

MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ
AGRONOMICKÁ FAKULTA

DIPLOMOVÁ PRÁCE

BRNO 2015

HANA DOVRTĚLOVÁ

Mendelova univerzita v Brně
Agronomická fakulta
Ústav agrosystémů a bioklimatologie



**Dynamika růstu a tvorba výnosu u kukuřice
pěstované při různé meziřádkové vzdálenosti**

Diplomová práce

Vedoucí práce:

doc. Ing. Vladimír Smutný, Ph.D.

Vypracoval:

Hana Dovrtělová

Brno 2015

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci **Dynamika růstu a tvorba výnosu u kukuřice pěstované při různé meziřádkové vzdálenosti** vypracovala samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou *Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací*.

Jsem si vědoma, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne:.....

.....
podpis

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji všem, kteří při vypracování této diplomové práce byli ochotni podělit se o své cenné rady, připomínky a náměty, především vedoucímu diplomové práce Doc. Ing. Vladimíru Smutnému, Ph.D.

Tato diplomová práce vznikla za využití výsledků z výzkumného projektu NAZV QJ1210008, s názvem: „Inovace systémů pěstování obilnin v různých agroekologických podmínkách ČR“.

ABSTRAKT

V této diplomové práci s názvem „Dynamika růstu a tvorba výnosu u kukuřice pěstované při různé meziřádkové vzdálenosti“, jsou zpracována data z polního pokusu vedeného v letech 2013 a 2014 na Polní pokusné stanici v Žabčicích. Pokus byl zaměřen na porovnání dynamiky růstu a výši výnosů kukuřice na siláž pěstované v úzkých řádcích (0,35 m), klasických řádcích (0,75 m) a dvouřádcích při různé výši výsevků. Sledováno bylo také mikroklima mezi řádky a kvalita získané siláže. Na výsledcích se silně projevil vliv ročníku. V roce s nedostatkem srážek od měsíce července až do sklizně (2013) byly zaznamenány průkazně vyšší výnosy u variant s úzkými řádky i dvouřádky oproti variantám s klasickou šířkou řádku. V roce 2014 byl v průběhu těchto měsíců dostatek srážek a rozdíly mezi variantami byly minimální.

Klíčová slova: kukuřice, úzké řádky, dvouřádky, hustota porostu, šíře řádků

ABSTRACT

In this thesis „Growth dynamic and yield production of maize grown under different row spacing“ was observed a field experiment conducted in 2013 – 2014 on the Experimental Field Station in Žabčice. The experiment was aimed on comparison of growth dynamic and yields of forage maize grown under narrow rows (0,35 m), traditional rows (0,75 m) and twin-rows in variants with different seed rates. Results were influenced by extremely different weather conditions in each of the observed year. In the year with low precipitations from July to the harvest (2013) was observed statistically significant increase of yields in case of variants with narrow rows and twin-row in comparison to traditional row distance. In 2014 during these months was enough precipitation and differences between variants were minimal.

Key words: corn, maize, narrow row, twin row, plant density, row spacing

OBSAH

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | ÚVOD..... | 8 |
| 2 | CÍL PRÁCE..... | 9 |
| 3 | LITERÁRNÍ PŘEHLED | 10 |
| 3.1 | Růst a vývoj kukuřice..... | 10 |
| 3.2 | Založení porostu kukuřice..... | 12 |
| 3.2.1 | Volba hybridu | 12 |
| 3.2.2 | Termín setí..... | 13 |
| 3.2.3 | Hloubka setí..... | 14 |
| 3.2.4 | Technika setí..... | 14 |
| 3.2.5 | Výsevek | 15 |
| 3.3 | Organizace porostu..... | 15 |
| 3.3.1 | Úzké řádky..... | 17 |
| 3.3.2 | Dvouřádky | 21 |
| 3.4 | Legislativní omezení pěstování kukuřice v České republice | 23 |
| 4 | MATERIÁL A METODIKA | 24 |
| 4.1 | Charakteristika pokusné lokality..... | 24 |
| 4.2 | Charakteristika pokusu | 25 |
| 4.3 | Varianty a uspořádání pokusu | 26 |
| 4.4 | Měření mikroklimatu porostu | 28 |
| 4.5 | Agrotechnika pokusu..... | 28 |
| 4.6 | Metodika odběrů rostlin k hodnocení dynamiky růstu | 31 |
| 4.7 | Metodika sklizně pokusu..... | 31 |
| 4.8 | Metodika statistického zpracování dat | 31 |
| 4.9 | Průběh povětrnostních podmínek v roce 2013..... | 32 |
| 4.10 | Průběh povětrnostních podmínek v roce 2014..... | 34 |
| 5 | VÝSLEDKY | 36 |
| 5.1 | Výsledky měření dynamiky růstu | 36 |
| 5.2 | Výnosy | 39 |
| 5.3 | Rozbor sušiny..... | 44 |
| 5.4 | Výsledky měření mikroklimatu porostu v roce 2013..... | 45 |
| 5.5 | Výsledky měření mikroklimatu porostu v roce 2014..... | 48 |

| | | |
|----|---------------------------------|----|
| 6 | DISKUSE | 50 |
| 7 | ZÁVĚR..... | 57 |
| 8 | PŘEHLED POUŽITÉ LITERATURY..... | 59 |
| 9 | SEZNAM OBRÁZKŮ | 63 |
| 10 | SEZNAM TABULEK | 64 |
| 11 | SEZNAM GRAFŮ..... | 65 |
| 12 | PŘÍLOHY | 66 |
| 13 | SEZNAM PŘÍLOH..... | 70 |

1 ÚVOD

V posledních desetiletích se ve světě i u nás zvýšila produkce kukuřice. Důvodem je vyšší poptávka vznikající v důsledku narůstající populace a zvýšení životní úrovně a tím vyššího využití této plodiny jako krmiva nebo potraviny. Významnou roli hraje také její využití v dalších odvětvích lidských činností, především ve výrobě bioplynu. Kukuřice se uplatňuje i v chemickém průmyslu, zdravotnictví atd. Z dlouhodobého hlediska je to velmi zajímavá komodita, u níž lze počítat s růstem ceny (Novacek, 2011).

Kukuřice je stále atraktivnější plodinou z pohledu pěstitelů také díky výsledkům šlechtění hybridů či vzniku nových geneticky modifikovaných hybridů, které umožňují dosažení stejných nebo i vyšších výnosů s menšími náklady v různých produkčních prostředích. Pokrok ve vývoji nových hybridů a zemědělské techniky vybízí ke změnám v pěstebních technologiích, které by mohly vést k vyšší produkci i setrvalosti hospodaření.

2 CÍL PRÁCE

Cílem této práce je sledovat vzájemné působení hustoty porostu a meziřádkové vzdálenosti na dynamiku růstu, tvorbu výnosu a jeho kvalitu u moderních hybridů kukuřice v podmínkách kukuřičné výrobní oblasti jižní Moravy.

3 LITERÁRNÍ PŘEHLED

3.1 Růst a vývoj kukuřice

Kukuřice je velmi náročná na sluneční světlo. Dokáže jej velice efektivně využít a přeměnit na biomasu. Je to dáno tím, že patří mezi C4 rostliny. Tato metabolická odlišnost řadí kukuřici mezi rostliny s vyššími nároky na intenzitu slunečního záření a vyšší teploty vzduchu, ale i půdy. Současně tyto vlastnosti s dobrými půdními podmínkami vytváří předpoklad pro efektivnější využití přijatelných živin na tvorbu výnosu (Prokop et al., 2001). Tyto rostliny dokáží lépe zpracovat CO₂ přijatý z prostředí a získat tak více energie. Svou fotoperiodickou reakcí patří kukuřice mezi krátkodenní rostliny, z čehož vyplývá, že na prodlužující se délku dne reaguje urychleným vývojem a intenzitou růstu. Je důležité, aby vegetativní část růstu proběhla za dlouhého dne a příznivých teplot (Zimolka et al., 2008). Ve členitějším terénu může mít značný vliv na výnosy kukuřice i expozice svahu. Nejvhodnější je expozice jižní.

Kukuřice je rostlina teplomilná. Teplota je pro ni velmi důležitá a je často limitujícím faktorem jejího pěstování v chladnějších oblastech. Při teplotě mezi 5 – 6 °C přestává kukuřice růst. Teploty přesahující 30 °C již nejsou pro růst kukuřice efektivní (Zimolka et al., 2008). Klíčící rostlinky jsou velmi citlivé i na slabý mráz. Suma teplot v průběhu celého životního cyklu kukuřice by měla být od 1700°C do 3120°C (Zimolka et al., 2008). U raných hybridů se suma teplot snižuje a tak se mohou používat i ve vyšších polohách. Kukuřice je velice citlivá na kolísání teplot v průběhu vegetačního období.

Pro vyklíčení je důležitá nejen teplota, ale i její kombinace s vlhkostí vzduchu. Vzhledem ke způsobu fixace CO₂ může kukuřice fotosyntetizovat i když má zavřené průduchy, a tím lépe přežívá i na sušších lokalitách. Zlepšení fotosyntetické výkonnosti a odolnosti vůči suchu bylo dosaženo vytvořením geneticky modifikované kukuřice a to vložением genu z čiroku obecného. Tato modifikace se úspěšně užívá v USA.

K dobrému využívání vláhy přispívá poměrně velká listová plocha. Na sucho je kukuřice velmi citlivá v době kvetení, protože blizny rychle zasychají. Dostatek srážek po květu je jedním z hlavních předpokladů dobré sklizně (Váša et al., 1964).

Nároky kukuřice na kvalitu půdy jsou nižší než na teplo. Kukuřice vytváří mohutný kořenový systém (koření hlouběji než ostatní naše plodiny) a proto může dobře využívat vodu i živiny z půdní zásoby. Z půdy odebírá velké množství vody potřebné k růstu. Kukuřice je velmi náročná na přípravu půdy. Aby se mohl plně rozvinout její kořenový systém a tím se vytvořit příznivé podmínky pro příjem vody a živin, vyžaduje půdy hluboko zpracované. Povrch půdy by měl být maximálně provzdušněný, aby se co nejrychleji prohřál, ale zároveň se nesmí přerušit přísun vody z hlubších vrstev. (Vrzal et al., 1995). Kukuřice přijímá velké množství živin a výborně využívá všechny formy organického hnojení. Kukuřice příznivě reaguje na živiny v tzv. „staré půdní síle“.

Pro pěstování kukuřice jsou nevhodné erozně ohrožené pozemky, kvůli širokým řádkům.

Kukuřice se poměrně dobře přizpůsobuje podmínkám prostředí. Na její růst a vývoj má velký vliv průběh počasí během vegetace, především rozpoložení teplot a srážek v čase. Může ji poškodit i vítr a krupobití.

Znalost a porozumění růstu a vývoje rostlin kukuřice jsou velmi důležité při péči o porost. Dopomáhají ke správným agronomickým rozhodnutím a tím k vyšším výnosům.

Kukuřice je jednoletá rostlina. Její životní cyklus se dělí na dvě základní období - vegetativní a generativní. Vegetativní období zahrnuje fázi klíčení a vzházení. Období generativní začíná sloupkováním, následuje metání, kvetení, tvorba zrna a zrání. Zralost je vosková, žlutá a plná.

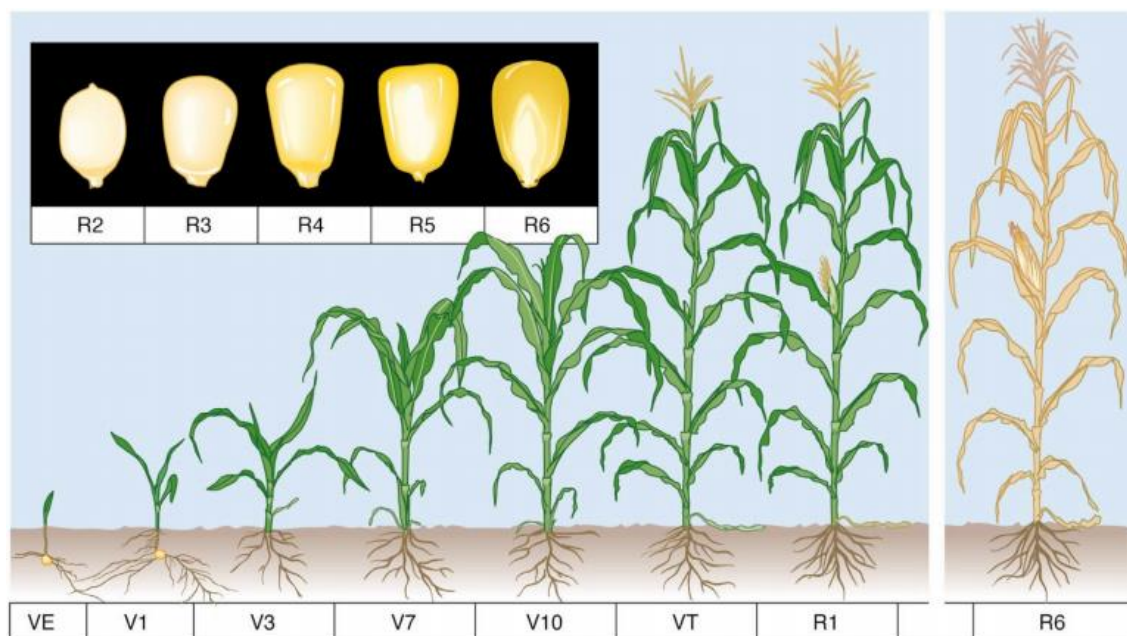
K charakteristikám jednotlivých fenologických fází kukuřice se používají různé stupnice. Tradiční je stupnice podle Kupermanové, která rozděluje individuální vývoj kukuřice podle diferenciací vegetačního vrcholu od vyklíčení až do zralosti na 12 etap (Zimolka, 2008).

V současné době se více používají stupnice DC s desetinným kódem (**D**ecima **C**ode) viz Obr. 1 a stupnice BBCH (Biologische **B**undesanstalt, **B**undessortenamt und **C**hemische Industrie) viz Obr. 2. Tyto stupnice nejlépe vyhovují požadavku zpracování dat výpočetní technikou (Zimolka, 2008).

Důležité je propojení vizuální charakteristiky vývojových fází s fyziologickými procesy v rostlině.

Kukuřice je rostlinou, která v krátké době vytvoří velké množství hmoty s vysokým obsahem energie. Pro úspěšný vývoj a růst potřebuje kukuřice harmonické působení

jednotlivých vegetačních faktorů, mezi které řadíme světlo, půdu, teplo a vodu (Doležal et al., 2006).



Obrázek 1 Vývojové fáze kukuřice (zdroj: Nafziger, 2006)

3.2 Založení porostu kukuřice

V současné době je k dispozici více technologií založení porostů kukuřice – klasická technologie (tj. setí do půdy připravené tradičním způsobem), minimalizační technologie či přímé setí do nezpracované půdy (Baxa et al., 2012).

Základním předpokladem k dosažení vysokých výnosů kukuřice je správné založení porostu. Před založením porostu je třeba učinit správné rozhodnutí o volbě hybridu, termínu setí, hloubce setí, technice setí a organizaci porostu

3.2.1 Volba hybridu

V průměru se na zvýšení výnosu podílí pěstební technologie z 50 % a dalších 50 % je odvislých od šlechtění. Tyto dva nástroje jsou tak blízce provázány, že zlepšení je možné dosáhnout pouze, jsou-li využívány společně (Duvick, 2005).

Při výběru hybridu se bere v potaz využití pěstované kukuřice, zda jde o kukuřici na zrno, na siláž, pro bioplynové stanice nebo ke speciálním účelům. V případě kukuřice na zrno se pozornost soustřeďuje především na tyto vlastnosti hybridu – výnos zrna, rychlost uvolňování semen a výmlatnost. U hybridů kukuřice na siláž je důležitý výnos suché hmoty, podíl zrn k celkové hmotě a stravitelnost organické hmoty. Zvolený hybrid musí svojí charakteristikou odpovídat výrobní oblasti a klimatickým podmínkám stanoviště, na kterém má být pěstován. Číslo FAO (číslo ranosti) určuje délku vegetační doby hybridu. Seznam aktuálně registrovaných odrůd hybridů kukuřice v České republice a jejich základní charakteristiky je možné dohledat v Seznamu doporučených odrůd, který každoročně vydává Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský (ÚKZUZ).

3.2.2 Termín setí

Podle Vrzala et al. (1995) o termínu výsevu rozhoduje teplota půdy, která má být 9 – 10 °C. Současným trendem je raný výsev v agrotechnické lhůtě. Předpokládá se lepší využití zimní vláhy a prodloužení vegetační doby, což se může projevit vyššími výnosy. Nevýhodou je delší doba do zapojení porostu a tudíž větší prostor pro působení plevelů (Vrzal et al., 1995).

Agrotechnický termín setí kukuřice nastává, když teplota půdy v hloubce dosáhne 8°C. K této situaci dochází v podmínkách České republiky v závislosti na průběhu počasí, typu půdy, orientaci stanoviště a nadmořské výšce obecně mezi 10. dubnem až 5. květnem. Optimální podmínky pro setí kukuřice trvají velmi krátce, dva až tři dny. Je proto vhodné disponovat správnou kapacitou secích strojů (Prokop, 2001).

V minulosti začínali zemědělci se setím kukuřice až po dosažení agrotechnického termínu. Nové zkušenosti a poznatky od nás i ze zahraničí doporučují raný výsev, za předpokladů, že teplota půdy je v hloubce setí 6 °C, přičemž hloubka setí je vypočítána podle vzorce $hs \text{ (cm)}^* = HTS^{**} \times 1.5/100$ (mělčí hloubka setí oproti původní praxi), chladový test osiva má minimální hodnotu 88 % a je hnojeno pod patu v dávce 100 kg Amofosu (Prokop, 2001)

Důsledkem brzkého setí za chladného počasí je zpomalené klíčení rostlin, pomalé vzházení, snížená účinnost moření, zpomalení růstu kořenů a snížená schopnost přijímat živiny (Baxa et al., 2012).

V důsledku pozdního setí dochází v prohráté půdě k rychlému klíčení a rychlému počátečnímu vývoji. Kukuřice reaguje na podmínky dlouhého dne zesíleným prodlužovacím růstem, dochází k nasazování palic vysoko na rostlině a zvýšenému riziku poléhání. Vegetační doba kukuřice není optimálně využita – menší hůře ozrnné palice, pomalejší ukládání škrobu atd. (Baxa et al., 2012).

* *hs* = hloubka setí, ** *HTS* = hmotnost tisíce semen

3.2.3 Hloubka setí

Správnou hloubkou setí je možné urychlit vzcházení kukuřice a omezit napadání klíčících semen v půdě houbovými chorobami. Hloubka setí také ovlivňuje tvorbu kořenového systému a tím i odolnost proti suchu a příjem živin z půdy (Prokop, 2001).

Hloubka setí se volí v závislosti na termínu setí, kalibraci osiva (hmotnosti tisíce semen) a druhu půdy - na těžkých půdách se seje hlouběji, na lehčích mělčeji. V agrotechnickém termínu se hloubka setí stanovuje podle vzorce $hs(\text{cm})^* = \text{HTS}^{**} \times 2/100$ (Prokop, 2001).

Při včasném setí bývá častější mělké setí, protože v horní vrstvě půdy je obvykle dostatek vláhy. Limitujícím faktorem je teplo. Při pozdějším setí je půda již výrazně teplejší, ale limitujícím faktorem se stává voda. Proto dáváme přednost hlubšímu setí (Baxa et al., 2012).

3.2.4 Technika setí

K zakládání porostů se používají přesné secí stroje s pneumatickým nebo mechanickým secím ústrojím, které umožňují optimálně založit porost kukuřice. Stroje je možné doplnit zařízením pro přihnojení pod patu, aplikátory granulovaných insekticidů do řádku a postřikovači pro pásovou aplikaci půdních herbicidů. Při setí je vhodné set ve směru sever - jih a na svazích po vrstevnicích. Je třeba dodržet rovnoměrnou hloubku setí, protože později vzešlé rostliny jsou zastíněny, mají kratší dobu vegetace a tím nižší výnos a později dozrávají. Teoretická ztráta výnosu u rostlin opožděných o 10 dnů je 8 % a u rostlin opožděných o 21 dnů je to 10 – 20 %. Setí kukuřice je třeba provést rovnoměrně – každé zvýšení standardní odchylky vzdálenosti

mezi rostlinami (tolerance je 5 cm) o 1 cm snižuje výnos o 0,6 q/ha. Techniku setí je také třeba přizpůsobit doporučením pro daný hybrid – počet zrn a termín setí (Prokop, 2001). Dobře založený porost je výhodný nejen pro růst rostlin, ale umožňuje také kvalitně provádět ošetření v době vegetace.

3.2.5 Výsevek

Kukuřice se vysévá nejčastěji do řádků širokých 0,70 - 0,75 m. Výsevek se odvíjí od konkrétního hybridu a účelu pěstování (kukuřice na zrno či na siláž).

