

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra pícninářství a trávnickářství



**Vliv organizace porostu na produkční charakteristiky
silážní kukuřice**

Diplomová práce

Autor práce: Bc. Martin Pilík

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

© 2015 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Vliv organizace porostu na produkční charakteristiky silážní kukuřice" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové 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 diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 9. 4. 2015

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu diplomové práce Ing. Pavlu Fuksovi, Ph.D. za trpělivost, odborné vedení a cenné připomínky při psaní diplomové práce. Dále bych chtěl poděkovat Ing. Janě Jirmanové a všem pracovníkům katedry pícninářství a trávnickářství za pomoc při získávání a zpracovávání dat potřebných k mé práci.

Vliv organizace porostu na produkční charakteristiky silážní kukuřice

Souhrn

V současnosti se v České republice rozšiřuje pěstování silážní kukuřice v užších řádcích (např. 35 cm, 50 cm, twin – row) oproti klasické rozteči 70 cm. Důvodem je předpoklad, že při lepším využití prostoru lze dosáhnout vyšších výnosů biomasy z jednotky plochy.

Cílem diplomové práce bylo proto vyhodnotit vliv rozdílné meziřádkové vzdálenosti v porostu na růstové charakteristiky a tvorbu výnosu silážní kukuřice. Testovány byly hypotézy, zda rozdílná meziřádková vzdálenost ovlivňuje výšku rostlin, velikost listové plochy (LAI), obsah sušiny, podíl rostlinných částí, výšku nasazení palice, hmotnost rostlin a výnos zelené a suché hmoty.

Polní maloparcelový pokus se silážní kukuřicí (hybrid Koblenz, FAO 280) byl založen na pokusném pozemku ČZU v Praze 24. 4. 2014. Porovnávány byly tři různé rozteče řádků: 70 cm, 35 cm a twin – row (50:20 cm) při výsevu 110 000 rostlin.ha⁻¹. V průběhu vegetace byly sledovány růstové a morfologické charakteristiky rostlin kukuřice. Sklizeň proběhla 4. 9. 2014 v období mléčně-voskové zralosti.

Průměrná konečná výška rostlin se v rámci variant pohybovala v rozmezí od 230 cm do 238 cm, přičemž nejvyšší rostliny byly na variantě twin – row a nejnižší na klasické rozteči řádků (70 cm). Největší hodnoty LAI při měření přímou metodou (ručně) byly dosaženy na variantě s roztečí 70 cm (4,42 m².m⁻²) a naopak nejmenší na variantě twin – row (3,86 m².m⁻²). Při měření nepřímou metodou (přístrojem SunScan) byla hodnota LAI největší u varianty s roztečí 35 cm (3,78 m².m⁻²) a nejmenší u varianty s roztečí 70 cm (3,52 m².m⁻²). Mezi přímou a nepřímou metodou měření LAI však nebyl statisticky průkazný rozdíl. Obsah sušiny při sklizni se pohyboval v rozmezí od 32,4 % do 33,2 %. Největšího podílu palic dosahovaly rostliny při rozteči 35 cm (63,1 %). Nejvyšší výnos suché hmoty byl stanoven na variantě s roztečí řádků 35 cm (22,1 t.ha⁻¹) a nejnižší na variantě twin – row (20,5 t.ha⁻¹).

V našem jednoletém maloparcelovém pokusu nebyl vliv různé rozteče řádků na morfologické charakteristiky a výnos silážní kukuřice statisticky průkazný. Žádná z hypotéz nebyla potvrzena.

Klíčová slova: kukuřice, biomasa, výnos, meziřádková vzdálenost, twin – row, výsevek

Influence of stand organization to production parameters of silage maize

Summary

In the Czech Republic currently, there is the extension of silage maize cultivation in narrow rows (35 cm, 50 cm, twin – row) compared with a conventional 70 cm row. The reason for this assumption is that higher yields can be achieved with better utilization of space.

The aim of this thesis was to evaluate the different row spacing effect on silage maize growth characteristics and yield. The testable hypotheses were that different row spacing affects plant height, leaf area index (LAI), dry matter content, the proportion of plant parts, ear insertion, weight of plants and yield of green and dry matter.

Silage maize (hybrid Koblens, FAO 280) small – plot field experiment was established on experimental plot ČZU in Prague on 24. 4. 2014. Three different row spacing were compared: 70 cm, 35 cm, twin – row with plant density 110 000 plants per hectare. Growth and morphological plants characteristics were monitored during vegetation. There was the harvest at milky-wax maturity on 4. 9. 2014.

There was the average final plant height from 230 cm to 238 cm in all three variants. There were the highest plants in the twin – row variant and the lowest plants in the 70 cm row spacing variant. Using direct LAI measurement method the highest LAI values were achieved in the 70 cm variant ($4,42 \text{ m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$). The lowest LAI values were achieved in the twin – row variant ($3,86 \text{ m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$). Using indirect LAI measurement method (SunScan) the highest LAI values were achieved in the 35 cm variant ($3,78 \text{ m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$). The lowest LAI values were achieved in the 70 cm variant. There was no statistically significant difference between direct and indirect LAI measurement methods. The content of dry matter at harvest ranged from 32,4 % to 33,2 %. Plants reached the greatest share of cob in the 35 cm row spacing (63,1 %). The highest yield of dry matter was determined in the 35 cm variant ($22,1 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$) and the lowest in the twin – row variant ($20,5 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$).

In our one year small – plot field experiment there was no statistically significant influence on silage maize morphological characteristics and yield. None of the hypotheses have been confirmed.

Key words: maize, biomass, yield, row spacing, twin – row, seed rate

Seznam zkratek

BPS	bioplynová stanice
CO ₂	oxid uhličitý
ČR	Česká republika
ČSÚ	Český statistický úřad
ČZU	Česká zemědělská univerzita
FAO	číslo ranosti (v souvislosti s kukuřicí)
ha	hektar
LAI	index listové plochy
PAR	fotosynteticky aktivní záření
PDA	malý osobní počítač
USA	Spojené státy americké
ZH	zelená hmota

1. Úvod	1
2. Cíl práce.....	2
3. Literární rešerše.....	3
3.1 Kukuřice.....	3
3.1.1 Biologický popis	3
3.1.2 Morfologické znaky a stavba rostliny.....	4
3.1.2.1 Kořenový systém	4
3.1.2.2 Stéblo	4
3.1.2.3 Listy	5
3.1.2.4 Palice.....	5
3.1.3 Historie pěstování kukuřice	6
3.1.4 Využití kukuřice	7
3.1.5 Vývoj a růst kukuřice.....	9
3.2 Agrotechnika kukuřice.....	10
3.2.1 Klasické rozteče řádků.....	12
3.2.2 Úzké řádky	13
3.2.3 Twin – row	14
3.3 LAI.....	17
3.3.1 Měření LAI	17
3.3.1.1 Přímé metody měření.....	18
3.3.1.2 Nepřímé metody měření	18
3.4 Sklizeň a výnos silážní kukuřice.....	20
3.4.1 Sklizeň	20
3.4.2 Výnos	22
4. Materiál a metody	23
4.1 Metodika	23
4.1.1 Lokalita	23
4.1.2 Meteorologické údaje lokality	23

4.1.3 Založení pokusu	24
4.1.4 Měření, odběry a zpracování vzorků	25
4.1.5 Statistické vyhodnocení dat	26
4.2 Materiál	26
4.2.1 Hybrid Koblens	26
5. Výsledky	27
5.1 Výška rostlin kukuřice	27
5.2 Měření LAI přímou metodou	28
5.3 Měření LAI nepřímou metodou	30
5.4 Porovnání přímé a nepřímé metody měření LAI v porostu kukuřice	31
5.5 Obsah sušiny	32
5.6 Podíly částí rostlin	33
5.7 Výška nasazení palic	33
5.8 Hmotnost rostlin	34
5.9 Výnos zelené hmoty	34
5.10 Výnos suché hmoty	35
5.11 Regresní a korelační analýza	36
5.11.1 Korelace mezi přímým a nepřímým stanovením LAI	36
5.11.2 Korelace mezi výškou rostlin a hmotností rostlin a mezi výškou rostlin a LAI	37
6. Diskuze	39
7. Závěr	43
8. Seznam literatury	45

1. Úvod

Při získávání potravin nebo krmiv hraje zemědělství hlavní roli. Proto je kladen důraz na intenzivnější a kvalitnější produkci zemědělských komodit s cílem zajistit jejich dostatečné množství. S ohledem na to se při pěstování zaměřujeme nejvíce na výnos a hledáme nové technologie, které nám to zaručí, případně hledáme tyto nové technologie u plodin, které už sami o sobě mají vysoký výnosový potenciál. Takovou plodinou je kukuřice.

Kukuřice setá je stále více pěstovanější plodinou se širokou škálou využití. Využívá se pro potravinářské či průmyslové zpracování, nebo jako krmivo pro hospodářská zvířata. Dalším využitím v posledních letech je také pěstování kukuřice pro bioplynové stanice. Podniky pěstující kukuřici k tomuto účelu se zabývají většinou i chovem skotu a tudíž zde nedochází k rozdílnému pěstování kukuřice určené pro výživu skotu nebo pro BPS. Siláž tedy bývá totožná pro oboje využití, a tak je nejdůležitější zajistit dostatečnou kvalitu a především vysoký výnos.

S ohledem na tyto požadavky je důležité zhodnotit výběr hybridu a stanoviště, kde se bude kukuřice pěstovat. Nelze samozřejmě opomíjet ani správnou agrotechniku, termín sklizně s ohledem na obsah sušiny v rostlině, kvalitu siláže, délku řezanky a následnou konzervaci a skladování.

Silážní kukuřice je běžně pěstována v klasických širokých řádcích, tj. 75 cm, přičemž vzdálenost jednotlivých rostlin v řádku je 13 – 18 cm. Toto uspořádání porostu vychází hlavně z běžně používané technologie a mechanizace na setí a sklizeň porostů. Jelikož se ale v současné době rozšiřuje nabídka strojů jak pro zakládání, tak i pro následnou sklizeň, přicházejí nové možnosti pěstování. Při zakládání porostů do užších řádků (např. 35 cm), nebo do dvouřádků (twin – row např. 50:20) se prodlužuje vzdálenost mezi rostlinami v řádku a je zde tudíž předpoklad lepšího využití prostoru rostlinami, případně z tohoto důvodu i možnost navýšit počet rostlin na jednotku plochy.

Za předpokladu, že hlavním výnosotvorným prvkem kukuřice je počet rostlin na jednotku plochy a hmotnost jedné rostliny, naskytá se otázka, zda může mít rozteč řádků pěstované kukuřice vliv na množství sklizené biomasy, a proto je cílem této diplomové práce zjistit, zda různá meziřádková vzdálenost může ovlivnit růstové charakteristiky kukuřice a následný výnos biomasy.

2. Cíl práce

Cílem diplomové práce je vyhodnotit vliv rozdílné meziřádkové vzdálenosti v porostu na růstové charakteristiky a tvorbu výnosu silážní kukuřice.

Hypotéza:

Meziřádková vzdálenost ovlivňuje růstové charakteristiky a výnos silážní kukuřice.

Dílčí hypotézy:

- Meziřádková vzdálenost ovlivňuje výšku rostlin.
- Meziřádková vzdálenost ovlivňuje velikost listové plochy (LAI).
- Meziřádková vzdálenost ovlivňuje obsah sušiny.
- Meziřádková vzdálenost ovlivňuje podíl rostlinných částí.
- Meziřádková vzdálenost ovlivňuje výšku nasazení palice.
- Meziřádková vzdálenost ovlivňuje hmotnost rostlin.
- Meziřádková vzdálenost ovlivňuje výnos zelené hmoty.
- Meziřádková vzdálenost ovlivňuje výnos suché hmoty.

3. Literární rešerše

3.1 Kukuřice

3.1.1 Biologický popis

Kukuřice setá (*Zea mays* L.) z čeledi lipnicovitých (*Poaceae*) je jednoděložná rostlina, která společně s pšenicí a rýží patří k nejvíce pěstovaným obilninám. Kukuřice je jednoletou rostlinou, která může vytvářet až pět metrů vysoké stéblo se širokými listy a terminální latou samčích květů a s úžlabní palicí samičích květů, která je obalena listeny, z nichž na vrcholu vyčnívají dlouhé blizny. Na dužnatém větenu jsou v palici uspořádány obilky (Novák *et* Skalický, 2008).

Zimolka *et al.* (2008) uvádějí, že kukuřice je jednodomá a cizosprašná rostlina, která patří do podtřídy jednoděložných, řádu lipnicokvětých a skupiny kukuřicovitých. Dále uvádějí, že podle tvaru nebo barvy zrna a podle barvy pluch a větven palice se většina skupin dělí na nižší botanické jednotky.

Nagy (2006) uvádí, že druh *Zea mays* L. se podle charakteru endospermu zrna dělí na osm poddruhů:

- **Kukuřice obecná** neboli **tvrdá** (*Zea mays* convar. *indurata* Sturt., syn. *Zea mays* convar. *vulgaris* Körn.),
- **Kukuřice koňský zub** (*Zea mays* convar. *identata* Sturt., syn. *Zea mays* convar. *dentiformis* Körn.),
- **Kukuřice polozubovitá** (*Zea mays* convar. *aorista* Grebencsc., syn. *Zea mays* convar. *semiindentata* Kulesch.),
- **Kukuřice pukancová** (*Zea mays* convar. *everta* Sturt., syn. *Zea mays* convar. *microsperma* Körn., Grebencsc.),
- **Kukuřice cukrová** (*Zea mays* convar. *saccharata* Sturt.),
- **Kukuřice škrobnatá** (*Zea mays* convar. *amylacea* (Sturt.) Mont., Grebencsc.),
- **Kukuřice vosková** (*Zea mays* convar. *ceratina* (Kulesh) Grebencsc.),
- **Kukuřice plevnatá** (*Zea mays* convar. *tunicata* Sturt., syn. *Zea cryptosperma* Bonaf.).

3.1.2 Morfologické znaky a stavba rostliny

3.1.2.1 Kořenový systém

Klíčení zrna kukuřice je podobně jako u ostatních rostlin komplexem složitých pochodů. Rychlost růstu při klíčení souvisí s příjmem vody. Při teplotě 30 °C a nejnižším obsahu vody v půdě 57 % začíná již kořínek růst. Při teplotě 12 °C to je již 75 %. V polních podmínkách je doba klíčení 7 – 10 dnů. Obvykle udávaná minimální teplota půdy pro klíčení je 6 °C (Šuk *et al.*, 1998).

Kořen kukuřice patří podle svého původu k primární nebo sekundární kořenové soustavě. Primární kořenovou soustavu tvoří kořeny, které se zakládají již v zárodku. Kořeny sekundární představují takové kořeny, které vznikají v přeslenech okolo bazálních uzlů (Šuk *et al.*, 1998).

Dále Nagy (2006) udává, že kořen je dlouhý 15 – 20 cm a i nadále roste již při velikosti rostliny 1 – 2 cm. V dobré půdě má mladá rostlina při velikosti 7 – 8 cm primární kořeny velké až 30 cm. Mladá kukuřice později rozšiřuje své kořeny do okruhu 90 cm ve vodorovném směru, aby nakonec její kořenový systém dosáhl do hloubky 200 cm a do šířky 70 až 100 cm.

3.1.2.2 Stéblo

Obdobně jako jiné obilniny má i kukuřice vzpřímené dužnaté stéblo (Zimolka *et al.*, 2008). Je složené z článků (internodií) a z plných kolének (nody). Počet nadzemních článků a kolének je závislý na stanovištních podmínkách a délce vegetační doby (Vaněk *et al.*, 2007). U jednotlivých hybridů se počet nadzemních článků liší a je založen geneticky (Šuk *et al.*, 1998).

V našich podmínkách je stéblo vysoké nejčastěji 1,10 – 2,50 m a 20 – 70 mm silné. Na růstových podmínkách závisí výška stébla rostliny kukuřice a těmito podmínkami jsou například teplota a množství srážek před metáním, zaplevelenost, hustota porostu, délka dne a mnoho dalších činitelů. Na celkovém výnosu sušiny bývá podíl stébel 30 – 50 % (Šuk *et al.*, 1998).

3.1.2.3 Listy

List slouží k výparu a asimilaci vody. Počet listů je dán geneticky, přičemž větší počet listů mají zpravidla pozdní hybridy, a naopak menší počet listů mají hybridy rané. Tvorba listových základů končí vznikem samčího květenství. Během vegetace začíná od spodní části rostliny odumírání listů (Šuk *et al.*, 1998).

Zimolka *et al.* (2008) uvádí, že listy jsou dlouze kopinaté a pásovité. Na každém kolénku vyrůstá jeden list a to střídavě ve dvou protilehlých řadách.

Podle postavení listové čepele k povrchu půdy rozeznáváme dva základní typy a to typ planofilní, kde jsou listy horizontálně postavené a typ erektofilní s vertikálně postavenými listy. To je důležité a má to velký význam především při využití dopadajícího slunečního záření do porostu kukuřice. Na celkovém výnosu sušiny je podíl listů v rozmezí 10 – 20 % (Šuk *et al.*, 1998).

Listy mají mnoho průduchů se dvěma svěracími buňkami. Tyto průduchy umožňují styk s okolím, jsou důležité pro fotosyntézu a mimo jiné zde probíhá výměna plynů (Vrzal *et al.*, 1995). Mají rovněž za úkol regulaci výparu a celkovou vodní bilanci. Při tvorbě sušiny kukuřice dosahuje efektivnějšího využití vody a živin díky specifické stavbě listů (Zimolka *et al.*, 2008).

Kukuřice je výrazně světlomilný druh. Ozáření kukuřičného pole probíhá v následujícím rozdělení. Z dopadajícího fotosyntetického účinného záření se 7 % odráží od povrchu porostu, horními listy je zachyceno 31 %, spodní listy zachycují 10 % a zbytek dopadne na listy ve středu stébla rostliny. Pro tvorbu sušiny je nejpříznivější délka fotoperiody 17 – 18 hodin (Havlíčková, 2008).

3.1.2.4 Palice

Kukuřice je jednodomá rostlina s různopohlavními květy. Lata je samčím květenstvím a palice květenstvím samičím (Šuk *et al.*, 1998). Z postranních pupenů na kolénkách, která jsou ukrytá v paždí listů, se vyvíjí právě palice, která je nesena různě dlouhou stopkou. Na jedné rostlině kukuřice kolísá počet palic podle odrůdy od 1 do 12, avšak nejčastěji bývají na jedné rostlině vytvořeny 1 až 3 palice (Dostál, 1989).

Celá palice je uzavřena do obalových listenů, což jsou pochvy listů, vyrůstající z kolének postranní větve, která nese palici. Počet zrn v řadě (4 – 30) je vždy sudý. Celá

palice může mít 300 – 1200 zrn (Stehlík *et* Trantírek, 1971). Obilka má různý tvar, velikost, barvu a má poměrně velké embryo. V průměru obsahuje 67 až 75 % sacharidů, 3,5 až 5,5 % tuku, 8 až 10 % bílkovin, 2 až 2,5 % vlákniny a 1,5 % minerálních látek (Holubová, 2002).

