druhového složení porostu, fázi růstu, stanovištních faktorů, ročníku a způsobu hospodaření. Jedná se o dynamický parametr, takže se LAI mění ze dne na den. Je tedy jasné, že LAI je užitečná růstová charakteristika pro popis jak prostorové, tak i časové závislosti růstu porostu a jeho produktivity.

Optimální hodnoty LAI pro dosažení nejvyšších výnosů se pohybují v rozmezí 3 – 4. Hustota porostu by proto měla být taková, aby bylo dosaženo uvedené rozpětí velikosti listové plochy. Další zvětšování listové plochy, zejména v důsledku zvýšených výsevků, znamená na jednu stranu intenzivnější absorpci záření a využití CO₂ porostem, na druhou stranu dochází k vzestupu konkurence o živiny, vodu a sluneční záření. Zvyšování LAI nad hodnotu 4 proto obvykle nepřináší zásadní navýšení výnosu biomasy (Fuksa et al. 2017).

3.5 Sklizeň

Kromě sklizně celých rostlin kukuřice na siláž nabývají stále více na významu metody dělené sklizně. Při zpracování palice s listeny vzniká krmivo LKS (Lieschen Kolben Schrott), při odlistění palic získáme krmivo CCM (Corn Cob Mix). Další možností je sklizeň vlhkého zrna určeného ke konzervaci. Pro tuto technologii jsou vhodné hybridy s pomalým uvolňováním vody ze zrna (Fuksa et al. 2006).

Na větších plochách kukuřice je vhodné používat více hybridů, které se mezi sebou liší délkou vegetace a požadavky na prostředí. To umožňuje dosáhnout jistějších výnosů kvalitní silážní hmoty a při větší ploše sklizeň kukuřice v optimální zralosti (Šuk et al. 1998).

Znalost charakteristik jednotlivých hybridů umožní sklízet ve správném termínu rychleji zrající hybridy, u kterých hrozí nebezpečí přezrání během několika málo dní a zároveň dovolí využít výnosový potenciál tzv. „stay green“ hybridů, u nichž zrno dozrává na zelené, vegetující rostlině. Posun sklizňové zralosti při použití jednoho hybridu lze dosáhnout volbou pozemku s různou expozicí, výhřevností půdy a intenzitou dusíkatého hnojení - vyšší dávky N oddalují zrání (Fuksa et al. 2006).

Samotný obsah sušiny pro sklizeň a silážování kukuřice má pouze informativní význam, důležitý je fyziologický stupeň zralosti zrna (ukončení syntézy škrobu v zrnech- 2/3 mléčná zralost až výskyt černé skvrny). Existují velké rozdíly v obsahu sušiny podle typu hybridů a zdravotního stavu. Pro sklizeň tradičních hybridů se doporučuje obsah sušiny mezi 28 - 33 % maximálně 35 % (Zimolka et al. 2008).

Ma et al. (2006) uvádí, že používáním nových silážních kukuřičných hybridů, včetně listnatých druhů, vzniká potřeba znalost výběru vhodného hybridu v závislosti na dobu sklizně. V průměru je 85 % celkové sušiny dosaženo tehdy, když celková vlhkost rostlin byla u všech hybridů přibližně 65 %. U silážních kukuřic se celková vlhkost rostliny snižuje pomaleji než u kukuřice pěstované na zrno, z důvodu větší pokrývnosti listů. Při extrémních povětrnostních podmínkách neodpovídá mléčná zralost vlhkosti rostliny, jako za normálních podmínek, proto by mě měla sklizeň proběhnout podle skutečného obsahu vlhkosti.

Podíl zrna činí u silážních hybridů asi 50 % z celkové sklizně a jen těžko se zvyšuje. Proto se zvyšuje stravitelnost změnou kvality buněčných stěn (což je dáno kvalitou vlákniny), množstvím škrobu a vodorozpustných cukrů (Chloupek 2008).

3.5.1 Výnos silážní kukuřice

Nejvýznamnější faktor ovlivňující výnos silážní kukuřice je průběh počasí během vegetace. Po třech cyklech pěstování kukuřice s 33 % intenzitou selekce potomků bylo hodnocením za stejné půdní vlhkosti zjištěno, že výnos zrna vzrostl o 1,8, 7,8 a 21,6 %, nebo o 320, 420 a 410 kg/ha při mírné, střední a těžké vlhkostní depresi. Došlo k výrazným změnám ve vlastnostech adaptability na sucho, ale zároveň za dobře zavlažovaných podmínek nedošlo k výrazným změnám ve dnech květenství (Fisher et al. 1989).

Samotná délka vegetační doby má vliv na výnos silážní kukuřice. Ve velmi dlouhém vegetačním období roku 2004 dosáhl nejvyšší individuální výtěžek metanu 9370 N m³/ha hybrid s nejdelší dobou vegetace. Zdá se, že kukuřice s delší vegetační dobou, která může plně využít vegetačního období, je vhodnější pro produkci bioplynu za předpokladu, že sušina celé rostliny je dostatečně vysoká, aby produkovala siláž dobré kvality (Schittenhelm 2008).

Dle Schittenhelma (2008) je jeden z významných faktorů ovlivňující výnos volba správného hybridu. Koncentrace sušiny celé rostliny v každém roce byla výrazně odlišná mezi hybridy. Čím vyšší indexy zralosti hybridů byly, tím nižší byla koncentrace sušiny při konečné sklizni. Maximální hodnoty sušiny hybridu byly u hybridu Gavott 39,0 %, u hybridu Mikado 34,8 % a u hybridu Doge 25,0 %.

Fuksa et al. (2017) uvádí, že z literatury i z realizace vlastních pokusů vyplývá, že pěstování silážní kukuřice v užších řádcích může poskytovat výhodu vyšších výnosů, ale velmi výrazně se projevuje ročníkový efekt.

Abuzar et al. (2011) provedl terénní experiment k určení vlivu hustoty porostu kukuřice na výnos. Vliv šesti populací rostlin T1 (40000 rostlin/ha), T2 (60000 rostlin/ha), T3 (80000 rostlin/ha), T4 (100000 rostlin/ha), T5 (120 000 rostlin ha/1) a T6 (140 000 rostlin/ha) prokázal, že hustota porostu 60000 rostlin/ha dosáhla největších výnosů. Doporučuje se tedy setí rostlin v řádku na vzdálenost 22,70 cm.

I výška rostlin má vliv na výnosový potenciál. Sangoi (2001) uvádí, že odrůdy nízkých rostlin mnohdy neefektivně využívají sluneční záření a často produkují pouze jednu palici na rostlinu. Ale vzhledem k tomu, že použití vysoké populace zvyšuje konkurenci mezi rostlinami o světlo, vodu a živiny, může být finální výnos menší.

Samotná výška rostlin je důležitá složka, která pomáhá určovat výnos v průběhu vegetačního období. Výška rostlin byla významně ovlivněna hustotou populace.

Nejvyšší rostliny byly ve variantě se 100 000 rostlin/ha, snížením výsevu na 80 000 rostlin/ha se zmenšila výška rostlin. Nejmenší rostliny byly ve variantě 140 000 rostlin ha

v důsledku konkurence mezi jednotlivými rostlinami (Abuzar et al. 2011). Tento trend vysvětluje, že se vzrůstajícím počtem rostlin roste i konkurence mezi rostlinami pro příjem živin a slunečního záření. (Sangakkara et al. 2004).

3.6 Pěstování kukuřice pro produkci bioplynu

Produkce zemědělského bioplynu je v mnoha evropských zemích rychle rostoucím trhem. V Německu se počet provozovaných bioplynových stanic zvýšil z 274 v roce 1995 na přibližně 3200 v polovině roku 2006. Vzhledem k vysokému výnosu metanu na hektar a snadnosti mechanizace a integrace do organizace zemědělských podniků, kukuřice je vysoce konkurenceschopná energetická plodina. V důsledku toho více než 90 % německých zemědělských bioplynových stanic používá kukuřičnou siláž jako fermentační substrát (Weiland 2006).

Silážní kukuřice je v současné době nejdůležitější cíleně pěstovanou plodinou pro produkci bioplynu. Její předností je značný výnosový potenciál, vysoká výtěžnost bioplynu z 1 kg sušiny a snadná konzervovatelnost umožňující kontinuální využití hmoty v bioplynových stanicích. Celková produkce bioplynu získaná z jednotky plochy závisí na výnosu biomasy a substrátové produkci bioplynu (Fuksa 2018).

Kukuřice ve srovnání s dalšími zemědělskými plodinami vyprodukuje nejvíce krychlových metrů bioplynu z hektaru. Například z hektaru pšenice se proti kukuřici vyrobí jen 56 procent a z luční trávy jen kolem 83 procent bioplynu (Poláková 2007).