Obecně lze říci, že hustota porostu by měla být menší v případě horších podmínek na stanovišti a u hybridů s delší vegetační dobou (Zimolka et al., 2000). Doporučená hustota se navyšuje při vyšším podílu posklizňových zbytků na povrchu půdy (při minimalizaci) a při jiných faktorech omezujících polní vzcházivost a způsobujících úbytek rostlin během vegetace. Z těchto důvodů je vhodné zvýšit doporučený počet zrn na hektar přibližně o 5 – 10 %, aby byla kompenzována nižší polní vzcházivost a úbytek rostlin během vegetace (Baxa et al., 2010).

V současné době se v rámci podmínek České republiky a hybridu pohybuje hustota výsevu zrnových kukuřic okolo 70 - 72 000 jedinců na hektar. Při využití kukuřice na siláž nebo v bioplynových stanicích se porost dimenzuje do výsevků překračující 90 000 jedinců na hektar (Baxa et al., 2010).

3.3 Organizace porostu

Pokrok v technice a genetice rostlin umožnil vysévat vyšší počet rostlin kukuřice na plochu a tak navýšit výnosy. Zněny ve zvýšení hektarového výsevku dobře dokumentuje srovnání výsledků z několika pokusů vedených v USA v rozpětí let 1960 až 2002. Ve studii z roku 1960 Stickler a Laude uvádějí, že největší výnosy v Kansasu dosahují porosty kukuřice na zrno s hustotou 25 800 a 38 700 jedinců na hektar. Lutz et al. (1971) uvádí, že ve Virginii dosahuje nejvyšších výnosů porost s populací 49 000 a 62 000 rostlin na ha. V práci publikované Knappem a Reidem (1981) se udává, že nejvyšších výnosů v oblasti New Yorku dosahují porosty s hustotou 54 340 jedinců na hektar. Porter et al. (1997) zjistil, že výnosy v Minnesotě jsou nejvyšší při výsevku 86

400 nebo 98 800 rostlin na hektar. V Michiganu bylo nejvyšších výnosů dosaženo při výsevku 90 000 rostlin na hektar (Widdicombe et al., 2002).

Při zkoušení potenciálu hustoty porostu je vhodné brát v úvahu nejen současné systémy pěstování plodiny, ale také faktory, které se pravděpodobně v budoucnu změní. Historie zvyšování výnosů byla výrazně ovlivněna kontinuálním zvyšováním tolerance hybridů k zahuštění, což dovolilo pěstovat plodinu ve vyšších hustotách a dá se předpokládat, že u nových hybridů se bude tato vlastnost zlepšovat (Jeschke, 2012).

Duvick (1977) uvádí, že hybridy staršího typu mají při nižší hustotě porostu vyšší výnosy než hybridy nové, neboli nové hybridy mají vyšší výnos při vyšší hustotě porostu. To vybízí k úvaze, že hybrid poskytne maximální výnos, bude-li pěstován v podmínkách, pro které byl vyšlechtěn.

Heagele et al. (2014) na základě výsledků experimentu na Illinoiské univerzitě, který se zabýval možnostmi zvýšení výnosu kukuřice při vhodné kombinaci organizace porostu, míry hnojení fosforem a hybridu uvádí, že výsledky poukázaly na důležitost optimalizovat šíři řádků a míru hnojení ve vztahu k reakci jednotlivých hybridů na hustotu porostu. Dále uvádí, že hustota porostu je klíčem ke zvyšování výnosů.

Z pokusů vedených v Iránu vyplývá, že s větší hustotou rostlin v řádku se u silážní kukuřice snižuje výnos nadzemní hmoty na rostlinu, ale zvyšuje se hektarový výnos. Nejvyšších výnosů bylo dosaženo při rozestupu rostlin v řádku 0,12 m. Byl prokázán vliv hybridu na výnos (Alillo, 2012).

Ranné hybridy, obecně řečeno, vyžadují vyšší hustotu porostu k dosažení maximálních výnosů než pozdější hybridy (Sangoi et al., 2001). Ranné hybridy jsou obvykle menší, mají méně listů, menší listovou plochu na rostlinu a tím vzniká méně problémů se zastíněním vlastní listové plochy než u pozdních hybridů. U raných hybridů je nezbytné mít větší počet rostlin na plochu kvůli dosažení LAI, který umožní zachytit maximum sluneční radiace, potřebné k vytvoření maximálního výnosu (Sangoi, 2001).

Při nízké hustotě porostu mnoho moderních hybridů neodnožuje efektivně a velmi často produkují jen jednu palici na rostlinu. Na druhou stranu příliš vysoká hustota porostu podporuje soupeření rostlin o světlo, vodu a živiny. To může mít nepříznivý vliv na konečný výnos, protože je stimulována apikální dominance, vyvolána neplodnost a v konečném důsledku se snižuje počet palic na rostlinu a počet zrn v palici (Sangoi et al., 2001).

Lauer (2009) uvádí, že výsevky, které maximalizují výnosy zrna a siláže jsou vyšší než v současné době doporučované výsevky. Je však třeba si uvědomit, že ekonomické optimum hustoty porostu je funkcí výnosu a kvality, nákladů na produkci a ceny zrna nebo siláže. Ekonomická hustota porostu je nižší než hustota porostu, která maximalizuje výnos.

3.3.1 Úzké řádky

Navýšení počtu rostlin na hektar je možné umístěním více rostlin v řádku a také zmenšením vzdálenosti mezi řádky. V minulosti musela širší řádků v kukuřici umožnit obdělávání porostu tažnými zvířaty (Pecinovsky, 2002). Až do roku 1950 bývalo v USA zvykem pěstovat kukuřici v řádkové vzdálenosti 1 m, což odpovídalo šířce koně a umožňovalo odplevelení bez použití herbicidů (Lauer, 2003). V současnosti se kukuřice u nás vysévá nejčastěji do řádků širokých 0,70 m – 0,75 m, kde je šířka řádků kompromisem mezi potřebami rostliny a použitou mechanizací (Vrzal et al., 1995). Pokrok ve vývoji zemědělské techniky, herbicidů a ve šlechtění rostlin však umožňuje, aby byly rostliny sety do řádků, které jsou blíže než 0,70 m. V USA se možné výhody výsevu kukuřice do užších řádků (0,375 m a 0,51 m) začaly zkoumat na počátku 90. let minulého století. V současné době se problematikou širší řádků intenzivně zabývají americké univerzity i šlechtitelé kukuřice a tak nejvíc dostupných výsledků pochází právě ze Spojených států amerických (Prokop, 2013).

Rozložení výsevu do užších řádků dává jednotlivým rostlinám více prostoru. Teorie užších řádků vychází z předpokladu, že ideální je pěstovat rostliny v rovnoměrné vzdálenosti od sebe, protože jsou jim potřebné zdroje k dispozici stejnou měrou a snižuje se tak konkurence (Fee, 2011).

Gullickson (2015) ve svém článku uvádí, že podle Marka Jeschke (výzkumníka firmy DuPont Pioneer) navyšování výsevků bude vést k využívání úzkých řádků, které umožňují vysetí stejného množství rostlin na ploše, ale v rozmístění, které omezuje stres rostlin z přehustění porostu.

Reálné výsledky ze Severní Ameriky však nepoukazují na jednoznačný přínos úzkých řádků. Lepších výsledků je dosahováno v severní části Kukuřičného pásu a dalších oblastech, kde je méně úrodná půda a nedostatek vody. Fee (2011) cituje Nielsena B. z Purdue University v Indianě, který udává, že úzké řádky mohou být více

přínosné tam, kde je zapojení porostu a tvorba výnosu ovlivňováno horšími půdními a klimatickými podmínkami. Jako příklad uvádí severní oblasti, kde je chladněji a pomalejší růst, půdy chudé na živiny (zvláště na dusík), písčité, nezavlažované a často vysychající půdy, rané hybridy a méně olistěné hybridy menšího vzrůstu.

Nielsen také udává, že pokud má porost kukuřice více vody, živin a světla než potřebuje (tak, jak je tomu dnes ve střední oblasti Kukuřičného pásu), pak výnosy zrna nemají signifikantní odezvu na úzké řádky, z toho vyplývá, že současná šíře řádků 0,75 m není pro výnos kukuřice limitní. Úzké řádky jsou vhodnější pro kukuřici na siláž (Lauer, 2003).

Podle většiny výzkumů a zkušeností amerických farmářů dosahují užší řádky lepších výnosů severně od dálnice Interstate 90, která protíná oblast Kukuřičného pásu několik kilometrů nad hranicí státu Iowa s Minnesotou a vede přes další stát této oblasti Severní Dakotu až k Tichému oceánu (Fee, 2011). Tato oblast tvoří severní okraj Kukuřičného pásu a podmínky pro pěstování kukuřice jsou zde v porovnání se střední oblastí Kukuřičného pásu horší. Výzkumy Minnesotské university uvádí, že v severní a střední Minnesotě se může při vzdálenosti řádku 0,50 m zvýšit výnos zrna o 7 % až 9 % v porovnání s klasickými řádky.

Fee (2011) cituje tvrzení Nielsena B., že většina nezávislých výzkumů považuje výnosovou reakci na řádkování užší než 0,75 m za obecně pozitivní, ale velmi nejistou, s tím, že v průměru se navýšení výnosu pohybuje od 1,5 % do 2,5 %.

Z výsledků pokusů ze všech oblastí Německa vyplývá, že se při tomto způsobu setí zvyšuje výnos suché hmoty z hektaru o 3 – 8 %, ale při tom klesá obsah škrobu a celkové energie. Jsou zde i dodatečné náklady na technické zabezpečení. Při rozteči řádků 0,375 m se zdvojnásobí množství použitého hnojiva aplikovaného pod patu. Zkušenosti s úzkou roztečí řádků jsou regionálně velmi odlišné (Baxa Z., 2012).

Prokop (2013) podává následující výčet výhod a nevýhod hustějšího setí. Výhody hustějšího setí jsou rychlejší uzavření porostu, nižší nebezpečí eroze, nižší sekundární zaplevelení, snížený odpar, stejnoměrný příjem živin, nižší zbytkový minerální dusík. Mezi nevýhody hustějšího setí patří vyšší investiční náklady, vyšší opotřebení secího stroje, vyšší množství hnojiva pod patu, horší osvětlení listů a palic, problematická sklizeň kukuřice na zrno, případná změna využití kukuřice ze siláže na zrno je těžká.

Herout et al. (2014), ve své práci zabývající se půdoochrannými technologiemi uvádí, že ze srovnání výsledků ztrát půdy, infiltrace a výnosu je vidět, že na tyto faktory

mělo příznivý vliv i setí kukuřice do užšího řádku (0,375 m). Porost byl dříve zapojen (nižší evaporace z půdy) a rostliny měly dostatek prostoru okolo sebe, mohly absorbovat větší množství světla a stahovat ke stonku větší množství vodních srážek než při řádkové vzdálenosti 0,75 m.

Výzkumy poukázaly na silný vztah mezi zvýšením výnosu v úzkých řádcích a vyšším příjmem světla (Andrade et al., 2002). Aby se maximalizoval výnos, musí porost zachytit 95 % nebo i více fotosynteticky aktivního záření v průběhu periody tvorby zrna. Úzké řádky dokáží zachytit více záření než klasické řádky, což jim může oproti klasickým řádkům poskytnout výhodu v případě, že klasické řádky nedosáhnou tohoto prahu způsobeného např. nedostatkem vody nebo živin v průběhu růstu (Andrade et al., 2002). Vědci však prokázali, že i klasické řádky dokáží bez problémů zachytit přes 95 % fotosynteticky aktivního záření (Nafziger, 2006, Novacek et al., 2013). Mnoho pěstitelů, agronomů a farmářů předpokládalo, že užší řádky dosáhnou vyšších výnosů vzhledem k tomu, že jejich porost se dříve zapojí a je schopný zachytit více slunečního záření. Ale vědci dospěli k názoru, že v ranějších vývojových fázích kukuřice nepotřebuje zachytit dodatečné množství slunečního svitu (Fee, 2011).

Dobře zapojeným porostem je podmíněno úspěšné opylení a tvorba zrna, a v tomto období nebývají rozdíly mezi širokými a úzkými řádky v příjmu slunečního záření (Jeschke, 2012). Nicméně vědci považují za možné, že rozdíly v příjmu slunečního záření mohou být důvodem vyšších výnosů u užších řádků. Zvýšený příjem slunečního záření úzkými řádky koresponduje s periodou maximální délky dne v severnějších šířkách, zatímco příjem světla dále na jihu Kukuřičného pásu má menší tendenci být ovlivněn meziřádkovou vzdáleností v tomto období, vzhledem k pokročilejšímu stádiu vývoje porostu (Jeschke, 2012).

Kromě příjmu slunečního záření, mohou úzké řádky také lépe přijímat zdroje z půdy. Rovnoměrnější vzdálenost rostlin od sebe umožňuje vyrovnanější tvorbu kořenového systému v půdním profilu, což snižuje kompetici rostlin v řádku o vodu a živiny (Sharratt a Mc Williams, 2005). Při využití řádků o rozteči 0,45 m bylo zaznamenáno minimální prolínání kořenových systémů rostlin ve srovnání s roztečí 0,75 m. U kukuřice může tato skutečnost být zásadní pro eliminaci některých stresových faktorů a vzájemné kompetice rostlin (Brandt et al., 2004). Výzkumy ukázaly, že úzké řádky mohou zlepšit využití dusíku kukuřicí zvýšením schopnosti plodiny získat dusík z půdy (Barbieri et al., 2008). Schopnost úzkých řádků zvýšit

výnosy díky lepšímu přijímání vody je méně jasná. Barbieri et al. (2012) zjistil, že úzké řádky zvyšují odběr vody v průběhu raných stádií růstu plodiny, pravděpodobně díky hlubšímu a rovnoměrnějšímu kořenovému systému v půdním profilu, ale tato výhoda mizí s postupem sezóny. Celková suma evaporace za celou sezónu se u klasických a úzkých řádků výrazně neliší. Naopak Sharrat a Mc Williams (2005) zjistili, že v jedné sezóně z dvouletého pokusu měly úzké řádky celkově vyšší odběr vody z půdy než řádky klasické.

Efekt rozdílné šíře řádků na využití vody závisí na vzorci dostupnosti vlhkosti v průběhu růstové sezóny. V případě, že sucho přetrvává v průběhu celé sezóny, může zvýšený odběr vody v počátečních fázích snížit zásoby vody potřebné v pozdějším období. Zvýšení brzkého odběru vody může mít dodatečně efekt na potřebu vyšší poptávky po vodě v pozdějších růstových fázích, vzhledem k výraznějšímu růstu na začátku sezóny. Pokud voda dále v sezóně není limitním faktorem, zvýšený raný příjem může být pro plodinu přínosem. Nicméně, obecně výzkumy nenaznačují výraznější výhody úzkých řádků oproti klasickým v podmínkách sucha (Jeschke, 2012).

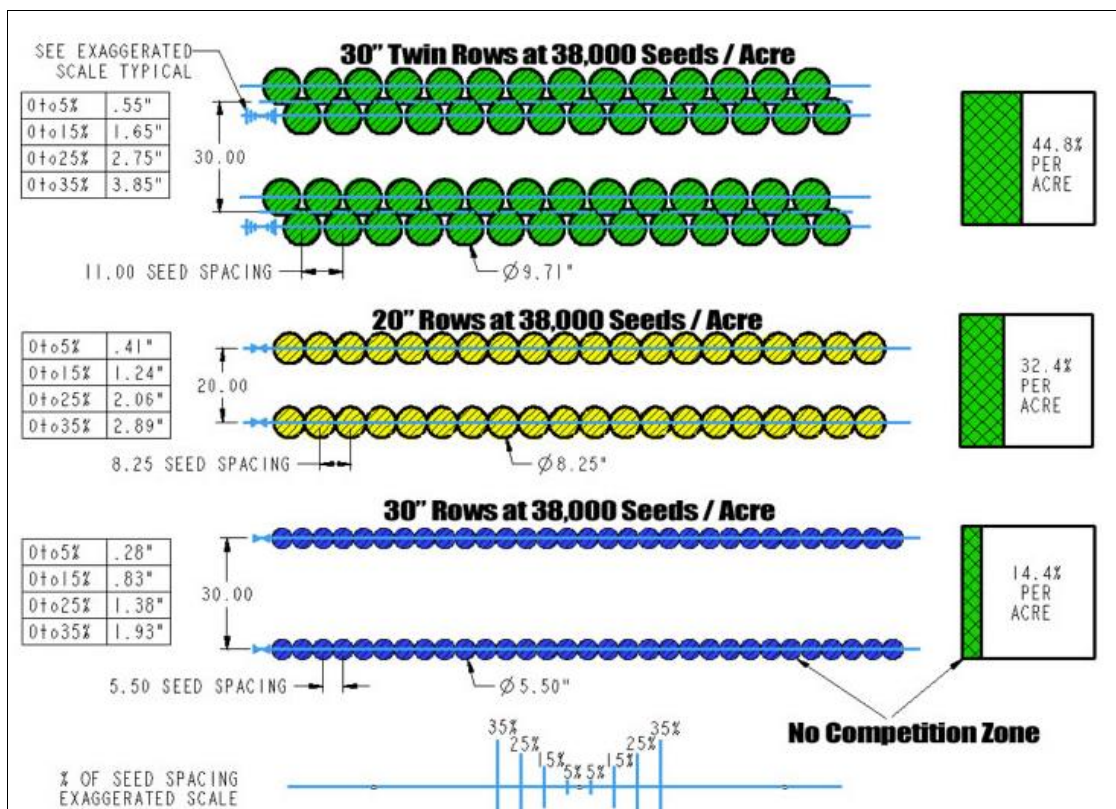
Studie o šíři řádků se rutinně zabývají také testováním interakce rostlin na hustotu výsevu a zvláště tím, jestli mají úzké řádky vyšší optimální hustotou než klasické řádky. Většina studií uvádí, že v tomto ohledu nejsou mezi klasickými a úzkými řádky výrazné rozdíly.

Existují indicie, že moderní hybridy jsou více vhodné pro zvyšování výnosu při pěstování v řádcích 0,75 m než původní hybridy. Van Roekel and Coulter (2012), zaznamenali pokles výnosu u úzkých řádků na dvou lokalitách v Minnesotě, kde v 90. letech zjistili signifikantní zvýšení výnosů a přišli s hypotézou, že výběrem pěstitelů, jehož cílem bylo zajištění lepší odolnosti porostu vůči zahuštění, mohlo také vést k lepší adaptaci současných hybridů na šíři řádků 0,75 m (Jeschke, 2012). Analýzy prováděné Hammerem et al (2009) tuto hypotézu podporují. Mimo to, jejich modelové studie naznačují, že historické zlepšení výnosu kukuřice bylo spíše ve vztahu ke změnám v architektuře kořenového systému než ke změnám v architektuře listů. To se vztahuje především k specifickému kořenovému systému, který roste hlouběji v půdě v příkřejším úhlu. Rostliny s více vertikálním, do hloubky rostoucím kořenovým systémem se zdají být méně ovlivněny konkurencí sousedních rostlin a tím pádem méně citlivé na meziřádkovou vzdálenost.

3.3.2 Dvouřádky

Myšlenka pěstování širokořádkových polních plodin ve dvořádcích není nová, je to koncept o kterém se uvažovalo už před téměř 30 lety. Ale teprve nyní je možné dosáhnout potenciálu, který pěstování širokořádkových polních plodin ve dvořádcích poskytuje a to díky pokroku v technice a genetice rostlin (Russnogle, 2003). Nejednoznačné výsledky pokusů s reakcí kukuřice na úzké řádky (Thelen, 2006, Van Roekel a Coulter, 2012) a potřeba vysokých investic do vybavení pro úzkořádkové pěstování a sklizeň vedly některé pěstitelé kukuřice k přechodu na dvořádky (Haeghele et al., 2014). Před více než patnácti lety byla v USA vyvinuta technologie twin-row, založená na dvořádcích. Tuto technologii lze využít pro pěstování sóji, kukuřice, slunečnice, čiroku či bavlny (Mádl, 2012). Vzhledem k tomu, že tato technologie pochází z USA, je odtud i většina výzkumů a článků o této problematice.

U technologie twin-row tvoří kukuřičný dvořádek dva řádky, vzdálené od sebe cca 0,2 m, přičemž rostliny jsou v trojúhelníkovém sponu. Vzdálenost dvou dvořádků od jejich středu je kolem 0,75 m. Podle informací serveru Twin-row.com (2015) má technologie twin-row tyto pozitivní vlivy, které vedou ke zvýšení výnosů - využití většího procenta plochy pozemku (Obrázek 4), technologie dává rostlinám prostor k vytvoření většího kořenového systému, porost může maximálně využívat sluneční světlo a napomáhá ke snížení ztrát vlhkosti evaporací. Dále se u technologie twin-row zvyšuje počet rostlin a tím, s využitím dnešních hybridů, kterým vyhovuje vyšší hustota, je možné dosáhnout lepších výnosů. Zdroj také uvádí, že twin-row zvyšují stabilitu porostu díky tlustším a pevnějším stonkům, které jim umožňují lépe odolat silnému větru. Ve výčtu výhod technologie twin-row se dále uvádí zvýšení kvality a kvantity výnosů siláže, možnost využít twin-row také pro další plodiny – sóju, čirok, bavlnu, atd., možnost sklízet dvořádky klasickou sklízecí technikou a zvýšení počtu zdravých palic.



