

**ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE**  
**FAKULTA AGROBIOLOGIE, POTRAVINOVÝCH A PŘÍRODNÍCH ZDROJŮ**

**Katedra rostlinné výroby**



**Tvorba výnosu čiroku pěstovaného pro produkci bioplynu**

**Disertační práce**

Doktorand: **Ing. Jiří Adamčík**  
Školitel: **Prof. Ing. Josef Pulkrábek, CSc.**

Prohlašuji, že jsem disertační práci na téma „**Tvorba výnosu čiroku pěstovaného pro produkci bioplynu**“ zpracoval samostatně pod vedením školitele, na základě mnou získaných výsledků a použil jsem pouze prameny citované v seznamu literatury.

---

V Praze dne 9. 9. 2016

Zvláštní poděkování patří Prof. Ing. Josefu Pulkrábkovi, CSc. - za odborné vedení disertační práce a Ing. Kateřině Pazderů, Ph.D. – za odborné i praktické rady, dále pak Ing. Jaroslavu Tomáškoví, Ph.D. za odbornou pomoc při komentování a zpracovávání výsledků.

Dále děkuji pracovníkům a doktorandům na Katedře rostlinné výroby ČZU v Praze a Výzkumné stanici v Uhříněvsi, kde probíhaly polní pokusy.

Celé mé rodině moc děkuji za shovívavost a pomoc během mých studií.

## Obsah

Obsah .....	1
1. Úvod .....	6
2. Literární přehled .....	7
2.1 Čirok.....	7
2.1.1 Botanické zařazení a popis rostliny čiroku .....	9
2.1.2 Nároky čiroku na stanoviště .....	12
2.1.3 Tvorba výnosu čiroku .....	13
2.1.4 Osevní postup .....	14
2.1.5 Příprava půdy .....	15
2.1.6 Výsev .....	15
2.1.7 Výživa.....	16
2.1.7.1 Dusík.....	17
2.1.7.2 Fosfor.....	19
2.1.7.3 Draslík .....	19
2.1.7.4 Vápník .....	20
2.1.7.5 Síra.....	20
2.1.8 Ochrana .....	20
2.1.9 Sklizeň a konzervace .....	23
2.2 Tvorba bioplynu z rostlinného substrátu.....	26
2.2.1 Substrát pro tvorbu bioplynu .....	27
2.2.2 Podmínky prostředí k vzniku bioplynu.....	28
2.2.2.1 Kyslík .....	29
2.2.2.2 Teplota .....	29
2.2.2.3 Vlivy pH .....	30
2.2.3 Složení bioplynu .....	30
2.2.4 Úprava bioplynu .....	31
2.3 Biologická hodnota osiva čiroku.....	31
3. Cíle práce.....	35
3.1 Vědecké hypotézy práce .....	35
4. Materiál a metody.....	36
4.1 Laboratorní část pokusu .....	36

4.2	Polní část pokusu.....	36
4.3	Agrotechnika pokusu .....	42
4.3.1	Použitá hnojiva .....	44
4.3.2	Použité odrůdy .....	45
4.4	Výsledky .....	46
4.4.1	Vliv teploty na klíčení osiva jednotlivých odrůd čiroku cukrového.....	46
4.4.2	Vliv teploty na klíčení stimulovaného osiva čiroku cukrového .....	50
4.4.3	Polní část pokusu .....	53
4.4.3.1	Vliv termínu setí na polní vzcházivost v jednotlivých testovaných ročnících.....	54
4.4.3.2	Vliv termínu setí na počet kolének, průměr stonku, výšku rostliny, výnos biomasy, obsah sušiny a výnos sušiny v jednotlivých letech.....	58
4.4.3.3	Vliv termínu setí na polní vzcházivost stimulovaného osiva čiroku .	64
4.4.3.4	Vliv termínu setí na počet kolének, průměr stonku, výšku rostliny, výnos biomasy, obsah sušiny a výnos sušiny v jednotlivých letech u stimulovaných semen.....	68
4.4.3.5	Vliv dávky dusíku na výnos nadzemní biomasy .....	76
5.	Diskuse .....	84
6.	Závěr.....	90
7.	Literární přehled .....	92