Kukuřice je pro anaerobní fermentaci ideální plodinou ve formě kukuřičné siláže, která je právě schopna zajistit po celý rok kvalitativně stejné parametry vstupního substrátu BPS s vhodným chemickým složením. Receptury pro konkrétní BPS jsou silně závislé na dostupných zdrojích substrátu. Provozovatel BPS musí mít zajištěn dostatečný přísun hmoty v odpovídajícím složení a kvalitě po celý rok (Zimolka et al. 2008).

Primárním cílem provozovatele by mělo být zabezpečit v receptuře vysoký podíl energeticky bohatých surovin za minimálních nákladů. Nejčastější kombinací je kukuřice na siláž a kejda. Existují však i BPS na čistě rostlinné materiály (Zimolka et al. 2008).

Poláková (2007) uvádí, že k daným účelům jsou vhodné hybridy s velmi vysokými výnosy suché hmoty, odolné vůči poléhání. Takové hybridy mívají pevnější stonek a výnos sušiny kolem 18 až 25 t/ha.

3.7 Ekonomika pěstování silážní kukuřice

Celkové náklady na pěstování kukuřice na zelené krmení a siláž jsou přibližně o 30 % nižší než kukuřice na zrno. Pokles nákladů se projevuje hlavně u mzdových a osobních nákladů o 27 %, nákladů pomocných činností o 31% a ostatních přímých nákladů a služeb o 70,5 %. (Kreysová et al. 2001)

Kocourek & Stará (2012) uvádí, že jeden z ekonomických faktorů pěstování kukuřice je ochrana proti škůdcům. Stanovení ekonomického prahu škodlivosti vyjadřuje populační hustotu škodlivého organismu, nebo stupeň napadení rostlin, při kterém se doporučuje provést ochranná opatření, aby se zabránilo ekonomicky významné škodě. Ekonomický práh škodlivosti odpovídá takovému stupni výskytu škodlivého organismu, který by způsobil takové ztráty, kdy zisk ze zachráněné části výnosu uhradí náklady na ochranná opatření. Jeden z nejvýznamnějších škůdců kukuřice je zavíječ kukuřičný. Pěstování rezistentní Bt-kukuřice při hospodářsky významném výskytu zavíječe kukuřičného má nejvyšší ekonomickou efektivnost v současné době z používaných metod ochrany. Při plošném rozšíření pěstování Bt-kukuřice v podniku nebo v regionu však ekonomický efekt pro pěstitele může být ještě vyšší. Princip pěstování Bt-kukuřice je v tom, že samice zavíječe neumí rozpoznat Bt-kukuřici a ne-Bt-kukuřici a kladou na ně vajíčka bez rozdílu. Následně na Bt-kukuřici všechny vylíhlé housenky hynou a lokální populace v regionu se snižuje. Při rozšíření pěstování Bt-kukuřice na 50 % a více ploch v regionu je populace po několika letech plošně redukována a škody se významně snižují i na plochách ne Bt-kukuřice.

Groote (2002) uvádí, že v Keni ztráta výnosů kukuřice způsobena škůdci byla odhadnuta na 12,9 %, což představuje 0,39 milionu tun kukuřice, s odhadovanou hodnotou 76 milionů USD. Oblasti s vysokým potenciálem mají relativně nízkou úroveň ztrát způsobených škůdci (10 – 12 %), zatímco oblasti s nízkým potenciálem mají vyšší ztráty (15 – 21 %). Hodnota těchto ztrát se odhaduje na 61 – 75 USD/ha. Tyto hodnoty jsou užitečné pro stanovení priorit výzkumu a rozšíření ochrany proti škůdcům.

3.7.1 Náklady na pěstování kukuřice

Dle Zimolky et al. (2008) celkové náklady na 1 ha sklizňových ploch kukuřice na siláž sledované v období let 2001 – 2006 podle jednotlivých výrobních oblastí v ČR, kolísaly v uvedených letech od 14,6 do 17,6 tis. Při hodnocení celkových nákladů na 1 ha podle jednotlivých výrobních oblastí jsou patrné významné rozdíly.

Největší náklady dosahují podniky v kukuřičné a horské oblasti. V ostatních výrobních oblastech nejsou významné rozdíly, spíše jsou náklady v jednotlivých letech poměrně vyrovnané.

Pokles nákladů na 1 t kukuřice na siláž mezi skupinou podniků s nejnižšími hektarovými výnosy do 25 t/ha a skupinou podniků s nejvyššími hektarovými výnosy na 45 t/ha byl v roce 2005 téměř 380 Kč/t (Zimolka et al. 2008).

4 Materiál a metody

4.1 Charakteristika stanoviště

Pokus byl založen na pokusném pozemku FAPPZ v Praze – Suchdol nedaleko Brandejsova statku. Experimentální pozemek se nachází v řepařské výrobní oblasti, v nadmořské výšce 286 m.

4.1.1 Půdní podmínky

Jedná se o hnědozemě převážně na rovině nebo úplné rovině s celkovým obsahem skeletu do 5 %. Půdotvorným substrátem jsou spraše, sprašové hlíny. Jedná se o půdu se střední rychlostí infiltrace i při úplném nasycení. Půdní druh je hlinitopísčité až jílovitohlinitý se středním až hlubokým profilem.

4.1.2 Klimatické a meteorologické podmínky během vegetace

Půdně ekologická jednotka spadá do druhého klimatického regionu, který je rozšířen ve středních Čechách a dále na Moravě od Znojma po Brno. Rozsah hodnot sumy teplot nad 10 °C je 2600 – 2800. Průměrná roční teplota je 8 – 9 °C. Průměrný úhrn srážek se pohybuje v rozsahu 500 – 600 mm s 25 % pravděpodobnosti suchých vegetačních období. Oblast tohoto pozemku je zařazena do mírně teplé a převážně suché klimatické oblasti.

Tabulka 1: Klimatické a meteorologické porovnání dlouhodobého průměru s rokem 2018

Praha Ruzyně	Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Červen	Červenec
Průměrná teplota °C 1981-2010	-1,4	-0,3	3,6	8,5	13,5	16,2	18,3
Průměrný úhrn srážek mm 1981-2010	22,0	19,9	27,8	27,7	69,8	66,7	78,5
Průměrná teplota °C 2018	3,6	-2,1	2,0	13,8	17,7	18,7	22,1
Průměrný úhrn srážek mm 2018	20,3	7,1	33,2	15,3	21,7	90,9	8,8

Tabulka 2: Klimatické a meteorologické porovnání dlouhodobého průměru s rokem 2018

Praha Ruzyně	Srpen	Září	Říjen	Listopad	Prosinec	Rok	Veget.
Průměrná teplota °C 1981-2010	17,9	13,5	8,5	3,1	-0,3	8,4	14,9
Průměrný úhrn srážek mm 1981-2010	65,4	37,9	27,3	30,2	27,7	501,0	308,2
Průměrná teplota °C 2018	21,9	15,8	10,8	4,9	3,0	11,0	18,9
Průměrný úhrn srážek mm 2018	58,0	43,0	30,9	12,2	41,3	382,7	194,7

Tabulka 1 a 2 znázorňuje průběh počasí během roku 2018. V tabulkách je porovnávána denní průměrná teplota a měsíční úhrn srážek za dlouhodobý průměr roků 1981 – 2010 s rokem 2018. Za vegetační období spadlo o 113,5 mm méně srážek a průměrná denní teplota byla o 4 °C vyšší, nežli dlouhodobý průměr.

4.2 Charakteristika pěstovaných hybridů

4.2.1 RGT Xxavi

Jedná se dvouliniový hybrid s rovnoměrným dozráváním zaregistrovaný v České republice roku 2016. Typ zrna je koňský zub. Hybrid Xxavi je středně raný hybrid s číslem FAO 300. Jeho předností je velmi rychlé uvolňování vody ze zrna, bohaté olistnění a vysoký výnos. Doporučená hustota porostu je 70 – 80 000 rostlin/ha.

4.2.2 RGT Luxxida

Hybrid Luxxida je dvouliniový hybrid s rovnoměrným dozráváním zaregistrovaný v České republice roku 2015. Typ zrna je koňský zub. Jedná se o středně pozdní hybrid s číslem FAO 320. Jeho předností je tolerance k přísuškům a velmi dobrá hodnota stravitelných vláknin. Doporučená hustota porostu je 65 – 75 000 rostlin/ha.

4.3 Stanovení LAI

Stanovení hodnot LAI bylo realizováno přístrojem SunScan. Jedná se o senzor slunečního záření pod listovou plochou. Měří dopadající a propuštěné sluneční záření využitelné pro fotosyntézu rostlin. Naměřené hodnoty zobrazují index listové plochy a tím poskytuje informace o možném přírůstku biomasy. Měření by se mělo provádět v pravé poledne kdy je Slunce nejvýše. Zařízení je snadno přenosné a je napájeno 4xAA bateriemi.