Obrázek 2 Znárodnění rozložení rostlin kukuřice v řádcích při technologii twin-row (šíře řádku 0,75 m), úzkých řádků (0,5 m) a klasických řádků (0,75 m) a využití prostoru (zdroj: www.twin-row.com)

Zatímco výzkum úzkých řádků probíhá již delší dobu a je prováděn především univerzitami, tak většina výzkumů dvouřádků pochází od soukromých společností (Fee, 2011). Obecně, společnosti propagující dvouřádky, je často představují jako technologii zaručující vyšší výnosy a dokládají to výsledky ze svých pokusů. Avšak výsledky jednotlivých pokusů, ať už vedených soukromými společnostmi nebo univerzitami nejsou tak jednoznačné, např. Hegele et al. (2014) ve svém výzkumu, zabývajícím se optimální hustotou porostu, nepotvrzuje vliv dvojřádků na výnosy. Výsledky 76 pokusů vedených firmou DuPont Pioneer v letech 1991 až 2010 v severních státech Kukuřičného pásu (Minnesotě, Severní Dakotě, Jižní Dakotě, Wisconsinu a Michiganu) vykazaly průměrné zvýšení výnosů úzkých řádků a dvouřádků o 2 - 7 % a ve státech Illinois, Iowa, Indiana, Missouri, Nebraska, Ohio a v jižním výběžku Ontaria bylo zvýšení pouze o 1 % (Jeschke, 2012). Prokop (2013) shrnuje, že veškerý výzkum, který se provádí v USA a porovnává setí do dvouřádků nebo užších řádků, neprokázal výrazný nárůst výnosu.

3.4 Legislativní omezení pěstování kukuřice v České republice

Plocha, na které se kukuřice v České republice pěstuje, se neustále zvětšuje a to především v důsledku poptávky po této plodině jako palivu bioplynových stanic. Nové odrůdy umožňují efektivně pěstovat kukuřici i v chladnějších oblastech. Avšak využití této vlastnosti hybridů částečně omezuje reliéf české krajiny, který není vždy pro pěstování kukuřice ideální. Ve svažitéjším terénu může docházet v důsledku pěstování kukuřice, jako širokořádkové plodiny, k rychlé erozi půdy. Půdní eroze je v České republice závažným problémem. Až 40 % půd patří do extrémně a silně ohrožených vodní erozí (Tomášek a Herout, 2013).

Ochrana půdy před erozí je řešena, v rámci legislativy, Standardy dobrého zemědělského a environmentálního stavu půdy (DZES), známé také pod zkratkou GAEC (z anglického Good Agricultural and Environmental Conditions). Tyto standardy zajišťují zemědělské hospodaření ve shodě s ochranou životního prostředí a jsou součástí Kontroly podmíněnosti (Cross Compliance), tj. plnění vybraných požadavků, kterým je podmíněno poskytování dotačních podpor v zemědělství.

Od roku 2015 došlo v souvislosti s novým programovacím obdobím Společné zemědělské politiky 2014 – 2020 v podmínkách Standardů, na základě nových legislativních předpisů, k celé řadě změn. Standard DZES 5 řeší problematiku pěstování hlavních polních plodin na půdě ohroženou vodní erozí. Uvádí, že žadatel o dotační podporu, na ploše dílu půdního bloku označené v evidenci jako půda silně erozně ohrožená vodní erozí zajistí, že se zde nebudou pěstovat erozně nebezpečné plodiny, mezi něž patří i kukuřice. V případě plochy půdních dílů označené v evidenci jako půda mírně erozně ohrožená vodní erozí, žadatel zajistí, že porosty erozně nebezpečné plodiny budou zakládány pouze s využitím obecných půdoochranných technologií nebo specifických půdoochranných technologií. V seznamu specifických půdoochranných technologií jsou nově uvedeny dvě technologie zaměřené na kukuřici a to pásové zpracování půdy (strip-till) a pěstování kukuřice s šířkou řádku do 45 cm bezorebným způsobem (SZIF, 2015).

4 MATERIÁL A METODIKA

4.1 Charakteristika pokusné lokality

Pokus byl založen nedaleko obce Žabčice vzdálené 25 km jižně od Brna na Polní pokusné stanici Mendelovy univerzity v Brně. Konkrétně na části pokusné stanice zvané „Nová Obora“ s GPS souřadnicemi 49°1'22.435"N, 16°37'7.972"E. Mapa umístění pokusu je k dispozici v Příloze 1.

Katastrální území Žabčic se nachází v kukuřičné výrobní oblasti, podoblasti K₂. Patří mezi nejteplejší oblasti v ČR. Lokalita leží v nadmořské výšce 179 m, v jihomoravské suché oblasti s typickým vnitrozemským klimatem. Suchost klimatu zvyšují větry, které způsobují velký výpar půdní vláhy.

Dle BPEJ se jedná o klimatický okrsek velmi teplý a suchý. Hodnota Langova dešťového faktoru se pohybuje okolo 57; tato charakteristika řadí pokusnou lokalitu k nejsušším regionům.

Průměrná roční teplota je 9,2 °C, nejteplejším měsícem v roce je červenec s průměrnou denní teplotou vzduchu 19,3 °C a nejchladnější leden s průměrnou teplotou – 2,0 °C (Tab. 1). Z hlediska srážkových poměrů patří lokalita k suchým oblastem, kdy 30 letý průměr ročních úhrnů srážek činí 480 mm. Do oblasti pokusné stanice zasahuje též srážkový stín. Dešťové srážky ve vegetačním období jsou rozloženy velmi nerovnoměrně. Srážkově nejbohatší je měsíc červen s 68,6 mm a nejchudší je březen s 23,9 mm srážek. Trvání slunečního svitu kolísá v rozmezí 1800 – 2000 hodin za rok.

Tabulka 1 Hodnoty dlouhodobých teplotních a srážkových normálů (1961 - 1990)

| Měsíc | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | I-XII |
|-----------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| Průměrná teplota (°C) | -2 | 0,2 | 4,3 | 9,6 | 14,6 | 17,7 | 19,3 | 18,6 | 14,7 | 9,5 | 4,1 | 0 | 9,2 |
| Úhrn srážek (mm) | 24,8 | 24,9 | 23,9 | 33,2 | 62,8 | 68,6 | 57,1 | 54,3 | 35,5 | 31,8 | 36,8 | 26,3 | 480 |

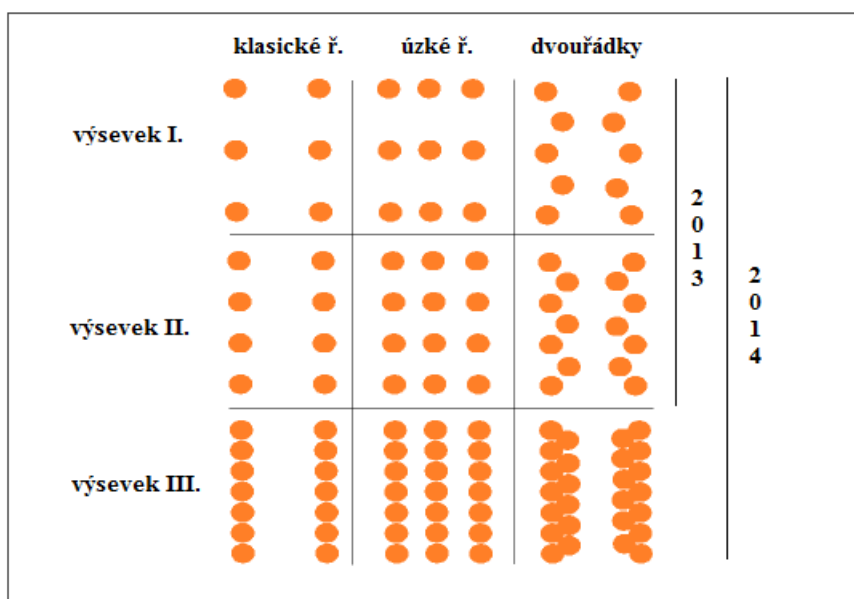
Pro hodnocení období (= jednotlivých měsíců) na polní pokusné stanici v Žabčicích ve smyslu srovnání s normálovými hodnotami byla použita metodika World Meteorological Organization (WMO). Vypočtený normál z období 1961 - 1990 byl srovnán s naměřenými údaji z agroklimatologické stanice umístěné na pozemku Polní

pokusné stanice. Základem měření meteorologických prvků jsou ústředny (datalogery) firmy CAMPBELL s několikátýdenní datovou kapacitou, na které jsou napojeny meteorologické senzory měřící ve dvouteřinových intervalech. Data jsou ukládána a zapisována jako patnáctiminutové průměry (např. teplota v °C) či sumy (např. srážky v mm).

Podle taxonomického klasifikačního systému půd České republiky (Němeček et al., 2008) je na pozemcích Polní pokusné stanice půdním typem fluvizem glejová. Fluvizem glejová je vytvořena na nivních (aluviálních) sedimentech řeky Svratky. Půdy jsou bez výrazných diagnostických horizontů, pod nevýrazným humusovým horizontem se nachází matečný substrát tvořený naplaveným materiálem. Od hloubky 60 cm jsou patrné výraznější projevy glejového procesu. Podzemní voda kolísá v průběhu roku mezi 80 – 250 cm pod povrchem. Z hlediska zrnitostního složení se jedná o půdu těžkou až velmi těžkou.

4.2 Charakteristika pokusu

V roce 2013 a 2014 byl na polní pokusné stanici v Žabčicích založen polní pokus, v němž byl sledován vliv odlišné meziřádkové vzdálenosti a výsevku na výnos silážní kukuřice a dynamiku jejího růstu. V obou letech byly porovnány tři odlišné meziřádkové vzdálenosti – 0,75 m (klasická vzdálenost), dále tzv. dvouřádky („twin rows“), kdy porost je tvořený dvouřádky od sebe vzdálených cca 0,2 m, přičemž středy jednotlivých dvojřádků jsou vzdáleny 0,75 m. Poslední technologií byl výsev do úzkých řádků vzdálených 0,375 m (poloviční rozpětí oproti klasické vzdálenosti). Dalším sledovaným faktorem byl výsevek, a to na standardní úrovni 80 – 90 tis. jedinců (výsevek I.) a zvýšený cca o 10 – 20 tis. jedinců (výsevek II). V roce 2013 byly do pokusu zařazeny tyto dvě úrovně výsevku, v roce 2014 byl do pokusu zařazen třetí výsevek 108 – 109 tis. jedinců (výsevek III). V průběhu vegetace byly za účelem vyhodnocení dynamiky růstu sledovány vybrané parametry rostlin, mikroklima porostu, průběh počasí a sklizňové parametry. V roce 2013 byl také proveden rozbor sklizené řezanky ke zjištění obsahu živin



Obrázek 3 Schématické zobrazení různých způsobů organizace porostu kukuřice

4.3 Varianty a uspořádání pokusu

Uspořádání variant pokusu v letech 2013 a 2014 je znázorněno na Obrázku 4 a 5.

| Varianty | | | | | |
|---------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| SILOTOP – 0,375 m, 87 000 | SILOTOP – 0,375 m, 97 000 | SILOTOP – 0,75 m, 89 000 | SILOTOP – 0,75 m, 97 000 | SILOTOP – dvouřádky, 87 000 | SILOTOP – dvouřádky, 97 000 |
| 6 m | 6 m | 6 m | 6 m | 6 m | 6 m |
| 16 ř | 16 ř | 8 ř | 8 ř | 16 ř | 16 ř |

Obrázek 4 Uspořádání pokusu v roce 2013

V roce 2013 bylo oseto šest variant odrůdou silážní kukuřice Silotop. Každá z variant měla šířku 6 metru, na kterou bylo v případě variant s klasickými řádky vyseto 8 řádků (varianty 3 a 4), kdežto u úzkých řádků (varianty 1 a 2) a dvouřádků (varianty 5 a 6) bylo vyseto 16 řádků hybridu. Varianty se od sebe lišily šířkou řádku (popř. dvouřádky) a výsevkem. Nižší výsevky byly na variantách 1, 3 a 5. Na variantách 1 a 5 byl výsevek 87 000 semen.ha⁻¹, v případě varianty 3 byl výsevek 89 000 semen.ha⁻¹. Mírné navýšení bylo dáno nastavením secího stroje pro přesné setí KINZE 3500. Vyšší výsevek byl na všech variantách v hodnotě 97 000 semen.ha⁻¹.

| Varianty | | | | | | | | |
|---------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| BEAUTIFUL-0,375 m, 87 000 | BEAUTIFUL-0,375 m, 97 000 | BEAUTIFUL-0,375 m, 109 000 | BEAUTIFUL-0,750 m, 89 000 | BEAUTIFUL-0,750 m, 97 000 | BEAUTIFUL-0,750 m, 108 000 | BEAUTIFUL-dvouřádky - 87 000 | BEAUTIFUL-dvouřádky - 97 000 | BEAUTIFUL-dvouřádky - 109 000 |
| 6 m | 6 m | 6m | 6 m | 6 m | 6m | 6 m | 6 m | 6 m |
| 16 ř | 16 ř | 16 ř | 8 ř | 8 ř | 8 ř | 16 ř | 16 ř | 16 ř |

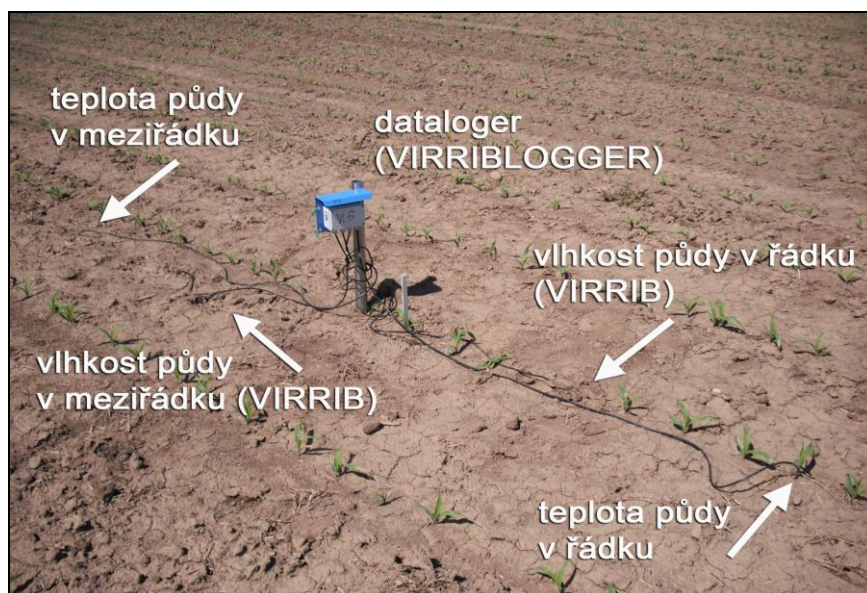
Obrázek 5 Uspořádání pokusu v roce 2014

Oproti roku 2013 přibily v roce 2014 k původním variantám ještě varianty s výsevkem navýšeným o 12 000 semen.ha⁻¹, v případě úzkých řádků a dvojřádků. V případě klasických řádků se jednalo o navýšení o 11 000 semen.ha⁻¹. Navýšení je vždy míněné oproti variantám s výsevkem 97 000 semen.ha⁻¹ (Obrázek 5). Varianty byly osety odrůdou silážní kukuřice Beautiful.

4.4 Měření mikroklimatu porostu

V porostu byla na pokusné ploše s kukuřicí snímána teplota vzduchu, relativní vlhkost vzduchu a také teplota a vlhkost půdy pod kukuřicí. Informace o vlhkosti a teplotě vzduchu byly získány pomocí čidel HOBBO. Ke zjištění údajů o vlhkosti a teplotě půdy bylo použito snímačů půdní vlhkosti VIRRIB (Obrázek 6).

Měřicí zařízení byla umístěna v roce 2013 ve variantách 1, 3 a 5 a v roce 2014 ve variantách 1, 4 a 7, zhruba 15 m od čela pokusu. Snímače VIRRIB byly zakopány do půdy tak, aby byly schopny měřit teplotu a vlhkost půdy v hloubce 5 - 30 cm.



Obrázek 6 Popis umístění snímače půdní vlhkosti VIRRIB (zdroj: archiv autora)

4.5 Agrotechnika pokusu

Následující tabulky uvádějí přehled agrotechnických operací provedených v jednotlivých letech. Pokus byl po celou dobu veden v režimu standardní pěstební technologie plodiny.

Tabulka 2 Seznam agrotechnických zásahů v sezóně 2012/2013

| Plodina: | kukuřice | Odrůda: | Silotop |
|---------------------|-------------------|-----------------|---|
| Předplodina: | pšenice ozimá | Ročník: | 2012/2013 |
| Datum | Operace | Materiál | Dávka |
| 9. 8. 2012 | podmítka | | |
| 29. 8. 2012 | hloubkové kypření | | |
| 10. 10. 2012 | kypření | | |
| 30. 10. 2012 | kypření | | |
| 18. 3. 2013 | hnojení N | UREA STABIL | 115 kg N. ha ⁻¹ |
| 18. 4. 2013 | příprava půdy | | |
| | hnojení N | UREA STABIL | 69 kg N.ha ⁻¹ |
| | setí | dle metodiky | |
| 24. 4. 2013 | válení | | |
| 10. 5. 2013 | herbucid | LUMAX + AT PLUS | 3,5 l.ha ⁻¹ + 1,5 l.ha ⁻¹ |
| 20. 9. 2013 | sklizeň | | |

Na podzim v roce 2012 proběhlo na pokusném pozemku hloubkové kypření a následně kypření. V březnu následujícího roku byla aplikována první dávka hnojení dusíkem. O měsíc později byla aplikována druhá dávka dusíku, provedena příprava půdy na setí a setí hybridu Silotop dle metodiky. Po vzejití kukuřice bylo provedeno časně post-emergentní herbicidní ošetření porostu. Sklizeň proběhla v září jednořádkovou sklízecí rezačkou.

Hybrid Silotop je dvouliniový hybrid využitelný především na siláž, LKS a bioplyn s doporučeným výsevkem 80 – 85 tisíc rostlin/ha. Obsah škrobu v silážní hmotě se podle výsledků firmy Syngenta pohybuje kolem 36 % a stravitelnost celé rostliny může být i vyšší než 73 %. Jedná se o rostliny s erektoidně postavenými listy, pevným stonkem, mohutně olistěné, s mohutnou kořenovou soustavou, která zaručuje vysokou stabilitu v prostředí. Rostliny se vyznačují dobrým Stay green efektem. Dle doporučení firmy Syngenta jde o hybrid vhodný do intenzivnějších pěstebních podmínek, pro pěstitele s dobrou agronomickou disciplínou, protože neumí kompenzovat nedostatky agrotechniky i když jde o plastický a stabilní hybrid (Kukuřice. Plodinový katalog, 2014).

Tabulka 3 Přehled agrotechnických zásahů v sezóně 2013/2014

| Plodina: | kukuřice | Odrůda: | Beautiful |
|---------------------|---------------|----------------------------------|---------------------------|
| Předplodina: | pšenice ozimá | Ročník: | 2013/2014 |
| Datum | Operace | Materiál | Dávka |
| 11. 10. 2013 | orba | | |
| 5. 3. 2014 | Příprava půdy | | |
| 7. 4. 2014 | hnojení N | UREA STABIL | 180 kg N.ha ⁻¹ |
| 8. 4. 2014 | příprava půdy | | |
| 14. 4. 2014 | setí | dle metodiky (klasické, úzké ř.) | |
| 22. 4. 2014 | setí | dle metodiky (dvouřádky) | |
| 24. 4. 2014 | válení | | |
| 21. 5. 2014 | herbucid | MAISTER | 150 g.ha ⁻¹ |
| | | PARDNER 22,5 EC | 0,5 l.ha ⁻¹ |
| | | MERO | 2 l.ha ⁻¹ |
| 7. 7. 2014 | insekticid | AMPLIGO | 0,2 l.ha ⁻¹ |
| 22. 9. 2014 | sklizeň | | |

Před založením pokusu v roce 2013 byla provedena orba pozemku. V březnu následujícího roku proběhla příprava půdy a v dubnu hnojení dusíkem, příprava půdy na setí a setí dle metodiky. Po vzejití porostu bylo provedeno časně pre-emergentní herbicidní ošetření a v průběhu vegetace byl aplikován insekticid, především jako ochrana proti škůdci zavíječi kukuřičnému (*Ostrinia nubilalis*). Sklizeň proběhla v září jednořádkovou sklízecí rezačkou.