3.1.3 Historie pěstování kukuřice

Původní domovinou kukuřice, na rozdíl od ostatních známých obilnin, jsou tropické a subtropické oblasti Jižní a Střední Ameriky. Tato prastará kulturní plodina byla známa dávným americkým indiánským kmenům, jako byli Aztékové, Mayové, Inkové a další, již více než 4 tis. let před našim letopočtem (Šuk *et al.*, 1998).

Mexiko a Peru se považuje za nejpravděpodobnější centrum domestikace kukuřice. Do Evropy se dostala koncem 15. století z původních oblastí výskytu Jižní Ameriky a následně do střední Evropy se rozšířila z Balkánu (Rebourg *et al.*, 2003).

Kukuřice se velmi snadno a rychle rozšířila do celého světa. Od roku 1492, respektive od roku 1494, kdy jsou první informace o dovozu kukuřice do Evropy, zaujala během 500 let třetí místo na světě mezi všemi pěstovanými plodinami velikostí své osevní plochy. Velká variabilita a výnosnost umožnila její rozšíření. Kukuřici je možné nalézt po celém světě. Na severní polokouli například ve Švédsku a na jižní polokouli v Argentině a na Novém Zélandu (Šuk *et al.*, 1998).

Vzhledem ke stavbě klasu, obalovým listenům a pevnému uložení zrna se nemůže kukuřice sama rozmnožovat. Z toho vyplývá, že dříve nemohla ve volné přírodě existovat kukuřice taková, jakou ji známe dnes (Špaldon, 1982).

Jak tvrdí Šuk *et al.* (1998), původní podoba kukuřice není dosud objasněna. Ani v době objevení Ameriky nebyly známy její původní plané formy. Pravděpodobně až křížením dávno vyhynulých, planých kukuřic s příbuznými rostlinami, následnými mutacemi, vlivem prostředí a přírodním výběrem vznikla kukuřice v dnešní podobě.

Jak uvádí Strnadová (2012), poměrně krátkou historii má kukuřice v Čechách. Již kolem roku 1830 se u nás sice pěstovala jako zvláštnost, ale k jejímu většímu rozšíření nedošlo. Až počátkem 20. století se její pěstování rozšířilo ve větší míře a jak dodává Holubová (2002), je to zapříčiněno zaváděním hybridního osiva.

Kukuřice je pěstována jak na zrno, tak i na siláž. Právě obliba silážní kukuřice stále roste, což je zapříčiněno sklizní velkého množství biomasy z hektaru, následného zajištění celoroční krmné dávky pro skot a snadné a již zavedené agrotechnice (Šuk *et al.*, 1998).

3.1.4 Využití kukuřice

V rozvinutých zemích se kukuřice pěstuje jako krmivo pro skot (ať už ve formě zrna či siláže) nebo jako surovina zpracovatelského průmyslu. Její přímá spotřeba jako potraviny je menší. Kukuřice je plodina, která umožňuje celou řadu technologických postupů při sklizni a zpracování, a tím poskytuje možnost volby typu výsledného krmiva přesně podle požadavků živočišné výroby. Prvním způsobem je sklizeň na zelené krmení, který se ale v posledních letech používá minimálně. Dominantní formou zpracování je výroba kukuřičné siláže (Prugar, 2008).

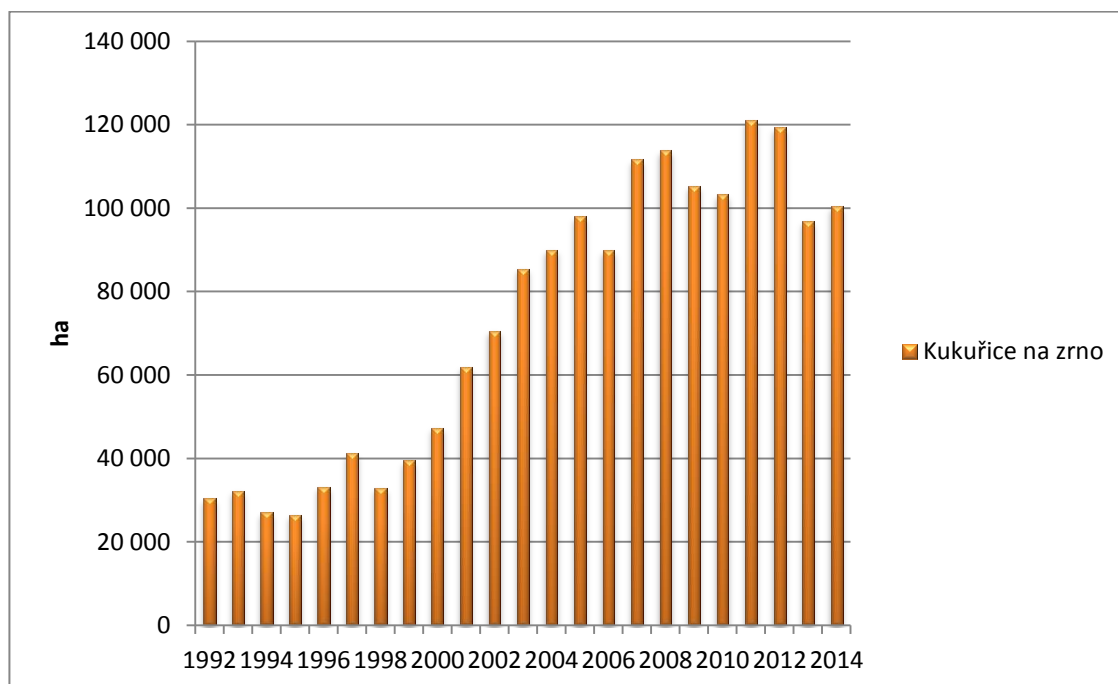
Zrno kukuřice má největší využití na výrobu mouky, škrobu, krupice, glukózy, lihu a dalších. Kukuřice je ale ovšem i významné krmivo na zrno, na siláž, nebo i na zeleno (Novák *et al.*, 2008).

Pěstování kukuřice na zrno a na siláž jsou u nás dosud převažující dva užitkové směry pěstování kukuřice. Kromě těchto dvou hlavních směrů užití kukuřice se v ČR rozvíjí další nové formy využití. Jde o výrobu obnovitelných zdrojů energie, jako je bioplyn a bioetanol a dále možnost průmyslového zpracování na suroviny pro výrobu papíru, stavebních hmot, lepidel a dalších (Hůla *et al.*, 2008).

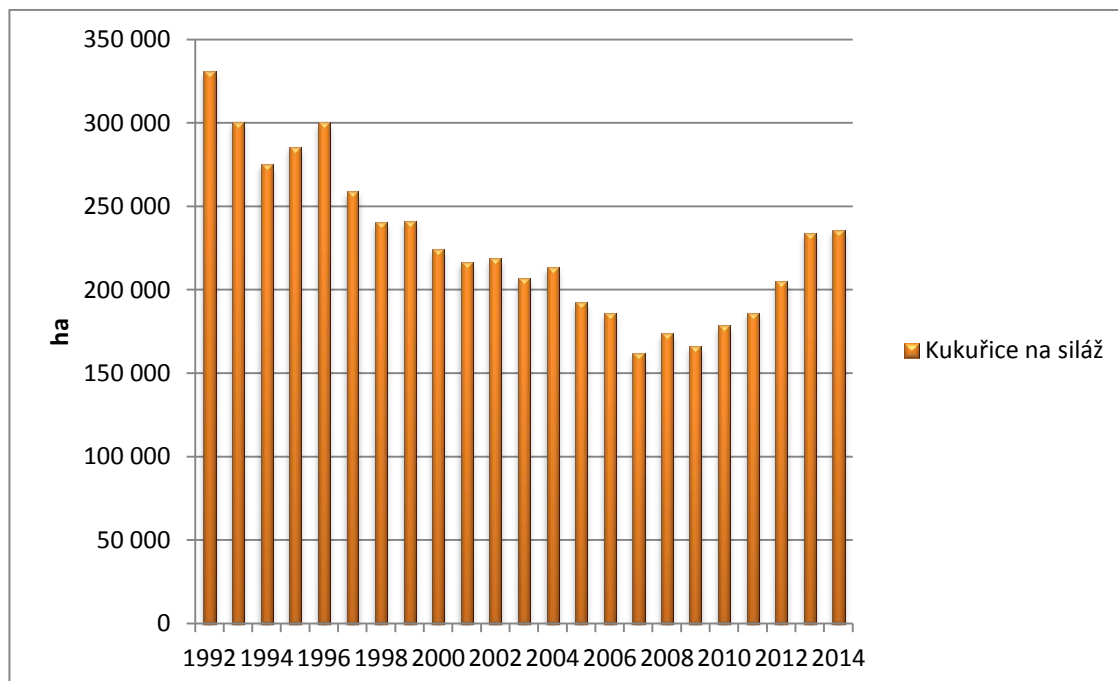
Plochy kukuřice na zrno u nás postupně narůstají (Hůla *et al.*, 2008), ale kukuřice na siláž je samozřejmě jedna z nejvýznamnějších jednoletých krmných plodin pěstovaných na orné půdě (Fuksa *et al.*, 2004).

Vývoj osevních ploch kukuřice na zrno je znázorněn v grafu 1 a kukuřici na siláž znázorňuje graf 2.

Graf 1 Vývoj osevních ploch kukuřice na zrno v České republice v letech 1992 - 2014 (ČSÚ, 2014a)



Graf 2 Vývoj osevních ploch kukuřice na siláž v České republice v letech 1992 - 2014 (ČSÚ, 2014a)



3.1.5 Vývoj a růst kukuřice

Jak uvádí Zimolka *et al.* (2008), rozlišují se dvě základní období pro sledování růstových a vývojových změn během ontogeneze kukuřice:

- vegetativní (klíčení, vzcházení, případně odnožování),
- generativní (sloupkování, metání, kvetení, tvorba zrna a zrání).

V rámci těchto základních období je možné pomocí stupnic zaznamenávajících momentální stav rostlin v porostu přesněji definovat růstové fáze, díky nimž můžeme určit optimální termíny vhodné k agrotechnickým zásahům.

Podle způsobu fixace CO₂ řadíme kukuřici k typu C4 rostlin, což znamená, že první stabilní meziprodukt v Hatch – Slackově cyklu je čtyřuhlíkatý oxalacetát. Pro tento typ rostlin je typická vyšší rychlost fotosyntézy a také její vysoká účinnost. Dále kukuřice efektivněji využívá vodu při tvorbě sušiny díky specifické stavbě listů. Toto využití vody je 2 – 3 x vyšší než u C3 rostlin. Jelikož je kukuřice krátkodenní rostlina, reaguje na prodlužující se délku dne intenzitou růstu a urychlením vývoje (Zimolka *et al.*, 2008).

Dle Fuksy *et Kalisty* (2006) 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 zrna se zpočátku navyšuje velmi rychle, později dochází ke zpomalení nárůstu. Tyto hybridy jsou méně odolné vůči houbovým chorobám. Vhodné jsou pro pěstování v chladnějším 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 hrozí nebezpečí, že nebude dosaženo potřebné sklizňové sušiny.

Z výzkumu Antonietta *et al.* (2014) vyplývá, že díky šlechtění kukuřice k toleranci na vyšší hustotu porostu se v posledních několika desetiletích zvýšil výnos. Při zvýšené hustotě rostlin se v porostech zvyšuje konkurence o živiny, vodu a světlo. Pomaleji dozrávající a lépe

využívající dostupné zdroje stay green hybridy, jsou do takovýchto porostů vhodné. Z pokusů Antonietta *et al.* (2014), kteří zkoumali různé hustoty výsevu dále vyplývá, že zelené listy i ve spodních vrstvách porostu, které byly jinak vystaveny omezenému světelnému ozáření, si udržely stay green hybridy.

Na rozšiřující nabídce odrůd kukuřice je velmi dobře vidět její pokrok a progres ve šlechtění. Prvotní pokrok nastal při zavedení heterozního šlechtění. Objev pylové sterility znamenal další vývoj a dále se vyvinuly metody šlechtění linií a posouzení jejich obecné a speciální kombinační schopnosti. Dominantní se dnes stává tvorba víceliniových hybridů a geneticky modifikovaných materiálů (Nedělník *et al.*, 2011).

U kukuřice je používáno hybridní osivo. Právě správný výběr hybridu patří mezi nejdůležitější kritéria pěstování. Ovlivňujeme tím nejenom termín sklizně, ale i způsob využití kukuřice (siláž, zrno), jakožto i kvalitu (vyšší obsah lyzinu). Pokud pěstujeme kukuřici na větších plochách, je vhodné využívat dvou až tří hybridů s různou raností. To nám umožňuje lepší a pohodlnější rozložení sklizňové špičky (Pulkrábek *et al.*, 1995). 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 Kalista*, 2006).

Fuksa *et Kalista* (2006) uvádějí, že každý hybrid je charakterizován číslem FAO - číslem ranosti. FAO je orientační ukazatel, který charakterizuje hybrid a délku jeho vegetace s tím, že 10 čísel FAO činí rozdíl v délce vegetační doby 1 – 2 dny, nebo 1,0 – 1,5 % obsahu sušiny zrna. Ranější hybridy nebývají tolik postihovány letními přísuškami a snáze dosahují požadovaného stupně zralosti. Jsou však méně výnosné než pozdnější.

Nedělník *et al.* (2011) doporučují dle ranosti pro bramborářskou oblast nejranější hybridy FAO 160 – 240, hybridy skupiny FAO 250 – 300 pro řepářskou oblast a hybridy pozdější s číslem FAO nad 300 pro teplejší řepářské oblasti. Hybridy skupiny FAO 300 – 400 lze pěstovat v kukuřičné oblasti.

3.2 Agrotechnika kukuřice

Důležitou složkou pěstebních technologií je zakládání porostů a způsob zpracování půdy. V současné době je pro kukuřici k dispozici na výběr široká škála technologických postupů pro zakládání porostů a zpracování půdy (Hůla *et al.*, 2008).

Šuk *et al.* (1998) konstatují, že kukuřice je z hlediska požadavků na přípravu půdy velmi náročnou plodinou.

Kromě konvenčních způsobů zpracování půdy a setí lze v současné době uplatnit možnosti zakládání porostů s využitím minimalizačních technologií a ochranného zpracování půd (Vach *et Javůrek*, 2011). Rozdíly v těchto dvou způsobech uvádí Krauss *et al.* (2010) a Karlen *et al.* (2013). Dle nich má konvenční způsob zpracování půdy tyto výhody:

- Rostlinné zbytky jsou rovnoměrně zapravené.
- Půda se rychleji prohřívá.
- Náklady na chemickou ochranu jsou nižší.

Avšak je zde samozřejmě i nevýhoda a tou je:

- Vysoká energetická a pracovní náročnost.

A dále tito autoři uvádějí výhody i nevýhody minimalizačního zpracování půdy. U výhod uvádějí:

- Sníží se zde energetická náročnost a urychlí se pracovní postupy.
- Půda lépe hospodaří s vodou.
- Omezí se eroze půdy.

A u nevýhod:

- Vyšší výskyt chorob a škůdců.
- Vyšší náklady na chemickou ochranu.
- Půda se pomaleji prohřívá, a tudíž rostlina později vzchází.

Jak udává Havlíčková (2008), pokud není správně založen porost, je negativně ovlivněn výnos biomasy. A ten je přitom nejvíce závislý na vláze, rozteči řádků a s tím související hustotě porostu (Farnham, 2001). Jak dále uvádí Havlíčková (2008), pokud je příliš vysoký počet rostlin, sníží se tím kvalita. A naopak příliš nízký počet rostlin výnos sníží.

Další významný vliv uspořádání porostu uvádí Simić *et al.* (2012), kdy jejich studie prokázaly vliv na konkurenci mezi plevely a plodinou. Iptas *et Acar* (2006) uvádějí, že výnos kukuřice a její nutriční hodnoty jsou ovlivněny četnými interakcemi, jako jsou prostředí (teplota, fotoperioda a intenzita světla), agronomické faktory (rozteče řádků a hustota rostlin, datum setí, hnojení a sklizňová zralost), a genetické faktory (Graybill *et al.*, 1991).

3.2.1 Klasické rozteče řádků

Kukuřici jakožto širokořádkovou plodinu, je doporučováno pěstovat v meziřádkové vzdálenosti 70 nebo 75 cm (Farnham, 2001), jak můžeme vidět na obrázku 1. Při zvolené šířce řádků 70 cm je vzdálenost jednotlivých rostlin v řádku 15 cm, což odpovídá 96 tisíc rostlinám na hektar (Škoda *et Cholenský*, 2002). Murphy *et al.* (1996) udává jako nejpoužívanější rozteč řádků 75 cm, přičemž se výsevek klíčivých semen pohybuje od 70 do 100 tisíc jedinců na hektar. Dle Duvicka *et al.* (2004) tato organizace porostu vychází především z tradičně používané techniky pro setí a sklizeň porostů. V dnešní době se především k výsevu kukuřice používají přesné secí stroje, jejichž hlavním úkolem je zajištění stejné a rovnoměrné hloubky setí, daný přesný počet vysévaných semen a jejich přesné rozmístění na pozemku (Cox *et Cherney*, 2001).

Tato doporučená meziřádková vzdálenost 70 nebo 75 cm zajistí dobré prohřívání půdy a zajistí dostatek světla pro asimilaci (Šuk *et al.*, 1998). Jak tvrdí Cox *et al.* (2006), kukuřice pěstovaná v těchto širších řádcích lépe využívá sluneční záření celým porostem, jelikož má větší propustnost až do spodních pater.

Jak tvrdí Balcom *et al.* (2011), širší rozteče řádků umožňují mechanizované obdělávání půdy během vegetace a v kombinaci s krycí plodinou, která se právě do širších řádků lépe hodí, pomáhají zachovat vlhkost půdy při příchodu přísušku a zároveň tato varianta pěstování kukuřice umožňuje snadnější regulaci plevelů.

Dle Murphyho *et al.* (1996) a Balcoma *et al.* (2011) můžeme udělat shrnutí výhod a nevýhod klasických roztečí řádků. Mezi výhody patří:

- dobré prohřívání půdy,
- dobrá propustnost světla,
- lepší využití sluneční energie,
- využití stávající mechanizace.

A nevýhody širokých řádků jsou:

- nižší počet rostlin na jednotku plochy,
- zvýšené nebezpečí eroze,
- zvýšený celkový výpar (evapotranspirace).

3.2.2 Úzké řádky

Jelikož se v současnosti rozšiřuje nabídka strojů a vybavení, je možné pěstovat kukuřici s různými roztečemi řádků. Porosty zakládané do úzkých řádků umožňují navýšit počet rostlin na jednotku plochy, lépe využít prostor zvýšením vzdáleností mezi rostlinami v řádku, a tím získat vyšší výnos biomasy, za předpokladu, že základním výnosotvorným prvkem kukuřice je počet rostlin na jednotku plochy a hmotnost jedné rostliny (Duvick *et al.*, 2004).