## Seznam tabulek

Tab. 1: Produkce bioplynu z rostlinných materiálů .....	28
Tab. 2: Průměrné složení bioplynu .....	30
Tab. 3: Požadované vlastnosti bioplynu.....	31
Tab. 4: Agrochemický rozbor půdy – ČZU, Pokusná stanice Praha – Uhřetěves .....	37
Tab. 5: Agrotechnika pokusů .....	44
Tab. 6: Rozbor použitého digestátu v jednotlivých letech .....	45
Tab. 7: Vliv aplikace přípravků Lexin a M-Sunagreen na klíčivost osiva čiroku cukrového v průměru všech sledovaných ročníků a teplot .....	53
Tab. 8: Vliv termínu setí na polní vzcházivost odrůdy Zerberus .....	55
Tab. 9: Vliv termínu setí na polní vzcházivost odrůdy Goliath .....	55
Tab. 10: Vliv termínu setí na polní vzcházivost odrůdy Sweet Caroline.....	56
Tab. 11: Vliv termínu setí na polní vzcházivost odrůdy Express.....	57
Tab. 12: Vliv termínu setí na počet kolének, průměr stonku, výšku rostlin, výnos biomasy, obsah sušiny a výnos sušiny u dvou meziřádkových vzdáleností u odrůdy Zerberus.....	58
Tab. 13: Vliv termínu setí na počet kolének, průměr stonku, výšku rostlin, výnos biomasy, obsah sušiny a výnos sušiny v dvou meziřádkových vzdálenostech u odrůdy Goliath .....	60
Tab. 14: Vliv termínu setí na počet kolének, průměr stonku, výšku rostlin, výnos biomasy, obsah sušiny a výnos sušiny v dvou meziřádkových vzdálenostech u odrůdy Sweet Caroline..	62
Tab. 15: Vliv termínu setí na počet kolének, průměr stonku, výšku rostlin, výnos biomasy, obsah sušiny a výnos sušiny u odrůdy Express, meziřádková vzdálenost 50 cm .....	63
Tab. 16: Vliv termínu setí na polní vzcházivost stimulovaných semen odrůdy Zerberus .....	64
Tab. 17: Vliv termínu setí na polní vzcházivost stimulovaných semen odrůdy Goliath.....	66
Tab. 18: Vliv termínu setí a úprav osiva na počet kolének, průměr stonku, výšku rostlin, výnos biomasy, obsah sušiny a výnos sušiny ve dvou meziřádkových vzdálenostech u stimulovaného osiva odrůdy Zerberus v roce 2011 .....	68
Tab. 19: Vliv termínu setí a úprav osiva na počet kolének, průměr stonku, výšku rostlin, výnos biomasy, obsah sušiny a výnos sušiny ve dvou meziřádkových vzdálenostech u stimulovaného osiva odrůdy Zerberus v roce 2012 .....	69
Tab. 20: Vliv termínu setí a úprav osiva na počet kolének, průměr stonku, výšku rostlin, výnos biomasy, obsah sušiny a výnos sušiny ve dvou meziřádkových vzdálenostech u stimulovaného osiva odrůdy Zerberus v roce 2013.....	71
Tab. 21: Vliv termínu setí a úprav osiva na počet kolének, průměr stonku, výšku rostlin, výnos biomasy, obsah sušiny a výnos sušiny ve dvou meziřádkových vzdálenostech u stimulovaného osiva odrůdy Goliath v roce 2011 .....	72
Tab. 22: Vliv termínu setí a úprav osiva na počet kolének, průměr stonku, výšku rostlin, výnos biomasy, obsah sušiny a výnos sušiny ve dvou meziřádkových vzdálenostech u stimulovaného osiva odrůdy Goliath v roce 2012 .....	73
Tab. 23: Vliv termínu setí na počet kolének, průměr stonku, výšku rostlin, výnos biomasy, obsah sušiny a výnos sušiny ve dvou meziřádkových vzdálenostech u stimulovaného osiva odrůdy Goliath v roce 2013.....	75
Tab. 24: Vliv dávky dusíku na počet kolének, průměr stonku, výšku rostlin ve dvou meziřádkových vzdálenostech u odrůdy Zerberus .....	76
Tab. 25: Vliv dávky dusíku na počet kolének, průměr stonku, výšku rostlin ve dvou meziřádkových vzdálenostech u odrůdy Goliath .....	77