Obrázek 1: SunScan

4.4 Založení pokusu

Pokus byl založen na pokusném pozemku FAPPZ v Praze – Suchdol nedaleko Brandejsova statku. Počátkem dubna na pozemku byly provedeny první jarní práce. Byla stržena hrubá brázda orby a pozemek byl připraven na setí. 23. dubna bylo provedeno základní hnojení, kde se aplikovalo 348 kg/ha močoviny ve dvou aplikacích, 562,5 kg/ha superfosfátu a 240 kg/ha draselné soli. Tímto hnojením jsme na pozemek dodali 160 kg/ha N, 45 kg/ha P a 120 kg/ha K čistých živin. Dne 25. dubna proběhlo setí dvou vybraných hybridů Luxxida a Xxavi do latinského čtverce ve dvou rozdílných výsevcích při čtyřech opakování, které je znázorněno v tabulce 3. Každou parcelu tvořily 4 řádky zaseté kukuřice a velikost jednotlivých parcel byla 20 m². U výsevku 79 000 rostlin/ha je vzdálenost mezi zrny 18 cm a u výsevku 95 000 rostlin/ha byla vzdálenost mezi zrny 15 cm. Meziřádková vzdálenost je 75 cm. K setí byly použity přesné ruční secí stroje. Během vegetace, přesněji 7. května, bylo provedeno post-emergentní ošetření porostu proti plevelům a to přípravkem Laudis v dávce 2,25 l/ha a dále jako ochrana proti pcháči oset Titus 60 g/ha + Lontrel 0,4 l/ha + Dash smáčedlo/5 l vody. Ochrana proti pcháči byla aplikována bodově, tedy konkrétně na jednotlivé rostliny.

Tabulka 3: Schéma pokusu

2.Varianta Luxxida 95 000	3.Varianta Xxavi 95 000	4.Varianta Luxxida 79 000	1.Varianta Xxavi 79 000
3.Varianta Xxavi 95 000	4.Varianta Luxxida 79 000	1.Varianta Xxavi 79 000	2.Varianta Luxxida 95 000
4.Varianta Luxxida 79 000	1.Varianta Xxavi 79 000	2.Varianta Luxxida 95 000	3.Varianta Xxavi 95 000
1.Varianta Xxavi 79 000	2.Varianta Luxxida 95 000	3.Varianta Xxavi 95 000	4.Varianta Luxxida 79 000

4.5 Odebírání vzorků během vegetace

Během vegetace bylo provedeno měření LAI a výšky rostlin. Měření proběhlo v pěti termínech a to 51 dnů od zasetí, 66 dnů od zasetí, 79 dnů od zasetí, 97 dnů od zasetí a poslední měření proběhlo 112 dnů od zasetí, tedy den před sklizní.

4.6 Sklizeň a odběr vzorků

Den před sklizní proběhlo poslední měření LAI, výšky rostlin a výšky nasazení palic. Následující den, 16. srpna, proběhla sklizeň kukuřice v době silážní zralosti. Důvod sklizně již v polovině srpna byl zapříčiněn díky nadprůměrně teplému a suchému roku. V den sklizně proběhlo spočítání rostlin, díky kterému se mohlo porovnat počet zasetých a počet sklizených rostlin. Sklizeň kukuřice probíhala ručně, a to vysekáním 10 m² z každé parcely. Sklizeny byly tedy dva prostřední řádky, které nám stanovily výnos jednotlivých variant. Z každé parcely byla vybrána 1 průměrná rostlina na stanovení podílu částí rostlin, výnosu a sušiny. Vybraná rostlina byla rozdělena na jednotlivé části, které byly zváženy v zeleném stavu, následně uloženy do sušárny a následně opět zváženy v suchém stavu.

4.7 Statistické vyhodnocení dat

V době silážní zralosti byl stanoven výnos nadzemní biomasy a následně vypočteny základní ekonomické ukazatele pěstování silážní kukuřice. Dosažené výsledky byly statisticky vyhodnoceny analýzou rozptylu v programu Statistica. Z naměřených hodnot byl stanovený výnos zelené hmoty, počet rostlin při sklizni, % sklizených rostlin, sušina (%), výnos sušiny, průměrná hmotnost 1 rostliny ze sklizně, výška rostlin, výška nasazení palic, podíl jednotlivých částí rostlin (listy, stébla, palice).

5 Výsledky

5.1 Výnosové hodnoty

Tabulka 4: Sklizňové hodnoty jednotlivých variant

Hybrid	Výsevek	% sklizených rostlin	Počet rostlin při sklizni/ha	Výnos zelené hmoty (t/ha)	Výnos sušiny (t/ha)	Obsah sušiny (%)
Luxxida		92,7	80500	33,2	10,25	30,84
Xxavi		94,2	82125	34,6	11,56	32,12
<i>p-value</i>		0,566	0,466	0,640	0,194	0,15
	79000	93,0	73500 ^a	33,7	10,82	32,12
	95000	93,8	89125 ^b	34,2	10,99	32,08
<i>p-value</i>		0,764	<0,000	0,850	0,861	0,981
Luxxida	79000	94,3	74500	33,1	10,15	30,70
Luxxida	95000	91,1	86500	33,4	10,35	30,97
Xxavi	79000	91,8	72500	34,2	11,48	33,53
Xxavi	95000	96,6	91750	35,0	11,63	33,18
<i>p-value</i>		0,138	0,119	0,938	0,98	0,852

V tabulce 4 jsou porovnávány jednotlivé varianty pokusu, tedy rozdíly mezi jednotlivými hybridy a dvěma různými výsevky. Z tabulky je patrné, že hybrid Xxavi je o 1,4 t/ha výnosnější než hybrid Luxxida. Pokud porovnáme výsevek 79 000 rostlin/ha a 95 000 rostlin/ha, je nárůst výnosu u vyššího výsevku o 0,5 t/ha vyšší. Zvýšení výsevku o 16 000 rostlin/ha tedy zvedlo výnos pouze o 0,5 t/ha zelené hmoty. Porovnání výsevků a hybridů dohromady nám ve výsledku určí, že největší výnosový potenciál má kombinace hybridu Xxavi a výsevku 95 000 rostlin/ha, kdy byl dosažen výnos 35 t/ha zelené hmoty, naopak kombinací hybridu Luxxida a výsevku 79 000 bylo dosaženo nejmenšího výnosu a to 33,1 t/ha zelené hmoty. Z tabulky 4 je však patrné, že mezi sledovanými hybridy ani výsledky nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl.

5.2 Sklizňové parametry průměrné rostliny

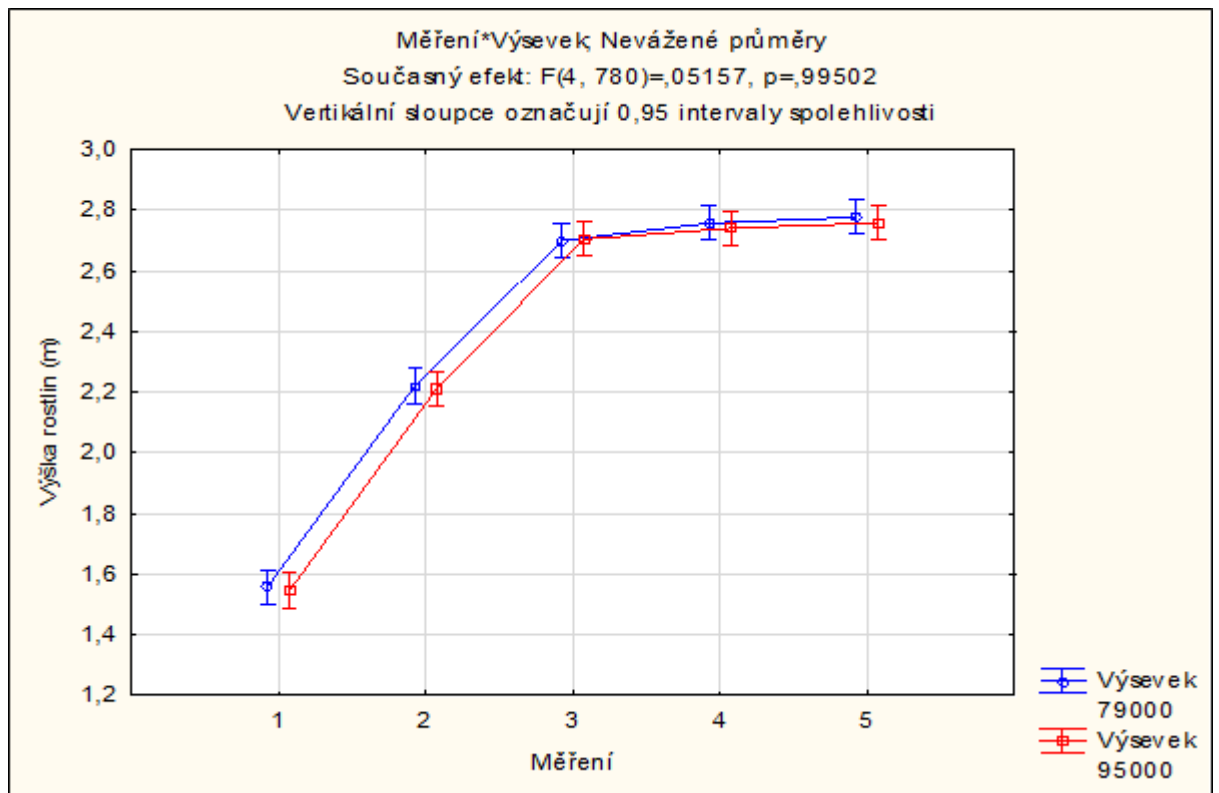
Tabulka 5: Sklizňové parametry průměrné rostliny