Přidáním jednoho řádku, mezi klasicky používané rozteče řádků 75 cm, nám vznikají právě tyto úzké řádky. Konečné meziřádkové vzdálenosti pak nakonec činí přibližně 37 cm (Robles *et al.*, 2012).

Porosty kukuřice zaseté do užších řádků mají oproti klasickým řádkům několik výhod. Konkurence pro světlo, vodu a živiny se v úzkých řádcích snižuje (Porter *et al.*, 1997). Jak udává Westgate *et al.* (1997) rostlinám je v počátku vegetace, díky užším řádkům, umožněn rychlejší růst. Díky tomu rostliny lépe zachycují sluneční světlo a lépe využívají účinnost záření. S tím souhlasí i McLachlan *et al.* (1993) a Johnson *et al.* (1998), kteří udávají, že právě díky rychlejšímu zapojení porostu se snižuje propustnost světla do spodních vrstev porostu. Tím je porost kukuřice konkurenceschopnější při regulaci zaplevelení. To vše je důležité především u plevelů citlivých na zastínění.

Další výhodu užších řádků uvádějí Maddonni *et al.* (2006), kteří tvrdí, že porosty pěstované v užších řádcích lépe odolávají nepříznivým přírodním vlivům, jako je například zaplevelení nebo eroze.

Jak ukazují pokusy z několika posledních let, pěstování kukuřice v úzkých řádcích se setkává s různou mírou úspěšnosti (Farnham, 2001). Cox *et al.* (2006) uvádějí, že různé rozteče řádků mají vliv na výnos suché hmoty. Ve svých pokusech zjistili, že při pěstování kukuřice v užších řádcích (38 cm) byl výnos sušiny vyšší, než při pěstování v klasických řádcích (76 cm). S tím se ztotožňují i Sharratt *et McWilliams* (2005), kteří ve své práci uvádějí výnos z úzkých řádků (38 a 57 cm) stejný, nebo dokonce i vyšší než z řádků klasických (76 cm).

Naopak Westgate *et al.* (1997) uvádějí, že uspořádání porostu nemá žádný vliv na výnos. Z jejich výsledků vyplývá, že nenašli žádnou výhodu v pěstování kukuřice v úzkých řádcích (38 cm) oproti konvenční šířce řádků (76 cm). S tím se shodují Ramezani *et al.* (2011), kteří tvrdí, že vliv roztečí na výnos sušiny je zanedbatelný.

3.2.3 Twin – row

Twin – row je varianta setí kukuřice do tzv. dvouřádků. Při tomto uspořádání porostu je kukuřice seta do spárovaných řádků a stejně jako u kukuřice, která je vyseta do úzkých řádků, a tato varianta má zajišťovat lepší odolnost porostu proti nepříznivým vlivům (Turgut *et al.*, 2005).

Tento způsob pěstování je vcelku nedávnou obměnou úzkých řádků. V konfiguraci twin – row je kukuřice setá do spárovaných řádků, většinou 18 cm nebo 20 cm od sebe, přičemž jejich středy jsou vzdáleny 75 cm, jak je možné vidět na obrázku 1. Díky tomu lze navýšit počet jedinců na hektar, aniž by byl porost přehuštěný, o 10 až 15 %. Systém zabezpečuje rovnoměrnější rozestup rostlin podobný úzkým řádkům kukuřice, ale umožňuje pěstíteli používat to samé žací ústrojí při sklizni a i jiné zařízení nastavené jako pro 75 cm řádky (Jakubec, 2013).

Na Duvicka *et al.* (2004), kteří říkají, že základním výnosotvorným prvkem kukuřice je počet rostlin na jednotku plochy a hmotnost jedné rostliny, navazují Gözübenli (2010) a Balcom *et al.* (2011), kteří tvrdí, že větším počtem rostlin na jednotce plochy, je možné dosáhnout vyššího výnosu. Takto založený porost lépe odolává přírodním vlivům, jako například vodní a větrné erozi a také zaplevelení a suchu.

Jak uvádějí Martins *et al.* (2013), žádné výzkumy se setím do dvouřádků nebo užších řádků, které byly prováděny v USA, zatím neprokázaly jednoznačný nárůst výnosu. Avšak Cox *et al.* (2006), ve svých pokusech při pěstování kukuřice na siláž zjistili, že v řádcích typu twin – row (57:19 cm) bylo dosaženo vyššího výnosu suché hmoty než při pěstování v klasických řádcích (76 cm) o 3,6 %. To potvrzují i Turgut *et al.* (2005), kteří zjistili, že u dvouřádků (40:25 cm) byl výnos vyšší než u řádků s roztečí 65 cm. Zároveň s tím Cox *et al.* (2006) a Nelson *et al.* (2009) tvrdí, že rozdíly ve výnosu sušiny mezi twin – row a úzkými řádky nebyly tak významné, jako rozdíly ve výnosech sušiny mezi klasickými konvenčními a úzkými typy řádků.

Dle Cox *et al.* (2001) a Turgut *et al.* (2005) můžeme i zde udělat shrnutí výhod a nevýhod úzkých roztečí řádků a uspořádání twin – row. Mezi výhody patří:

- menší nebezpečí eroze,
- rychlejší uzavření porostu,
- snížený celkový výpar (evapotranspirace),
- nižší intenzita zaplevelení,

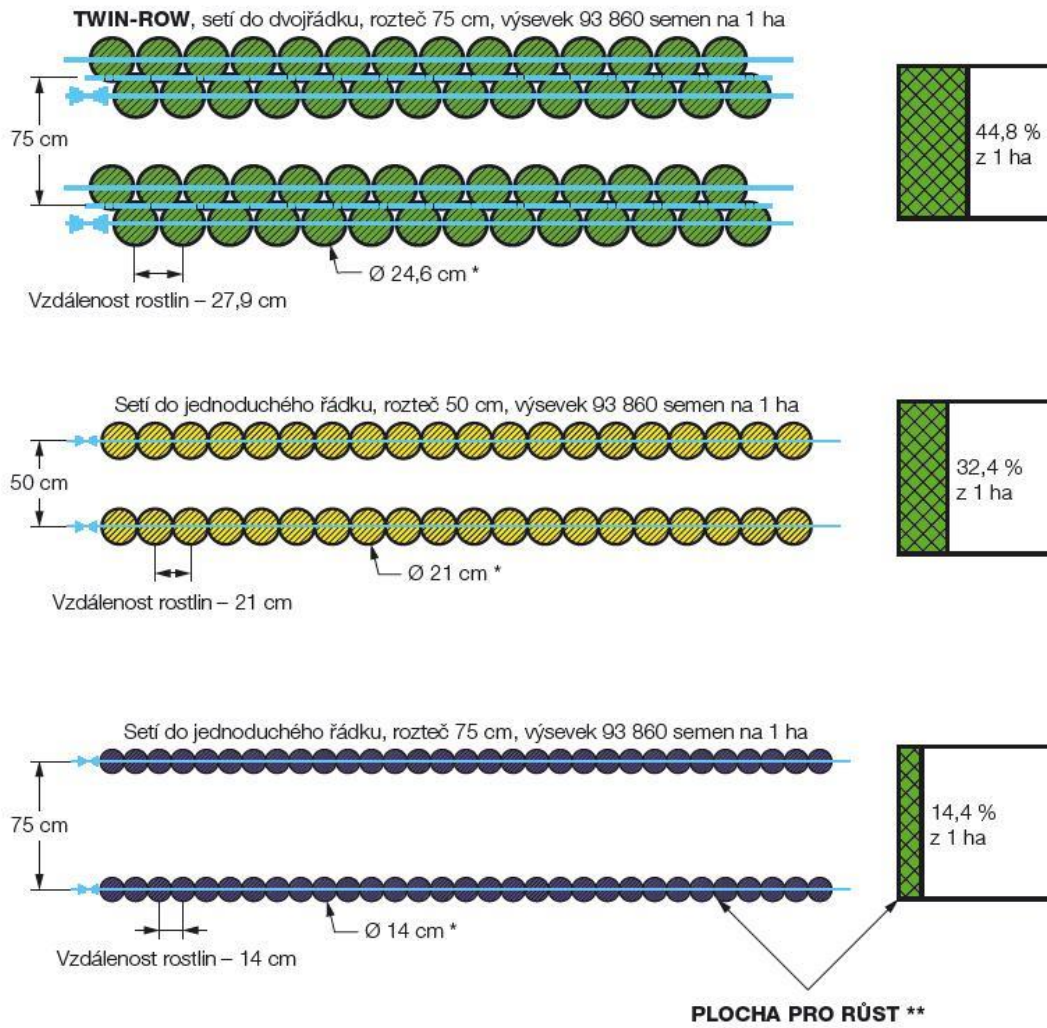
- rovnoměrnější příjem živin.

A nevýhody úzkých a twin – row řádků jsou:

- horší osvětlení a prostupnost světla,
- vyšší investiční náklady,
- větší opotřebení používané mechanizace.

Při konečném rozhodování, nelze jasně říci, který systém pěstování je lepší, avšak jsou zde názory jako například autorů Cox *et* Cherney (2002) a Turgut *et al.* (2005), kteří ve svých pokusech získávají lepší výsledky z pěstování v alternativních řádcích, a to ať už z uspořádání twin – row nebo z úzkých řádků. Za největší výhody pěstování v těchto řádcích považují větší využití plochy, kde se kukuřice pěstuje a také snížení nebezpečí eroze.

A naopak jsou zde názory Murphy *et al.* (1996) a Balcom *et al.* (2011), kteří se z výsledků svých pokusů přiklánějí spíše k setí kukuřice do klasické rozteče řádků, která činí 70 až 75 cm. Za největší výhodu klasické meziřádkové vzdálenosti považují lepší propustnost světla v porostu a samozřejmě nižší nebo žádné investiční náklady.



* Průměrný prostor, který mají rostliny k dispozici pro svůj růst, aniž by si mezi sebou konkurovaly.

** Vyjádření v % jak velkou plochu využívají rostliny z 1 ha půdy.

Obr. 1 Schéma rozdílných roztečí řádků u kukuřice

(http://www.agrics.cz/obrazky-soubory/obrazek_twinrow-24318.jpg)

3.3 LAI

Index listové plochy (LAI), jak uvádí Mikita *et al.* (2014), je nejběžněji používaný ekologický indikátor charakterizující strukturu porostu. LAI je také užitečný pro pochopení funkce porostu, neboť mnoho z výměn mezi rostlinami a okolím se děje právě povrchem listů. LAI se také běžně používá jako měřítko růstu a produktivity plodin kdekoliv na světě (Decagon devices, 2014).

V minulosti bylo měření LAI obtížné a časově náročné. Nicméně, nové teorie a technologie vyvinuté v posledních letech učinily z měření LAI mnohem snadnější a jednodušší záležitost pro různé typy porostu (Decagon devices, 2014).

Index listové plochy je bezrozměrná proměnná, jež je charakterizována jako ucelená jednostranná plocha fotosyntetizující tkáň na jednotku půdorysné plochy (Watson, 1947). Tato definice je platná pouze pro listnaté porosty, a proto Myneni *et al.* (1997) definoval LAI jako maximální plochu fotosyntetizující pletiva na jednotku půdorysné plochy. Decagon devices (2014) například uvádějí, že porost s číslem LAI 1, je poměr 1:1 listové plochy k ploše povrchu a porost s číslem LAI 3 je pak poměr listové plochy ku poměru plochy povrchu 3:1.

Globálně je tedy LAI vysoce variabilní. Během vegetace mohou rostliny vykazovat různě vysoké LAI a každá plodina bude mít svoje vlastní hodnoty (Decagon devices, 2014). Jak uvádí Jonckheere *et al.* (2004), LAI závisí na druhovém složení porostu, jeho vývojové etapě, převažujících stanovištních faktorech, sezónnosti a způsobu hospodaření. Jedná se o dynamický parametr, který se mění ze dne na den. Například u kukuřice se od zasetí po zralost může index listové plochy pohybovat v rozmezí od 0 do 6. Je tedy zřejmé, že LAI je užitečná růstová charakteristika pro popis jak prostorové, tak i časové závislosti růstu porostu a jeho produktivity (Decagon devices, 2014).

3.3.1 Měření LAI

Neexistuje žádný „nejlepší“ způsob, jak měřit LAI. Každá metoda má své výhody i nevýhody. Zvolený způsob bude do značné míry záviset na konkrétních výzkumných záměrech. Výzkumník, který potřebuje jen jeden odhad hodnoty LAI, použije jinou metodu, než výzkumník, který bude sledovat hodnoty LAI v průběhu celé vegetace (Decagon devices,

2014). Jak uvádí Jonckheere *et al.* (2004), metody pro zjišťování LAI mohou být rozděleny do dvou kategorií – přímé a nepřímé.

3.3.1.1 Přímé metody měření

Tradičně vědci měří hodnoty LAI pomocí odběru všech listů z rostliny a jejich následným změřením plochy. Moderní zařízení, jako jsou třeba skenery určené pro skenování plochy, učinily tento proces měření účinnější, ale přesto zůstává tato metoda velice náročná na pracovní sílu, čas a je také samozřejmě destruktivní. Avšak přesto stále zůstává tato metoda nejpřesnější metodou měření hodnot LAI, jelikož je každý list fyzicky měřen (Decagon devices, 2014).

3.3.1.2 Nepřímé metody měření

Jak udává Decagon devices (2014), před několika desítkami let začali vědci zkoumající porosty hledat nové způsoby měření LAI. Jejich cílem bylo především úspora času a ochrana ekosystému, především pokud se jedná o měření LAI u velkých rostlin a třeba lesů a ne polních plodin. Tyto nepřímé metody měření LAI vycházejí z měření souvisejících veličin jako je množství světla, které prochází porostem nebo světla, které je porostem odražené. Podobně nepřímé metody definují Jonckheere *et al.* (2004), kteří uvádějí, že nepřímé metody využívají některý z aspektů radiačního režimu uvnitř porostu a odvozují LAI z distribuce světla pod zápojem.

Jednou z těchto metod je právě metoda měření propustnosti záření porostem. K tomu slouží přístroje zvané SunScan. Myšlenka těchto přístrojů je velmi jednoduchá: hustý porost bude absorbovat více světla než řídký porost. To znamená, že musí existovat vztah mezi LAI a zachyceným světlem. Lambert-Beerův zákon poskytuje teoretický základ pro tento vztah. Pro výpočet LAI je tento zákon formulován jako:

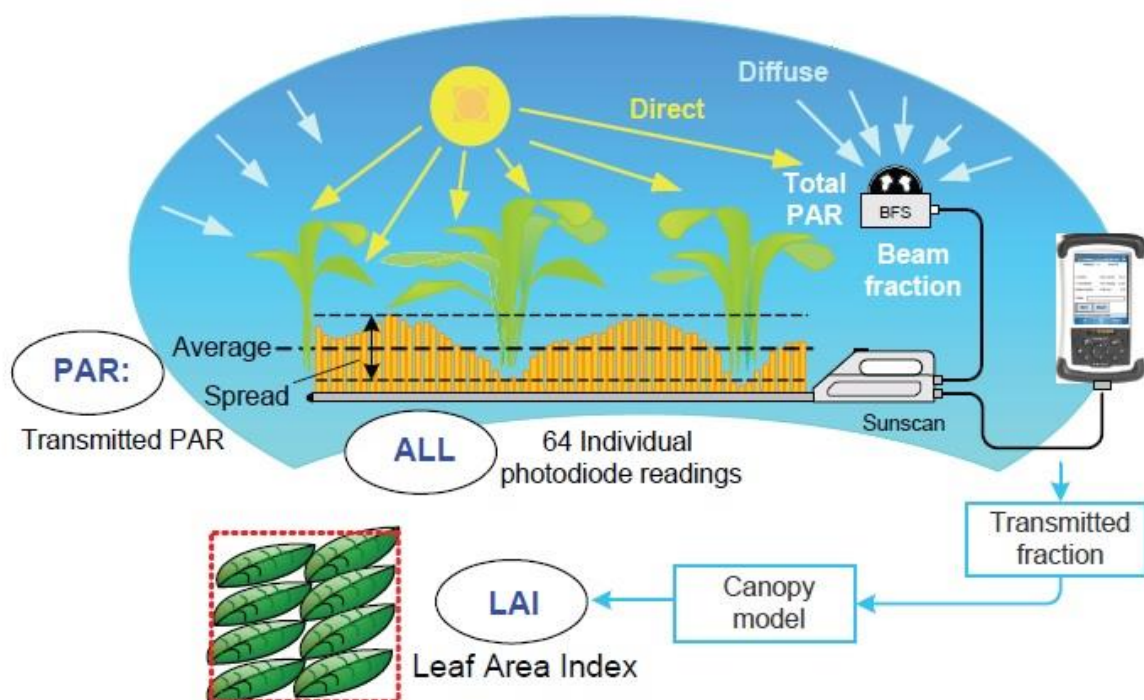
$$PAR_t = PAR_i \exp(-kz)$$

kde PAR_t je přenášené fotosynteticky aktivní záření (PAR) měřené v blízkosti povrchu země, PAR_i je PAR, které dopadá na vrchní část porostu, z je délka dráhy fotonů přes určité tlumící medium, a k je koeficient, který, jak uvádí Delta-T devices (2008), popisuje kolik záření je absorbováno porostem při daném úhlu slunečního záření v poměru k úhlu listů, které toto

záření přijímají. Jak dále uvádí Decagon devices (2014), v případě rostlinných porostů je z považováno za LAI, jelikož listy jsou právě to medium, přes které musí fotony procházet. Můžeme tedy vidět, že pokud známe k a změříme hodnoty PAR_t a PAR_i , tak je možné z rovnice vypočítat k jako odhad pro hodnotu LAI. V tomto případě je Lambert-Beerův zákon základem pro výpočet LAI pomocí změřeného dopadajícího a pohlcovaného PAR. Důležité je vědět, že k se pokaždé mění s pohybem slunce po obloze. Avšak SunScany tuto hodnotu automaticky vypočítávají při každém měření LAI, a tím nám odpadají složité výpočty (Delta-T devices, 2008).

Výhodou této metody je, jak uvádí Decagon devices (2014), že je nedestruktivní a dále nesporně velkou výhodou je možnost měření rozsáhlých ploch, a to vícekrát za sebou a v čase. Dále je touto metodou možno měřit různé typy porostů a různé plodiny. Kromě ručních přístrojů je samozřejmě možné použití i stálých čidel, které se mohou v porostu ponechávat po celou dobu vegetace a měřit tak i hodnoty rychle měnícího se porostu, což je ještě výhodnější než používání ručních přístrojů.