Tab. 26: Vliv dávky dusíku na výnos biomasy, obsah sušiny a výnos sušiny, objemu bioplynu a produkce CH <sub>4</sub> ve dvou meziřádkových vzdálenostech u odrůdy Zerberus v jednotlivých ročnících.....	79
Tab. 27: Vliv dávky dusíku na výnos biomasy, obsah sušiny a výnos sušiny, objemu bioplynu a produkce CH <sub>4</sub> ve dvou meziřádkových vzdálenostech u odrůdy Goliath v jednotlivých ročnících .....	81
Tab. 28: Vliv hnojení a meziřádkové vzdálenosti na výnos biomasy, sušiny a produkce metanu; průměr ročníků 2011-2013 u odrůd Goliath a Zerberus (druhý termín setí).....	82
Tab. 29: Vliv hnojení a meziřádkové vzdálenosti na počet kolének, průměr stonku a výšku rostlin; průměr ročníků 2011-2013 u odrůd Goliath a Zerberus (druhý termín setí) .....	83

## Seznam grafů

Graf 1: Vývoj sklizňových ploch čiroku v zemích s jeho velkou výměrou v letech 2010-2014 ..	8
Graf 2: Sklizňové plochy čiroku u vybraných zemí s nižší výměrou pěstování v letech 2010-2014.....	8
Graf 3: Vývoj průměrných měsíčních teplot v porovnání s dlouhodobým normálem; rok 2011	38
Graf 4: Celkový úhrn srážek (mm) leden - září 2011 vztažen k dlouhodobému normálu .....	39
Graf 5: Vývoj průměrných měsíčních teplot v porovnání s dlouhodobým normálem; rok 2012	39
Graf 6: Celkový úhrn srážek (mm) v roce 2012 vztažen k dlouhodobému normálu .....	40
Graf 7: Vývoj průměrných měsíčních teplot v porovnání s dlouhodobým normálem; rok 2013	41
Graf 8: Celkový úhrn srážek (mm) v roce 2013 vztažen k dlouhodobému normálu .....	41
Graf 9: Vliv teploty na klíčení osiva jednotlivých odrůd čiroku při teplotě 21°C (Uhříněves, průměr let 2011-2013) .....	47
Graf 10: Vliv teploty na klíčení osiva jednotlivých odrůd čiroku při teplotě 18°C (Uhříněves, průměr let 2011-2013) .....	48
Graf 11: Vliv teploty na klíčení osiva jednotlivých odrůd čiroku při teplotě 15°C (Uhříněves, průměr let 2011-2013) .....	48
Graf 12: Vliv teploty na klíčení osiva jednotlivých odrůd čiroku při teplotě 12°C (Uhříněves, průměr let 2011-2013) .....	49
Graf 13: Vliv teploty na klíčení stimulovaného osiva a kontroly při teplotě 21°C (průměr odrůd Goliath a Zerberus, průměr let 2011, 2012 a 2013) .....	51
Graf 14: Vliv teploty na klíčení stimulovaného osiva a kontroly při teplotě 18°C (průměr odrůd Goliath a Zerberus, průměr let 2011, 2012 a 2013) .....	51
Graf 15: Vliv teploty na klíčení stimulovaného osiva a kontroly při teplotě 15°C (průměr odrůd Goliath a Zerberus, průměr let 2011, 2012 a 2013) .....	52
Graf 16: Vliv teploty na klíčení stimulovaného osiva a kontroly při teplotě 12°C (průměr odrůd Goliath a Zerberus, průměr let 2011, 2012 a 2013) .....	52



## 1. Úvod

S měnícími klimatickými podmínkami se v České republice dostává do popředí pěstování plodin, které mají nižší náročnost na potřebu vody a přitom poskytují dostatečně vysoké výnosy jak pro krmné účely, tak pro produkci bioplynu. Jednou z těchto plodin je bezesporu čirok. Čirok cukrový poskytuje dostatečný výnos nadzemní biomasy cca 45 až 75 t z hektaru o sušině až 35 %, tvoří tak vhodnou surovinu pro biologickou fermentaci, a tím i pro produkci bioplynu (Sanderson et al., 1992). Čirok nachází uplatnění na pěstebních plochách v České republice jako určitá alternativa či doplněk silážní kukuřice například na pozemcích mírně erozně ohrožených nebo jako plodina, kterou lze vysévat po ozimém žitu sklizeném na senáž.