Hybrid	Výsevek	Výška rostlin (m)	Výška nasazení palic (m)	Průměrná hmotnost 1 r. ze sklizně (g)
Luxxida		2,68 ^a	1,41 ^a	127,84
Xxavi		2,86 ^b	1,36 ^b	143,64
<i>p-value</i>		0,001	0,005	0,287
	79000	2,78	1,37	148,68
	95000	2,76	1,39	122,79
<i>p-value</i>		0,734	0,140	0,093
Luxxida	79000	2,68 ^{ab}	1,37 ^a	136,64
Luxxida	95000	2,67 ^a	1,44 ^b	119,04
Xxavi	79000	2,87 ^b	1,37 ^a	160,73
Xxavi	95000	2,85 ^{ab}	1,35 ^a	126,55
<i>p-value</i>		0,977	0,003	0,569

V tabulce 5 je statisticky vyhodnocena výška nasazení palic, výška rostlin a průměrná hmotnost 1 rostliny ze sklizně. Hybrid Xxavi je o 18 cm vyšší než hybrid Luxxida. Nejen výška, ale i průměrná hmotnost jedné rostliny je vyšší u hybridu Xxavi a to o 15,8 g. Zajímavé je porovnání hybridů s výsevkem dohromady. Kombinace hybridu Xxavi a výsevku 79 000 rostlin/ha má nejvyšší výšku a větší průměrnou hmotnost jedné rostliny o 34,18 g než hybrid Xxavi s výsevkem 95 000 rostlin/, který dosahuje největších výnosů zelené hmoty. Navýšení výsevku o 16 000 rostlin/ha ze 79 000 rostlin/ha na 95 000 rostlin/ ha znamenalo zvýšení výnosu u hybridu Luxxida o 0,3 t/ha a hybridu Xxavi o 0,8 t/ha Výška nasazení palic byla největší v kombinaci hybridu Luxxida a výsevku 95 000 rostlin/ha kde výška nasazení palic dosahovala 1,44 m.

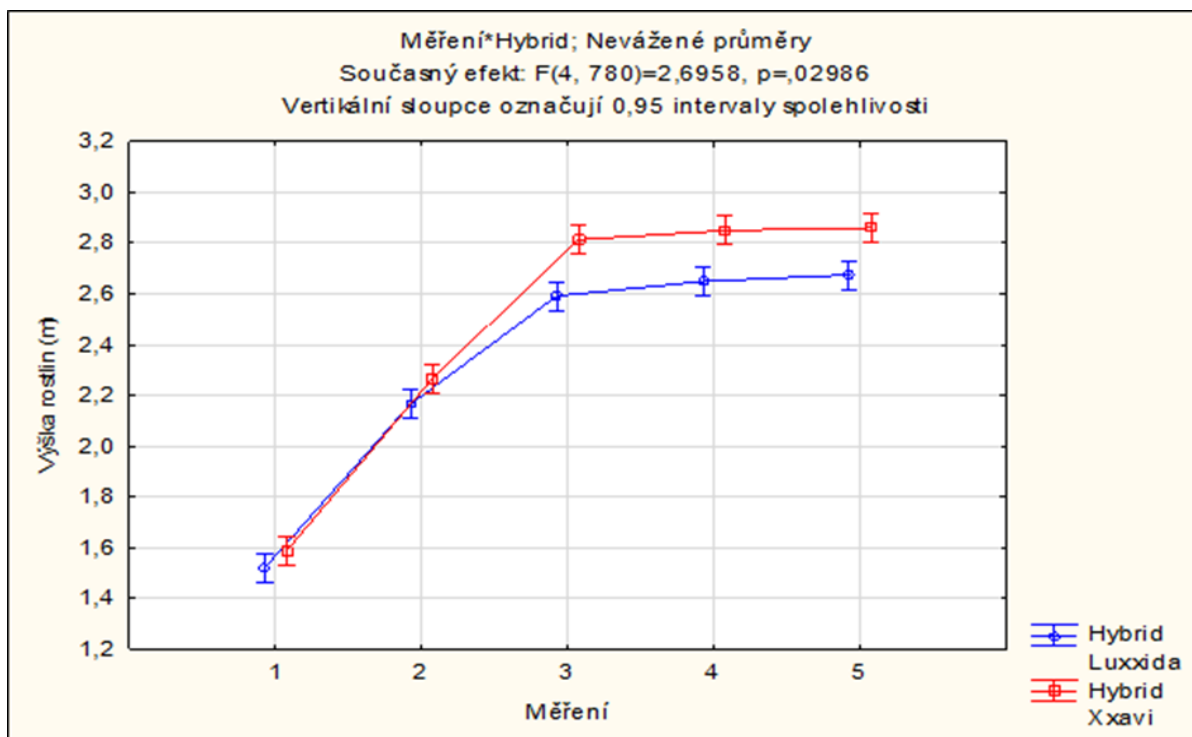
5.3 Výška rostlin

Graf 1 znázorňuje vliv výsevku na výšku rostlin. V počátečním růstu při menším výsevku 79 000 rostlin/ha dosahovaly rostliny větší výšky. V polovině vegetace se u obou výsevků výška rostlin lišila pouze nepatrně.

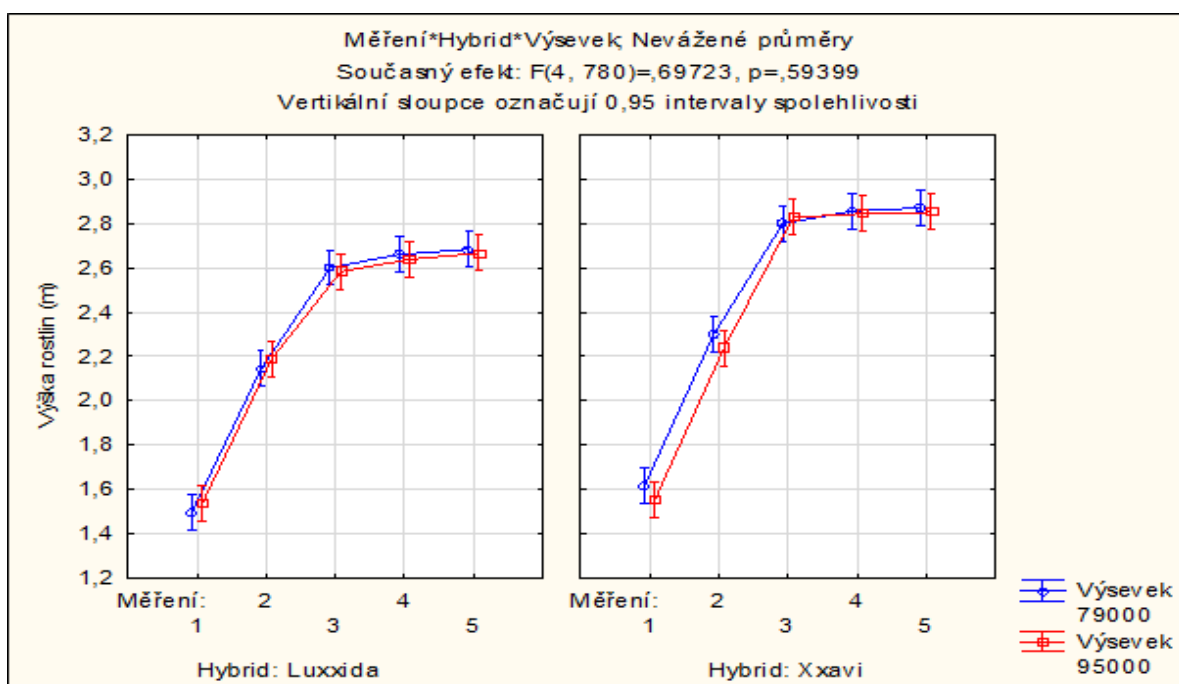


Graf 1: Vliv výsevku na výšku rostlin

V grafu 2 je znázorněn vliv hybridů na výšku rostlin. Graf znázorňuje, že výběr vhodného hybridu má velký vliv na výšku rostlin, jelikož hybrid Xxavi dosahuje vyšších výšek rostlin nežli hybrid Luxxida.