Jedním z těchto ručních přístrojů, jak udává Delta-T devices (2013), je SunScan canopy analysis system – SS1. Jedná se o jednoduchý a flexibilní systém pro měření a analýzu fotosynteticky aktivního záření (PAR) v porostech. Poskytuje důležité informace o pronikání PAR do plodin a má zásadní význam při srovnávání porostu, jeho růstu a jeho stavu. Uživatelé SunScanu nemusejí čekat na žádné speciální klimatické podmínky – sonda může být použita ve většině světelných podmínek. Ale samozřejmě nejlepší čas je okolo poledne. Tato sonda má řadu 64 senzorů zabudovaných v metrové sondě a je připojena přes rozhraní RS-232 ke kapesnímu PDA. Průměrná hladina světla, které proniká skrz porost, je podél sondy zaznamenávána a zároveň data z každého čidla zvlášť jsou také uložena a k dispozici v PDA pro detailnější vyhodnocení PAR. Součástí přístroje je také druhý senzor, který je umístěn nad porostem a měří přímé dopadající PAR. Přístroj poté vyhodnotí všechna data a k dispozici dostaneme naměřené hodnoty PAR ($\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a LAI ($\text{m}^2\cdot\text{m}^{-2}$). Schéma jak vypadá a probíhá měření je vidět na obrázku 2.



Obr. 2 Schéma měření LAI pomocí SunScanu

(Delta-T devices Ltd., 2008)

3.4 Sklizeň a výnos silážní kukuřice

3.4.1 Sklizeň

Jak uvádí Nedělník *et al.* (2011), zvláště velký vliv na celkový výnos sušiny a živin, ale také na kvalitu, stravitelnost organické hmoty a na koncentraci škrobu v sušině má termín sklizně. Pro optimální dobu sklizně silážní kukuřice se doporučuje, aby byl zabezpečen:

- Maximální podíl fyziologicky vyzrálých a zdravých zrn bez napadení chorobami.
- Dostatečné množství a vysoká kvalita uloženého škrobu a vysoká stravitelnost zbytku rostliny.
- Vysoký – 50% podíl (minimálně 45%) a fyziologický stupeň zralosti palic v sušině celé rostliny.
- Přijatelné množství a kvalita vlákniny v závislosti na použité technologii sklizně.

Dle Zimolky *et al.* (2008) je z krmivářského hlediska jako nejvhodnější termín sklizně kukuřice na siláž období mléčně voskové zralosti zrna, kdy je dosaženo nejvyšší koncentrace energie v rostlině.

V tuto dobu sušina celé rostliny dosahuje zhruba 28 až 35 %. Sušina zrna je 45 – 55 % a zbytek rostliny je ještě z větší části zelený (Loučka *et al.*, 2009).

Jak udává Nedělník *et al.* (2011), pozdní termín sklizně kukuřice na siláž přináší technologické nevýhody a krmivářské škody:

- tvorba toxinů a nebezpečí plesnivění,
- žádné navýšení energie,
- zvýšení koncentrace ligninu v krmivu,
- snížení hygienické kvality silážované biomasy,
- zhoršení fermentačního procesu.

K urychlení rozvoje mléčných bakterií v silážované biomase je důležité dokonalé pořezání hmoty. Zároveň s tím je ale také důležité podélné mechanické narušení, které musí být adekvátní danému druhu píce z pohledu silážovatelnosti, ale také z pohledu její struktury (Jambor, 1998). S tím souhlasí Loučka (2010), který říká, že je velice důležité mechanické zpracování zrna například corncrakerem, který drtí zrno a zpřístupňuje tím živiny. Jedná se především o škrob jako zdroj energie pro mikroflóru v batoru skotu, jelikož by jinak živiny prošly trávicím traktem přežvýkavců bez užitku a ztráty by tak mohly být až 50 % živin ze zrna.

Vliv na dietetické vlastnosti krmiva je také nutné zohlednit, jelikož příliš krátká řezanka snižuje obsah strukturální vlákniny (Jambor, 1998). Jak udává Nedělník *et al.* (2011), čím kratší řezanka bude, tím více se uvolní buněčné tekutiny obsahující cukr a tím se urychlí fermentace silážované hmoty. Stupni zralosti zrn a obsahu sušiny se musí přizpůsobit délka řezanky kukuřice. Řezanka dlouhá 15 – 20 mm se doporučuje při sušině pod 30 % a při sušině 30 – 34 % by měla řezanka dosahovat délky 6 – 8 mm.

Obsah vlákniny i sušiny ve sklizené hmotě se dá dle Loučky (2010) ovlivnit výškou strniště. Při sklizni se jeví jako optimální výška strniště 15 cm. Vyšší výška, například 30 cm, snižuje výnos až o 15 %, ale mléčná produkce jedné dojnice poklesne přibližně jen o 3,5 %. Zvyšování strniště je však neekonomické a je využíváno jen v případech, kdy chceme omezit výskyt nečistot ve sklizené hmotě při sklizni na bahnitých pozemcích, při výskytu plísní, nebo při potřebě snížení obsahu nitrátů ve sklizené hmotě.

3.4.2 Výnos

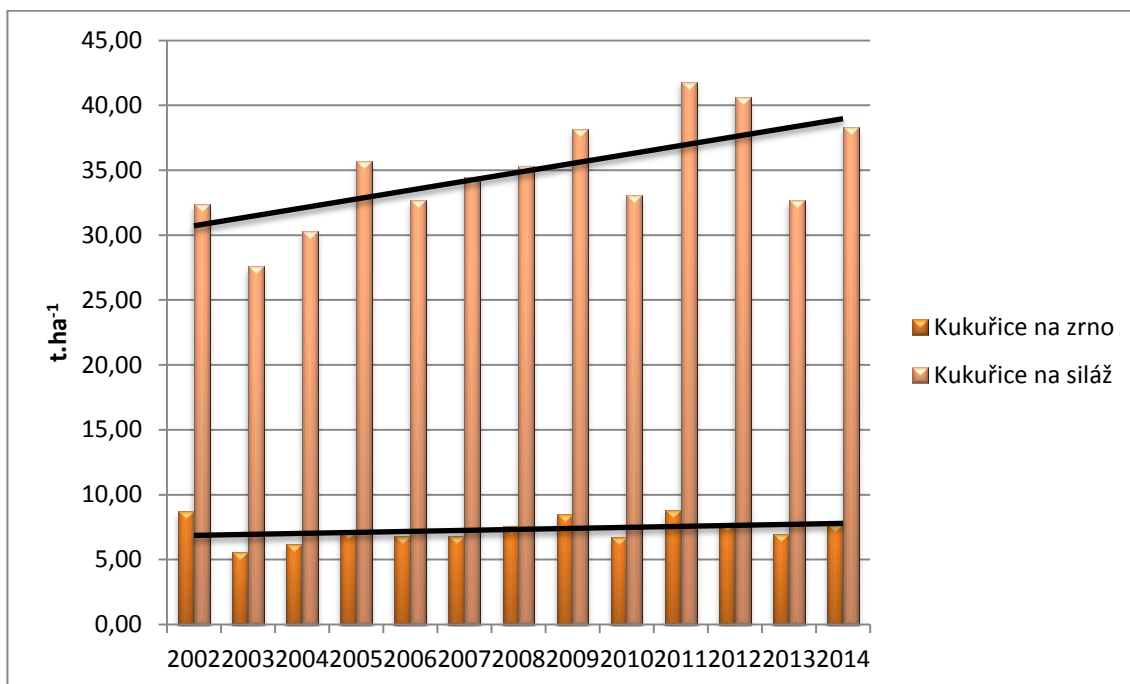
V podmínkách České republiky dosahuje kukuřice na siláž průměrných výnosů 10 – 12 t.ha⁻¹ suché hmoty, což při sušině 27 % činí 37 – 45 t.ha⁻¹ zelené hmoty, při minimálním podílu palic 40 %. Z 60 – 75 % se právě palice podílí na celkovém výnosu živin. Proto je nutné volit správné hybridy pro každou oblast a to takové hybridy, které nasazují dostatečné množství palic a do mléčně voskové zralosti dospívají rovnoměrně (Pulkrábek *et al.*, 1995).

Český statistický úřad (2014c) uvádí ve zprávě odhad sklizně k 14. 10. 2014. meziroční nárůst produkce obilovin včetně kukuřice na zrno na 8733 tis. tun (+16,4 %). První letošní odhad sklizně kukuřice na zrno 778 tis. tun je v porovnání s loňským rokem o 15,2 % vyšší, a to díky zvýšení hektarového výnosu na 7,74 tun (+11,0 %) a osevni plochy na 100 tis. ha (+3,7 %).

Dále uvádí, že předpokládaná sklizeň kukuřice na zeleno a siláž 9018 tis. tun je v meziročním srovnání o 18,1 % vyšší. Osevni plocha vzrostla o 0,7 % na 236 tis. ha a očekávaný hektarový výnos o 17,2 % na 38,29 tun.

Vývoj výnosů kukuřice jak na zrno, tak i na siláž je prezentován v grafu 3.

Graf 3 Vývoj výnosu kukuřice na zrno a kukuřice na siláž
(ČSÚ, 2014b)



4. Materiál a metody

4.1 Metodika

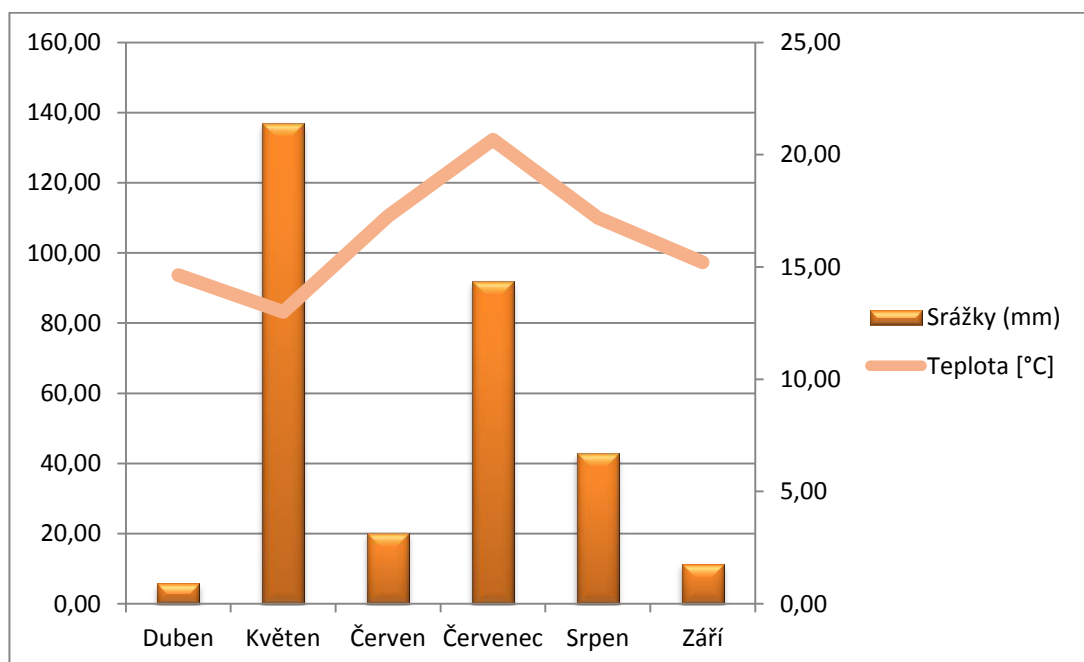
4.1.1 Lokalita

Polní pokus se silážní kukuřicí byl založen na jaře roku 2014 na pokusném pozemku ČZU v Praze. Stanoviště se nachází v řepařské výrobní oblasti v nadmořské výšce 286 m n. m. (50°07' s.š., 14°22' v.d.). Na pozemku se nachází hluboká hlinitá degradovaná černozem s propustným podložím. Dle agrometeorologických charakteristik spadá do mírně teplé a převážně suché klimatické oblasti (Fuksa *et al.*, 2004).

4.1.2 Meteorologické údaje lokality

Průměrná roční teplota za 30-ti leté období je 7,9 °C, průměrná délka slunečního světla činí 1921 hodin a roční úhrn srážek je 526 mm (Fuksa *et al.*, 2004). Za vegetační období roku 2014 činila průměrná teplota 16,8 °C a úhrn srážek 309 mm (ČZU, 2014). Průměrné měsíční teploty a úhrn srážek za vegetační období ukazuje graf 4.

Graf 4 Průměrné měsíční teploty a úhrn srážek za vegetační období kukuřice v roce 2014 (ČZU, 2014)



4.1.3 Založení pokusu

Pokus byl založen v úplných znáhodněných blocích ve čtyřech opakováních na 36 parcelách o rozměrech $5 \times 3,5$ m se třemi roztečemi řádků, a to: 70 cm, 35 cm a twin – row 50:20 cm, při třech výsevcích, které činily 90 000, 110 000 a 130 000 rostlin. ha^{-1} . Pro potřeby diplomové práce byly vybrány varianty se třemi roztečemi řádků (70 cm, 35 cm, twin – row 50:20 cm) při výsevku 110 000 rostlin. ha^{-1} .

Vzdálenost rostlin v řádku byla 13 cm u rozteče řádků 70 cm, u varianty s roztečí řádků 35 cm a twin – row činila 26 cm. Výsledky výnosových prvků byly počítány ze skutečného počtu sklizených rostlin, který po přepočtu na hektar byl 108 571 rostlin. ha^{-1} u rozteče 35 cm, 107 143 rostlin. ha^{-1} u rozteče 70 cm a 103 214 rostlin. ha^{-1} u twin – row. Plánek pokusu s vyznačenými vybranými variantami ukazuje obrázek 3.



Obr. 3 Plánek pokusu s vyznačenými vybranými variantami

Na podzim bylo provedeno klasické zpracování půdy orbou a na jaře klasická předseťová příprava. Před setím bylo aplikováno 120 kg N. ha^{-1} (síran amonný), 45 kg P. ha^{-1} (superfosfát) a 120 kg K. ha^{-1} (draselná sůl). Hybrid Koblens (FAO 280) byl zaset ručně 24. 4. 2014. Sklizeň proběhla 4. 9. 2014 v období mléčně voskové zralosti rostlin. Během vegetace

bylo 13. 5. 2014 provedeno postemergentní ošetření proti plevelům přípravkem Koban T (účinné látky *Terbuthylazin*, *Pethoxamid*) v dávce 4 l.ha⁻¹

4.1.4 Měření, odběry a zpracování vzorků

V průběhu vegetace bylo prováděno měření pokryvnosti listů (LAI) a to na 5-ti rostlinách (na 1., 3., 5., 7. a 9. rostlině z 10 po sobě následujících rostlin v řádku) z každé varianty a opakování v termínech 4. 6., 26. 6., 16. 7., 5. 8. a 2. 9. 2014. Měření probíhalo ručním měřením každého listu metrem a následným zjištěním velikosti asimilační plochy, která byla vypočtena jako součin délky a šířky listu a vynásobena koeficientem 0,75 (Šesták *et* Čatský, 1966).

Dále probíhalo měření LAI i přístrojem SunScan (Delta-T Devices – SunScan – Canopy Analysis System type SS1) a to vždy ve stejný termín a u stejných rostlin, u kterých probíhalo ruční měření.

Dále bylo v průběhu vegetace prováděno měření výšky rostlin. Měřilo se vždy stejných 10 po sobě jdoucích rostlin u každé varianty a opakování. Každá rostlina byla měřena od povrchu půdy až po nejvrchnější natažený list, případně po vrchol laty.

V den sklizně se na 5-ti rostlinách z každé varianty a opakování sledovala výška nasazení palice od země. Dále se také sledovala hmotnost jednotlivých rostlin.

Pro stanovení obsahu sušiny byla z uvedených 5-ti odebraných rostlin na každé parcele vybrána jedna průměrná rostlina. Ta byla v laboratoři rozebrána na jednotlivé části, které byly následně zváženy v čerstvém stavu a poté dány do sušárny, kde byly při teplotě 80 °C usušeny do konstantní hmotnosti a opět zváženy.

Výnosové charakteristiky byly stanoveny při sklizni, která proběhla v době silážní zralosti dne 4. 9. 2014. Sklizeň proběhla ručně, a to sklizením dvou vnitřních řádků každé parcely. Byl hodnocen počet rostlin, který byl následně přepočten na 1 ha. Dále výnos zelené hmoty, který byl zvážen v kilogramech a následně přepočten na výnos zelené hmoty na 1 ha, a to ze skutečného počtu rostlin, které byly sklizeny. Výnos suché hmoty byl stanoven na základě výnosu zelené hmoty a hodnoty sušiny.

4.1.5 Statistické vyhodnocení dat

Data byla vyhodnocena pomocí jednofaktorové a vícefaktorové analýzy rozptylu (ANOVA, Tuckey HSD test, $\alpha = 0,05$) a pomocí regresní a korelační analýzy v programu STATISTICA 12.

4.2 Materiál

4.2.1 Hybrid Koblens

Pro pokus byl vybrán hybrid od firmy KWS Osiva s.r.o. Koblens (FAO Z 270/S 280). Charakteristika dle KWS (2015):

- nosný silážní hybrid pro řepařskou výrobní oblast,
- velmi vysoký výnosový potenciál suché hmoty,
- rychlý počáteční vývoj, dobrá odolnost vůči chladu,
- špičková nutriční hodnota siláže pro vysokoprodukční dojnice,
- ideální kombinace výnosu suché hmoty, obsahu škrobu a stravitelnosti (DINAG).

Jak udává firma KWS (2015), tento tříliniový hybrid má typ zrna tzv. mezityp, což znamená, že je to typ zrna mezi zrnem flint a dent. Jedná se o stay green hybrid, který je vhodný jak pro pěstování na zrno, tak i na siláž. Má výbornou rychlost počátečního vývinu a výbornou toleranci k přisušku. Jako průměrnou výšku rostlin KWS udává 290 cm. Dále udává průměrný výnos suché hmoty, který činí $19,9 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ při sušině 31,1 %. Výnos škrobu je průměrně $6,8 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ při obsahu škrobu 34 % a stravitelnosti 46,1 %.