V podmínkách České republiky je limitujícím faktorem pro pěstování čiroku zejména nízká teplota v době klíčení a vzcházení, která velmi negativně ovlivňuje počáteční růst. Klíčivost čiroku je ovlivněna především vnitřní kvalitou osiva (vitalitou) a podmínkami prostředí. Dizertační práce je především zaměřena na studium faktorů ovlivňujících vzcházení porostu a prohloubení poznatků o technologii pěstování této plodiny pro dostatečnou produkci biomasy (bioplynu).

## 2. Literární přehled

### 2.1 Čirok

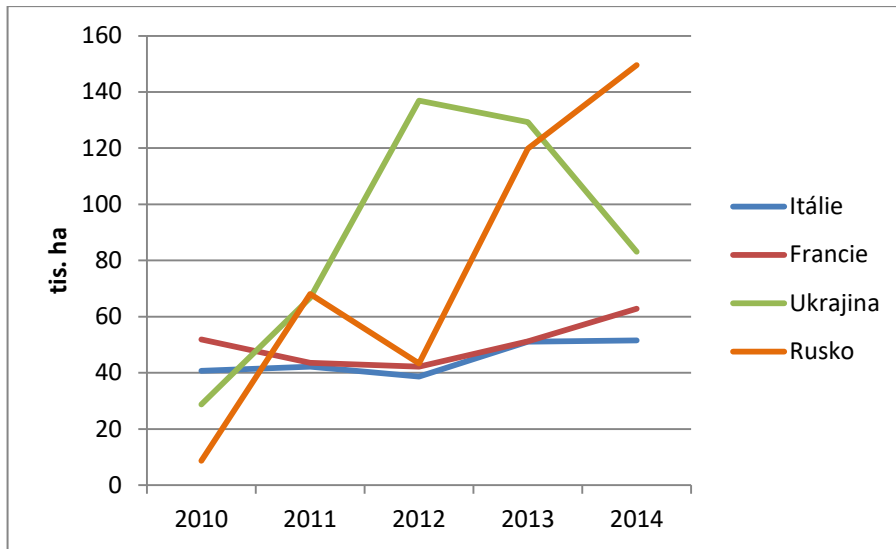
Čirok dvoubarevný (*Sorghum bicolor*) je znám pod různými jmény jako jsou: guinejská kukuřice a velké proso v Africe, mtama ve východní Africe, kařiová kukuřice v jižní Americe, dura v Súdánu, jowar v Indii a andakaoliang v Číně (Meija et al., 1995).

Jedná se o geneticky různorodou obilninu, která je pěstována v mnoha oblastech světa (Mutava et al., 2011). V Evropě se čirok objevil v polovině 19. století ve Francii, kam ho jej dovezl natský osadník. Později byl z Evropy dovezen do USA. Teprve vyšlechtěním čínské odrůdy „Chinese Amber“ se začal šířit jako pícnina odolná vůči suchu. V roce 1940 byla v severní Americe oseta plocha asi 6 mil. ha, z toho 3 mil. ha k pěstování na zrno, 2 mil. ha na píci a siláž a 1 mil. ha čirokem cukrovým. První zpráva o čiroku cukrovém ve střední Evropě se objevila v roce 1868 (Vukov v Debrecínu), ale teprve o 70 let později byla v Maďarsku zavedena první zušlechtěná, šťavnatá a bohatě cukernatá odrůda čiroku (Stuchlík, 1951).

Na území tehdejší Československé republiky začal být pěstován ve 20. letech minulého století, kdy se využívalo značné množství technického čiroku. Druhá vlna pěstování následovala v 50. letech 20. století. Později došlo k jeho vytlačení kukuřicí, která ho takřka plně nahradila. Poslední vlna zvýšeného zájmu o čirok v České republice souvisí především s rozvojem bioplynových stanic, pro které poskytuje velké množství kvalitní hmoty (Štěpánek, 2011).