Pokusné parcely byly osety dvouliniovým hybridem Beautiful, vhodným pro siláž, LKS, CCM a bioplyn. Doporučený výsevek pro tento hybrid je 85 – 90 tisíc rostlin/ha. Jde o raný hybrid s nadprůměrnou výkoností a vysokou kvalitou silážní hmoty, která je podporována velmi dobrým zdravotním stavem rostlin. Výška rostliny průměrně dosahuje 282 cm, výška nasazení klasů kolem 107 cm. Rostliny mají velmi silný Stay green efekt, jsou bohatě olistěny a mají nízké hodnoty kořenového poléhání. Obsah škrobu v zrně dosahuje hodnoty 72 % a v silážní hmotě 33 %. Stravitelnost celé rostliny je v průměru 72 %, výnos sušiny dosahuje 20t/ha a výše. Firma Syngenta doporučuje pěstovat tento hybrid v řepařské a obilnářské výrobní oblasti a doporučuje jej vzhledem k vysoké výtěžnosti metanu z jednotky hmoty i z plochy také jako vhodný pro bioplynové stanice (Baxa et al, 2014).

4.6 Metodika odběrů rostlin k hodnocení dynamiky růstu

V roce 2013 byl v průběhu vegetace proveden odběr rostlin pouze v jednom termínu, 27. 8. 2013. Odebrané rostliny (jejich nadzemní část) byly zváženy v mokré hmotě, po usušení v suché hmotě a byla vypočítána průměrná hmotnost jedné rostliny z každé varianty. V roce 2014 byly, za účelem zjištění dynamiky růstu, z porostu odebrány rostliny v termínech 4. června, 24. června, 10. července. Nadzemní hmota rostlin se odebírala z porostu cca 15 m od čela pokusu. V každé variantě pokusu se odebraly rostliny ze čtyř sousedících řádků, z každého řádku pět po sobě jdoucích rostlin. Těchto pět rostlin bylo zváženo a poté byla zvlášť zvážena hmota hlavních stonků, listů a při odběrech v pozdějším termínu také palic. Jednotlivé části rostlin byly uloženy do papírových sáčků a usušeny. Suchá hmota byla zvážena. Ze získaných údajů byla vypočtena průměrná hmotnost jedné rostliny z každé varianty v suché hmotě a průměrné hmotnosti listů, stonků a palic pro jednotlivé varianty.

Při posledním odběru před sklizní plodiny byla také zjištěna výška rostlin, počet klasů na rostlině, výška nasazení klasu a průměrná šířka stonku cca 10 cm nad zemí.

4.7 Metodika sklizně pokusu

Sklizeň byla provedena ve fázi mléčně-voskové zralosti jednořádkovou řezačkou ve čtyřech opakováních. Z každého opakování byla sklizena nadzemní hmota z jednoho řádku o délce 100 m. Hmotnost sklizené řezanky z každé varianty byla zjištěna přejezdem přes nájezdové váhy. Poté byl z řezanky odebrán vzorek, z něj byla zjištěna vlhkost sklizené hmoty a poté proveden přepočet výnosu z 1 ha při vlhkosti 15 %. V roce 2013 byl z každé varianty odebrán vzorek řezanky na rozbor živin. Analýzy byly provedeny ve firmě Nutrivet, s. r. o.

4.8 Metodika statistického zpracování dat

Data ze sklizně nadzemní hmoty v době silážní zralosti byla statisticky vyhodnocena analýzou variance (ANOVA) ve statistickém software Statistica.

Následně Tukeyovým testem byly zhodnoceny rozdíly ve statistické průkaznosti středních hodnot při hladině významnosti $\alpha \leq 0,05$.

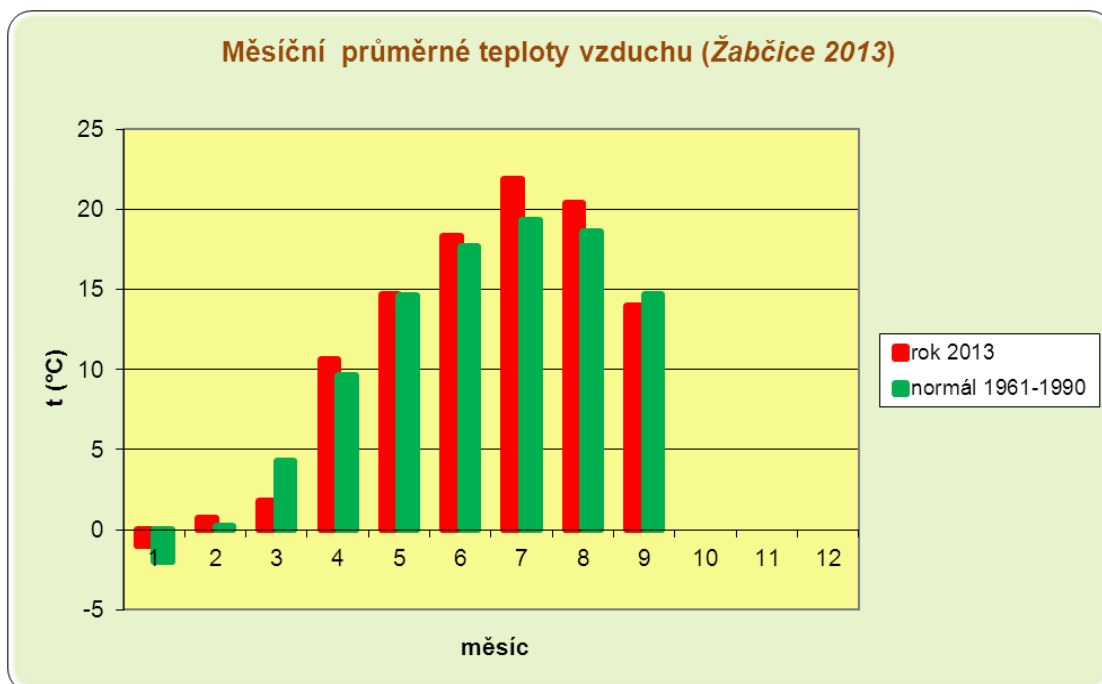
4.9 Průběh povětrnostních podmínek v roce 2013

Meteorologická data o průběhu povětrnostních podmínek v období vedení pokusu byla získána z agrometeorologické stanice, která je umístěná v centru Polní pokusné stanice v Žabčicích. Tato stanice vznikla již roku 1926 a v současné době je provoz zajišťován v rámci Mendelovy univerzity v Brně Ústavem agrosystémů a bioklimatologie. Pro účel této práce byla zpracována data o teplotě a srážkových podmínkách v průběhu vegetace pokusu.

Z meteorologických dat sledovaných v průběhu roku 2013 byla sestavena Tabulka 4, která uvádí průměrné měsíční teploty od počátku roku až do sklizně kukuřice, jejich srovnání s dlouhodobým normálem a vyhodnocení dle WMO. Tyto údaje jsou také vyjádřeny v Grafu 1.

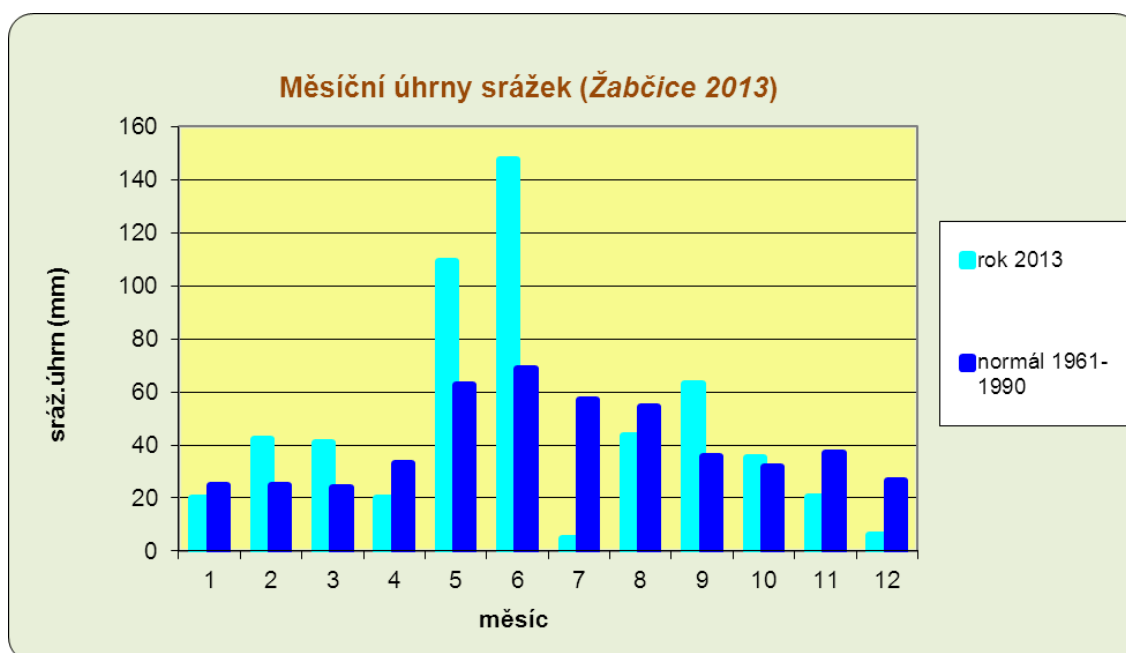
Tabulka 4 Průměrné měsíční teploty vzduchu (Žabčice, 2013)

| | | Průměrná teplota (°C) | | | |
|------|----------|-----------------------|--------|--------|-------------------------------------|
| rok | měsíc | období | normál | rozdíl | hodnocení WMO |
| 2013 | leden | -1,0 | -2,0 | 1,0 | <i>normální</i> |
| | únor | 0,7 | 0,2 | 0,5 | <i>normální</i> |
| | březen | 1,8 | 4,3 | -2,5 | <i>podnormální</i> |
| | duben | 10,6 | 9,6 | 1,0 | <i>normální</i> |
| | květem | 14,7 | 14,6 | 0,1 | <i>normální</i> |
| | červen | 18,3 | 17,7 | 0,6 | <i>normální</i> |
| | červenec | 21,9 | 19,3 | 2,6 | <i>mimořádně nadnormální</i> |
| | srpen | 20,4 | 18,6 | 1,8 | <i>silně nadnormální</i> |
| | září | 14,0 | 14,7 | -0,7 | <i>normální</i> |



Graf 1 Průměrné měsíční teploty vzduchu (Žabčice 2013)

Pokusnická sezóna 2013 byla z pohledu průměrných teplot vzduchu od počátku sezóny až do měsíce července normální s výjimkou podnormálních teplot v měsíci březnu. Červenec byl mimořádně nadnormální, srpen silně nadnormální a v září byly teploty v normálu.



Graf 2 Měsíční úhrny srážek (Žabčice 2013)

Průběh srážek byl v pokusnické sezóně 2013 z počátku roku nadnormální. Měsíc červen byl však mimořádně nadnormální a kontrastně, následující měsíc červenec, byl mimořádně podnormální ve srovnání s dlouhodobým normálem. Srážkový úhrn v srpnu byl normální a v září nadnormální.

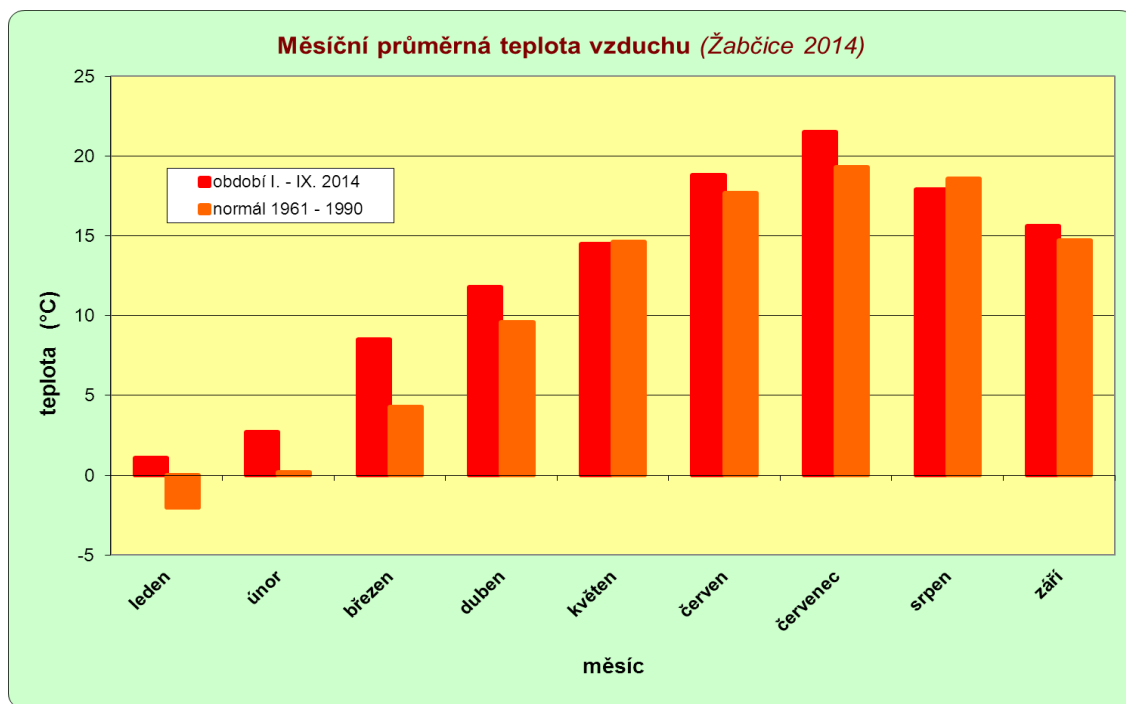
4.10 Průběh povětrnostních podmínek v roce 2014

Z meteorologických dat sledovaných v průběhu roku byla sestavena Tabulka 5, která uvádí průměrné měsíční teploty od počátku roku až do sklizně kukuřice, jejich srovnání s dlouhodobým normálem a vyhodnocení dle WMO. Tyto údaje jsou také vyjádřeny v Grafu 3.

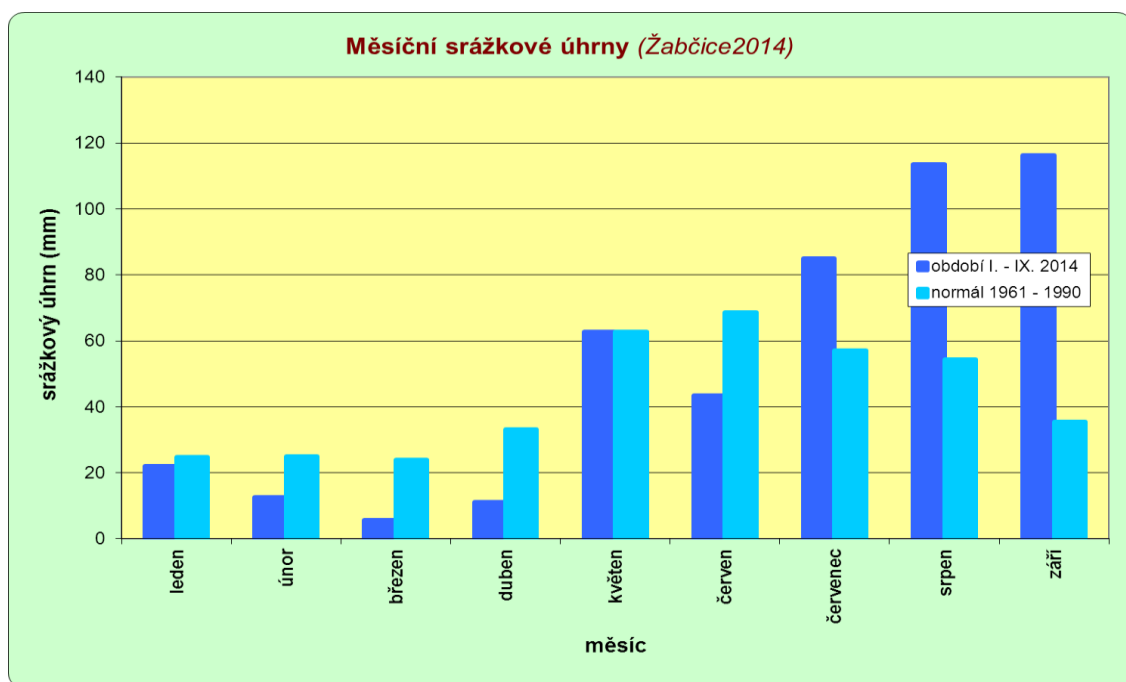
Tabulka 5 Průměrné měsíční teploty vzduchu (Žabčice 2014)

| rok | Průměrná teplota (°C) | | | | |
|------|-----------------------|--------|--------|--------|-------------------------------------|
| | měsíc | období | normál | rozdíl | hodnocení WMO |
| 2014 | leden | 1,1 | -2 | 3,1 | <i>nadnormální</i> |
| | únor | 2,7 | 0,2 | 2,5 | <i>normální</i> |
| | březen | 8,5 | 4,3 | 4,2 | <i>mimořádně nadnormální</i> |
| | duben | 11,8 | 9,6 | 2,2 | <i>nadnormální</i> |
| | květen | 14,5 | 14,6 | -0,1 | <i>normální</i> |
| | červen | 18,8 | 17,7 | 1,1 | <i>nadnormální</i> |
| | červenec | 21,5 | 19,3 | 2,2 | <i>silně nadnormální</i> |
| | srpen | 17,9 | 18,6 | -0,7 | <i>podnormální</i> |
| | září | 15,6 | 14,7 | 0,9 | <i>normální</i> |

Pokusná sezóna 2014 byla z hlediska průměrné teploty vzduchu nadnormální oproti dlouhodobému normálu. Měsíc leden byl teplotně nadnormální (o 3,1 °C nad normálem). Dalším teplotně mimořádně nadnormálním měsícem byl březen (o 4,2 °C). Také začátek léta 2014 byl teplotně nadnormální. Měsíc červen nadnormální, červenec silně nadnormální.



Graf 3 Průměrné měsíční teploty (Žabčice, 2014)



Graf 4 Průměrné srážkové úhrny (Žabčice 2014)

Od začátku roku do dubna 2014, s výjimkou měsíce ledna (normální), byly měsíční srážkové úhrny podnormální. Měsíce březen a duben 2014 dokonce silně podnormální. Konec pokusné sezóny od července 2014 měl výrazné srážkové úhrny (nadnormální).

5 VÝSLEDKY

5.1 Výsledky měření dynamiky růstu

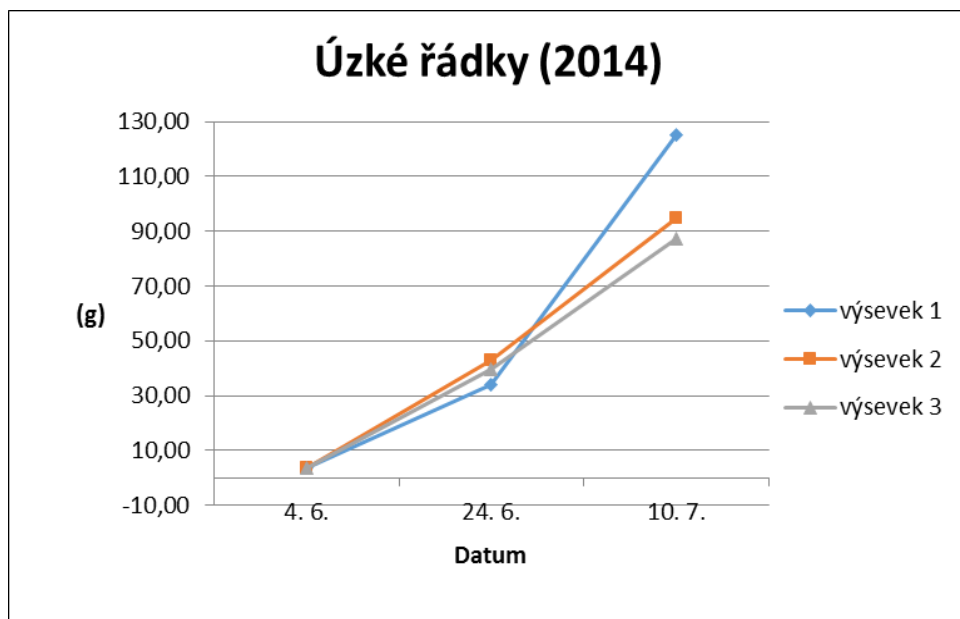
Hlavním parametrem pro posuzování dynamiky růstu kukuřice v jednotlivých variantách bylo zjištění průměrné hmotnosti jedné rostliny z každé varianty v suché hmotě. V roce 2013 byly tyto informace získány na základě odběru rostlin 27. 8. 2013. (Tabulka 6).