5. Výsledky

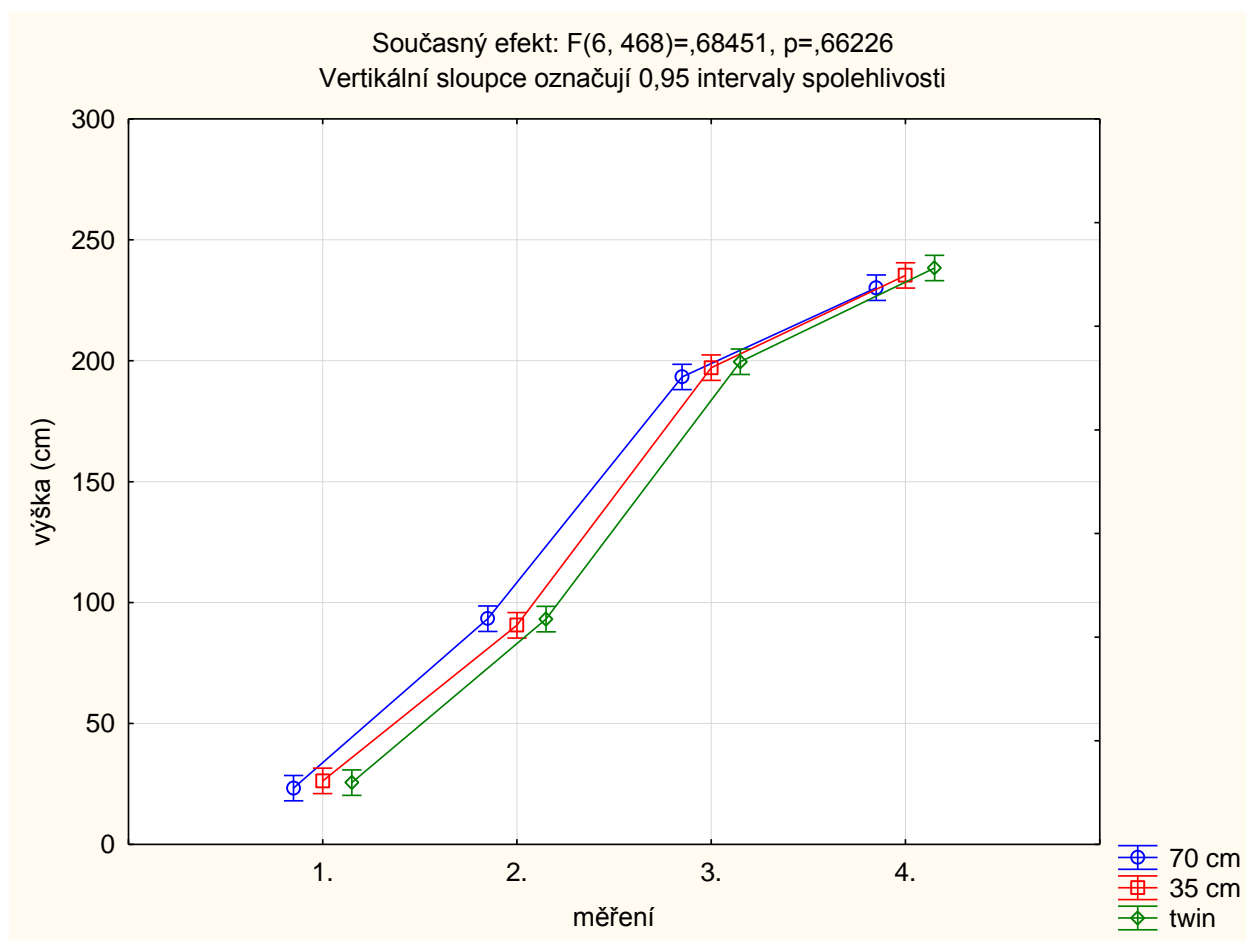
5.1 Výška rostlin kukuřice

Měření výšek rostlin probíhalo 4. 6., 24. 6., 16. 7. a 5. 8. 2014, což odpovídalo růstovým fázím kukuřice 3. listu, 6. listu, počátku metání a konci kvetení. Z tabulky 1 je patrné, že výška rostlin při prvním měření (3. list) byla největší u varianty s roztečí řádků 35 cm. Naopak nejmenší při tomto měření byla u varianty s roztečí řádků 70 cm. Při druhém měření (6. list) byla naopak výška rostlin u varianty s roztečí řádků 70 cm největší. Při třetím a čtvrtém měření byla největší výška rostlin u varianty twin – row. Celkový průběh růstu rostlin kukuřice během vegetace ukazuje graf 5, ze kterého je patrné, že zde není statisticky průkazný vliv rozteče řádků na výšku rostlin. U prvního a druhého měření mezi roztečemi řádků není výrazný rozdíl ve výšce rostlin (2 – 3 cm), ale u třetího a čtvrtého měření je mezi roztečí 70 cm a twin – row již rozdíl 6 a 8 cm ve výšce ve prospěch varianty twin – row.

Tab. 1 Průměrné výšky rostlin kukuřice při třech variantách roztečí řádků a čtyřech termínech měření

Měření	Varianta 70 cm (cm)	Varianta 35 cm (cm)	Varianta twin – row (cm)
1.	23,3	26,3	25,6
2.	93,4	90,6	93,2
3.	193,3	197,2	199,6
4.	230,2	235,3	238,4

Graf 5 Průběh růstu rostlin kukuřice během vegetace při různých roztečích řádků



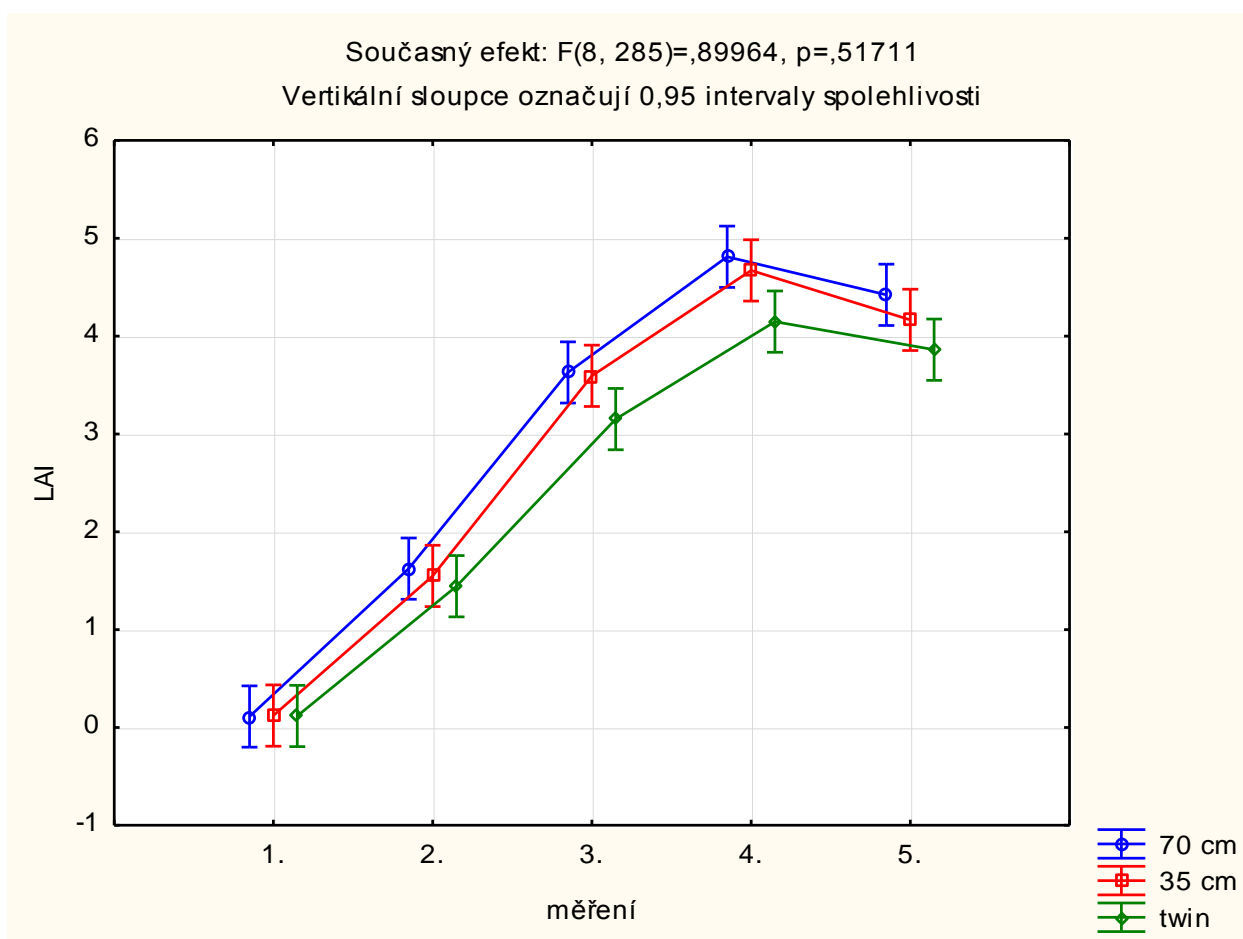
5.2 Měření LAI přímou metodou

V termínech 4. 6., 26. 6., 16. 7., 5. 8. a 2. 9. 2014 proběhlo ruční měření LAI. Jak vyplývá z tabulky 2, při prvním měření bylo LAI největší u varianty s roztečí řádků 35 cm a u twin – row a naopak nejmenší u varianty s roztečí řádků 70 cm. Od druhého měření až do sklizně byla LAI největší u varianty s roztečí řádků 70 cm a nejmenší u varianty twin – row. To je vidět v grafu 6, který ukazuje, že není statisticky průkazný vliv rozteče řádků na velikost LAI. U pátého měření se varianta s roztečí 70 cm lišila od twin – row o $0,56 \text{ m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$.

Tab. 2 Průměrné plochy LAI (přímá metoda) rostlin kukuřice při třech variantách roztečí řádků a pěti termínech měření

Měření	Varianta 70 cm (m ² .m ⁻²)	Varianta 35 cm (m ² .m ⁻²)	Varianta twin – row (m ² .m ⁻²)
1.	0,11	0,12	0,12
2.	1,62	1,55	1,44
3.	3,63	3,59	3,15
4.	4,81	4,67	4,15
5.	4,42	4,17	3,86

Graf 6 Průběh LAI (přímá metoda) kukuřice během vegetace při různých roztečích řádků



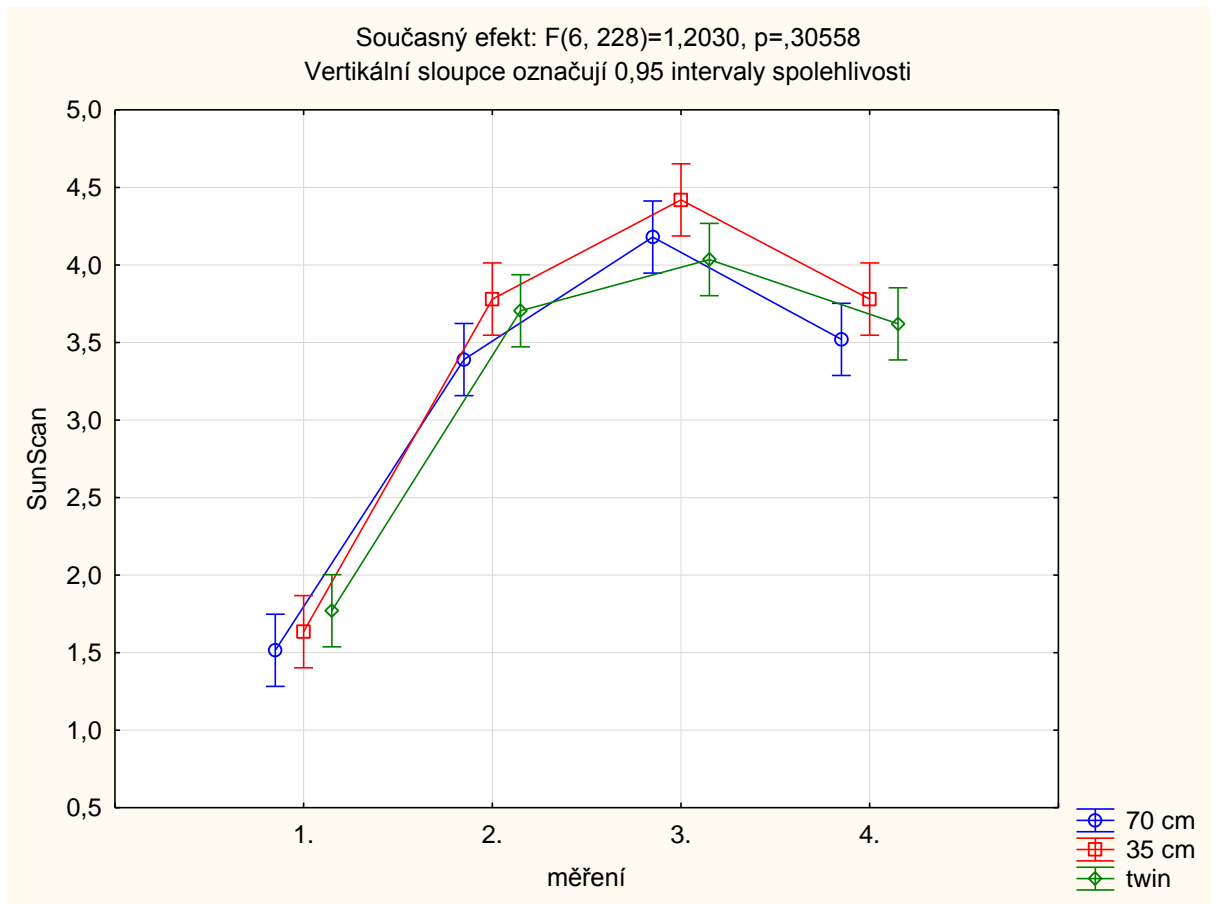
5.3 Měření LAI nepřímou metodou

U stejných rostlin, u kterých se měřilo LAI přímou metodou, proběhlo také měření LAI přístrojem SunScan. První měření SunScanem proběhlo až 26. 6. 2014, ostatní termíny jsou pak identické s termíny ručního měření. V tabulce 3 je vidět, že varianta s roztečí řádků 70 cm dosahovala kromě 3. měření vždy nejmenších hodnot LAI. V tomto měření bylo nejmenší LAI u varianty twin – row. Na variantě s roztečí řádků 35 cm se naopak dosahovalo vždy největších hodnot LAI, kromě 1. měření, kdy největší hodnotu měla varianta twin – row. Průběh LAI během vegetace můžeme vidět v grafu 7, který ukazuje, že není statisticky průkazný vliv rozteče řádků na velikost LAI stanovenou přístrojem SunScan.

Tab. 3 Průměrné plochy LAI (nepřímá metoda) rostlin kukuřice při třech variantách roztečí řádků a čtyřech termínech měření

Měření	Varianta 70 cm (m ² .m ⁻²)	Varianta 35 cm (m ² .m ⁻²)	Varianta twin – row (m ² .m ⁻²)
1.	1,52	1,64	1,77
2.	3,39	3,78	3,71
3.	4,18	4,42	4,04
4.	3,52	3,78	3,62

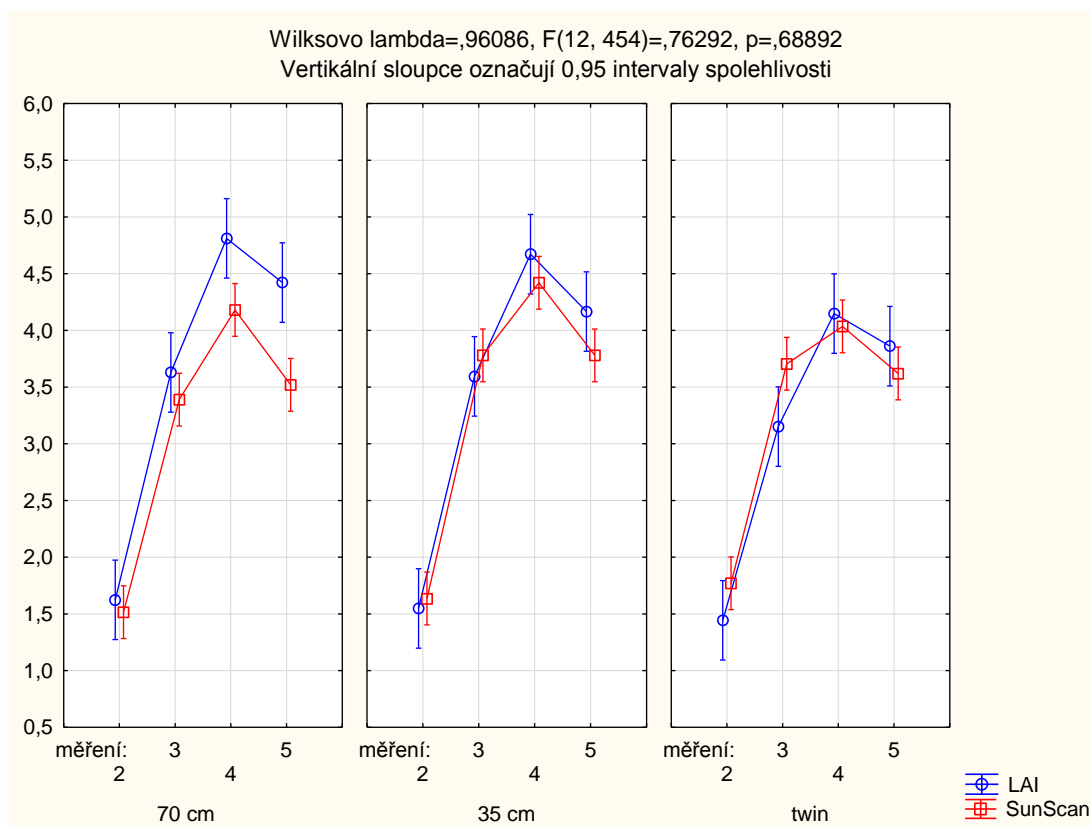
Graf 7 Průběh LAI (nepřímá metoda) kukuřice během vegetace při různých roztečích řádků



5.4 Porovnání přímé a nepřímé metody měření LAI v porostu kukuřice

Jelikož se v porostu kukuřice měřilo LAI dvěma způsoby, bylo nutné porovnat metody měření LAI mezi sebou u jednotlivých roztečí a zjistit zda nejsou mezi metodami rozdíly v naměřených hodnotách. Jak lze vidět v grafu 8, mezi metodami v měření LAI přímou a nepřímou metodou není statisticky průkazný rozdíl u většiny získaných hodnot. Významný rozdíl byl pouze ve 4. a 5. měření u varianty s roztečí řádků 70 cm.

Graf 8 Porovnání přímé a nepřímé metody měření LAI během vegetace kukuřice u jednotlivých roztečí řádků



5.5 Obsah sušiny

Tabulka 4 udává průměrný obsah sklizňové sušiny, která byla zjištěna při sklizni 4. 9. 2014. Nejvyšší obsah sušiny dosahovala varianta s roztečí řádků 35 cm, naopak nejnižší obsah sušiny měla varianta s roztečí řádků 70 cm. Nebyl zde však zjištěn statisticky průkazný vliv rozteče řádků na obsah sušiny.