Graf 2: Vliv hybridu na výšku rostlin

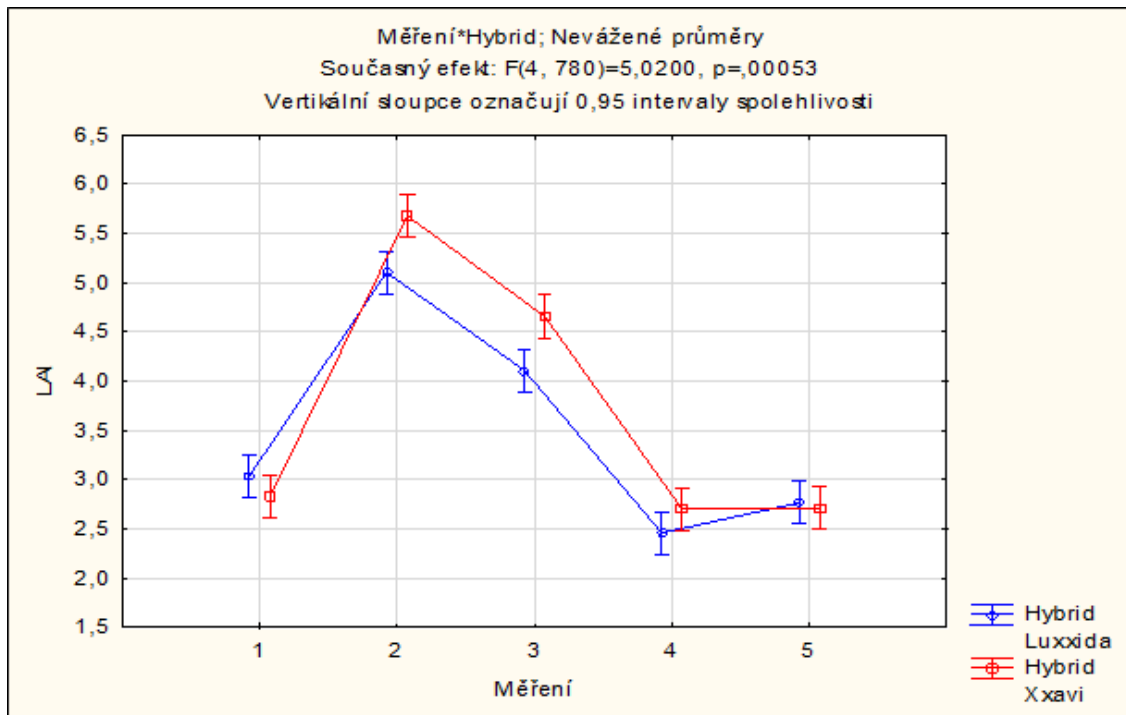


Graf 3: Vliv hybridu a výsevku na výšku rostlin

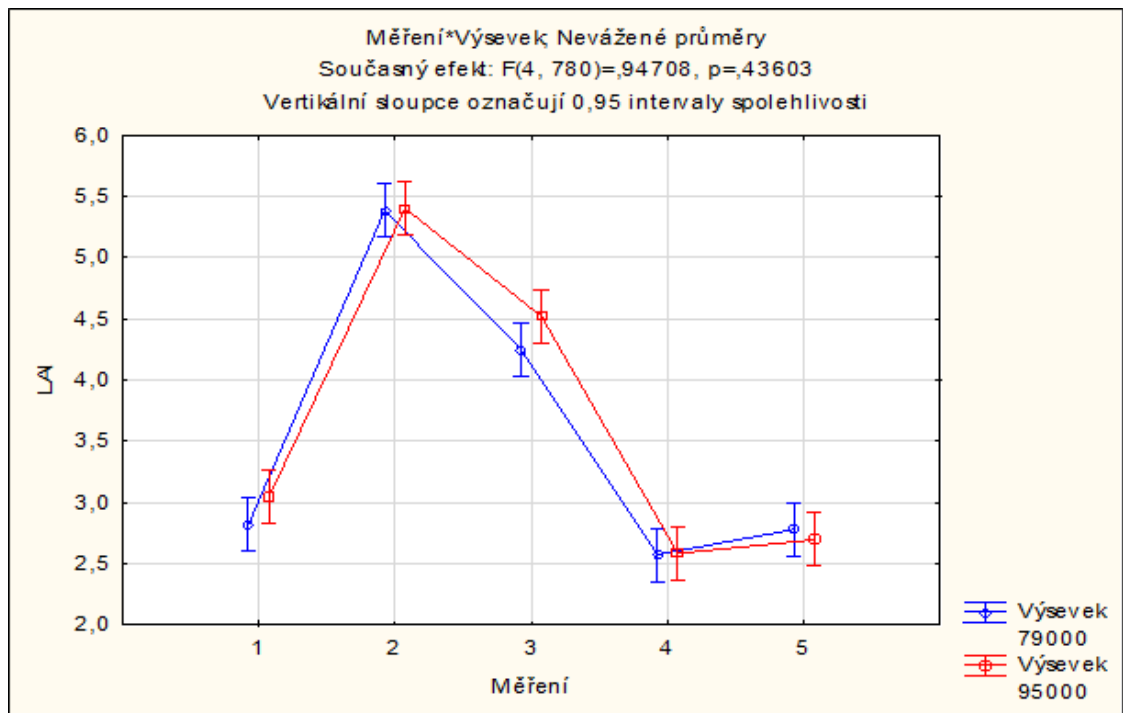
V grafu 3 je znázorněna interakce vlivu výsevku a hybridu na výšku rostlin. Hybrid Luxida dosahuje nepatrně vyšších rostlin při nižším výsevku. Hybrid Xxavi také dosahuje vyšších rostlin při nižším výsevku. U hybridu Xxavi jsou větší rozdíly patrné v první polovině vegetace, v druhé polovině je rozdíl minimální.

5.4 Vyhodnocení listové plochy

Rozdílný vliv hybridů na index listové plochy nám ukazuje graf 4. Hodnoty LAI se během vegetace pohybují v hodnotách od 2,5 do 5,7. Hybrid Xxavi dosahuje značně větších hodnot LAI než hybrid Luxxida.

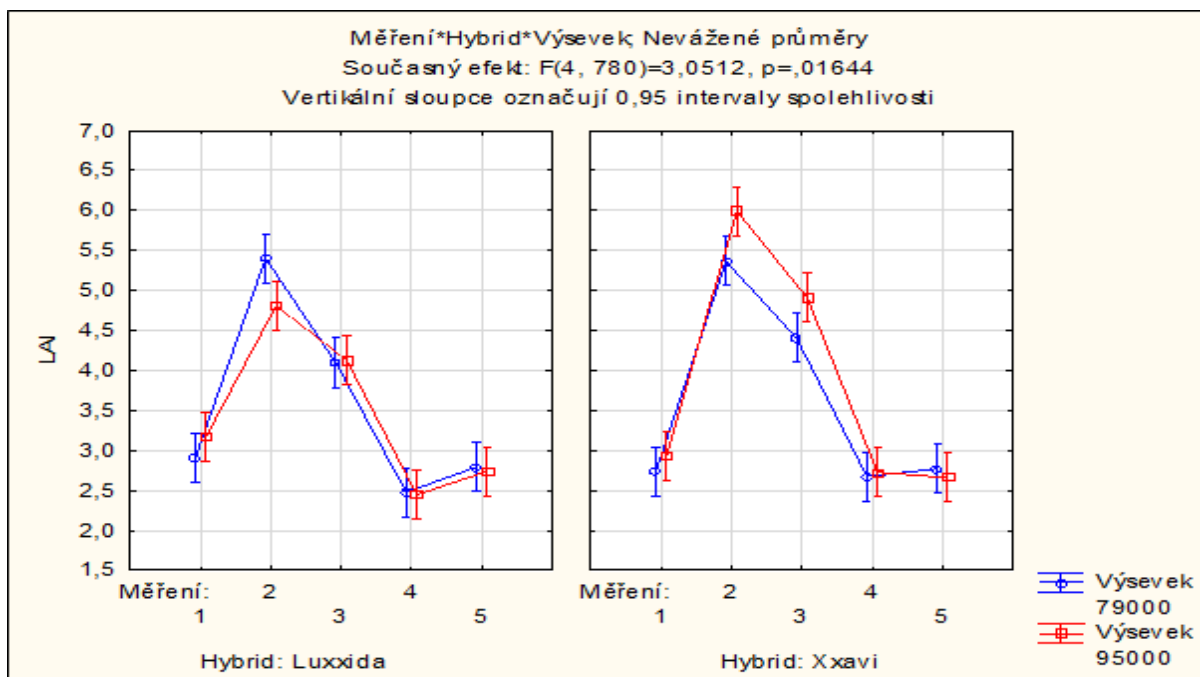


Graf 4: Vliv hybridu na index listové plochy



Graf 5: Vliv výsevku na index listové plochy

Graf 5 znázorňuje vliv výsevku na index listové plochy. Z grafu je patrné, že v období od prvního měření do druhého měření porost při výsevku 79 000 rostlin/ha tvořil větší listovou plochu. Ale od druhého měření tvořil větší listovou plochu porost z vyššího výsevku.