Tabulka 6 Hmotnost rostlin v suché hmotě (27. 8. 2013)

| Datum: 27. 8. 2013 | Varianta | | | | | |
|---|----------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Prům. hm. 1 rostliny v mokré hmotě (kg) | 1,16 | 1,07 | 1,11 | 0,97 | 0,94 | 0,99 |
| Prům. hm. 1 rostliny v suché hmotě (g) | 439,75 | 411,99 | 414,48 | 345,49 | 326,67 | 356,64 |

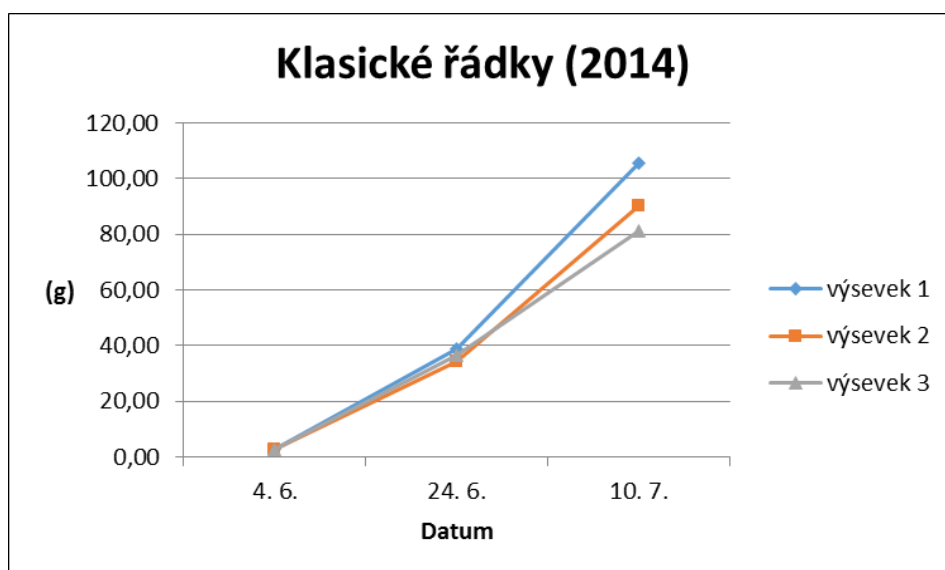
Z Tabulky 6 vyplývá, že v době před sklizní porostu byla váha jednotlivých rostlin v mokré i suché hmotě nejnižší u variant s dvouřádky. U variant s úzkými a klasickými řádky byla průměrná váha jedné rostliny u vyšších výsevků vždy nižší.

V roce 2014 proběhly odběry rostlin ve třech termínech (4. 6., 24. 6., 10. 7.). Grafy 5 – 7 znázorňují rozdíly v dynamice růstu rostlin u jednotlivých výsevků pro jednotlivé typy řádků v období od začátku června do poloviny července. Výsevek 1 je vždy nejnižší a výsevek 3 nejvyšší. Zobrazeny jsou hodnoty hmotnosti jedné průměrné rostliny v suché hmotě.



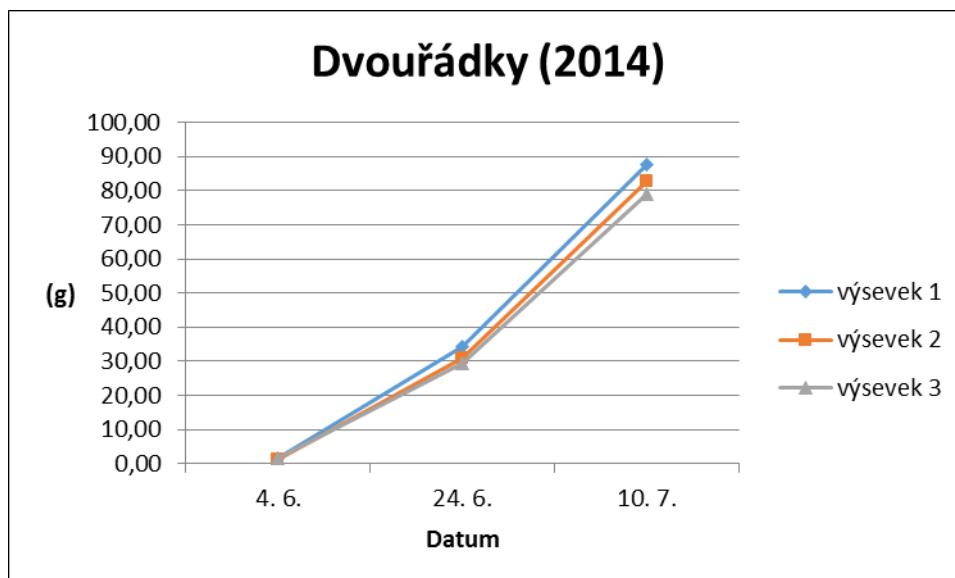
Graf 5 Srovnání dynamiky růstu úzkých řádků při různých výsevcích (2014)

Dynamika růstu se u úzkých řádků vyvíjela do začátku třetí dekády měsíce června u všech výsevků obdobně. Po té se začal dynamičtěji růst porost s nejnižším výsevkiem (Graf 5).



Graf 6 Srovnání dynamiky růstu klasických řádků při různých výsevcích (2014)

U klasických řádků byla situace obdobná jakou úzkých řádků, ale rozdíl mezi dynamikou růstu varianty s nejnižším výsevkiem nebyl tak výrazný oproti ostatním variantám (Graf 6).



Graf 7 Srovnání dynamiky růstu dvouřádků řádků při různých výsevcích (2014)

V případě dvouřádků se dynamika růstu vyvíjela u všech výsevků nejpodobněji s tím, že varianta s nejnižším výsevkem měla mírně vyšší nárůst sušiny jednotlivých rostlin (Graf 7).

Z porovnání grafů zobrazujících dynamiku růstu kukuřice v jednotlivých variantách v roce 2014 vyplývá, že nejvyšší průměrnou hmotnost jedné rostliny měly u všech třech typů řádků po termínu 24. 6. varianty s nejnižším výsevkem. Do tohoto termínu byla hmotnost rostlin ve všech variantách obdobná. K datu 10. 7. dosáhly nejnižších hmotností rostlin varianty s dvouřádky. Nejvyšší průměrnou hmotnost měly v posledním termínu úzké řádky s nejnižším výsevkem.

Kromě hmotností rostlin v suché hmotě byly v roce 2014 sledovány i následující parametry uvedené v Tabulce 7.

Tabulka 7 Parametry porostů kukuřice sledované v roce 2014

| Sledovaný parametr | Varianty | | | | | | | | | |
|-------------------------------|----------|------------|------|------|----------------|------|------|-----------|------|------|
| | Datum | úzké řádky | | | klasické výsev | | | dvouřádky | | |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Výška rostlin (cm) | 29. 8. | 255 | 237 | 240 | 236 | 238 | 243 | 252 | 247 | 248 |
| Průměr stonku (mm) | 29. 8. | 19,5 | 18,9 | 19,0 | 19,4 | 18,2 | 18,1 | 19,7 | 19,0 | 19,3 |
| Výška nasazení 1. palice (cm) | 29. 8. | 104 | 97 | 100 | 96 | 98 | 100 | 100 | 101 | 96 |

| | | | | | | | | | | |
|---------------------------|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Podíl hlavního stonku (%) | 10. 7. | 83 | 85 | 92 | 88 | 94 | 96 | 92 | 99 | 98 |
| Podíl hlavního stonku (%) | 29. 8. | 91 | 95 | 97 | 90 | 97 | 99 | 95 | 89 | 97 |
| Podíl palice/rostlina (%) | 29. 8. | 37,3 | 43,4 | 39,0 | 37,9 | 37,9 | 40,3 | 37,9 | 35,9 | 39,7 |
| Sušina palice (%) | 29. 8. | 49,1 | 49,2 | 48,7 | 49,6 | 48,8 | 48,1 | 49,9 | 47,1 | 48,1 |

Uvedené parametry blíže dokumentují dynamiku růstu porostů jednotlivých variant. V roce 2014 nebyly mezi variantami ani u jednoho z těchto parametrů zaznamenány výrazné odlišnosti.

V případě srovnání vývoje podílu hlavního stonku z Tabulky 5 vyplývá, že na konci první dekády července byl u dvouřádků podíl hlavního stonku mírně vyšší než u ostatních typů řádků, ale v době před sklizní tomu bylo naopak. V případě srovnání podílů palic a jejich sušin jsou rozdíly minimální. Stejně tak, jako u ostatních parametrů (průměrná výška rostlin, průměr stonku, výška nasazení první palice). Je možné konstatovat, že porosty se v uvedených parametrech vyvíjely obdobně.

5.2 Výnosy

Výsledky vlivu rozdílné meziřádkové vzdálenosti a výsevku kukuřice na výnosy v letech 2013 a 2014 jsou uvedeny v Tabulce 8 a 9. Statistické porovnání jednotlivých variant v obou sledovaných letech je vyjádřeno v Grafech 12, 13 a 14, 15.

Tabulka 8 Výnosy variant v roce 2013

| Rok | Typ řádků | Varianta | Výsevek (ks.ha ⁻¹) | Výnos (t.ha ⁻¹) v čerstvé hmotě | Výnos (t.ha ⁻¹) v sušině | Sušina při sklizni (%) |
|------|-----------|----------|--------------------------------|---|--------------------------------------|------------------------|
| 2013 | úzké | 1 | 85 000 | 37,50 | 17,28 | 46,06 |
| | | 2 | 99 000 | 38,90 | 17,05 | 43,82 |
| | klasické | 3 | 76 000 | 31,02 | 11,76 | 37,92 |
| | | 4 | 80 000 | 34,81 | 12,35 | 35,46 |
| | dvouřádky | 5 | 91 000 | 34,06 | 14,46 | 42,56 |
| | | 6 | 102 000 | 40,49 | 18,46 | 45,52 |

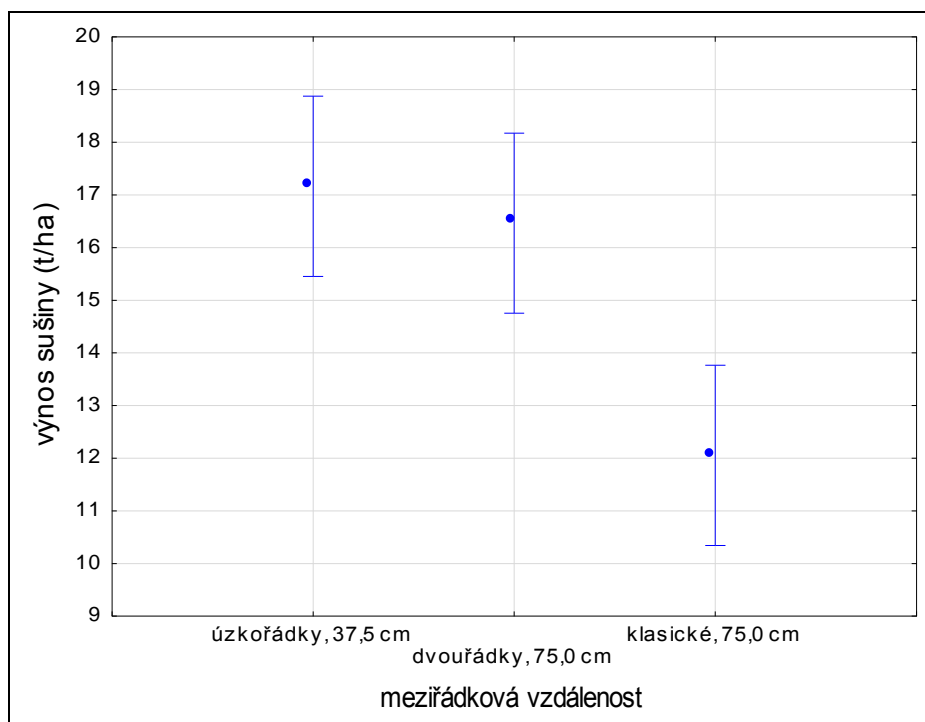
V roce 2013 byly vyšší výnosy (v suché hmotě) zjištěny u úzkých řádků (varianta 1 a 2) a u dvouřádků (varianta 3 a 4) v porovnání s klasickými řádky o šířce 0,75 m (varianta 5 a 6). Klasické řádky měly také nejnižší sušinu při sklizni. V relativních hodnotách se jedná o rozdíl 37 – 42 %. Pouze u dvouřádků došlo k nárůstu výnosu se zvýšeným výsevem a to o 28 % oproti standardnímu výsevu (varianta 6).

Tabulka 9 ANOVA pro výnos (2013)

| Zdroj variability | Stupně volnosti | Průměrný čtverec | F-kritérium |
|---------------------|-----------------|------------------|-------------|
| Typ řádku | 2 | 46,030 | 12,456** |
| Výsevek | 1 | 9,542 | 2,582 |
| Typ řádku x výsevek | 2 | 7,514 | 2,033 |
| Chyba | 12 | 3,695 | |

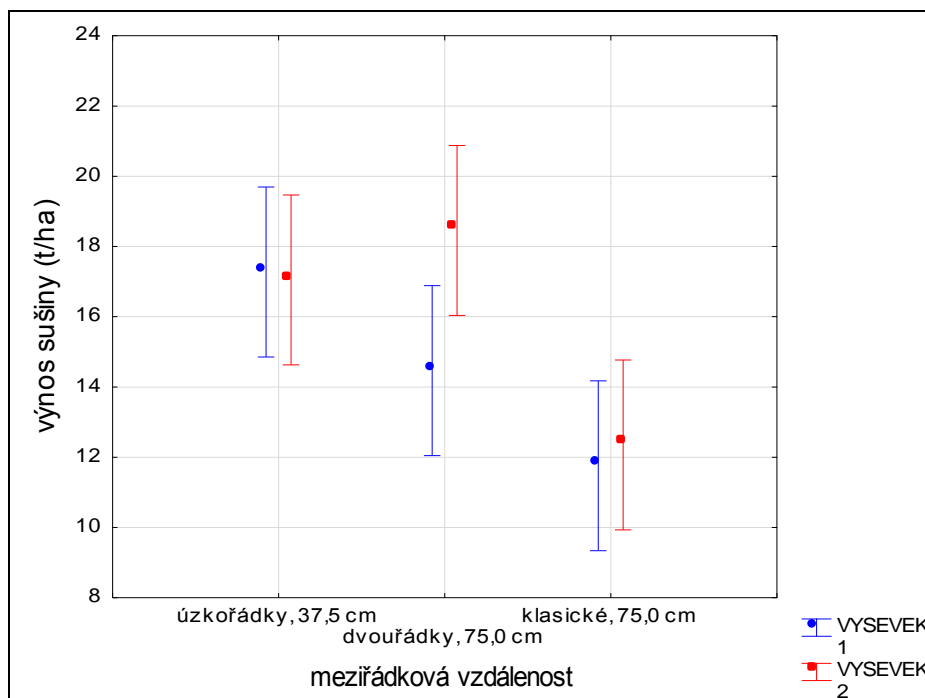
** statisticky vysoce významný rozdíl

Z Tabulky 9 vyplývá, že faktor „typ řádku“ měl statisticky vysoce významný vliv na výnos a to při hladině významnosti $\alpha \leq 0,01$.



Graf 8 Statistické vyjádření výnosů - sledovaný parametr "typ řádku" (2013)

Graf 8 znázorňuje, že rozdíl mezi výši výnosů v sušině v roce 2013 byl v případě faktoru „typ řádků“ statisticky průkazný u klasických řádků v porovnání s výnosy úzkých řádků a dvouřádků.



Graf 9 Statistické vyjádření výnosů se záznamem obou sledovaných faktorů - "typ řádku" a "výsevek" (2013)

Statistické vyjádření výnosů srovnávající oba sledované faktory („typ řádků“ a „výsevek“) poukazuje na to, že v roce 2013, byl statisticky nejvýznamnější nárůst výnosů (v suché hmotě) u varianty s dvouřádky a vyšším výsevkiem.

Nevýrazněji na zvýšení výsevku v roce 2013 reagovaly dvouřádky, mírný nárůst výnosu byl také u klasických řádků. Úzké řádky na navýšení výsevku téměř nereagovaly.

Odlíšné výsledky byly dosaženy v roce 2014. Srovnání výše výnosů jednotlivých variant v mokré i suché hmotě v tomto roce znázorňuje Tabulka 10.

Tabulka 10 Výnosy variant v roce 2014

| Rok | Typ řádků | Varianta | Výsevek (ks.ha ⁻¹) | Výnos (t.ha ⁻¹) v čerstvé hmotě | Výnos (t.ha ⁻¹) v sušině | Sušina při sklizni (%) |
|------|-----------|----------|--------------------------------|---|--------------------------------------|------------------------|
| 2014 | úzké | 1 | 87 000 | 48,00 | 18,84 | 39,21 |
| | | 2 | 97 000 | 50,44 | 17,77 | 35,22 |
| | | 3 | 109 000 | 49,33 | 16,99 | 34,34 |
| | klasické | 4 | 89 000 | 48,89 | 17,29 | 35,34 |
| | | 5 | 97 000 | 50,44 | 17,77 | 35,22 |
| | | 6 | 108 000 | 56,44 | 21,22 | 37,51 |
| | dvouřádky | 7 | 87 000 | 49,11 | 17,84 | 36,32 |
| | | 8 | 97 000 | 50,00 | 18,56 | 37,16 |
| | | 9 | 109 000 | 53,33 | 18,78 | 35,24 |

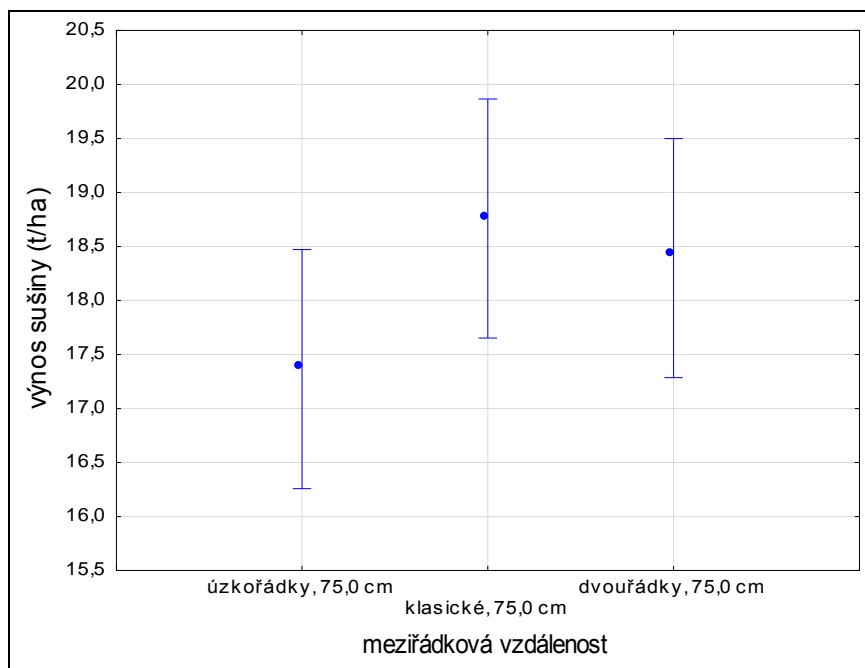
Nejvyšší výnos sušiny nadzemní biomasy byl zjištěn u klasické meziřádkové vzdálenosti (0,75 m; 18,76 t.ha⁻¹), nižší u „dvouřádků“ (18,39 t.ha⁻¹) a nejnižší u úzkých řádků (17,87 t.ha⁻¹). U „dvouřádků“ a klasické technologie narůstal výnos se zvyšujícím se výsevkem. U setí kukuřice do dvouřádků byl nejvyšší výnos zjištěn u nejnižšího výsevku.

Tabulka 11 ANOVA pro výnos (2014)

| Zdroj variability | Stupně volnosti | Průměrný čtverec | F-kritérium |
|---------------------|-----------------|------------------|-------------|
| Typ řádku | 2 | 6,28 | 1,799 |
| Výsevek | 2 | 6,77 | 1,938 |
| Typ řádku x výsevek | 4 | 9,82 | 2,813* |
| Chyba | 27 | 3,49 | |

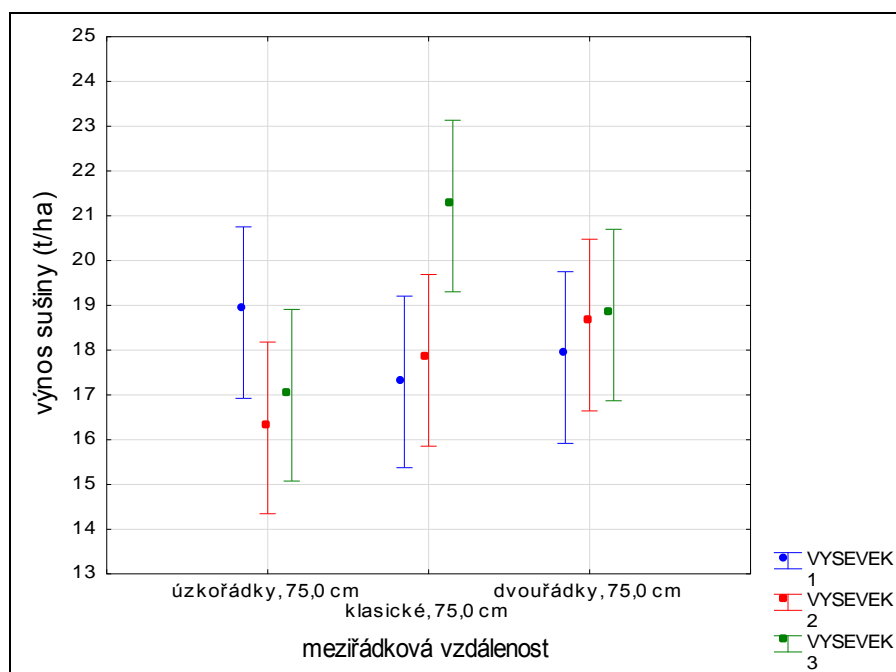
* statisticky významný rozdíl

Tabulka 11 uvádí, že mezi variantami měl statisticky významný vliv pouze faktor „typ řádků“ a „výsevek“.