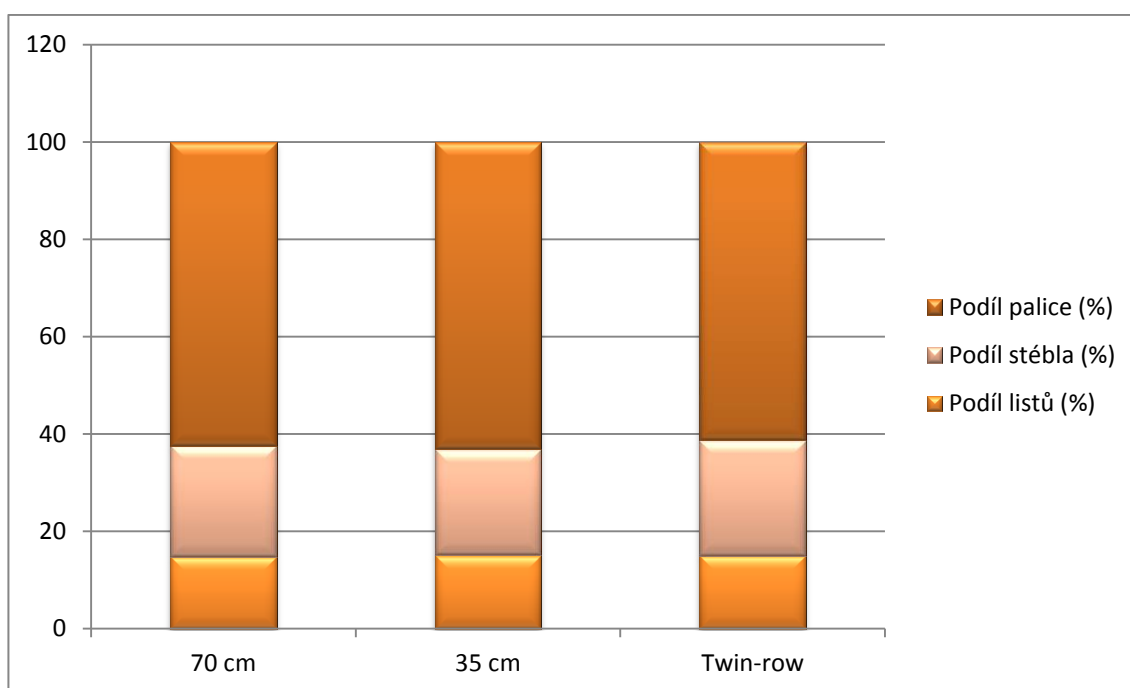
Tab. 4 Obsah sušiny píce kukuřice (%) v době sklizně (4. 9. 2014)

Varianta	Sušina (%)
70 cm	32,4
35 cm	33,2
Twin-row	32,8
<i>p - value</i>	0,746

5.6 Podíly částí rostlin

Graf 9 zobrazuje procentuální podíly palic, listů a stébla v době sklizně. Největšího podílu palic dosahovaly rostliny při rozteči řádku 35 cm a to 63,1 %. Naopak nejmenší podíl palic měly rostliny při variantě twin – row a to 61,3 %. Hodnota p – value byla 0,701, což znamená, že rozteč řádků nemá statisticky průkazný vliv na podíl palic na rostlině. Podíl listů se pohyboval od 14,98 % do 15,15 %, podíl stébla pak od 21,75 % do 23,76 %, avšak ani zde nebyl statisticky průkazný vliv rozteče řádků na podíl těchto rostlinných částí.

Graf 9 Podíl částí rostlin kukuřice (%) v době sklizně (4. 9. 2014)



5.7 Výška nasazení palic

Tabulka 5 zobrazuje výšku nasazení palic od země. I přesto, že jsou vidět rozdílné hodnoty, kdy varianta s roztečí řádků 70 cm dosahuje nejnižší výšky nasazení palic (98,5 cm) a varianta s roztečí řádků 35 cm naopak nejvyšší výšku nasazení palic (103,5 cm), statisticky průkazný vliv rozdílné rozteče řádků na výšku nasazení palic zde není. Výška nasazení palic u varianty s roztečí řádků 35 cm byla o 5,1 cm větší oproti 70 cm.

Tab. 5 Výška nasazení palice (cm) v době sklizně (4. 9. 2014)

Varianta	Výška nasazení palic (cm)
70 cm	98,5
35 cm	103,5
Twin-row	101,4
<i>p - value</i>	0,380

5.8 Hmotnost rostlin

Tabulka 6 udává průměrnou hmotnost jedné rostliny v zeleném stavu v době sklizně. Varianta s klasickou roztečí řádků 70 cm má největší hmotnost jedné rostliny, a to o 52,9 g větší oproti variantě s roztečí řádků 35 cm a o 56,7 g oproti variantě twin – row. Avšak i tyto rozdíly neznamenají statisticky průkazný vliv rozteče řádků na hmotnost jedné rostliny.

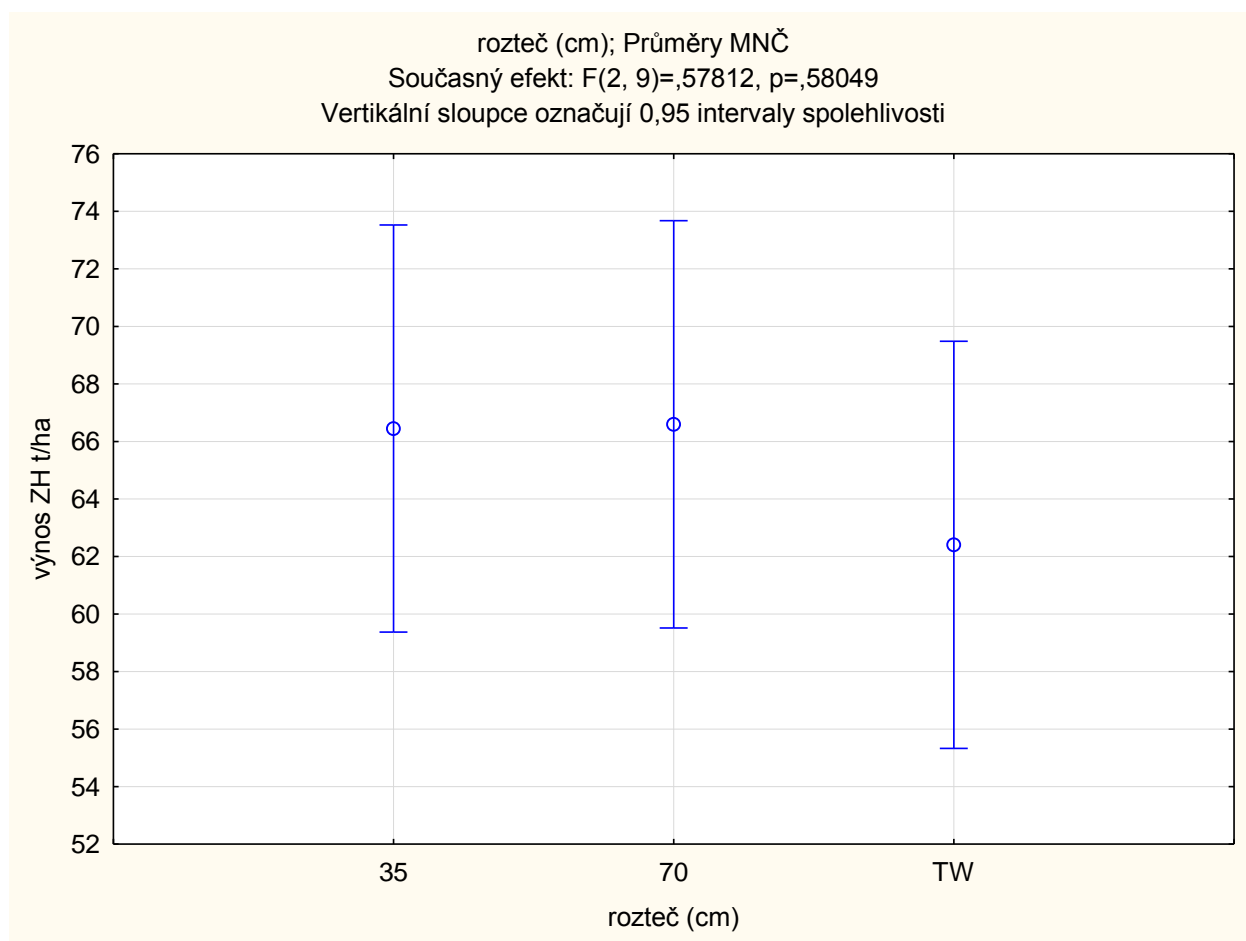
Tab. 6 Hmotnost jedné rostliny kukuřice (g) v době sklizně (4. 9. 2014)

Varianta	Hmotnost 1 rostliny (g)
70 cm	618,3
35 cm	565,5
Twin-row	561,6
<i>p - value</i>	0,456

5.9 Výnos zelené hmoty

Graf 10 znázorňuje výnos zelené hmoty v tunách na 1 ha. Výnos byl počítán ze skutečného počtu rostlin. Skutečný počet sklizených rostlin stanovený při sklizni byl 108 571 rostlin.ha⁻¹ u rozteče 35 cm, 107 143 rostlin.ha⁻¹ u rozteče 70 cm a 103 214 rostlin.ha⁻¹ u twin – row. Výnos zelené hmoty byl nejvyšší u klasické rozteče řádků 66,6 t.ha⁻¹. U rozteče 35 cm byl výnos zelené hmoty jen o málo nižší, a to 66,45 t.ha⁻¹. Nejnižší výnos zelené hmoty byl u twin – row 62,4 t.ha⁻¹. Avšak není zde statisticky průkazný vliv rozteče řádků na výnos zelené hmoty ($p - value = 0,581$).

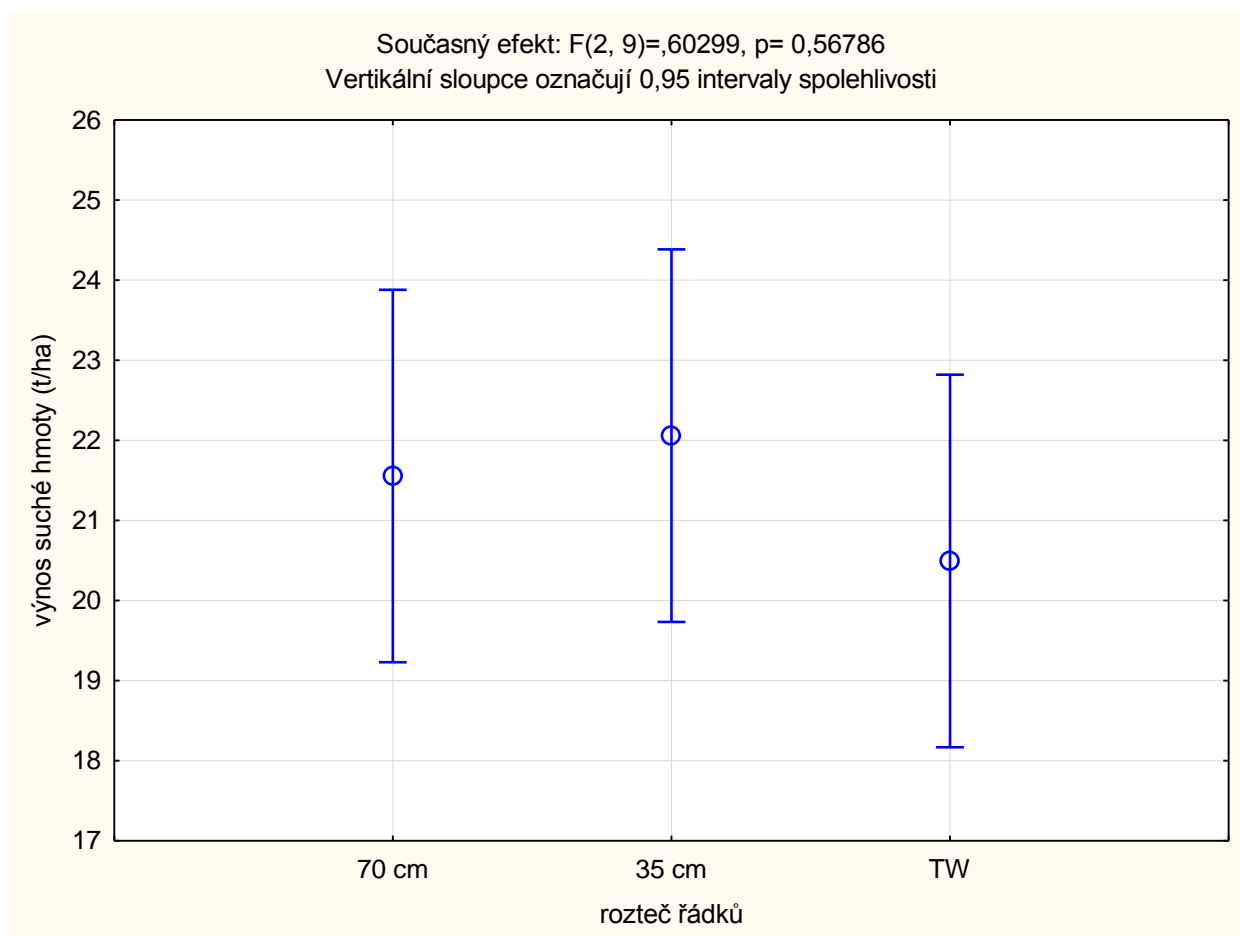
Graf 10 Výnos zelené hmoty (ZH) kukuřice ($t \cdot ha^{-1}$) ze sklizně (4. 9. 2014)



5.10 Výnos suché hmoty

Výnos suché hmoty, byl vypočítán z výnosu zelené hmoty a sklizňové sušiny dané varianty. Graf 11 znázorňuje výnos suché hmoty. Nejvyššího výnosu suché hmoty bylo dosaženo na variantě s roztečí řádků 35 cm, a to $22,1 t \cdot ha^{-1}$. Naopak nejnižší výnos suché hmoty ($20,5 t \cdot ha^{-1}$) byl na variantě twin – row. I přes tyto rozdíly zde nebyl statisticky průkazný vliv rozteče na výnos suché hmoty ($p - value = 0,568$).

Graf 11 Výnos suché hmoty kukuřice ($t \cdot ha^{-1}$) ze sklizně (4. 9. 2014)



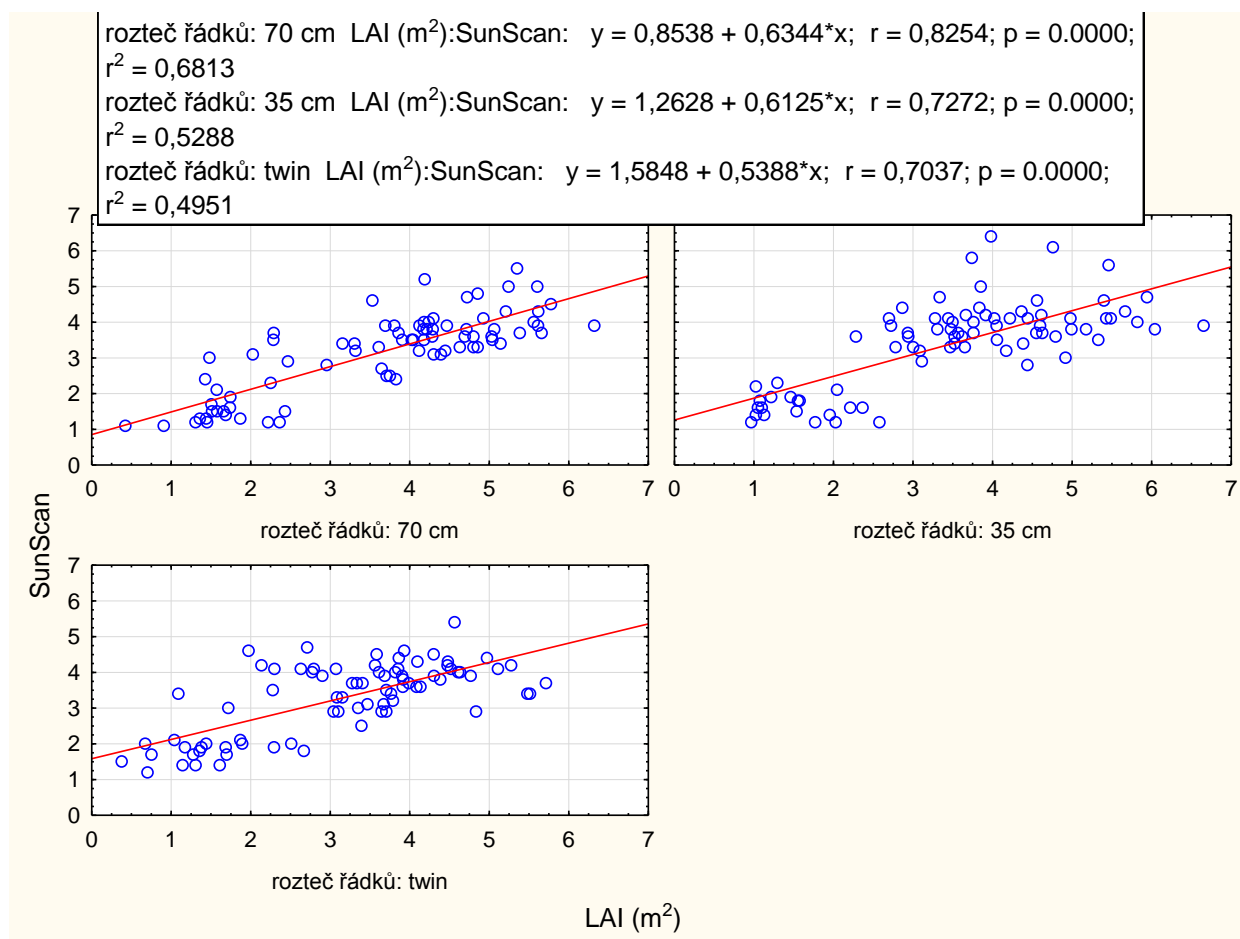
5.11 Regresní a korelační analýza

5.11.1 Korelace mezi přímým a nepřímým stanovením LAI

Graf 12 zobrazuje vztah měření hodnot LAI přímou a nepřímou metodou u jednotlivých roztečí řádků. U všech variant je průkazná závislost mezi sledovanými veličinami. U varianty s roztečí řádků 70 cm je korelační koeficient $r = 0,8254$, což udává silný vztah. Koeficient determinace $r^2 = 0,6813$ dokazuje, že změna hodnot LAI vysvětluje z 68,13 % změnu hodnot ze SunScanu. Z rovnice je patrné, že při změně LAI o jednotku ($m^2 \cdot m^{-2}$) se změní hodnota ze SunScanu o 0,6344. U varianty s roztečí řádků 35 cm je korelační koeficient $r = 0,7272$, což představuje poměrně silný vztah. Koeficient determinace $r^2 = 0,5288$ dokazuje, že změna hodnot LAI vysvětluje z 52,88 % změnu hodnot ze SunScanu. Z rovnice je patrné, že při změně LAI o jednotku ($m^2 \cdot m^{-2}$) se změní hodnota ze SunScanu o 0,6125. U varianty twin – row je korelační koeficient $r = 0,7037$, což lze také označit za

poměrně silný vztah. Koeficient determinace $r^2 = 0,4951$ dokazuje, že změna hodnot LAI vysvětluje z 49,51 % změnu hodnot ze SunScanu. Z rovnice je patrné, že při změně LAI o jednotku ($\text{m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$) se změní hodnota ze SunScanu o 0,5388.