Graf 6: Vliv hybridu a výsevku na index listové plochy

Propojením grafu 4 a 5 vznikl graf 6, kde je ukázána souvislost vlivů hybridu a různých výsevků na index listové plochy. Největší rozdíl při měření LAI byl u jednoho hybridu, a to Luxxida, rozdíly v měření ale nejsou statisticky prokazatelné. Hybrid Luxxida ve výsevku 79 000 rostlin/ha v prvotní fázi tvořil větší listovou plochu, později ale větší listovou plochu tvořila kombinace hybridu Luxxida s výsevku 95 000 rostlin/ha. Ještě větší listovou plochu tvořil hybrid Xxavi, během celé jeho vegetace byla největší listová plocha, a to u výsevku 95 000 rostlin/ha. Jelikož rostliny vlivem nadprůměrně suchého a teplého roku ke konci vegetace zasychaly, hodnoty mezi čtvrtým a pátým měřením se skoro nelišily.

5.5 Ekonomické vyhodnocení

Ekonomické porovnání dvou různých výsevků u jednotlivých hybridů v tabulce 6 a 7 prokázalo, že zvýšení výsevku u obou hybridů ze 79 000 rostlin/ha na 95 000 rostlin/ha není rentabilní vzhledem k výnosu. U hybridu Luxxida navýšení výsevku zvýšilo náklady na osivo o 764 Kč/ha, ale tržby z výnosu při vyšším výsevku vzrostly pouze o 150 Kč/ha. Z toho plyne, že při navýšení výsevku o 16 000 zrn je ekonomický propad o 614 Kč/ha.

Tabulka 6: Vliv navýšení výsevku na ekonomické ukazatele u hybridu Luxxida

Luxxida (cena za výsevní jednotku (50 000 zrn) 2 390,-		
Výsevek (zrn/ha)	79 000	95 000
Cena (Kč/ha)	3 777	4 541
Výnos (t/ha)	33,1	33,4
Cena výnosu 500,-/t	16 550	16 700
Cenový rozdíl navýšení výsevku ve vztahu k výnosu		-614

Hybrid Xxavi reagoval na zvýšení výsevku z ekonomického hlediska o něco lépe než hybrid Luxxida. Cena výsevu po navýšení výsevku ze 79 000 rostlin/ha na 95 000 rostlin vzrostla o 528 Kč/ha a následný výnos byl u zvýšeného výsevku o 400 Kč/ha vyšší. Z toho plyne, že při navýšení výsevku o 16 000 zrn je ekonomický propad o 128 Kč/ha.

I když navýšení výsevku o 16 000 rostlin/ha znamenalo zvýšení výnosu u hybridu Luxxida o 0,3 t/ha a hybridu Xxavi o 0,8 t/ha, tabulka 6 a 7 potvrdila, že navýšení výsevku není z ekonomického hlediska rentabilní.

Tabulka 7: Vliv navýšení výsevku na ekonomické ukazatele u hybridu Xxavi

Xxavi (cena za výsevní jednotku (50 000 zrn) 1 650,-		
Výsevek (zrn/ha)	79 000	95 000
Cena (Kč/ha)	2 607	3 135
Výnos (t/ha)	34,2	35,0
Cena Výnosu 500,-/t	17 100	17 500
Cenový rozdíl navýšení výsevku ve vztahu k výnosu		-128

6 Diskuze

Cílem bakalářské práce bylo porovnání vlivu dvou hybridů RTG Xxavi a RTG Luxxida ve dvou různých výsevcích na výnos silážní kukuřice. Podle Vrzala et al. (1995) výběr hybridů patří mezi nejdůležitější pěstitelská opatření, neboť správná volba vhodného hybridu může ovlivnit výnos až z 30 % (Šuk et al. 1998). Vlivem šlechtitelského úsilí byly vyšlechtěny hybridy vhodné pro velmi rozdílné klimatické poměry. Fuksa et al. (2006) doporučuje volit pro silážní účely hybridy s vysokým výnosem silážní hmoty, vysokým podílem palic na celkové hmotnosti rostliny (více než 50 %), maximálním výnosem energie z jednotky plochy a maximální koncentrací energie v 1 kg sušiny a vysokou stravitelností zbytku rostliny. V našem případě byly zvoleny hybrid Xxavi, což je středně raný hybrid s číslem FAO 300 a hybrid Luxxida, což je středně pozdní hybrid s číslem FAO 320. Z výsledků je patrné, že hybrid Xxavi je o 1,4 t/ha výnosnější než hybrid Luxxida. Vliv na rozdíl ve výnosu by mohla mít ranost, jelikož Xxavi je ranější hybrid. Dle Fuksy et al. (2017) je počet listů na rostlině v pozitivní korelaci s délkou vegetační doby hybridů. Z toho vyplývá, že pozdější hybridy mají větší listovou plochu. Menší listová plocha jedné rostliny raných hybridů se proto kompenzuje vyšším počtem rostlin na jednotku plochy. I počet nadzemních článků a kolének je podmíněn délkou vegetační doby, tudíž raností hybridů (Zimolka et al. 2008). Porovnání výsevků a hybridů dohromady nám ve výsledku určí, že největší výnosový potenciál má kombinace hybridu Xxavi s výsevku 95 000 rostlin/ha, kdy byl dosažen výnos 35 t/ha zelené hmoty, naopak kombinací hybridu Luxxida a výsevků 79 000 bylo dosaženo nejmenšího výnosu, a to 33,1 t/ha zelené hmoty. Výnos kukuřice je určen počtem rostlin z jednotky plochy a hmotností jednotlivých rostlin. Hmotnost rostlin vychází z výnosového potenciálu konkrétního hybridu a je dále ovlivňována úrovní hnojení, půdními, teplotními a vláhovými podmínkami, vzájemnou konkurencí mezi rostlinami, zaplevelením atd. (Fuksa 2018). Největší hmotnost průměrné jedné rostliny byla u hybridu Xxavi při výsevku 79 000 rostlin/ha, kdy hmotnost jedné rostliny byla 161 g. Naopak nejmenší hmotnost a to 119 g byla u kombinace hybridu Luxxida a výsevků 95 000 rostlin/ha. Navyšování počtu rostlin vede k nárůstu výnosu biomasy, ale z důvodu vyšší konkurence o sluneční záření, vodu a živiny začíná klesat hmotnost jednotlivých rostlin (Fuksa 2018).

Prostorové uspořádání porostu, tj. kombinace různých výsevků a meziřádkových vzdáleností, společně s výrazným efektem ročníku nezanedbatelným způsobem ovlivňují celkový výnos sušiny (Fuksa 2018). Dle Zimolky et al. (2008) dobře založený porost, se silnými a zdravými rostlinami, s rychlým počátečním růstem je pak odolnější proti různým

stresům a tlaku chorob. Pro dosažení maximálního výnosu silážní hmoty je tedy nutné zvolit takový výsevek, který odpovídá podmínkám stanoviště, intenzitě vstupů a respektuje vlastnosti vybraného hybridu vhodného pro konkrétní lokalitu (Fuksa et al. 2017). V našem případě byl zvolen výsevek 79 000 rostlin/ha a 95 000 rostlin/ha. Vzdálenost mezi zrny v řádku byla 18 a 15 cm a meziřádková vzdálenost 75 cm. Smutný et al. (2017) doporučuje meziřádkovou vzdáleností 70 nebo 75 cm, což při výsevku 80 000 – 90 000 jedinců na hektar odpovídá vzdálenosti rostlin v řádku 14 – 17 cm. Havlíčková et al. (2008) uvádí, že pokud není správně založen porost, je negativně ovlivněn výnos biomasy. Platí zde klasické pravidlo, že úspěch začíná setím. Obecně platí, že vyšší hustoty jsou nebo mohou (mají) být na vlhčích a chladnějších stanovištích. Dle Podoláka et al. (1990) přehušťování porostů kukuřice nevede k větší sklizni živin z hektaru. Při hustotě nad 140 000 rostlin na hektar se prudce snižuje také ozrnění palic a tím celkový výnos energie. Naopak zbytečně nízký výsevek, není dostatečně kompenzován vyšší hmotností jednotlivých rostlin, což vede k nižším výnosům biomasy (Fuksa et al. 2017). V našem případě při zvětšení výsevku ze 79 000 rostlin/ha na 95 000 rostlin/ha byl nárůst výnosu u vyššího výsevku o 0,5 t/ha vyšší. Zvýšení výsevku o 16 000 rostlin/ha tedy zvedlo výnos pouze o 0,5 t/ha zelené hmoty. I Abuzar et al. (2011) provedl terénní experiment k určení vlivu hustoty porostu kukuřice na výnos. Vliv šesti populací rostlin 40 000 rostlin/ha, 60 000 rostlin/ha, 80 000 rostlin/ha, 100 000 rostlin/ha, 120 000 rostlin/ha a 140 000 rostlin/ha prokázal, že hustota porostu 60 000 rostlin/ha dosáhla největších výnosů. Doporučuje tedy setí rostlin v řádku na vzdálenost 22,70 cm. Jeden z důvodů, proč se liší výsledky stejných pokusů, může být použití různého hybridu, protože Widdicombe et al. (2002) uvádí, že každý hybrid na změnu hustoty porostu reaguje jinak. V jeho pokuse byly významné rozdíly v odezvě na menší šířku řádků mezi dvěma vyhodnocenými listovými hybridy.