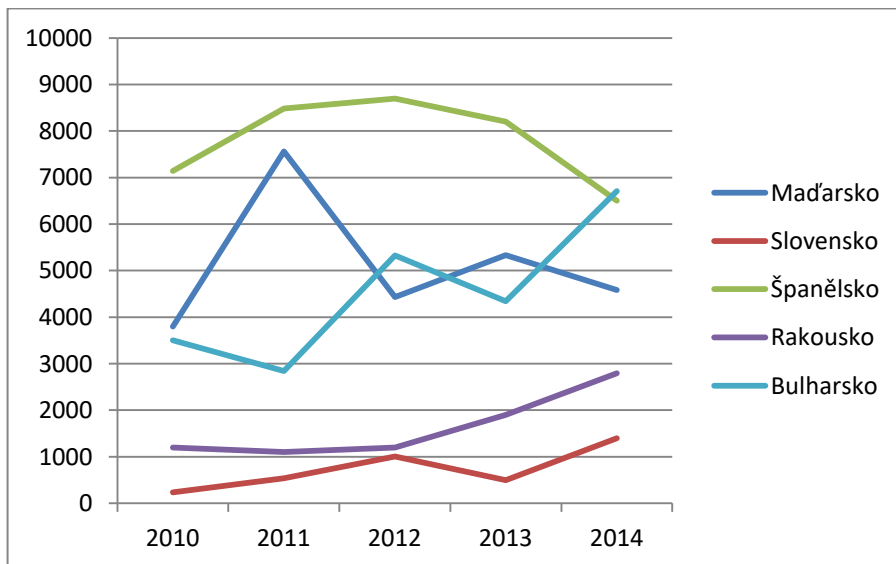
V Evropě je čirok pěstován jako kulturní rostlina pro produkci semen a nadzemní biomasy. Největšími evropskými pěstiteli čiroku jsou Francie, Itálie a Španělsko (Prugar et. al., 2008). V současné době jeho pěstování neustále stoupá a je pátou nejrozšířenější rostlinou na světě, kdy ve Francii a Itálii stoupá počet hektarů osetých čirokem a strmý nárůst je nejvíce vidět v Rusku, kde plocha čiroku dosahuje 149,5 tis. ha (graf 1). V Evropských zemích s nižší výměrou čiroku (graf 2) můžeme během let 2010-2014 vidět vzrůstající tendenci pěstování čiroku (2010 – necelých 16 tis. ha ve sledovaných zemích, 2014 – necelých 22 tis. ha). Čirok zaujímá celkově plochu kolem 1,5 mil. ha, z toho v Evropě 220 tis. ha. Mezi významné a tradiční pěstitelé čiroku patří Indie, kde se také intenzivně pracuje na šlechtění této rostliny. Vysokou produkcí se vyznačuje USA, kde se docilují nejvyšší hektarové výnosy. Na africkém kontinentu jsou největšími producenti Nigérie a Súdán (Petr a kol., 1997).

**Graf 1: Vývoj sklizňových ploch čiroku v zemích s jeho velkou výměrou v letech 2010-2014**



Zdroj: FAO

**Graf 2: Sklizňové plochy čiroku u vybraných zemí s nižší výměrou pěstování v letech 2010-2014**



Zdroj: FAO

### **2.1.1 Botanické zařazení a popis rostliny čiroku**

Rod *Sorghum* zahrnuje celou řadu jedno i víceletých druhů, převážně planě rostoucích v subtropických a tropických oblastech. Čirok pochází z afrického kontinentu a patří mezi rostliny typu C4 (Petr et Húska, 1997). Všechny čiroky patří do čeledi lipnicovitých (*Poaceae*). Botanicky se čirok podobá stéblem a uspořádáním mohutných listů kukuřici, tvarem lat a některými fyziologickými vlastnostmi spíše prosu (Stuchlík, 1952), popřípadě rýži (Moudrý, 2011). Čirok je obilnina s pozoruhodnou genetickou rozmanitostí (Paterson et al., 2009).