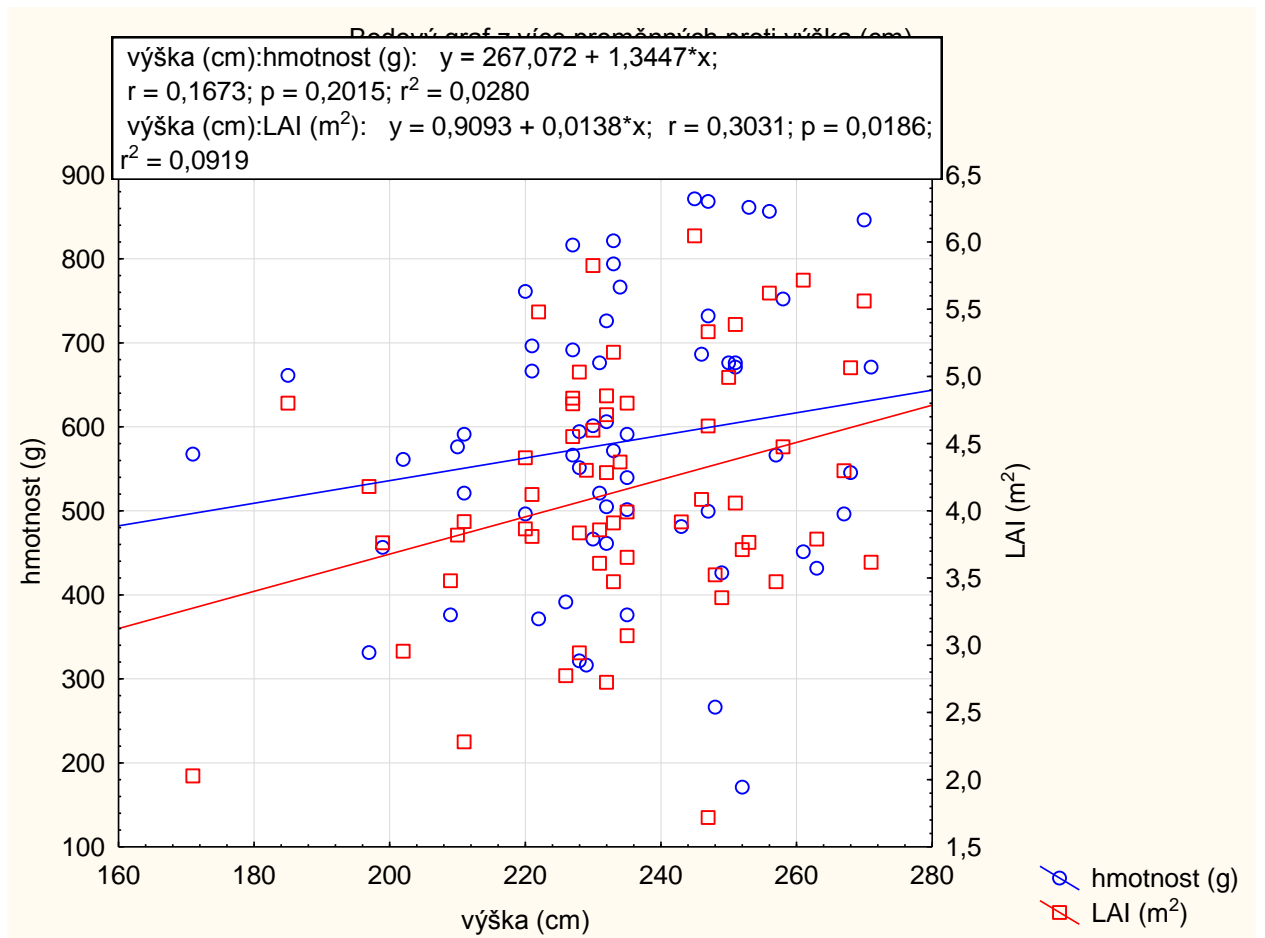
Graf 12 Vztah přímého a nepřímého měření LAI u jednotlivých roztečí řádků



5.11.2 Korelace mezi výškou rostlin a hmotností rostlin a mezi výškou rostlin a LAI

Graf 13 zobrazuje vztah hmotnosti rostlin, výšky rostlin a hodnoty LAI. P – value u porovnání výšky a hmotnosti rostlin udává, že zde není průkazná závislost mezi hmotností a výškou rostlin. Naopak P – value u vztahu mezi výškou rostlin a hodnotami LAI ukazuje průkaznou závislost. Korelační koeficient $r = 0,3031$ udává slabý vztah. Koeficient determinace $r^2 = 0,0919$ dokazuje, že změna výšky ovlivňuje změnu hodnoty LAI jen z 9 %. Z rovnice je patrné, že pokud se změní výška rostlin o 1 cm, tak se zvýší hodnota LAI o $0,0138 \text{ m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$.

Graf 13 Vztah mezi výškou (cm) a hmotností rostlin (g) a mezi výškou rostlin (cm) a LAI (m².m⁻²)



6. Diskuze

Výška rostlin kukuřice je jedním z mnoha posuzovaných morfologických znaků a pomáhá sledovat charakter porostu během vegetace (Abuzar *et al.*, 2011). Také v praxi je často slyšet: „chceme vysoké rostliny, jelikož nám poskytnou vyšší výnos“. Přesto jak lze vidět v grafu 13, z našich pokusů vyplývá, že není statisticky průkazný vztah v námi sledovaném rozpětí mezi hmotností rostlin a jejich výškou. Protože samozřejmě pokud bude výška rostlin kukuřice výrazně klesat, tak bude klesat i jejich hmotnost. Výška rostlin kukuřice tak zůstává důležitým sledovaným znakem.

V našem pokusu během průběhu vegetace dosahovaly rostliny kukuřice různých výšek nezávisle na rozteči řádků. Nedá se říci, že by se našla varianta, která by od začátku vegetace až po svůj konec jasně dominovala ve výšce rostlin. Můžeme však říci, že rozdíl mezi nejnižší a nejvyšší výškou při prvním měření byl 2,3 cm a při konečném měření již 8,2 cm. Při tomto konečném měření dosáhly nejvyšší výšky rostliny na variantě twin – row (238,4 cm) a naopak nejmenší výšky na variantě s roztečí řádků 70 cm (230,2 cm). Na variantě s roztečí řádků 35 cm byla výška rostlin 235,3 cm. Avšak i přes tento rozdíl zde není statisticky průkazný vliv rozteče řádků na výšku rostlin kukuřice.

S těmito výsledky souhlasí Robles *et al.* (2012), kteří také udávají, že varianta twin – row poskytuje vyšší rostliny než běžný jednořádek. V jejich případě na variantě twin – row bylavýška rostlin 164 cm a na variantě s klasickým jednořádkem 162 cm. I pokusy Turgut *et al.* (2005) dokazují, že twin – row (40 : 25) poskytne vyšší rostliny než jednořádek s roztečí řádku 65 cm (278,5 cm vs. 272,4 cm). Avšak také zde nebyl dokázán statisticky průkazný vliv rozteče řádků na výšku rostlin.

S našimi výsledky, že užší řádky mají vyšší rostliny než širší řádky, nesouhlasí pokusy Casiniho (2012). Ten udává, že rostliny s roztečí řádků 90 cm dosahovaly výšky 202 cm a rostliny s užšími roztečemi řádků (50 cm) pouze 193 cm. Mezi těmito roztečemi řádků existoval statisticky průkazný rozdíl. Podobných výsledků dosáhli také Ramezani *et al.* (2011). V jejich pokusu byla výška rostlin také statisticky průkazně ovlivněna roztečí řádků. Při užší rozteči řádků (65 cm) dosahovaly rostliny výšky 209,5 cm a při širší rozteči řádků (85 cm) 222,8 cm.

Jak uvádějí Mikita *et al.* (2014), index listové plochy (LAI) je nejběžněji používaný ekologický indikátor charakterizující strukturu porostu. Pro pochopení funkce porostu je LAI také velmi užitečné, jelikož mnoho z výměn mezi rostlinou a okolím probíhá právě povrchem

listů (Decagon devices, 2014). Proto byly hodnoty LAI měřeny i v našem pokusu, ke zjištění, zda různá rozteč řádků má vliv na velikost listové plochy. Zvoleno bylo měření přímou metodou, tedy ruční měření každého listu metrem a měření nepřímou metodou a to přístrojem SunScan.

Při měření nepřímou metodou bylo zjištěno, že na variantě s roztečí 35 cm, byla kromě 1. termínu měření, v průběhu vegetace největší hodnota LAI. V tomto měření dosahovaly největší hodnoty LAI rostliny ve variantě twin – row. Naopak na variantě s roztečí řádků 70 cm, dosahovaly rostliny nejmenších hodnot LAI po celou dobu vegetace kromě 3. měření. V souhrnu se dá říci, že největších hodnot LAI dosahoval porost na variantě s roztečí řádků 35 cm, ale nebyl zde zjištěn statisticky průkazný vliv různé rozteče řádků na velikost LAI. Tyto výsledky dokazuje také práce Maqbool *et al.* (2006), kteří uvádějí vliv meziřádkových vzdáleností (75 cm, 65 cm, 55 cm) na velikost LAI v letech 2003 a 2004, která byla měřena při sklizni. V prvním roce byla velikost LAI u varianty s roztečí řádků 75 cm větší než u varianty s roztečí 55 cm ($4,92 \text{ m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$ vs. $4,89 \text{ m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$), ale naopak v roce následujícím byly výsledky opačné, a na variantě s roztečí řádků 75 cm měly rostliny menší hodnotu LAI než na variantě s roztečí 55 cm ($4,75 \text{ m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$ vs. $4,85 \text{ m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$). To odpovídá našim výsledkům ze sklizně, kdy na variantě 70 cm měl porost hodnotu $3,52 \text{ m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$ a porost na variantě 35 cm hodnotu $3,78 \text{ m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$. Tyto výsledky jsou v souladu s Murphy *et al.* (1996), kteří udávají, že snížení šířky řádků ze 75 cm na 55 cm zvýší index listové plochy. Toto zjištění podporuje i dřívější výzkum Bullock *et al.* (1998), kteří tvrdí, že snížením šířky řádků se dosáhne toho, že rostlina efektivněji využije sluneční světlo díky zvýšení plochy listů.

Při měření přímou metodou bylo zjištěno, že není statisticky průkazný vliv různé rozteče řádků na velikost listové plochy. Avšak největší LAI po celou dobu vegetace měl porost s roztečí řádků 70 cm, kromě prvního měření (3. list), kdy měly porosty na variantách twin – row a 35 cm jen o $0,01 \text{ m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$ větší LAI. Porost na variantě twin – row pak měl po zbytek vegetace naopak hodnoty LAI nejmenší. Kromě prvního termínu měření, lze shrnout, že na variantě s roztečí řádků 70 cm měl porost větší LAI než na variantě twin – row v průběhu celé vegetace. Opačných výsledků dosáhli Balkcom *et al.* (2011), kteří tvrdí, že konfigurace porostu twin – row má větší listovou plochu ve srovnání s klasickým jednořádkem. Jak uvádí Robles *et al.* (2012), vliv pěstování kukuřice v twin – row nebo klasické rozteči řádků na hodnotu LAI není dostatečně zdokumentováno. Proto ve svých pokusech sledovali vliv rozteče řádků na velikost LAI ve třech letech (2009 – 2011). Vyšší hodnoty LAI dosáhli při pěstování kukuřice v dvouřádku v letech 2010 a 2011, naopak u klasické rozteče řádků dosáhli vyšší hodnotu LAI v roce 2009. Obdobných výsledků jako

v našich pokusech dosáhli také Novacek *et al.* (2013), kteří udávají, že twin – row uspořádání porostu kukuřice má pouze malý vliv na velikost LAI. To je dle nich mnohem více ovlivněno hybridem a hustotou porostu než roztečí řádků.

Výška nasazení palic se v našem pokusu pohybovala v rozmezí 98,5 – 103,5 cm přičemž nejvyššího nasazení dosahovaly rostliny na variantě s roztečí řádků 35 cm a nejnižšího na klasické variantě s roztečí řádků 70 cm. I přes rozdíl větší než 5 cm mezi variantami s největší a nejmenší hodnotu výšky nasazení palic nebyl prokázán statisticky průkazný vliv rozteče řádků na tento parametr. Naším výsledkům odpovídají výsledky Novacek *et al.* (2013), kteří udávají vyšší nasazení palic u variant dvouřádků než u klasických roztečí řádků v letech 2009 a 2010, ale v roce 2011 zjistili opačné výsledky. Naopak Casini (2012) uvádí, že širší řádky (90 cm) poskytovaly vyšší nasazení palic (120 cm) než užší řádky (50 cm), které měly nasazení palice 112 cm. Pouze Gözübenli (2010) uvádí výsledky tří variant roztečí řádků (75 cm, 50 cm, twin – row), což se svou podobností blíží našemu pokusu. Z jeho výsledků pokusu je patrné, že v roce 2003 dosáhl obdobných výsledků jako my. Konvenční řádky (75 cm) dosáhly nejnižší výšky nasazení palice (94,1 cm), varianta twin – row 96,2 cm a největší výšky nasazení palice varianta s úzkými řádky (50 cm) 98,8 cm.

Průměrný výnos kukuřice pěstované na zeleno a siláž v České republice v roce 2014 byl 38,29 t.ha⁻¹, což je o 5,62 t.ha⁻¹ více než průměrný výnos v roce 2013 (ČSÚ, 2014b). Zvýšení výnosu u kukuřice může být dáno dobrým úhrnem srážek v měsíci květnu a červenci. Výnosy všech variant našeho pokusu dosahovaly hodnot 62,4 – 66,5 t.ha⁻¹, což byly výrazně nadprůměrné hodnoty v porovnání s průměrem České republiky. Důvodem těchto nadprůměrných výnosů je celá řada faktorů. Nejdůležitějším z nich bude, že se jedná o maloparcelový pokus, které zpravidla poskytují větší výnos než praxe. Dále se pokusný pozemek nachází ve vhodné oblasti pro pěstování kukuřice na siláž (nadmořská výška, půda, množství srážek, teplota aj.), vliv má jistě také agrotechnika (hnojení, zpracování půdy, postřiky aj.) a významnou roli zde také hraje výběr hybridu. Jak udává KWS (2015), hybrid Koblens poskytuje dobrý výnosový potenciál a rychlý počáteční vývoj spolu s výbornou tolerancí k přisušku, která se prokázala v měsíci červnu, kdy byly menší úhrny srážek.

Díky kombinaci všech těchto aspektů byl tedy získán nadprůměrný výnos zelené hmoty. Nejvyšší byl u klasické rozteče řádků 66,6 t.ha⁻¹. U rozteče 35 cm, byl výnos zelené hmoty jen o málo nižší, a to 66,5 t.ha⁻¹. Nejnižší výnos zelené hmoty byl u twin – row 62,4 t.ha⁻¹. Rozdíly mezi výnosy však nejsou statisticky průkazné. Výnosy zelené hmoty byly přepočítány na výnos suché hmoty přes sklizňovou sušinu daných variant, která byla 33,2 % u rozteče 35 cm, 32,4 % u 70 cm a 32,8 % u twin – row. Z výsledků je patrné, že v tomto

případě je nejvyšší výnos suché hmoty u rozteče řádků 35 cm, naopak nejnižší výnos je u twin – row. S tímto výsledkem se shoduje studie Cox *et al.* (2006), kteří uvádějí, že úzké řádky měly o 3 % vyšší výnos oproti twin – row. Jak vyplývá ze studií Cox *et al.*, (1998) a Cox *et al.* Cherney (2001, 2002), již v devadesátých letech přešli někteří větší pěstitelé na severovýchodě USA na pěstování kukuřice na siláž v užších řádcích (38 cm), protože tyto porosty jim poskytovaly o 4 – 7 % vyšší výnosy než pěstování v konvenčních řádcích (76 cm). Podobně Ramezani *et al.* (2011) došli k závěru, že pěstování kukuřice v dvouřádku přinese větší výnos jak zelené hmoty (53,3 t.ha⁻¹) tak i suché hmoty (19,1 t.ha⁻¹) než konvenční pěstování, kdy výnosy byly 41,3 t.ha⁻¹ zelené hmoty a 15,4 t.ha⁻¹ suché hmoty. S tím souhlasí i výzkum Turgut *et al.* (2005), kteří uvádějí, že pěstování kukuřice při uspořádání porostu twin – row zvyšuje výnos hmoty. V jejich pokusech dosáhli výnosů suché hmoty 26,7 t.ha⁻¹ a výnosu zelené hmoty 74,5 t.ha⁻¹ u twin – row, oproti 23,5 t.ha⁻¹ výnosu suché hmoty a 65,4 t.ha⁻¹ výnosu zelené hmoty u širokých řádků (65 cm). Také Finck (2003, 2004, 2005) uvádí prokazatelně lepší výnosy z pěstování kukuřice metodou twin – row (19 : 57) oproti klasickým řádkům (76 cm). Oproti tomu Ottman *et al.* Welch (1989) a Ma *et al.* (2003) ve studii z Illinois, respektive Ontaria, uvádějí, že není rozdíl ve výnosech při pěstování kukuřice metodou twin – row nebo v konvenčních řádcích (76 cm).

7. Závěr

Z vyhodnocení výsledků pokusu, kdy byl sledován vliv rozdílné meziřádkové vzdálenosti v porostu na růstové charakteristiky, byly vyvozeny následující závěry:

- Průměrná konečná výška rostlin se v rámci variant pohybovala v rozmezí od 230 cm do 238 cm, přičemž nejvyšší rostliny byly na variantě twin – row a nejmenší na klasické rozteči řádků (70 cm). Statisticky nebyl vliv rozteče řádků na výšku rostlin prokázán.
- Měření LAI proběhlo dvěma způsoby, a to přímou a nepřímou metodou. U velikosti listové plochy nebyl prokázán vliv rozteče řádků na výsledné hodnoty tohoto parametru. U měření přímou metodou dosáhla největší hodnoty LAI ($4,42 \text{ m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$) varianta s roztečí řádků 70 cm, nejmenší varianta twin – row ($3,86 \text{ m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$). Při měření nepřímou metodou byla hodnota LAI největší u varianty s roztečí řádků 35 cm ($3,78 \text{ m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$) a nejmenší u varianty s roztečí 70 cm ($3,52 \text{ m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$). Mezi hodnotami získanými přímou a nepřímou metodou nebyl zjištěn průkazný rozdíl.
- Různá meziřádková vzdálenost neměla vliv na obsah sušiny. Ta se pohybovala v rozmezí od 32,4 % do 33,2 %, což je ve všech případech optimální sklizňová hodnota obsahu sušiny.
- Největší podíl palic dosahovaly rostliny při rozteči řádků 35 cm (63,1 %). Naopak nejmenší podíl palic měly rostliny na variantě twin – row (61,3 %). Rozdíl v podílu listů činil mezi variantami pouze 0,17 % a byl tudíž zanedbatelný. Podíl stébla se pohyboval od 21,8 % do 23,8 %. Různá rozteč řádků neměla vliv na podíl rostlinných částí.
- Výška nasazení palic se pohybovala v rozmezí od 98,5 (rozteč 70 cm) do 103,5 cm (rozteč 35 cm). Nebyl prokázán vliv různé rozteče řádků na výšku nasazení palice na rostlině.
- U hmotnosti jedné zelené rostliny nebyl prokázán vliv různé rozteče řádků na tento sledovaný parametr. Nejvyšší hmotnosti jedné rostliny bylo dosaženo na variantě s roztečí řádků 70 cm (618,3 g). Nejnižší pak na variantě twin – row (561,6 g).
- Průměrné hodnoty výnosu zelené hmoty se v rámci variant pohybovaly v rozmezí 62,4 – 66,6 $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$. Nejvyšší výnos zelené hmoty byl zaznamenán u

varianty s roztečí řádků 70 cm, nejmenší pak u varianty twin – row. Vliv rozteče řádků na výnos zelené hmoty však nebyl prokázán.