Schittenhelm (2008) také uvádí, že jeden z významných faktorů ovlivňující výnos je volba správného hybridu. Koncentrace sušiny celé rostliny v každém roce byla výrazně odlišná mezi hybridy. Čím vyšší indexy zralosti hybridů byly, tím nižší byla koncentrace sušiny při konečné sklizni. V našem případě byl výnos sušiny u hybridu Luxxida 10,25 t/ha a Xxavi 11,56 t/ha. Z výsledků je patrné, že hybrid Xxavi je o 1,3 t/ha suché hmoty výnosnější než hybrid Luxxida. Zvýšení výnosu může být zapříčiněno výškou rostlin, ale i průměrnou hmotností jedné rostliny, která je vyšší u hybridu Xxavi a to o 15,8 g.

Při sníženém výsevku na 79 000 rostlin/ha mají rostliny více prostoru k růstu a rostliny dosahují jak větší hmotnosti, tak i výšky. Samotná výška rostlin je důležitá složka, která pomáhá určovat výnos dosaženého v průběhu vegetačního období. V našem případě je hybrid

Xxavi o 18 cm vyšší než hybrid Luxxida, i to je jeden z faktorů, proč je výnos zelené hmoty vyšší právě u hybridu Xxavi. Abuzar et al. (2011) uvádí, že výška rostlin byla významně ovlivněna hustotou populace. Nejvyšší rostliny (197,2 cm) byla ve variantě 100 000 rostlin/ha), snížením výsevku na 80 000 rostlin/ha se zmenšila výška rostlin na 193,0 cm. Nejmenší rostliny byly 150,8 cm ve variantě 140 000 rostlin ha v důsledku konkurence jednotlivými rostlinami (Abuzar et al. 2011.). Tento trend vysvětluje, že jak se počet rostlin zvýší, konkurence mezi rostlinami pro příjem živin a slunečním zářením se zvýší také (Sangakkara et al. 2004).

Větší listová plocha, je také jeden z důvodů, proč hybrid Xxavi dosáhl většího výnosu zelené hmoty. V podmínkách bez významnějšího omezení zásobením vodou a živinami je výnos kukuřice závislý především na velikosti listové plochy (Fuksa et al. 2017). Podle Škody et al. (1998) lze ovlivňovat hlavní vegetační faktory v zemědělství možno různými způsoby. Například množství dopadajícího slunečního záření je možno ovlivňovat hustotu porostu (Škoda et al. 1998). Begna et al. (2001) ve svém pokusu uvádí, že kombinace užších řádků a vyšší hustoty rostlin zvýšila zachyt světla v kukuřici o 3 až 5 %. Dle Nguy- Robertson et al. (2014) je LAI vysoce variabilní. Během vegetační doby se u jedné rostliny může hodnota LAI různě lišit. U kukuřice se od zasetí po zralost index listové plochy pohybuje v rozmezí od 0 do 6. V našem pokusu se hodnoty LAI během vegetace pohybovaly v hodnotách od 2,5 do 6. Ale dle Fuksy et al. (2017) jsou optimální hodnoty LAI pro dosažení nejvyšších výnosů v rozmezí 3 – 4. Hustota porostu by proto měla být taková, aby bylo dosaženo uvedené rozpětí velikosti listové plochy. Největší rozdíl při měření LAI bylo u hybridu Luxxida, rozdíl v měření ale není statisticky prokazatelný. Jelikož rostliny vlivem nadprůměrně suchého a teplého roku ke konci vegetace zasychaly, hodnoty mezi čtvrtým a pátým měřením se skoro nelišily.

Velmi důležitá je samotná ekonomika pěstování silážní kukuřice. Dle Kreysové et al. (2001) jsou celkové náklady na pěstování kukuřice na zelené krmení a siláž přibližně o 30 % nižší než kukuřice na zrno. Pokles nákladů se projevuje hlavně u mzdových a osobních nákladů o 27 %, nákladů pomocných činností o 31% a ostatních přímých nákladů a služeb o 70,5 %. Jeden z významných vlivů na ekonomickou rentabilitu jsou náklady použité na osivo. Z toho důvodu je nutné zvolit správný hybrid a velikost výsevku. Vrzal et al. (1995) uvádí, že při zbytečně vysokých hustotách se mimo jiné zvyšují i ekonomické náklady na osivo. V našem případě při ekonomickém porovnání dvou různých výsevků u jednotlivých hybridů v tabulce 6 a 7 prokázalo, že zvýšení výsevku u obou hybridů ze 79 000 rostlin/ha na 95 000 rostlin/ha není rentabilní vzhledem k výnosu.

Podle Fishera et al. (1989) je nejvýznamnější faktor ovlivňující výnos silážní kukuřice průběh počasí během vegetace. Z tabulky 1 a 2 je patrné, že rok 2018, ve kterém byl pokus proveden, byl do velké míry ovlivněn průběhem počasí. Celý rok 2018 byl nadprůměrně teplý a suchý. Za vegetační období spadlo o 113,5 mm méně srážek a průměrná denní teplota byla o 4°C vyšší, nežli dlouhodobý průměr. Za zmínku také stojí nerovnoměrnost srážek za měsíc červen, kdy za dva dny spadlo 60 mm a také extrémně suchý červenec, kdy napršelo o necelých 70 mm méně srážek v porovnání s dlouhodobým průměrem, tedy pouhých 8 mm. Extrémně suchým a teplým rokem bylo jednoznačně ovlivněno celé vegetační období a následný výnos pěstované kukuřice na siláž. Schittenhelm (2008) uvádí, že samotná délka vegetační doby má vliv na výnos silážní kukuřice. Zdá se, že kukuřice s delší vegetační dobou, která může plně využít vegetačního období, je vhodnější pro produkci bioplynu. Vegetační doba v roce 2018 byla oproti jiným rokům značně zkrácena. Už 16. srpna proběhla sklizeň kukuřice v době silážní zralosti.

7 Závěr

Cílem bakalářské práce bylo vypracovat literární rešerši zaměřenou na problematiku řešící nejdůležitější faktory ovlivňující výnosové parametry silážní kukuřice, a to především volbu vhodného hybridu, zvolení správného výsevku a velikost listové plochy. Jednotlivé interakce byly následně zkoumány z ekonomického hlediska.

Z literárního přehledu vyplývá, že při pěstování silážní kukuřice je nejdůležitější proces výběr vhodného hybridu. Volba správného hybridu se odvíjí především od půdních a klimatických podmínek a účel pěstování kukuřice na siláž. Velký vliv má na fungování porostu během celé vegetace velikost výsevku. Vhodná velikost výsevku by měl být určena opět dle půdních a klimatických podmínek, ranosti hybridu a termínu výsevu. Hustota porostu má také vliv na listovou plochu, kterou je ovlivněn proces fotosyntézy, a tím i produkce asimilátů.

V experimentální části byly zkoumány vlivy velikostí výsevků na hybridy Luxxida a Xxavi. V pokusu byly použity výsevky 79 000 rostlin/ha a 95 000 rostlin/ha. Byl hodnocen výnos a obsah sušiny, podíl jednotlivých částí rostliny rostlin, listová plocha a výška rostlin. Z praktické části vyplývá, že:

- Ranější hybrid Xxavi (FAO 300) dosáhl v průměru za oba sledované výsevky o 1,4 t/ha vyššího výnosu než hybrid Luxxida (FAO 320), rozdíly však nebyly statisticky průkazné.
- Zvýšení výsevku o 16 000 rostlin/ha zvedlo výnos zelené hmoty v průměru za oba hybridy o 0,5 t/ha, ale tento rozdíl nebyl statisticky významný.
- Nejvyšší výnosový potenciál má kombinace hybridu Xxavi a výsevku 95 000 rostlin/ha kdy byl dosažen výnos 35 t/h zelené hmoty, naopak nejnižší výnos poskytl hybrid Luxxida při výsevku 79 000 rostlin/ha (33,1 t/ha).
- Při sníženém výsevku na z 95 000 rostlin/ha 79 000 rostlin/ha mají rostliny více prostoru k růstu a rostliny dosahují jak větší hmotnosti, tak i výšky. Ovšem vyšší výnos byl dosažen při výsevku 95 000 rostlin/ha, kdy nižší hmotnost a výška rostlin byla kompenzována zvýšeným počtem rostlin/ha.
- Výška rostlin byla ovlivněna pouze volbou hybridu. Hybrid Xxavi dosahoval velikosti o 18 cm vyšší než hybrid Luxxida. Hustota porostu neměla vliv na změnu výšky u jednotlivých hybridů.