Jedná se o rostlinu s hluboko kořenícím, svazčítým, bohatě se větvcím kořenovým systémem. Stébla jsou vyplněna dřevem a dorůstají výšky 1,5 až 5 m, mají bohaté olistění a vytvářejí velké množství nadzemní biomasy (Stražil, 1999). Na mohutnost vzrůstu silně působí prostředí (Leslie, 2002). Rané odrůdy mají obvykle stébla tenčí ve srovnání s odrůdami pozdními. Plné stéblo je chráněno dlouze objímavými pochvami ze zvlněných plochých listů, šikmo obloukovitě odstávajících, je přepaženo několika kolénky. Stébla čiroku mají voskový povlak (Stuchlík, 1952). Články (internodia) mezi kolénky jsou vyplněny šťavnatou dužninou. Stéblo čiroku obsahuje asi 15% vlákniny, zbytek připadá na cukrovou šťávu, organické a anorganické soli, protein, gumu, vosk a škrob. Škrobu bývá až 1% a jeho množství se zvyšuje v přezrálé rostlině. Jednotlivé druhy a množství cukrů se za vegetace mění, v době kvetení je obsah cukrů v rostlině asi 11%. V mladých rostlinách je všecken cukr redukující (glukosa, fruktosa, invertní), přičemž sacharosa vzniká až po vytvoření květenství (laty). Největší množství sacharosy se zpravidla tvoří až v době zrání. Při posečení rostliny nastává znovu inverze sacharosy, pravděpodobně činností bakterií mléčného kvašení, které se na poraněném místě stébla velmi rychle rozmnožují. Ve vytékající šťávě lze zjistit dlouhé tyčinky mléčných bakterií, a zároveň se zvyšuje její acidita. Ponecháme-li odřezaná stébla na hromadě, začnou se silně zahřívat. Plně vyvinutá rostlina obsahuje cca 35% veškerého cukru v podobě cukru invertního. Ve zralé rostlině je obecně více glukosy než fruktosy, kdežto v době dozrávání jsou oba druhy cukrů asi ve stejném množství (Doggett, 1995).

List čiroku je jako ostatní listy trav složen ze dvou hlavních částí a to z pochvy a čepele (Wall et Ross, 1970). Podle střední žilky se dá usuzovat na šťavnatost stébla, mimo to je toto zabarvení i pomůckou k rozeznání jednotlivých odrůd. Rostlina se může za normálních poměrů rozvětvit bočními (vedlejšími) stébly, která vyrůstají z pupenů,

vytvořených z úžlabí pochvy spodních listů (Smith et Frederiksen, 2001). Listence v latě na vrcholu stébla obvykle dříve zaschnou, než rostlina dozraje (Sleper, 2006). Rané odrůdy mívají zpravidla 7 - 9 listů, zatím co pozdní odrůdy tvoří až 15 listů. Ploché listové čepele, s žilnatinou rovnoběžnou s okrajem, jsou hladké, na líci s voskovitým povlakem (Smith et Frederiksen, 2001).

Květenstvím všech čiroků je lata různého tvaru složená z dvoukvětných klásků. Přisedlý kvítek v klásku bývá obojaký tedy plodný; druhý, odstouplý kvítek je obvykle prašníkový tedy netvoří semena (Moudrý, Jůza, 1998). Soubor květů v latě začíná kvést od vrcholku. Otevřené květy umožňují opylení cizím pylem. Proto se čiroky za přirozených podmínek snadno kříží. Čiroky jsou cizosprašné, ale dobře se opylují i vlastním pylem. Při šlechtění nejvýkonnějších odrůd se musejí vybrané rostliny izolovat od ostatní kultury. Rostlina v podmínkách České republiky kvete většinou začátkem září, když dosáhne výšky 1,8 - 2,3 m (Stuchlík, 1951).

Semena čiroku jsou pluchatá, nebo částečně obnažená, popřípadě zcela nahá (Stražil, 1999). Semena mají průměr 3 až 4 mm a jsou oválného vejčitého tvaru. Základní části sena čiroku jsou: zárodek (embryo) tvoří cca 10% hmotnosti; moučný (škrobový) endosperm, ten tvoří zhruba 82% a obaly cca 8% (Doggett, 1995). Z rozborů více jak 160 genotypů světové kolekce byl průměrný obsah škrobu 69,5%, obsah bílkovin se pohyboval v rozmezí 8 až 16%, obsah tuku 3,3%, popelovin 1,9% a hrubé vlákniny 1,9% (Jambunathan, Subramanian, 1988). Obsahy jednotlivých látek mohou být značně rozdílné, podle jednotlivých odrůd, místa pěstování a pěstitelské praxe. Například obsah bílkovin přímo ovlivňuje hnojení dusíkem (Prugar a kol., 2008). Barva semen je mezi jednotlivými odrůdami rozdílná, škála zbarvení je od černé, hnědé, červené, žluté až po bílou, ale vyskytují se i semena dvojbarevná, či vícebarevná. Rozeznáváme odrůdy velkozrnné s průměrnou HTS 25 - 35 g a odrůdy drobozrnné s průměrnou HTS 13 - 20 g (Smith et Frederiksen, 2001). Prodávané osivo čiroku je téměř vždy mořeno. Barvy mořidel závisí na jednotlivých výrobcích a jejich zbarvení je od červené, růžové, hnědé až po exoticky kovově lesklou.