Graf 10 Statistické vyjádření výnosů - sledovaný faktor "typ řádku", v roce 2014

Z Grafu 10 vyplývá, že v roce 2014, při porovnání sledovaného faktoru „typ řádku“ není rozdíl ve výnosech jednotlivých variant statisticky průkazný.



Graf 11 Statistické vyjádření výnosů se záznamem obou sledovaných faktorů - "typ řádků" a "výsevek", v roce 2014

Statistické vyjádření výnosů srovnávající oba sledované faktory („typ řádků“ a „výsevek“) poukazuje na to, že v roce 2014 byl nejvýraznější nárůst výnosů (v suché hmotě) u varianty s klasickou šíří řádků a nejvyšším výsevkiem. Tento rozdíl však nebyl statisticky průkazný. Mezi variantami odlišné meziřádkové vzdálenosti, podobně jako mezi výsevky, nebyly zjištěny statisticky průkazné rozdíly.

Reakce na zvýšení výsevku je nejvýraznější u varianty s klasickými řádky. Z Grafu 11 vyplývá, že výnos se zvýšeným výsevkiem narůstal. Dvouřádky měly mírnou tendenci reagovat na zvýšení výsevku mírným nárůstem výnosu. Úzké řádky dosáhly nejvyššího výnosu při nejnižším výsevku.

5.3 Rozbor sušiny

V roce 2013 byly odebrané vzorky kukuřičné řezanky z jednotlivých variant zaslány na rozbor živin do laboratoře Nutrivet, s. r. o., k získání orientačního přehledu o těchto vlastnostech porostů. Výsledky rozboru jsou zobrazeny v Tabulce 12 a 13. V roce 2014 nebyla analýza provedena.

Tabulka 12 Obsah živin (2013)

| Varianta | úzké řádky | | klasické řádky | | dvouřádky | |
|-----------------------------------|------------|--------|----------------|--------|-----------|---------|
| | 85 309 | 99 270 | 76 378 | 80 532 | 90 762 | 102 113 |
| Výsevek (semen.ha ⁻¹) | | | | | | |
| Sušina | 37,78 | 38,61 | 34,05 | 38,92 | 35,45 | 35,58 |
| pH | 4,15 | 4,16 | 4,12 | 4,1 | 4,07 | 4,05 |
| NH ₃ | 0,03 | 0,04 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,02 |
| K. mléčná (%) | 2,46 | 2,46 | 1,51 | 1,79 | 1,71 | 1,98 |
| K. octová (%) | 0,8 | 0,8 | 0,69 | 0,71 | 0,42 | 0,66 |
| K. propionová (%) | 0,05 | 0,08 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,05 |
| TMK (%) | 0,85 | 0,88 | 0,71 | 0,73 | 0,44 | 0,71 |
| N-látky ve 100 % suš. | 8,85 | 8,49 | 8,62 | 8,57 | 8,45 | 8,66 |
| Vláknina ve 100% suš. | 19,79 | 21,4 | 19,82 | 20,01 | 11,64 | 22,5 |
| Popel ve 100 % suš. | 4,87 | 5,9 | 4,88 | 4,95 | 4,52 | 6,77 |
| NDF ve 100 % suš. | 43,14 | 47,85 | 47,73 | 46,31 | 39,43 | 44,06 |
| Škrob ve 100 % suš. | 29,38 | 24,56 | 28,31 | 27,77 | 28,4 | 27,73 |
| Bioplyn v kg suš. | 587,9 | 598,2 | 608,5 | 569,7 | 567 | 576,9 |
| Prod. metanu v kg suš. | 306,3 | 306,3 | 311,6 | 300,8 | 304,5 | 298,4 |
| % metanu | 52,1 | 51,2 | 51,8 | 52,8 | 53,7 | 51,8 |

Z rozboru odebraných vzorků je vidět mírný rozdíl mezi hodnotami kyseliny mléčné u úzkých řádků oproti ostatním variantám. Hodnoty NDF jsou o něco nižší u obou variant s dvouřádky ve srovnání s úzkými či klasickými řádky. U nižšího výsevku úzkých řádků byla zaznamenána nižší hodnota škrobu v sušině a to v průměru o 3,75 %.

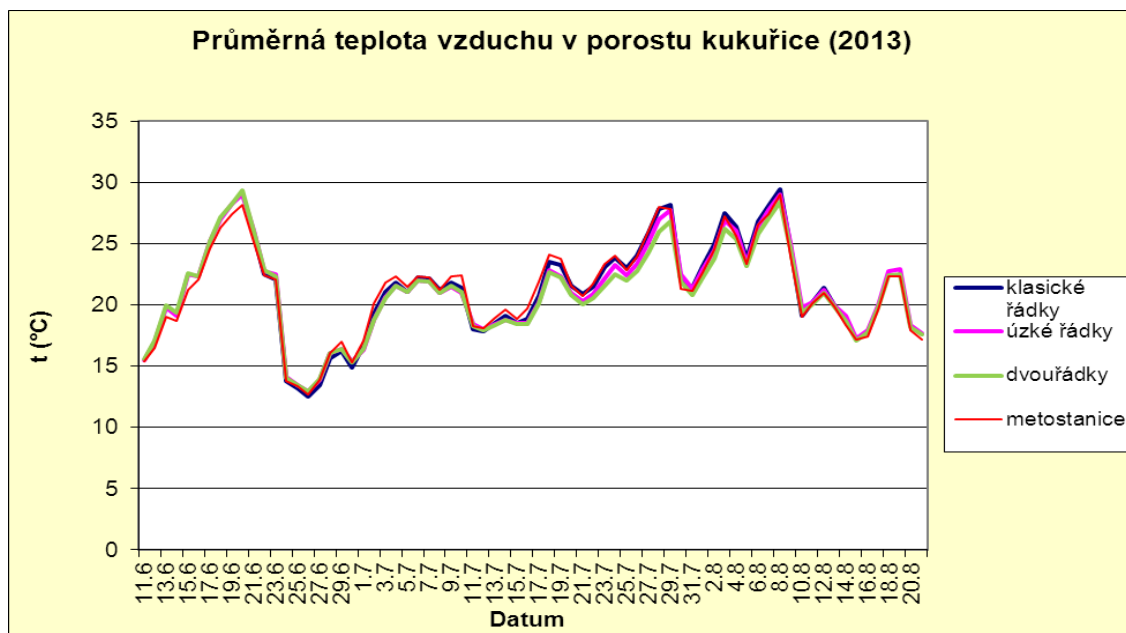
Tabulka 13 *Produkce bioplynu a metanu (2013)*

| Varianta | úzké řádky | | klasické řádky | | dvouřádky | |
|---|------------|--------|----------------|--------|-----------|---------|
| Výsevek (semen.ha ⁻¹) | 85 309 | 99 270 | 76 378 | 80 532 | 90 762 | 102 113 |
| Výnos sušiny (t. ha ⁻¹) | 16,11 | 17,05 | 12,59 | 13,38 | 14,01 | 18,46 |
| Produkce bioplynu (m ³ .ha ⁻¹) | 9 471 | 10 199 | 7 661 | 7 623 | 7 943 | 10 650 |
| Produkce metanu (m ³ .ha ⁻¹) | 4 934 | 5 222 | 3 923 | 4 025 | 4 266 | 5 508 |

Z Tabulky 13 vyplývá, že u všech variant odpovídá produkce bioplynu produkci metanu a obě tyto veličiny jsou v relaci s hektarovými výnosy sušiny.

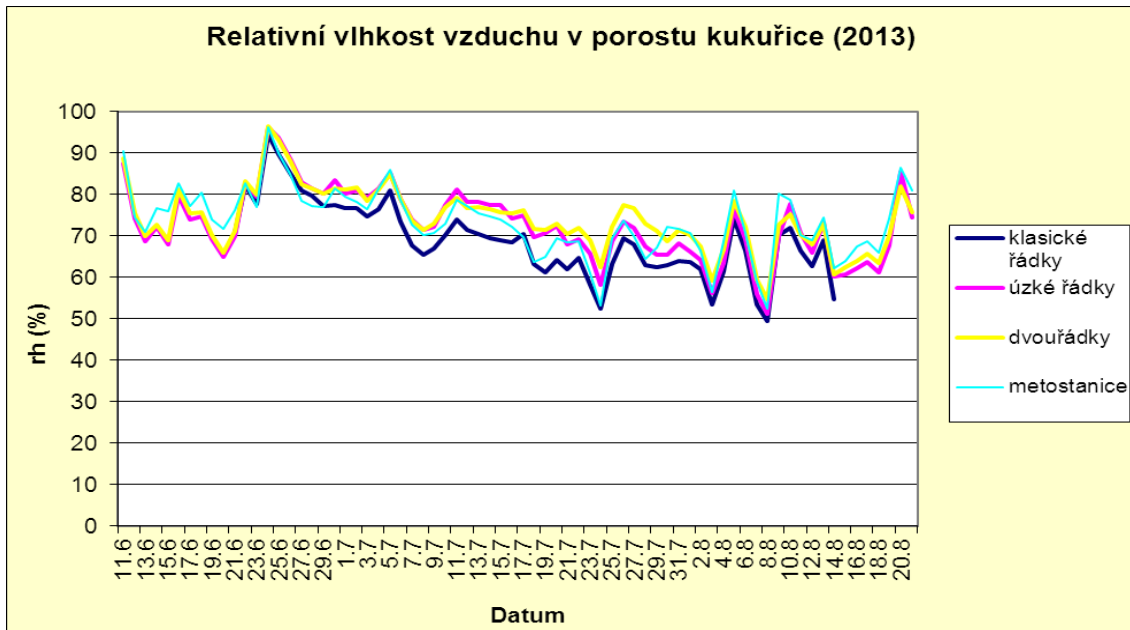
5.4 Výsledky měření mikroklimatu porostu v roce 2013

Z dat získaných pomocí čidel HOBBO a snímačů půdní vlhkosti VIRRIB v roce 2013 byly vypracovány grafy průběhu průměrných teplot a relativní vlhkosti vzduchu v porostu kukuřice a teploty a vlhkosti půdy pod kukuřicí.



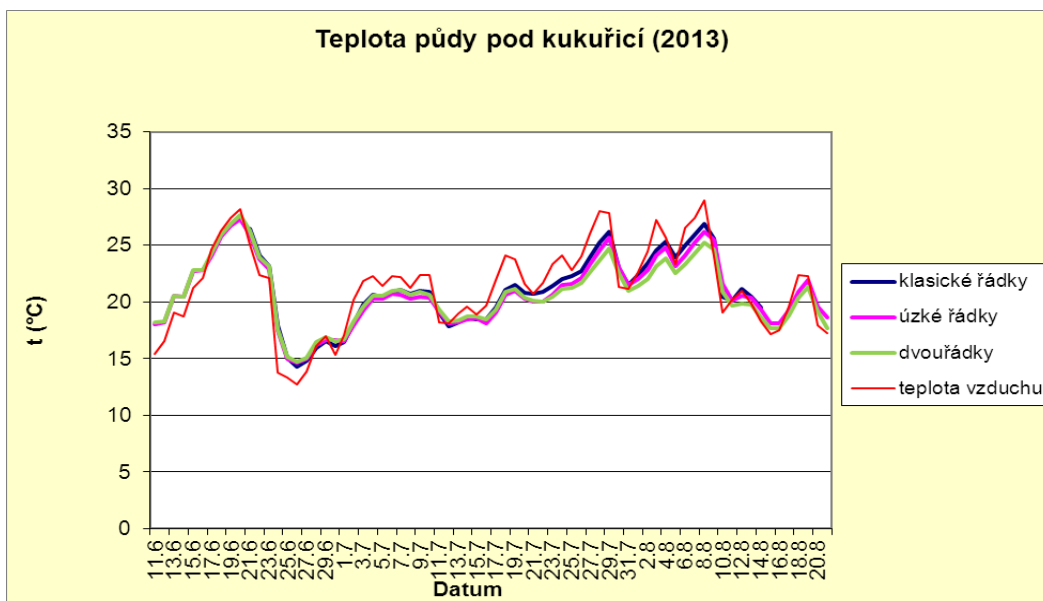
Graf 12 *Průměrná teplota vzduchu v porostu kukuřice (2013)*

V roce 2013 byly průměrné hodnoty teploty vzduchu v porostu kukuřice s úzkými, klasickými řádky a dvouřádky téměř shodné. Naměřené hodnoty odpovídaly hodnotám teploty vzduchu z agrometeorologické stanice (Graf 12).



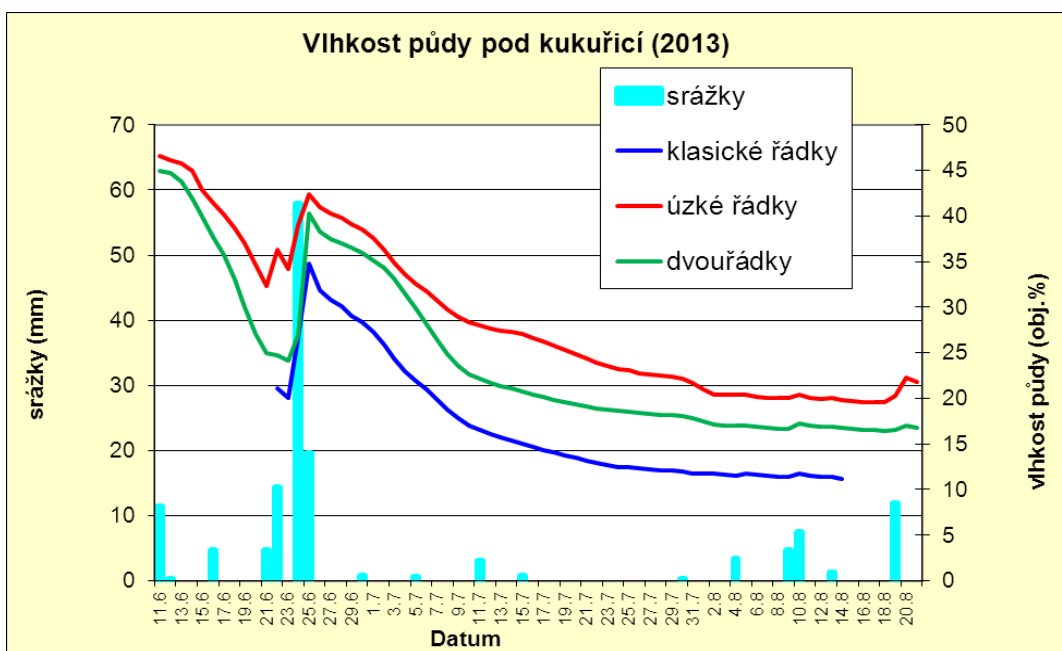
Graf 13 Relativní vlhkost vzduchu v porostu kukuřice (2013)

Hodnoty relativní vlhkosti vzduchu v porostu kukuřice se od poslední dekády měsíce června do začátku první dekády měsíce srpna u jednotlivých typů řádků lišily. V případě úzkých řádků a dvouřádků byla relativní vlhkost v prostu kukuřice vyšší než relativní vlhkost vzduchu naměřená na agrometeorostanici. Naopak u klasických řádků byly hodnoty nižší než hodnoty naměřené agrometeorostanicí. (Graf 13)



Graf 14 Teplota půdy pod kukuřicí (2013)

Hodnoty teploty půdy naměřené v porostu kukuřice v roce 2013 byly u všech typů řádků v podstatě stejné a v období od poslední dekády měsíce června do začátku první dekády měsíce srpna byly nižší než hodnoty teploty vzduchu naměřené agrometeorologicky (Graf 14).

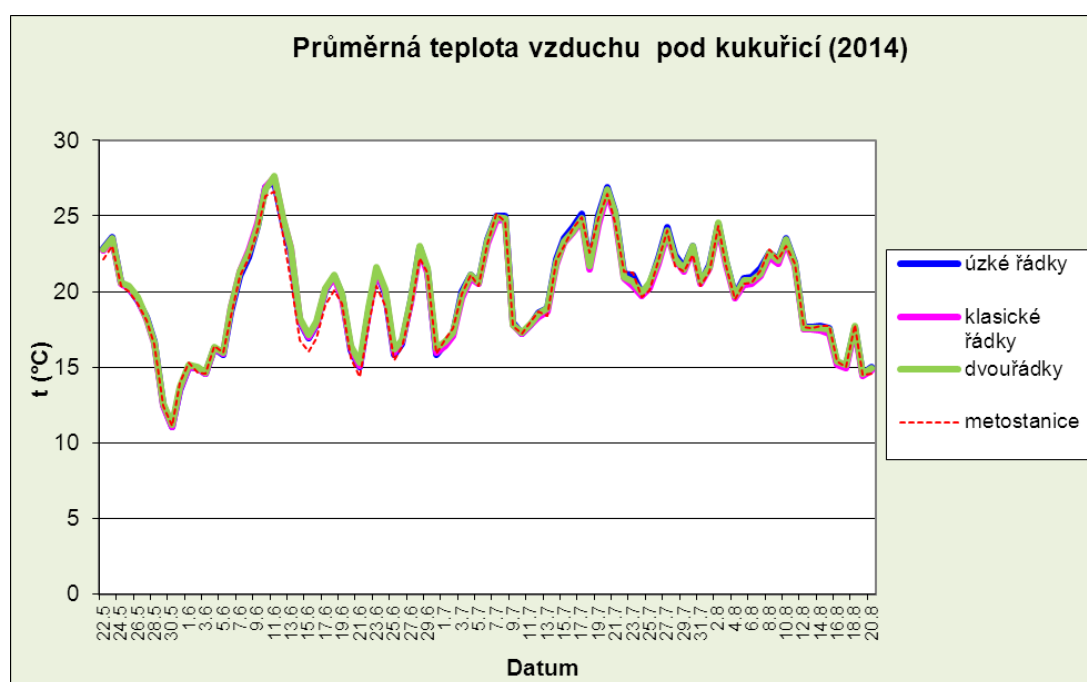


Graf 15 Vlhkost půdy pod kukuřicí (2013)

Průběh vlhkosti půdy u jednotlivých variant byl trvale stejný, ale vlhkost půdy pod kukuřicí byla od první dekády měsíce června 2013 u jednotlivých typů řádků velmi rozdílná. Nejvyšších hodnot vlhkostí dosahovaly úzké řádky, pak dvouřádky a nejnižší vlhkost půdy byla naměřena u klasických řádků (Graf 15).

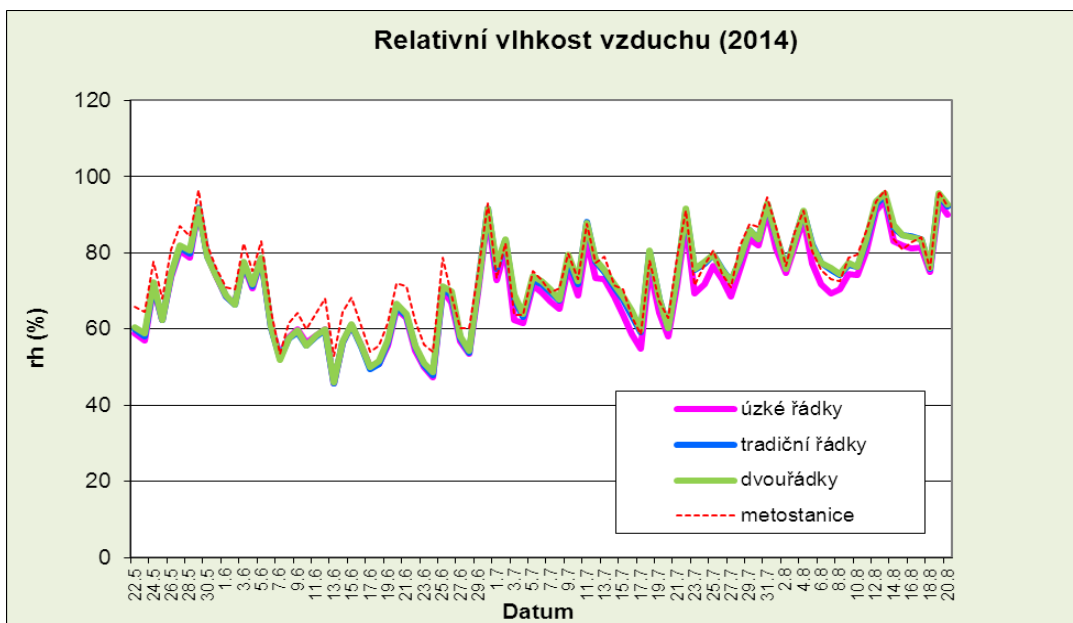
5.5 Výsledky měření mikroklimatu porostu v roce 2014

Z dat získaných pomocí čidel HOBBO a snímačů půdní vlhkosti VIRRIB v roce 2014 byly vypracovány grafy průběhu průměrných teplot a relativní vlhkosti vzduchu v porostu kukuřice a teploty a vlhkosti půdy.