- Z ekonomického hlediska lze doporučit nižší výsevek, jelikož z ekonomického porovnání vyplývá, že zvýšení výsevku u obou hybridů ze 79 000 rostlin/ha na 95 000 rostlin/ha není rentabilní vzhledem k výnosu.

8 Literatura

- Abuzar MR, Sadozai GU, Baloch MS, Baloch AA, Shah IH, Javaidand T, Hussain N. 2011. Effect of plant population densities on yield of maize. *The Journal of Animal* **21**: 692-695.
- Begna SH, Hamilton RI, Dwyer LM, Stewart DW. 2001. Weed biomass production response to plant spacing and corn (*Zea mays*) hybrids differing in canopy architecture. *Weed Technology*. **15**: 647-653.
- Diviš J, Jůza J, Biedermannová E. 1992. Produkční a kvalitativní otázky silážní kukuřice pěstované v nekukuřičných oblastech. Vědecko-pedagogické nakladatelství České Budějovice, České Budějovice.
- Drobník J. 2007. Modifikovaných plodin opět více. *Zemědělec*. IN: Prugar J, et al. 2008. Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí. Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, Praha.
- Fang H, Liang S. 2014. Leaf Area Index. Models reference module in earth systems and environmental Sciences DOI: 10.1016/B978-0-12-409548-9.09076-X
- Farnham DE. 2001. Row spacing, plant density and hybrid effects on corn grain yield and moisture. *Agronomy Journale*. **93**: 1049-1053.
- Fischer KS, Edmeades GO, Johnson EC. 1989. Selection for the improvement of maize yield under moisture-deficits. *Field Crops Research*. **22**: 227-243.
- Fuksa P. 2018. Vliv organizace porostu silážní kukuřice na produkci bioplynu. Agromanual.cz, České Budějovice. Available from <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/vliv-organizace-porostu-silazni-kukurice-na-produkci-bioplynu> (accessed February 2019).
- Fuksa P, Hakl J, Šantrůček J. 2017. Vliv hybridu a výsevku na výnos silážní kukuřice. Agromanual.cz, České Budějovice. Available from <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/osivo-a-sadba-1/vliv-hybridu-a-vysevku-na-vynos-silazni-kukurice> (accessed February 2019).

Fuksa P, Kalista J. 2006. Výběr hybridů kukuřice v roce 2006. Agromanual.cz, České Budějovice. Available from <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/osivo-a-sadba-1/vyber-hybridu-kukurice-v-roce-2006> (accessed February 2019).

Fusheng W. 2007. Physical and Genetic Structure of the Maize Genome Reflects Its Complex Evolutionary History. Plos genetics. Available from <https://journals.plos.org/plosgenetics/article?id=10.1371/journal.pgen.0030123> (accessed February 2019).

Groote H. 2002. Maize yield losses from stemborers in Kenya. International journal of tropical insect science. **22**: 89-96

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

Hnilička F. 2017. Vliv abiotických a biotických stresorů na vlastnosti rostlin. Výzkumný ústav rostlinné výroby v. v. i., Praha – Ruzyně, Praha.

Hunter RB, Tollenaar M, Breuer CM. 1977. Effects of photoperiod and temperature on vegetative and reproductive growth of a maize (*Zea mays*) hybrid. Canadian journal of plant science. **57**: 1127-1133.

Chloupek O. 2008. Genetická diverzita, šlechtění a semenářství. Academia, Praha.

Ivanov, A. P. 1959. Spravočník po semenovodstvu. Moskva, Leningrad. IN: Zimolka J, et al. 2008. Kukuřice – hlavní a alternativní užitkové směry. Profi Press, Praha.

Kocourek F, Stará J. 2012. Zavijec a ekonomika ochrany rostlin. Úroda, Praha. Available from <https://www.zemedelec.cz/zavijec-a-ekonomika-ochrany-rostlin/> (accessed March 2019).

Kostelanský F. 2004. Obecná produkce rostlinná. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Brno.

Kreysová J, Kubíková Z, Motl V. 2001. Ekonomika pěstování kukuřice. Úroda, Praha. Available from <https://www.uroda.cz/ekonomika-pestovani-kukurice/> (accessed March 2019).

Liang S, Wang X. 2012. Leaf Area index. Advanced Remote Sensing <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-385954-9.00011-3>

Malasli MZ, Khatami A, Celik A. 2017. The effects of different plant densities and silage corn varieties on silage yield and some yield parameters in no-till seeding. Turkish Journal of Agriculture and Forestry. **41**: 490-499.

Ma BL, Subedi KD, Stewart DW, Dwyer LM. 2006. Dry Matter Accumulation and Silage Moisture Changes after Silking in Leafy and Dual-Purpose Corn Hybrids. Agronomy Journal. **98**: 922-929.

Matouš M, Hulta P, Světlo a rostlina. Světlo, Praha. Available from <http://www.odbornecasopisy.cz/svetlo/casopis/tema/svetlo-a-rostlina--16917> (accessed February 2019).

Nguy-Robertson AL, et al. 2014. Estimating green LAI in four crops: Potential of determining optimal spectral bands for a universal algorithm. Agricultural and Forest Meteorology. **192**: 140-148.

Podolák M, Horzváth I, 1990 Technologie pěstování a výběru hybridů kukuřice na siláž. Úroda IN: Šuk J, et al. 1998. Kukuřice. VP AGRO spol. s. r. o, Kněžves.

Poláková L. 2007. Kukuřice pro bioplyn. Úroda, Praha. Available from <https://www.uroda.cz/kukurice-pro-bioplyn/>(accessed March 2019).

Prugar J, et al. 2008. Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí. Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, Praha.

Sangakkara UR, Bandaranayake PSRD, Gajanayake JN, Stamp P. 2004. Plant populations and yield of rainfed maize grown in wet and dry seasons of the tropics. Maydica. **49**: 83-88.

Sangoi L. 2001. Understanding plant density effects on maize growth and development: an important issue to maximize grain yield. Ciencia Rural. **31**: 159-168.

Schittenhelm S. 2008. Chemical composition and methane yield of maize hybrids with contrasting maturity. Journal of Agronomy. **29**: 72-79

Skládanka J, Doležal P, Vyskočil I. Kukuřičné siláže. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Brno. Available from https://web2.mendelu.cz/af_222_multitext/picvk/index.php?N=10&I=1 (accessed January 2019).

Smutný V, Šedek A. 2017. Úzkořádková technologie pěstování kukuřice na siláž. Agromanual.cz, České Budějovice. Available from <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/uzkoradkova-technologie-pestovani-kukurice-na-silaz> (accessed February 2019).

Škoda V. 1998. Obecná produkce rostlinná. Česká zemědělská univerzita, v Praze, Praha.

Šuk J, et al. 1998. Kukuřice. VP AGRO spol. s. r. o, Kněževés.

Vaněk V, Balík J, Pavlíková D, Pavlík M, Tlustoš P. 2016. Výživa a hnojení polních plodin. Profi Press, Praha.

Vaněk V, Balík J, Pavlíková D, Tlustoš P. 2007. Výživa polních a zahradních plodin. Profi Press, Praha.

Vidovič J. 2008. Effect of the change of leaf angle arrangement on productivity of maize stands. *Biologia Plantarum*. **16**: 174-183.

Vrzal J, Štrafelda J, Novák D, Kohout V. 1995. Základy pěstování kukuřice a jednoletých píceňin. Institut výchovy a vzdělání Mze ČR, Praha.

Wang LR, Stec A, Hey J, Lukens L. 1999. The limits of selection during maize domestication. *Nature*. **398**: 236-239.

Weiland P. 2006. Biomass digestion in agriculture: a successful pathway for the energy production and waste treatment in Germany. *Engineering in life science* **6**: 302–309

Widdicombe DW, Thelen DK. 2002. Row width and plant density effect on corn forage hybrids. *Agronomy Journal Abstract*. **94**: 326-330.

Zheng G, Moskal M. 2009. Retrieving Leaf Area Index (LAI) Using Remote Sensing: Theories, Methods and Sensors. *Sensors*. **9**: 2719-2745.

Zimolka J, et al. 2008. Kukuřice – hlavní a alternativní užitkové směry. Profi Press, Praha.