- Výnosy suché hmoty ze všech variant se pohybovaly v rozmezí 20,5 – 22,1 t.ha⁻¹. Nejvyššího výnosu suché hmoty bylo dosaženo na variantě s roztečí řádků 35 cm, nejnižšího pak na variantě twin – row. Meziřádková vzdálenost průkazně neovlivňuje výnos suché hmoty.
- Hypotéza, že meziřádková vzdálenost ovlivňuje růstové charakteristiky a výnos silážní kukuřice, nebyla statisticky potvrzena.

V našem jednoletém maloparcelovém pokusu nebyl vliv různé rozteče řádků na morfologické charakteristiky a výnos silážní kukuřice statisticky průkazný. V některých sledovaných parametrech (výška rostlin, hodnota LAI stanovená nepřímou metodou, podíl palic) dosahovaly sice alternativní rozteče řádků lepších výsledků než klasická rozteč řádků 70 cm, avšak rozdíly nebyly průkazné. Pro potvrzení těchto výsledků by bylo zapotřebí dalších pokusů a zkoumání. Dle literárního přehledu je patrné, že alternativní rozteče řádků mají své kladné výsledky, ale bude zde velkou roli hrát vliv prostředí, ve kterém je kukuřice pěstována a samozřejmě také agrotechnika. Nalezneme mnoho autorů, kteří jsou pro pěstování kukuřice v alternativních řádcích (úzké řádky, twin – row), ale zároveň značné množství autorů, kteří jsou pro zachování klasické rozteče řádků (70 – 75 cm). Tudiž bude zapotřebí intenzivnějšího zkoumání těchto možností pěstování kukuřice v podmínkách České republiky.

8. Seznam literatury

- Abuzar, M. R., Sadozai, G. U., Baloch, M. S., Baloch, A. A., Shah, I. H., Javaid, T., Hussain, N. 2011. Effect of plant population densities on yield of maize. *The Journal of Animal and Plant Sciences*. 21 (4). 692-695.
- Antonietta, M., Fanello, D., Acciaresi, H., Guiamed, J. 2014. Senescence and yield responses to plant density in stay green and earlier-senescing maize hybrids from Argentina. *Field Crops Research*. 155. 111-119.
- Balkcom, K. S., Satterwhit, J. L., Arriaga, F. J., Price, A. P., Santen, E. V. 2011. Conventional and glyphosate-resistant maize yields across plant densities in single- and twin-row configurations. *Field Crops Research*. 120 (3). 330-337.
- Bullock, D., Khan, S., Rayburn, A. 1998. Soybean yield response to narrow rows is largely due to enhanced early growth. *Crop Science* 38. 1011-1016.
- Casini, P. 2012. Maize production as affected by sowing date, plant density and row spacing in the Bolivian Amazon. *Journal of Agriculture and Environment for International Development*. 106 (2). 75-84.
- Cox, W. J., Cherney, D. J. R. 2002. Evaluation of narrow-row corn forage in field-scale studies. *Agronomy Journal*. 94. 321-325.
- Cox, W. J., Cherney, D. J. R., Hanchar, J. J. 1998. Row spacing, hybrid, and plant density effects on corn silage yield and quality. *Journal of Production Agriculture*. 11. 128-134.
- Cox, W. J., Cherney, J. H. 2001. Row spacing, plant density, and nitrogen effects on corn silage. *Agronomy Journal*. 93 (3). 597-602.

- Cox, W. J., Hanclar, J. J., Knoblauch, W. A., Cherney, J. H. 2006. Growth, yield, quality, and economics of corn silage under different row spacings. *Agronomy Journal*. 98 (1). 163-167.
- Český statistický úřad (ČSÚ). Odhady sklizní – září 2014 [online]. Český statistický úřad. 14. 10. 2014c [cit. 2014-11-25]. Dostupné z http://www.apic-ak.cz/data_ak/14/k/Stat/Sklizen1409.pdf.
- Český statistický úřad (ČSÚ). Vývoj ploch a sklizní zemědělských plodin v letech 2002 – 2013 [online]. Český statistický úřad. 14. 2. 2014b [cit. 2015-1-10]. Dostupné z <http://www.czso.cz/csu/2014edicniplan.nsf/p/270141-14>.
- Český statistický úřad (ČSÚ). Vývoj ploch osevů vybraných zemědělských plodin v letech 1980 až 2014 [online]. Český statistický úřad. 11. 7. 2014a [cit. 2015-1-10]. Dostupné z http://www.czso.cz/csu/2014edicniplan.nsf/publ/270143-14-r_2014.
- ČZU. Meteorologická stanice České zemědělské univerzity v Praze [online]. ČZU. 2014 [cit. 2014-1-28]. Dostupné z <http://meteostanice.agrobiologie.cz/>.
- Decagon devices, Inc. 2014. LAI: Theory and practice. Pullman, USA. 18 p.
- Delta-T devices Ltd. 2008. User manual for the SunScan canopy analysis system type SS1. Burwell, UK. 83 p.
- Delta-T devices Ltd. 2013. SunScan canopy analysis system – SS1. Burwell, UK. 4 p.
- Dostál, J. 1989. Nová květena ČSSR. Academia. Praha. 1552 s.
- Duvick, D. N., Smith, J. C. S., Cooper, M. 2004. Long term selection in a commercial hybrid maize breeding program. *Plant Breeding Review*. 24 (2). 109-151.
- Farnham, D. E. 2001. Row spacing, plant density and hybrid effects on corn grain yield and moisture. *Agronomy Journal*. 93 (5). 1049-1053.

- Finck, C. 2003. Twin rows take to the field. *Farm Journal*. Mid-March. 8-9.
- Finck, C. 2004. Twin row success. *Farm Journal*. January. 30-32.
- Finck, C. 2005. Make twin rows count. *Farm Journal*. Mid-February. 6-10.
- Fuksa, P., Hakl, J., Koucourková, D., Veselá, M. 2004. Influence of weed infestation on morphological parameters of maize. *Plant Soil and Environment*. 50 (8). 371-378.
- Fuksa, P., Kalista, J. Výběr hybridů kukuřice v roce 2006 [online]. *Agromanuál*. 22. března 2006 [cit. 2014-12-8]. Dostupné z <<http://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/osivo-a-sadba-1/vyber-hybridu-kukurice-v-roce-2006.html>>.
- Gözübenli, H. 2010. Influence of planting patterns and plant density on the performance of maize hybrids in the eastern Mediterranean conditions. *Internacional Journal Agricultur Biology*. 12 (4). 556-560.
- Graybill J. S., Cox W. J., Otis D. J. 1991. Yield and quality of forage maize as influenced by hybrid, planting date, and plant density. *Agronomy Journal*. 83 (3). 559-564.
- Havličková, K. 2008. Rostlinná biomasa jako zdroj energie. Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví s Novou tiskárnou Pelhřimov. Praha. 83 s. ISBN: 978-80-85116-65-6.
- Holubová, K. 2002. Obiloviny. In: Valíček, P. (ed.). *Užitkové rostliny tropů a subtropů*. Academia. Praha. 87-88. ISBN: 880-200-0939-6.
- Hůla, J., Procházková, B., Badalíková, B., Dovrtěl, J., Dryšlová, T., Hartman, I., Hrubý, J., Hrudlová, E., Javůrek, M., Kasal, P., Klem, K., Kovaříček, P., Kroulík, M., Kumhála, F., Mašek, J., Neudert, L., Růžek, P., Smutný, V., Váňová, M., Winkler, J., Zimolka, J. 2008. *Minimalizace zpracování půdy*. Profi Press. Praha. 284 s. ISBN: 978-80-86726-28-1.

- Iptas, S., Acar, A. A. 2006. Effects of hybrid and row spacing on maize forage yield and quality. *Plant Soil and Environment*. 52 (11). 515-522.
- Jakubec, M. 2013. Pestovanie kukurice dvojriadkovou metódou. *Naše pole*. 17 (4). 24-25.
- Jambor, V. 1998. Technologické zásady silážování. *Krmivářství*. 6. 31-32.
- Johnson, G. A., Hoverstadt, T. R., Greenwald, R. E. 1998. Integrated weed management using narrow corn row spacing, herbicides and cultivation. *Agronomy Journal*. 90 (1). 40-46.
- Jonckheere, I., Fleck, S., Nackaerts, K., Muys, B., Coppin, P., Weiss, M., Baret, F. 2004. Review of methods for in situ leaf area index determination. Part I. Theories, sensors and hemispherical photography. *Agricultural and Forest Meteorology*. 121. 19-35.
- Karlen, D. A., Cambardella, C. A., Kovar, J. L., Colvin, T. S. 2013. Soil quality response to long-term tillage and crop rotation practices. *Soil and Tillage Research*. 133 (6). 56-65.
- Krauss, M., Berner, A., Burger, D., Wiemken, A., Niggli, A., Mäder, P. 2010. Reduced tillage in temperate organic farming: implications for crop management and forage production. *Soil Use and Management*. 26 (3). 12-20.
- KWS OSIVA s.r.o. (KWS). 2015. Sortiment hybridů kukuřice 2015. KWS OSIVA s.r.o. Velké Meziříčí. 46 s.
- Loučka, R., Jambor, V., Hakl, J. 2009. Vliv termínu sklizně kukuřice na obsah a stravitelnost živin. *Krmivářství*. 4. 29.
- Loučka, R. 2010. Kukuřičná siláž: kde mohou být rezervy [online] *Zemedelec.cz*. 13. srpna 2010 [cit. 2014-12-2]. Dostupné z <<http://zemedelec.cz/kukuricna-silaz-kde-mohou-byt-rezervy/>>.
- Ma, B. L., Dwyer, L. M., Costa, C. 2003. Row spacing and fertilizer nitrogen effects on plant growth and grain yield of maize. *Canadian Journal of Plant Science*. 83. 241-247.

- Maddonna, G. A., Cirilo, A. G., Otegui, M. E. 2006. Row width and maize grain yield. *Agronomy journal*. 98 (6). 1532-1543.
- Maqbool, M. M., Tanveer, A., Ata, Z., Ahmad, R. 2006. Growth and yield of maize (*Zea mays* L.) as affected by row spacing and weed competition durations. *Pakistan Journal of Botany*. 38 (4). 1227-1236.
- Martins, J. D., Rodrigues, G. C., Paredes, P., Carlesso, R., Oliveira, Z. B., Knies, A. E., Petry, M. T., Pereira, L. S. 2013. Dual crop coefficients for maize in southern Brazil: Model testing for sprinkler and drip irrigation and mulched soil. *Biosystems Engineering*. 115 (3). 291- 310.
- McLachlan, S. M., Tollenaar, M., Swanton, C. J., Weise, S. F. 1993. Effect of corn induced shading on dry matter accumulation, distribution and architecture of redroot pigweed. *Weed Science*. 41 (3). 569-573.
- Mikita, T., Patočka, Z., Sabol, J. 2014. Výpočet indexu listové plochy (LAI) v lesních porostech na základě dat leteckého laserového skenování v podmínkách České republiky. *Zprávy lesnického výzkumu*. 59 (4). 234-242.
- Murphy, S. D., Yakubu, Y., Weise, S. F., Swanton, C. J. 1996. Effect of planting patterns and inter-row cultivation on competition between corn and late emerging weeds. *Weed Science*. 44 (4). 865-870.
- Myneni, R. B., Nemani, R. R., Running, S. W. 1997. Estimation of global leaf area index and absorbed par using radiative transfer models. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*. 35 (6). 1380-1393.
- Nagy, J. 2006. Maize production. *Akadémiai Kiadó*. Budapest. 391 p. ISBN: 978-963-0586-368.
- Nedělník, J., Doležal, P., Skládanka, J., Zeman, L., Vyskočil, I., Poštulka, R., Rotrekl, J., Moravcová, H., Kolařík, P. 2011. Výroba kukuřičné siláže z různých fyziologických

typů hybridů kukuřice. Uplatněná certifikovaná metodika 15/11. Zemědělský výzkum, spol. s.r.o. Troubsko. Mendelova univerzita v Brně. Výzkumný ústav pícninářský, spol. s.r.o. Troubsko. 36 s. ISBN: 978-80-86908-25-0.

Nelson, K. A., Smoot, R. L. 2009. Twin and single-row corn production in Northeast Missouri. *Crop Management*. 8 (1).

Novacek, M. J., Mason, S. C., Galusha, T. D., Yaseen, M. 2013. Twin rows minimally impact irrigated maize yield, morphology and lodging. *Agronomy Journal*. 105 (1). 268-276.

Novák, J., Skalický, M., 2008. *Botanika*. Powerprint. Praha. 327 s. ISBN: 978-80-904011-1-2.

Ottman, M. J., Welch, L. F. 1989. Planting patterns and radiation interception, plant nutrient concentration, and yield in corn. *Agronomy Journal*. 81. 167-174.

Porter, P. M., Hicks, D. R., Lueschen, W. E., Ford, J. H., Warnes, D. D., Hoverstad, T. R. 1997. Corn response to row width and plant population in the Northern Corn Belt. *Journal of Production Agriculture*. 10 (2). 293-300.

Prugar, J. 2008. *Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí*. Výzkumný ústav pivovarský a sladařský. Praha. 327 s. ISBN: 978-808-6576-282.

Pulkrábek, J., Švachula, V., Balík, J., Baranyk, P., Bechyně, M., Faměra, O., Hamouz, K., Hosnedl, V., Kabíček, J., Kazda, J., Kohout, V., Mrkvička J., Novák, D., Peterová, J., Prokinová, E., Striegl, M., Svobodová, M., Šantrůček, J., Škeřík, J., Škoda, V., Šnobl, J., Šroller, J., Štaud, J., Švachula, V., Tlustoš, P., Vrzal, J., Vašák, J., Veselá, M., Žídková, D. 1995. *Rádce hospodáře: Rostlinná výroba*. Sdružení soukromých zemědělců. Praha. 172 s.

Ramezani, M., Rezaie Soukht Abandani, R., Mobasser, H. R., Amiri, E. 2011. Effects of row spacing and plant density on silage yield of corn (*Zea Mays* L.) in two plant pattern in North Iran. *African Journal of Agricultural Research*. 6 (5). 1128-1133.

- Rebourg, C., Chastanet, M., Gouesnard, B., Welcker, C., Dubreuil, P., Charcosset, A. 2003. Maize introduction into Europe: the history reviewed in the light of molecular data. *Theoretical Applied Genetics*. 106 (5). 895-903.
- Robles, M., Ciampitti, I. A., Vyn, T. J. 2012. Responses of maize hybrids to twin-row spatial arrangement at multiple plant densities. *Agronomy Journal*. 104 (6). 1747-1756.
- Sharratt, B. S., McWilliams, D. A. 2005. Microclimatic and rooting characteristics of narrow-row vs. conventional-row corn. *Agronomy Journal*. 97 (4). 1129-1135.
- Simić, M., Dolijanović, Ž., Maletić, R., Stefanović, L., Filipović, M. 2012. Weed suppression and crop productivity by different arrangement patterns of maize. *Plant Soil and Environment*. 58 (3). 148-153.
- Stehlík, V., Trantírek, J. 1971. *Naučný slovník zemědělský 3. Státní zemědělské nakladatelství. Praha. 1254 s.*
- Strnadová, D. 2012. Z historie zemědělství - Kukuřice dar bohů. *Prameny a studie*. 48.
- Šesták, Z., Čatský J. 1966. *Metody studia fotosyntetické produkce rostlin. Academia. Praha. 396 s.*
- Škoda, V., Cholenský J. 2002. *Konvenční a perspektivní způsoby zpracování a kultivace půdy. Ústav zemědělských a potravinářských informací. Praha. 64 s. ISBN: 80-7271-125-3.*
- Špaldon, E. 1982. *Rastlinná výroba. Bratislava: Príroda. 627 s. ISBN: 64-032-82.*
- Šuk, J., Balík, J., Jakobe, P., Jambor, V., Kohout, V., Loučka, R., Táborský, V., Vrzal, J. 1998. *Kukuřice. VP AGRO spol. s r. o. Kněževes. 131 s. ISBN: 80-86153-99-1.*
- Turgut, I., Duman, A., Bilgili, U., Acikgoz, E. 2005. Alternate row spacing and plant density effects on forage and dry matter yield of corn hybrids (*Zea mays* L.). *Journal of Agronomy and Crop Science*. 191 (2). 146-151.

- Vach, M., Javůrek, M. 2011. Efektivní technologie obdělávání půdy a zakládání porostů polních plodin. Metodika pro praxi. Výzkumný ústav rostlinné výroby. Praha. 23 s. ISBN: 978-80-7427-079-6.
- Vaněk, V., Balík J., Pavlíková D., Tlustoš P. 2007. Výživa a hnojení polních a zahradních plodin. Profi Press Praha. 167 s. ISBN: 978-80-86726-25-0.
- Vrzal, J., Novák, D., Štráfelda, J., Kohout, V. 1995. Pěstování kukuřice a jednoletých píceň. Institut výchovy a vzdělávání Mze ČR. 30 s. ISBN:80-7105-097-0.
- Watson, D. J. 1947. Comparative physiological studies on the growth of field crops. I. Variation in net assimilation rate and leaf area between species and varieties, and within and between years. *Annals of Botany*. 11 (1). 41-76.
- Westgate, M. E., Forcella, F., Reicosky, D. C., Somsen, J. 1997. Rapid canopy closure for maize production in the northern US corn belt: radiation-use efficiency and grain yield. *Field Crops Research*. 49 (2). 249-258.
- Zimolka, J., Balounová, M., Cerkal, R., Červinka, J., Doležal, P., Dvořák, J., Fajman, M., Hrstková, P., Jánský, J., Křen, J., Palík, S., Poláčková, J., Polišínská, I., Povolný, M., Procházková, B., Prokop, M., Richter, R., Ryant, P., Říha, K., Smutný, V., Tichý, F., Vaculová, K., Winkler, J., Zeman, L. 2008. Kukuřice – hlavní a alternativní užitkové směry. Profi Press. Praha. 200 s. ISBN: 978-80-86726-31-1.