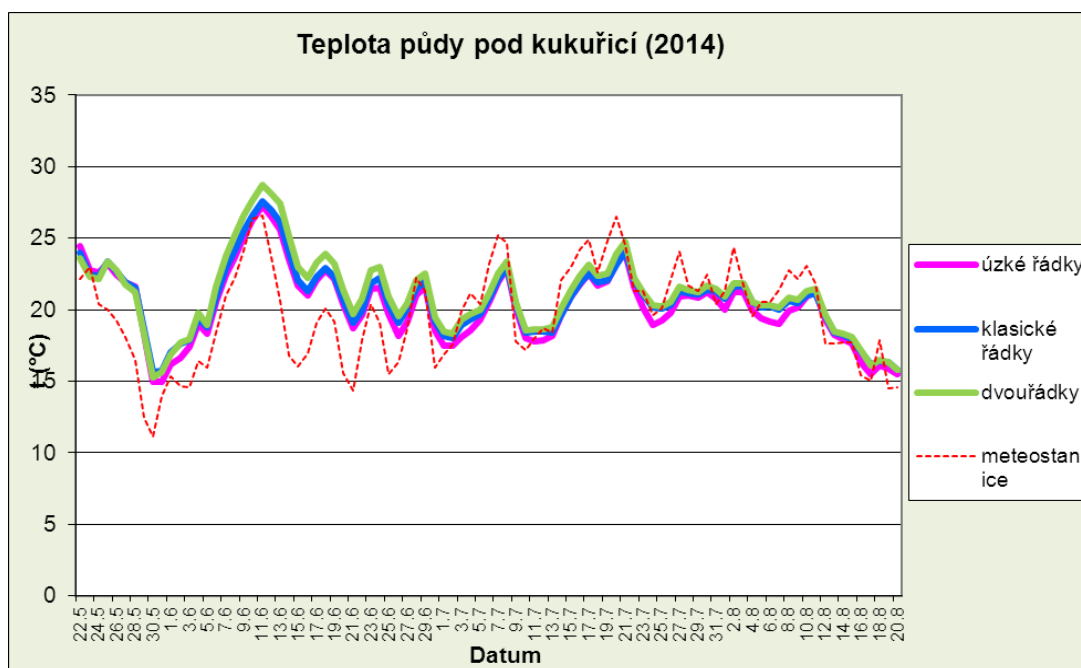
Graf 16 Průměrná teplota vzduchu pod kukuřicí (2014)

Průměrné hodnoty teploty vzduchu v porostu kukuřice se v roce 2014 u jednotlivých typů řádků v podstatě nelišila a byly téměř shodné s průměrnými teplotami vzduchu naměřenými agrometeorostanicí a to v průběhu celého vegetačního období (viz Graf 16).



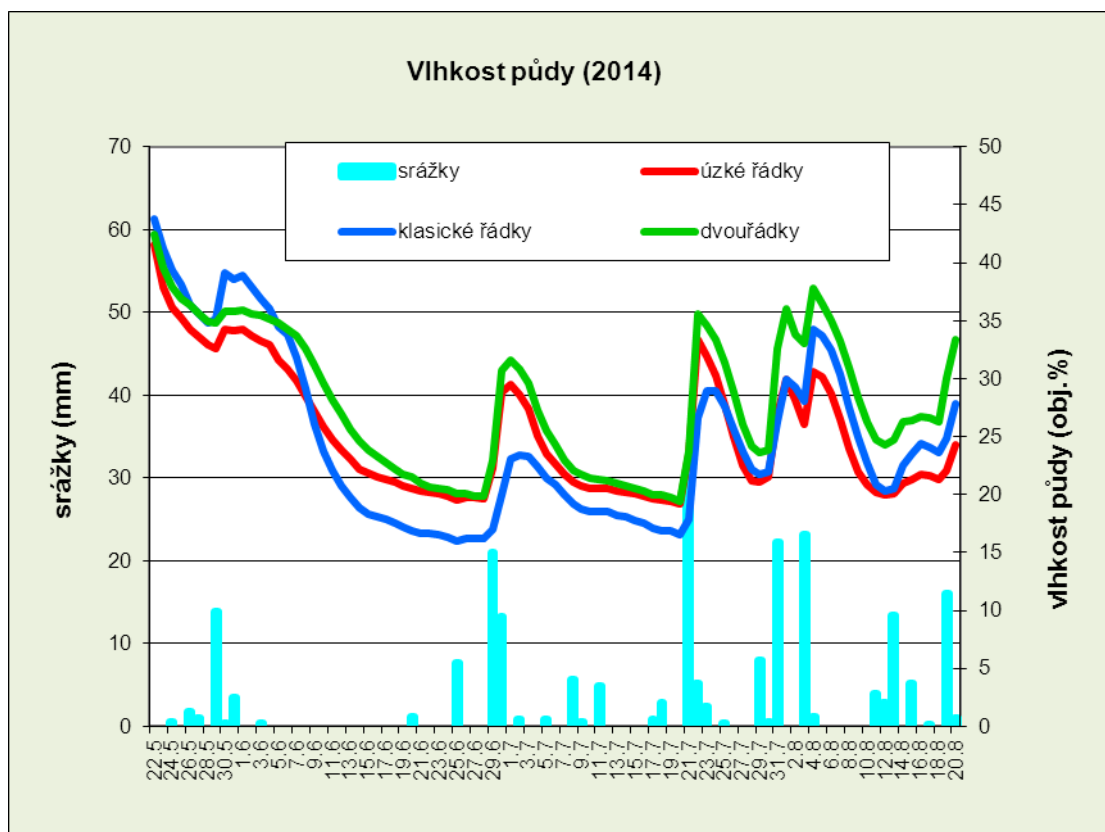
Graf 17 Relativní vlhkost vzduchu v porostu kukuřice (2014)

Relativní vlhkost vzduchu v prostu kukuřice se v roce 2014 mezi jednotlivými typy řádků téměř nelišila. Do konce poslední dekády měsíce června byla v porovnání s hodnotami z agrometeorostanice relativní vlhkost vzduchu v porostu mírně nižší a poté se hodnoty z pokusu a z agrometeorostanice srovnaly (Graf 17).



Graf 18 Průměrná teplota půdy pod kukuřicí (2014)

Teploty půdy pod kukuřicí měly v roce 2014 u všech typů řádků téměř stejný průběh. Od počátku měření do poloviny druhé dekády měsíce července byly mírně vyšší než teplota vzduchu naměřená agrometeorologicky a poté byla půda až do konce sezóny oproti teplotě vzduchu mírně chladnější (Graf 18).



Graf 19 Vlhkost půdy pod kukuřicí (2014)

V roce 2014 nebyly tak významné rozdíly v naměřených hodnotách vlhkosti půdy mezi jednotlivými typy řádků jako v roce 2013. Nejvyšší vlhkost půdy byla trvale u dvouřádků, mírně nižší hodnoty byly u úzkých řádků a nejnižší vlhkost půdy byla u klasických řádků (Graf 19).

6 DISKUSE

Výsledky dvouletých pokusů byly významně ovlivněny rozdílným průběhem počasí v pokusných letech.

Z výsledků naměřených v průběhu pokusného roku 2013 se jeví zajímavý vztah naměřených srážek v průběhu vegetace porostu a hodnot vlhkosti půdy (Graf 15).

V červnu a červenci 2013 došlo k extrémnímu průběhu počasí, kdy měsíc červen byl oproti dlouhodobému normálu srážkově mimořádně nadnormální a v následujícím měsíci byly srážky naopak mimořádně podnormální. V dalších měsících do sklizně kukuřice tj. do srpna a září byly srážkové poměry normální resp. v září nadnormální. Období s minimem srážek způsobilo rozdíly ve vlhkosti půdy na variantách s různým typem řádků a tyto rozdíly se udržely až do sklizně plodiny. Vlhkost půdy byla vyšší na variantách s úzkými řádky a dvouřádky oproti variantě s klasickými řádky. Varianta s úzkými řádky si až do sklizně udržela nejvyšší vlhkost půdy. Vlhkost půdy byla u všech variant trvale nižší v porovnání s rokem 2014 a měla klesající tendenci. Vlhkost půdy v období sucha u variant s rozdílným typem řádků i po něm mohla být ovlivněna mírou zapojení porostu, které bylo u variant s úzkými řádky a dvouřádky vyšší než u klasických řádků. Toto odpovídá také zjištění Herouta et al. (2014), že porost s užšími řádky dosáhne dříve zapojení, má nižší evaporaci a rostliny mohou při dešti stahovat ke stonku větší množství vodních srážek než při řádkové vzdálenosti 0,75 m.

Porovnáme-li vlhkosti půdy z variant s jednotlivými typy řádků a výnosy, zjistíme, že výše výnosů je v relaci s vyšší půdní vlhkostí. Nejvyšších výnosů bylo dosaženo u varianty s úzkými řádky, nižší u dvouřádků a nejnižší výnos byl na variantě s klasickými řádky. Rozdíly ve vlhkostech půdy i výnosech byly statisticky průkazné. Z těchto rozdílů se dá usuzovat na vztah mezi vlhkostí půdy v průběhu vegetace a dosaženými výnosy.

Toto zjištění odpovídá tvrzení Nielsena, kterého cituje Fee (2011), který uvádí, že úzké řádky mohou být více přínosné tam, kde je zapojení porostu a tvorba výnosu ovlivňováno horšími půdními a klimatickými podmínkami. V případě pokusné sezóny 2013 se dá vyšší výnos na variantách s úzkými řádky interpretovat horšími klimatickými podmínkami, kdy se voda v tomto roce stala limitním faktorem.

Průběh počasí v druhém pokusném roce 2014 byl od roku 2013 zcela odlišný. Měsíční srážkové úhrny byly v období vegetace kukuřice průměrné nebo nadprůměrné, nenastalo období sucha. Ze sledování vlhkosti půdy na variantách s různými typy řádků vychází, že varianta s klasickými řádky měla oproti úzkým řádkům a dvouřádkům nižší půdní vlhkost, ale rozdíly mezi jednotlivými typy řádků nebyly statisticky průkazné.

Mírně vyšší hodnoty půdní vlhkosti u variant s úzkými řádky a dvouřádky byly pozorovány trvale (Graf 10).

Při srovnání průběhu hodnot půdní vlhkosti a výnosů vychází, že vyšší hodnoty půdní vlhkosti nekorespondovaly s vyšším výnosem, jako tomu bylo v roce 2013, ale právě naopak. Vzhledem k tomu, že rozdíly v průběhu půdní vlhkosti ani rozdíly ve výnosech z jednotlivých variant nebyly v tomto roce statisticky významné, dá se předpokládat, že rozdíly ve výnosech byly ovlivněny jinými faktory než vlhkostí půdy. Výsledky z této pokusnické sezóny odpovídají pozorování Nielsena (Fee , 2011), který uvádí, že pokud má porost kukuřice více vody, živin a světla než potřebuje, pak výnosy nemají signifikantní odezvu na úzké řádky.

Dvě pokusnické sezóny, naprosto odlišné v pohledu rozložení a množství srážek v průběhu vegetace kukuřice, poukázaly na potenciální výhodu porostů, které jsou schopny rychlejšího zapojení listové plochy. Rychlejšího zapojení porostu může být dosaženo snížením mezířádkové vzdálenosti, rozložením rostlin do dvouřádků nebo hustotou výsevu. Brzké zapojení porostu se může pozitivně projevit především v podmínkách nedostatku vody v průběhu vegetace, v podmínkách, které nastaly v pokusné sezóně 2013. Avšak podle Jeschkeho (2012) záleží i na rozložení dostupnosti vláhy v průběhu vegetace. Uvádí, že v případě, že sucho přetrvává v průběhu celé sezóny, může zvýšený odběr vody v počátečních fázích snížit zásoby vody potřebné v pozdějším období.

Získané výsledky, i výsledky některých prací citovaných v literárního přehledu, vedou k úvahám, že porost kukuřice lze oproti zavedené praxi (šíře řádků 0,75 m) uspořádat tak, aby v případě omezeného množství vody v průběhu vegetace mohl s tímto limitním zdrojem lépe hospodařit a dosáhnout tak vyšších výnosů. Vzhledem k výsledkům jiných autorů nelze v současné době považovat schopnost úzkých řádků zvýšit výnos díky lepšímu přijímání vody za zcela jasnou (Barbieri, 2012, Sharrat a Mc Williams, 2005).

K interpretaci pozitivních přínosů je přistupováno ze dvou pohledů. Jednak je brán v úvahu vliv včasnějšího zapojení porostu u úzkých řádků (dvouřádků) v porovnání s klasickými řádky. Předpokládá se, že volnější rozložení listů v prostoru může zachytit více srážek na svém povrchu a svěst je ke kořenům a zároveň snížit evapotranspiraci (Herout, 2015). Tato teorie předpokládá, že i malý rozdíl v množství vody takto zadržené úzkými řádky v suchém období může vést k vyšším výnosům.

Jinou možností je zkoumání odlišností v kořenovém systému rostlin u různých typů řádků a případný dopad na schopnost porostu přijímat vodu a živiny z půdy (Brandt et al., 2014). Zmenšení šířky řádků je při zachování stejného počtu jedinců spojeno s optimalizací prostoru pro rozvoj kořenového systému a dá se předpokládat, že může kromě lepšího přístupu k vodě a živinám, také eliminovat některé stresové faktory a kompetici rostlin (Brandt, 2014).

Brand (2014) uvádí, že stok vody po stéble může, za určitých okolností, zvyšovat riziko odtoku vody v řádku. Zároveň uvádí, že u úzkých řádků, vlivem rozvoje kořenového systému, jsou vytvořeny lepší podmínky pro infiltraci, ale až od 5. až 7. týdne od založení porostu. To může být předpokladem pro zadržení vyššího množství vody v porostu než u klasických řádků.

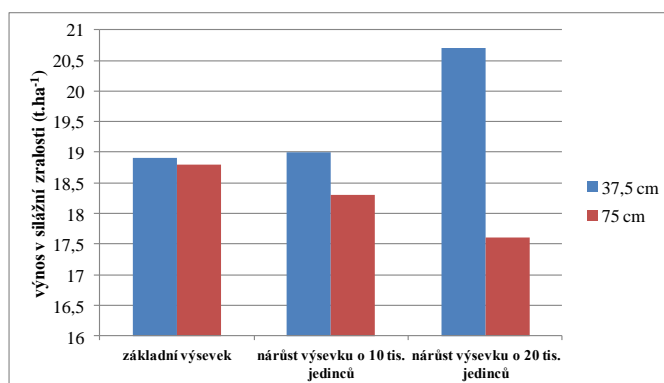
Hospodaření porostu s vodou je náročná problematika. Stanovení optimálního nebo minimálního množství vody pro porost v jednotlivých vývojových fázích je vzhledem k dalším faktorům prostředí, které mohou být výrazně proměnlivé, velmi obtížné. Je náročné zjistit, zda mírné navýšení vláh v porostu může mít v konkrétních podmínkách zásadní vliv na výnos. Tento efekt může být více viditelný v extrémních podmínkách. Shodou okolností se v průběhu pokusu mohly srovnat dva odlišné ročníky. Výnosové výsledky odpovídaly těmto extrémům a poukázaly na možnost ovlivnit organizaci porostu hospodaření rostlin s vodou. Vzhledem ke klimatickým prognózám, které očekávají, že extrémy v průběhu počasí budou častější, mohou se změny v organizaci porostu stát významnější.

Z prostudovaných odborných zdrojů, které se zabývají obdobnou problematikou, jako tato práce vyplývá, že kromě faktoru typu řádků a výsevu je nutné brát zřetel i na hybrid. Duvick (1977) uvádí, že odolnost moderních hybridů vůči přehuštění je daleko vyšší než u starších odrůd a Jeschke (2012) upozorňuje, že se dá předpokládat vyšlechtění hybridů s ještě větší odolností proti zahuštění. Zda může mít moderní hybrid v kombinaci s různou meziřádkovou vzdáleností a výsevkem výrazný podíl na výši výnosu je stále nejasné. Různé studie dospěly k odlišným závěrům (Heagele et al., 2014). Současné poznatky umožňují rychlý vývoj nových hybridů, který se zaměřuje na některé jejich vlastnosti. Ovšem tyto hybridy mohou být nositeli dalších vlastností, které v kombinaci s podmínkami vnějšího prostředí mohou ovlivnit výnos. Sledovaný pokus byl každý rok oset jiným hybridem a vztah hybridu k šíři řádku a výsevu nebyl sledován.

Porovnání výnosů z variant s různými výsevků s doporučeným výsevku hybridu Silotop (2013) a Beautiful (2014) potvrdil závěr Lauera (2009), že doporučené výsevky mohou být nižší než ty, které maximalizují výnos siláže.

V roce 2014 lze interakci typů řádků a výši výsevků z tohoto pokusu porovnat s výsledky pokusů firmy P&L, které jsou vedeny v rámci stejného výzkumného projektu jako tato práce. Pokusy firmy P&L jsou zaměřeny na porovnání výnosů u kukuřice pěstované na zrno a na siláž při pěstování v klasických a úzkých řádcích a také na vztah výše výsevků k výnosu. Pokusy jsou vedeny na více lokalitách v České republice. Z výsledků těchto pokusů vyplývá, že v roce 2014 úzké řádky reagovaly na zvýšení výsevků zvýšením výnosu, kdežto u klasických řádků tomu bylo naopak (Periodická zpráva z roku 2014, projekt NAZV QJ1210008, 2014), viz Graf 20.

Tento závěr neodpovídá zcela výsledkům zpracovaných v této práci, kde zjištěné rozdíly ve výnosech na variantách s rozdílným výsevku byly malé. Všechny rozdíly mezi výsevků na jednotlivých typech řádků byly statisticky neprůkazné. V absolutních hodnotách klasické řádky dosáhly nejvyššího výnosu při nejvyšším výsevku, naopak úzké řádky dosáhly nejvyššího výnosu při nejnižším výsevku. Porovná-li se sklizně v roce 2013 a 2014 v hodnotách čerstvé hmoty, byla produkce čerstvé hmoty výrazně vyšší v roce 2014, což bylo způsobeno vyšším obsahem vody ve sklizené hmotě. Rozdíly v produkci sušiny nebyly tak výrazné. Je otázkou zda termín sklizně, respektive podíl sušiny ve sklizené hmotě mohl ovlivnit produkci sušiny na jednotlivých pokusných variantách.

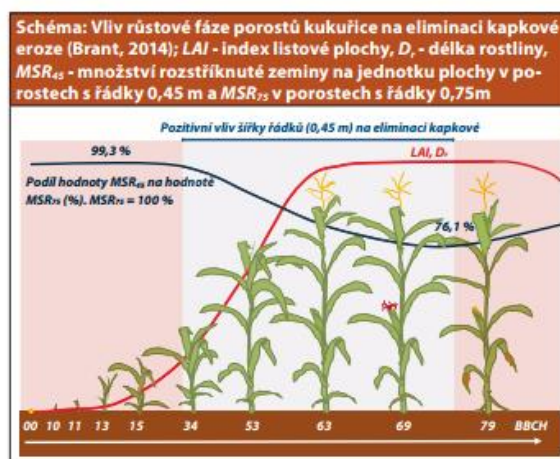


Graf 20 Výsledky výnosů u silážní kukuřice firmy P&L (Zdroj: Periodická zpráva z roku 2014; projekt NAZV QJ1210008)

Pro pěstitele kukuřice je kromě výše výnosu důležitá také kvalita získané suroviny. Sangoi (2001) uvádí, že hustota porostu stimuluje apikální dominanci a snižuje se počet palic na rostlině a počet zrn v klase. Výsledky z pěstování kukuřice v úzkých řádcích v Německu vykazaly, že sice stoupá výnos suché hmoty z hektaru, ale klesá obsah škrobu a celkové energie. Je možné se domnívat, že snížení obsahu škrobu a energie v siláži může být způsobeno přehuštěním porostu. V rozboru sušiny z roku 2013 byl zaznamenán nižší obsah škrobu u varianty úzkých řádů s vyšším výsevkem. Je možné uvažovat o zdůvodnění tohoto jevu přehuštěním porostu, ale získané informace nepostačují k vytvoření jasného závěru. Z výsledků měření podílů palic na hmotě rostliny a hmotnosti palic v roce 2014 nebyly zjištěny rozdíly, které by poukazyvaly na nižší obsah škrobů při vyšších výsevcích.

Pěstování kukuřice v úzkých řádcích je v současné době u nás vnímáno nejen jako možnost dosáhnout vyšších, popř. stabilnějších výnosů, ale také jako způsob protierozní ochrany půdy. V literárních zdrojích se uvádí předpoklad, že úzké řádky mohou omezit erozní procesy, ale vědeckých prací, zabývajících se konkrétně touto problematikou není mnoho (Brandt et al., 2015).