#### Možnosti využití čiroku

Čirok se dá rozdělit podle hlavních směrů využití do čtyř skupin:

- **Čirok zrnový** (*Sorghum bicolor* var. *eusorghum*) je pěstován převážně v Africe a Asii na chudých a často erozně ohrožených půdách. V suchých oblastech je mnohem odolnější proti suchu ve srovnání s klasickými obilninami. Většinou se jedná o formy s nižším vzrůstem (Stražil, 1999). V tavných podmínkách se pěstuje takřka výhradně na zrno (Petr et Húska, 1997). Zrno čiroku zrnového může být velmi tmavé, ale pro lidskou výživu se pěstují světlé, téměř bělosemenné odrůdy, které obsahují jen velmi malé množství taninů (označují se často jako beztaninové) a jsou tak vhodné pro lidskou výživu (Koubová, 2009). Obilky slouží převážně na výrobu mouky, nebo krupice. Z mouky se připravují hlavně kašovitě pokrmy nebo pečivo. Zrno lze také i velmi úspěšně zkrmovat hospodářskými zvířaty, což bývá běžné v USA a Austrálii (Petr et Húska, 1997).
- **Čirok technický (metlový)** (*Sorghum bicolor* var. *technicum*) se vyznačuje silně vyvinutou latou se zkrácenou hlavní osou a velmi dlouhými postraními větvemi, které dorůstají až do délky 0,8 m. Pěstuje se především pro výrobu kvalitních kartáčů a košťat. Sklízí se v době technické zralosti, kdy jsou laty žlutě zbarvené, ohebné a pružné. Zrno je vedlejším produktem, který slouží ke zkrmování (Petříková a kol., 2006).
- **Čirok cukrový** (*Sorghum bicolor* var. *saccharatum*) stébla dorůstají 2 až 5 metrů a obsahují dřeň se sladkou šťávou s obsahem až 18% převážně nekystalického hroznového cukru, který lze získat lisováním pro výrobu zahuštěných sirupů. Ty slouží k výrobě cukrovinek, nebo se zkvašují na alkohol. Nadzemní biomasa představuje chutné krmivo v čerstvém stavu, nebo se konzervuje silážováním. Čirok cukrový je potencionální energetickou plodinou pro výrobu etanolu, bioplynu a případně i pro přímé spalování (Reddy et al., 2011).  
To spolu s vysokým výnosem biomasy (cca 45 – 75 t. ha<sup>-1</sup>) o sušině až 35% tvoří vhodnou surovinou pro biologickou fermentaci, a tím i pro produkci bioplynu (Sanderson et al., 1992).
- **Čirok súdánský** (tzv. „súdánská tráva“) (*Sorghum bicolor* var. *sudanense*) je rozšířenou pícninou vyznačující se silnou tvorbou odnoží a tím i celkové nadzemní biomasy. Má tenká stébla, která jsou velmi bohatě olistěná. Rostliny po posečení velmi dobře obrůstají. Poskytuje 2 až 4 seče (Petr et Húska, 1997).

- **Čirok halebský** (*Sorghum halepense*) je výchozím botanickým druhem všech pěstovaných čiroků, někdy též nazývaný „Alpské proso“. Jedná se o divoce rostoucí čirok, který se stal v subtropických oblastech úporným plevelem, neboť jeho oddenky v teplém podnebí neodumírají. Jedná se o expanzní rostlinu s původem ve východním středomoří, Malé Asii, Střední Asii, Kavkazu a v okolí Černého moře. Je to teplomilný plevel s tendencí se přizpůsobovat novým podmínkám a expandovat na další lokality. Dnes již zdomácněla v celé jižní Evropě a i u nás se běžně vyskytuje v nejteplejších oblastech jižní Moravy. V našich podmínkách zapleveluje pole pouze přechodně a může se vyskytovat v okopaninách, kukuřici a čiroku. Regulovat se dá pomocí klasického zpracování půdy, které poškodí jeho kořenový systém. Důležité je však následné vyvláčení oddenků. V zahradách je možné vykopávání rostlin. Vůči postemergentním graminicidům je citlivý pouze při používání vysokých dávek. Pro jeho likvidaci je vhodná ohnisková aplikace totálních herbicidů typu glyphosate (Kazda et al., 2010).