V našich podmínkách je vliv úzkých řádků na omezení erozních procesů sledován v rámci výzkumných aktivit České zemědělské univerzity v Praze, konkrétně na Katedře agroekologie a biometeorologie ve spolupráci s Katedrou zemědělských strojů. Cílem tohoto výzkumu je sledovat vliv struktury porostů polních plodin na distribuci srážek a na hodnoty kapkové eroze ve vztahu k systémům zpracování půdy. Současné výsledky uvádějí, že při srovnání řádků o šířce 0,45 m s řádky s klasickou roztečí (0,75 m) nevykazují porosty s užšími řádky na začátku vegetace prokazatelný efekt na snížení kapkové eroze. V období růstových fází BBCH 30 až BBCH 80 vede snížení řádkové vzdálenosti ke snížení hodnot kapkové eroze (Obrázek 9). S nástupem rostlin do fáze zrání dochází obecně u obou typů porostů k poklesu ochranného vlivu vegetace (Brandt et al., 2015). Brandt et al. (2015) dochází na základě těchto výzkumů k závěru, že při zajištění dlouhodobě stabilního pokrytí půdy mulčem během vegetace lze uvažovat o možnosti pěstování kukuřice v řádcích o šířce 0,45 m a užších, i na erozně ohrožených pozemcích.



Obrázek 7 Eliminace kapkové eroze v porostu kukuřice (Zdroj: Brand et al., 2015)

V české zemědělské krajině je eroze půdy závažným problémem. Pěstební technologie, které pomáhají snížit riziko eroze jsou velkým přínosem k ochraně půdy, cenného přírodního zdroje, který je třeba chránit i s ohledem na budoucí generace. Využívání užších řádků v kombinaci s pokrytím půdy mulčem, může být jednou z vhodných technologií. Půda je proti riziku eroze v České republice chráněna také legislativně. Podmínkou pro poskytnutí zemědělských dotací je dodržování pravidel Dobrého zemědělského a environmentálního stavu, tzv. DZES. Pravidla pro nové programové období 2014 – 2020 pěstitelům umožňují na půdách označených jako mírně erozně ohrožené, pěstovat kukuřici s použitím vybraných půdoochranných technologií. Nově je umožněno použít jako půdoochrannou technologii také pěstování kukuřice s šířkou řádku do 45 cm bezorebným způsobem (SZIF, 2015).

Vzhledem k charakteru nových hybridů, které se stávají stále odolnějšími vůči chladu, je možné pěstovat kukuřici i ve vyšších polohách, kde je i vyšší zastoupení erozně ohrožených ploch půdy.

Dá se předpokládat, že zájem zemědělců o úzkořádkové pěstování kukuřice, nejen v těchto oblastech, se bude odvíjet především od toho, jaký ekonomický přínos pro ně bude tato technologie mít. V případě, že se zemědělci přikloní k využívání úzkořádkové technologie, může se na trhu otevřít nový segment pro společnosti obchodující s hybridy a s technikou zaměřenou na setí do úzkých řádků.

Z pohledu ekonomiky pěstování kukuřice v úzkých řádcích nebo dvouřádcích jsou pro pěstitele, vedle dosahovaných výnosů, významné také jednorázové náklady na

pořízení technického vybavení pro pěstování kukuřice (i jiných plodin) v úzkých řádcích (dvouřádcích) dostupnost servisu a množství obdobné techniky v okolí, kterou by si mohli vzájemně vypomoci při osetí větších ploch v agronomickém termínu setí. Základním vybavením pro úzkořádkové pěstování silážní kukuřice je přesný secí stroj s možností setí do úzkých řádků. Secí stroj pro úzké řádky bývá schopen vysévat i na klasickou vzdálenost tím, že některé secí botky se vynechají. V případě, že se pěstitel rozhodne pro pěstování kukuřice ve dvouřádcích je třeba pořídit speciální secí stroj.

Při ekonomickém zhodnocení výhod a nevýhod setí kukuřice do úzkých řádků nebo dvouřádků oproti klasickým řádkům se může projevit také vyšší opotřebení secího stroje a vyšší spotřeba hnojiva pod patu (Prokop, 2013).

7 ZÁVĚR

Při srovnání výsledků výnosů z variant s úzkými řádky, klasickými řádky a dvouřádky v roce 2013 vyplývá, že organizace porostu kukuřice v řádku může mít vliv na vyšší výnos kukuřičné siláže. Typ řádku měl statisticky vysoce významný vliv na výnos a to při hladině významnosti $\alpha \leq 0,01$. Výnos úzkých řádků a dvouřádků byl vyšší než u klasických řádků.

S navýšením výsevu byl zaznamenán významnější nárůst výnosů ve variantě s dvouřádky. Mírné navýšení bylo zaznamenáno také u varianty s klasickými řádky, u úzkých řádků došlo s navýšením výsevu k mírnému snížení výnosu.

Ve třetí dekádě měsíce června 2013 byla vlhkost půdy pod kukuřicí u všech variant velmi vysoká v důsledku velkého přívalu srážek. V následujícím období měla u všech variant až do sklizně kukuřice, vzhledem k nedostatku srážek, sestupnou tendenci. Výše vlhkosti půdy se u všech variant lišila. Nejvyšší vlhkost půdy pod kukuřicí se udržovala u varianty s úzkými řádky, nižší u dvouřádků a nejnižší u klasických řádků. Výše vlhkosti půdy byla v relaci s výnosy.

Z výsledků rozboru sklizené hmoty kukuřice na siláž v roce 2013 byl zaznamenán pokles obsahu škrobu v sušině u varianty úzkých řádků s vyšším výsevem, a to v průměru o 3,75 %.

V roce 2014 byly vykázány pouze mírné rozdíly ve výnosech mezi typy řádků, výsevy a v jejich vzájemné interakci. Klasické řádky měly nejvyšší výnos, úzké řádky nejnižší. U varianty klasických řádků s nejvyšším výsevem došlo k nejvýraznějšímu

nárůstu výnosu. Dvouřádky měly pouze mírnou tendenci reagovat na zvýšení výsevku zvýšením výnosu. Reakce úzkých řádků neměla jasnou tendenci.

Z porovnání hmotností rostlin (v suché hmotě) z jednotlivých variant v průběhu vegetace vyšlo najevo, že s vyšší hustotou porostu se hmotnost jednotlivých rostlin snižuje. Navýšení výnosu u variant s vyšším výsevkem je tedy dáno především vyšším počtem rostlin na hektar.

Celkové výsledky poukázaly na možné výhody pěstování kukuřice v užších řádcích (popř. dvouřádcích) spojené s vyšším výnosem v období déletrvajícího sucha (oproti klasickým řádkům), kdy rychlejší zapojení porostu může být předpokladem pro lepší hospodaření rostlin s vodou.

V práci byly zpracovány pouze dvouleté výsledky, což nemusí postačovat k potvrzení jejich obecné platnosti. Vzhledem k poznatkům, které tento výzkum přinesl a k aktuálnosti řešené problematiky, by bylo přínosné v tomto experimentu pokračovat.

8 PŘEHLED POUŽITÉ LITERATURY

- ALILLOO A. A. et al., 2012: *The Effect of Sowing Date and Plant Density on Morphology, Phenology and Yield Variables of Maize Hybrids in Bonab Region*. Journal of Agricultural Science (University of Tabriz), vol. 22: s. 1 – 12
- ANDRADE F. H. et al, 2002: *Yield responses to narrow rows depend on increased radiation interception*. Agronomy Journal, 94: s. 975 – 980
- BARBIERI P. A. et al., 2008: *Nitrogen Use Efficiency in Maize as Affected by Nitrogen Availability and Row Spacing*. Agronomy Journal, vol. 100 (4): s. 1094 – 1100
- BARBIERI P. A. et al., 2012: *Maize Evapotranspiration and Water-Use Efficiency in Response to Row Spacing*. Agronomy Journal, vol. 104 (4): s. 939 - 944
- BAXA Z. et al., 2012: *Kukuřice do kapsy*. Praha: KWS, s .r. o., s. 166
- BRANDT V. et al., 2014: *Vývoj kořenového systému kukuřice a řepky ve vztahu ke zpracování půdy, struktuře porostu a hnojení*. Agromanuál (11 – 12): s. 91 – 95
- BRANDT V. et al., 2015: *Praktické využití užších řádků u kukuřice v rámci ochrany půdy proti erozi*. Agromanuál 2015 (2): s. 96 - 99
- DUVICK, D. N., 1977: *Genetic rates of grain in hybrids maize yields during the past 40 years*. Maydica, 12: s. 187 – 196
- DOLEŽAL P. et al, 2006: *Konzervace skladování a úpravy objemných krmiv*. MZLU Brno, s. 246
- FEE R., 2011: *Narrow advantages for narrow rows*. [online] Agriculture.com. [vid. 2015_4_24]. Dostupné z: http://www.agriculture.com/crops/corn/production/narrow-advantage-f-narrow-rows_137-ar21003
- GULLICKSON G., 2015: *Boost Plant Population with Twin-Rows*. [online] Agriculture.com. [vid. 2015_4_24]. Dostupné z: http://www.agriculture.com/crops/corn-high-yield-team/boost-plt-population-with-twinrows_545-ar47526

- HEAGELE J. W. et al., 2014: *Row Arrangement, Phosporus Fertility, and Hybrid Contributions to Managing Increased Plant Density of Maize*. *Agronomy Journal*, 106: s. 1838 – 1846
- HAMMER G. L. et al., 2009: *Can changes in canopy and/or root system architecture explain historical maize yield trends in the U. S. Corn Belt?* *Crop Science* 49: s. 41 – 50
- HEROUT M. et al., 2015: *Půdochranné způsoby zakládání porostů kukuřice a jejich vliv na omezení eroze půdy a na výnos kukuřice*. *Kukuřice v praxi 2015*: s. 41 – 50
- JESCHKE M., 2012: *Crop Insights: Row Width in Corn Grain Production*. [online] DuPont Pioneer. [vid. 2015_4_24]. Dostupné z: <https://www.pioneer.com/home/site/us/agronomy/library/row-width-corn-grain-production/>
- KNAPP W. R., REID W. S., 1981: *Interactions of hybrid maturity class, planting date, plant population and nitrogen fertilizer on corn performance in New York*. New York State Agricultural Experiment Station, Vol. 21. Cornell University, New York.
- LAUER J. 2003: *Corn Row Width and Plant Density – Then and Now*. [online] University of Wisconsin – Agronomy. [vid. 2015_4_24]. Dostupné z: http://corn.agronomy.wisc.edu/Extension/PowerPoints/2003_WFAPMC_RS.pdf
- LAUER J., 2009: *Corn plant density for maximum grain and silage production*. *Field Crops*, 28: s. 424 – 62
- LUTZ J. A. et al, 1971: *Row spacing and population effects on corn yields*. *Agronomy Journal*, 63: s. 12 – 14
- MÁDL V., 2012: *Praktický průvodce úspěšného zemědělce. Twin-row*. [online] Great Plains. [vid. 2015_4_24]. Dostupné z: <http://www.agrics.cz/obrazky-soubory/twin-row-d03dd.pdf?redir>
- NAFZIGER E. D., 2006: *Inter- and intraplant competition in corn*. [online] Digital Library. [vid. 2015_4_24]. Dostupné z:

<https://dl.sciencesocieties.org/publications/cm/abstracts/5/1/CM-2006-0227-05-RV>

NĚMEČEK J. et al, 2008: *Taxonomický klasifikační systém půd České republiky*. Praha: ČZU, s. 95

NOVACEK M. J. et al, 2013: *Twin Rows Minimally Impact Irrigated Maize Yield, Morphology and Lodging*. *Agronomy Journal*, vol. 105: s. 268 – 276

NOVACEK M. J., 2011: *Twin-Row Production and Optimal Plant Population for Modern Maize Hybrids*. [online] Lincoln. Disertační práce. [vid. 2015_4_24]. Dostupné z: <http://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1037&context=agronhortdiss>

PECINOVSKY K. et al., 2002: *Corn Row Spacing, Plant Density, and Maturity Effects*. [online] Northeast Research and Demonstration Farm. Iowa State University. [vid. 2015_4_24]. Dostupné z: <http://www.ag.iastate.edu/farms/02reports/ne/CornRowSpacing.pdf>

Periodická zpráva z roku 2014; projekt NAZV QJ1210008: „Inovace systémů pěstování obilnin v různých agroekologických podmínkách ČR“, 2014. Nepubl.

PORTER P. M et al., 1997: *Corn response to row width and plant population in the Northern Corn Belt*. *Journal of Production Agriculture*, 10: s. 293 – 300

PROKOP M., 2013: *Různá šířka řádku kukuřice*. *Kukuřičné listy* (1), s. 3 – 4

PROKOP M., 2001: *Víte jak dosáhnou vysoký výnos kukuřice z hektaru?* [online] Úroda 2001. [vid. 2015_4_24]. Dostupné z: <http://uroda.cz/vite-jak-dosahnout-vysoky-vynos-kukurice-z-hektaru/>

Plodinový katalog 2014. Kukuřice. [online] Syngenta. [vid. 2015_4_24]. Dostupné z: <http://www.slideshare.net/janfilipcik/syngenta-plodinov-katalog-214>

RUSSNOGLE J., 2003: *Will Twin Rows Rule?* [online] *Corn+Soybean Digest*. [vid. 2015_4_24]. Dostupné z: <http://cornandsoybeandigest.com/will-twin-rows-rule>

SANGOI L. et al., 2001: *Understanding plant density effects on maize growth and development: An important issue to maximalize grain yields*. *Ciencia Rural*, vol. 31 (1) [online] Scielo. [vid. 2015_4_24]. Dostupné z:

http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782001000100027

- SHARRATT B. S., MC WILLIAMS D. A., 2005: *Microclimatic and Rooting Characteristics of Narrow-Row versus Conventional-Row Corn*. *Agronomy Journal*, vol. 97 (4): s. 1129 - 1135
- STICKLER F. C., LAUDE H. H., 1960: *Effect of row spacing and plant population on performance of corn, grain sorghum, and forage sorghum*. *Agronomy Journal*, 52: s. 275 – 277
- SZIF, 2015: *Průvodce zemědělce Kontrolou podmíněnosti platný pro rok 2015. Metodická příručka*. [online] eAGRI. [vid. 2015_4_24]. Dostupné z: <http://eagri.cz/public/web/mze/dotace/kontroly-podminenosti-cross-compliance/aktuality/metodicka-prirucka-pruvodce-zemedelce.html>
- THELEN K. D., 2006: *Interaction Between Row Spacing and Yield: Why it Works*. *Crop Management*, vol. 5 (1)
- TOMÁŠEK J., HEROUT M., 2013: *Pěstování kukuřice novými technologiemi – ano, nebo ne?* *Úroda* 2013 (11)
- TWIN-ROW.COM, 2015: *Twin-Row Principles* [online] Online Resource Center. [vid. 2015_4_24]. Dostupné z: <http://www.twinrow.com>
- VÁŠA F. et al., 1964: *Rostlinná výroba*. SZN Praha, Praha, s. 885
- VAN ROEKEL R. J., COULTER J. A., 2012: *Agronomic responses of corn hybrids to row width and plant density*. *Agronomy Journal* 104: s. 612 – 620
- VRZAL J. et al, 1995: *Základy pěstování kukuřice a jednoletých pícnin*. Institut výchovy a vzdělávání MZe ČR v Praze. Praha, s. 32
- WIDDICOMBE W. D., THELEN K. D., 2002: *Row width and plant density effects on corn grain production in the Northern Corn Belt*. *Agronomy Journal*, 94: s. 1020 – 1023
- ZIMOLKA et al., 2008: *Kukuřice – hlavní a alternativní užitkové směry*. Profi Press, s. r. o., Praha, s. 200

9 SEZNAM OBRÁZKŮ

| | |
|---|----|
| Obrázek 1 <i>Vývojové fáze kukuřice (zdroj: Nafziger, 2006)</i> | 12 |
| Obrázek 2 <i>Znázornění rozložení rostlin kukuřice v řádcích při technologii twin-row šíře řádku 0,75 m), úzkých řádků (0,5 m) a klasických řádků (0,75 m) a využití prostoru</i> | 22 |
| Obrázek 3 <i>Schématické zobrazení různých způsobů organizace porostu</i> | 26 |
| Obrázek 4 <i>Uspořádání pokusu v roce 2013</i> | 26 |
| Obrázek 5 <i>Uspořádání pokusu v roce 2014</i> | 27 |
| Obrázek 6 <i>Popis umístění snímače půdní vlhkosti VIRRIB</i> | 28 |
| Obrázek 7 <i>Eliminace kapkové eroze v porostu kukuřice</i> | 56 |

10 SEZNAM TABULEK

| | |
|---|----|
| Tabulka 1 <i>Hodnoty dlouhodobých teplotních a srážkových normálů (1961-90)</i> | 24 |
| Tabulka 2 <i>Seznam agrotechnických zásahů v sezóně 2012/2013</i> | 29 |
| Tabulka 3 <i>Přehled agrotechnických zásahů v sezóně 2013/2014</i> | 30 |
| Tabulka 4 <i>Průměrné měsíční teploty vzduchu (Žabčice, 2013)</i> | 32 |
| Tabulka 5 <i>Průměrné měsíční teploty vzduchu (Žabčice 2014)</i> | 34 |
| Tabulka 6 <i>Hmotnost rostlin v suché hmotě (27. 8. 2013)</i> | 36 |
| Tabulka 7 <i>Parametry porostů kukuřice sledované v roce 2014</i> | 38 |
| Tabulka 8 <i>Výnosy variant v roce 2013</i> | 39 |
| Tabulka 9 <i>ANOVA pro výnos (2013)</i> | 40 |
| Tabulka 10 <i>Výnosy variant v roce 2014</i> | 42 |
| Tabulka 11 <i>ANOVA pro výnos (2014)</i> | 42 |
| Tabulka 12 <i>Obsah živin (2013)</i> | 44 |
| Tabulka 13 <i>Produkce bioplynu a metanu (2013)</i> | 45 |

11 SEZNAM GRAFŮ

| | |
|---|----|
| Graf 1 Průměrné měsíční teploty vzduchu (Žabčice 2013) | 33 |
| Graf 2 Měsíční úhrny srážek (Žabčice 2014) | 33 |
| Graf 3 Průměrné měsíční teploty (Žabčice, 2013) | 35 |
| Graf 4 Průměrné srážkové úhrny (Žabčice 2014) | 35 |
| Graf 5 Srovnání dynamiky růstu úzkých řádků při různých výsevcích (2014) | 37 |
| Graf 6 Srovnání dynamiky růstu klasických řádků při různých výsevcích (2014) ... | 37 |
| Graf 7 Srovnání dynamiky růstu dvouřádků řádků při různých výsevcích (2014) ... | 38 |
| Graf 8 Statistické vyjádření výnosů - sledovaný parametr "typ řádku" (2013) | 40 |
| Graf 9 Statistické vyjádření výnosů se záznamem obou sledovaných faktorů - "typ řádku" a "výsevek" (2013) | 41 |
| Graf 10 Statistické vyjádření výnosů - sledovaný faktor "typ řádku", v roce 2014 . | 43 |
| Graf 11 Statistické vyjádření výnosů se záznamem obou sledovaných faktorů - "typ řádků" a "výsevek", v roce 2014 | 43 |
| Graf 12 Průměrná teplota vzduchu v porostu kukuřice (2013) | 45 |
| Graf 13 Relativní vlhkost vzduchu v porostu kukuřice (2013) | 46 |
| Graf 14 Teplota půdy pod kukuřicí (2013) | 47 |
| Graf 15 Vlhkost půdy pod kukuřicí (2013) | 47 |
| Graf 16 Průměrná teplota vzduchu pod kukuřicí (2014) | 48 |
| Graf 17 Relativní vlhkost vzduchu v porostu kukuřice (2014) | 49 |
| Graf 18 Průměrná teplota půdy pod kukuřicí (2014) | 49 |
| Graf 19 Vlhkost půdy pod kukuřicí (2014) | 50 |
| Graf 20 Výsledky výnosů u silážní kukuřice firmy P&L | 54 |

12 PŘÍLOHY

Příloha 1: Fotodokumentace



Obrázek 8 *Setí úzkých řádků (37,5 cm) přesným secím strojem KINZE (zdroj: archiv autora)*



Obrázek 9 *Detail nastavení secího stroje pro setí klasických řádků (0,75 m) (zdroj: archiv autora)*



Obrázek 10 *Setí dvouřádků (zdroj: archiv autora)*



Obrázek 11 *Detail secího ústrojí pro výsev dvouřádků (zdroj: archiv autora)*



Obrázek 12 Čelní pohled na porost úzkých řádků, 24. 8. 2014 (varianta 2) (zdroj: archiv autora)



Obrázek 13 Čelní pohled na porost klasických řádků, 24. 8. 2014 (varianta 8) (zdroj: archiv autora)



Obrázek 14 Čelní pohled na porost dvouřádků, 24. 8. 2014 (varianta 4) (zdroj: archiv autora)



Obrázek 15 Celkový pohled na pokus (24. 8. 2014)

13 SEZNAM PŘÍLOH

| | |
|--|----|
| Příloha 1 <i>Fotodokumentace</i> | 66 |
|--|----|