### **2.1.2 Nároky čiroku na stanoviště**

Čirok je teplomilná rostlina, která dobře snáší suché a teplé podmínky v průběhu vegetace. Nesnáší však nízké teploty pod 10°C, ty u něj vyvolají žloutnutí listů a zhoršují opylení květů. V nárocích na teplotu v době vegetace jsou mezi jednotlivými druhy čiroku poměrně velké rozdíly. Nejvyšší nároky na teplotu mají druhy, které jsou běžně pěstovány v tropických a subtropických oblastech. Všeobecně můžeme čiroky seřadit podle nároků na teplotu do vzestupného pořadí. Nejvíce náročné na teplotu a také na délku vegetačního období jsou zrnové čiroky, následované cukrovými, metlovými a súdánskou trávou (Špaldon, 1954). V mírném pásu lze čirok úspěšně pěstovat pouze tehdy, jestliže se použijí odrůdy s krátkou vegetační dobou (Petr et Húska, 1997). Čirok vyžaduje průměrné denní teploty v průběhu vegetace nad 16°C. Silné poškození chladem může způsobit už teplota kolem 4°C (Koubová, 2012). I nejméně náročné druhy čiroku, pokud se pěstují na zrno, vyžadují sumu teplot kolem 2500°C. Při pěstování na biomasu mohou být sumy teplot i nižší (Stuchlík, 1951). Jak uvádějí maďarští šlechtitelé z VÚ obilnářského v Szegedu (Rajki-Siklósi, 1993) Čirok (*Sorghum bicolor*) bez problému dozrává v lokalitách, kde se pěstuje kukuřice na zrno s číslem ranosti FAO do 300. To by v podmínkách České republiky odpovídalo teplé řepařské oblasti Čech a řepařské a kukuřičné oblasti Moravy.

V oblastech, kde je riziko nedozrání čiroku, je vhodné se orientovat na pěstování k výrobě siláží, nebo pěstování pro energetické účely (Sanderson et al., 1992).

Na půdní nároky je čirok poměrně nenáročný, důležité je však jejich kvalitní zpracování (Petr et Húska, 1997). Stražil (1999) uvádí, že čiroky jsou na půdu poměrně nenáročné, ovšem vysoké výnosy biomasy poskytují pouze na strukturních dobře zásobených půdách. Vzhledem k hlubokému a mohutnému kořenovému systému, se mu daří i na vyčerpaných půdách. V sušších oblastech jsou vhodnější půdy těžší, které lépe udrží půdní vláhu (Petr et Húska, 1997). K pěstování čiroku jsou vhodné písčito - hlinité a hlinito - písčité půdy, které vykazují neutrální půdní reakci. Čirok nesnáší kyselou reakci půdy. Toleruje půdy, které mají pH od 5,5 až do 8,5 (Stuchlík, 1951). Nejlépe se mu však daří na teplých humusních půdách s neutrální půdní reakcí, kde dosahuje nejvyšších výnosů jak zrna, tak i nadzemní biomasy (Jančovič et al., 2005). Optimální podmínky pro klíčení a vzházení čiroku jsou sušší propustné půdy s dostatečnou vlhkostí potřebnou pro počáteční vývoj (Golubinova et Vasilevska-Ivanovna, 2008).

Úspěšné pěstování čiroku je také možné na půdách s vyšším obsahem solí. Čirok snáší zasolení výrazně lépe než většina běžně pěstovaných plodin (Petr et Húska, 1997).

Čiroky jsou rostliny velmi odolné vůči suchu, vynikají svými schopnostmi značně šetřit s vodou a jsou podstatně méně poškozeny ve srovnání s kukuřicí. Největší nároky na vláhu má čirok ve fázích sloupkování a metání, kdy vytváří největší množství organické hmoty. Koeficient transpirace je u čiroku 200 litrů na 1 kg sušiny, zatímco u kukuřice je koeficient transpirace roven 300 litrů. Při extrémním suchu mají čiroky schopnost přejít do klidového stavu, které s příchodem srážek končí a rostliny obnovují svůj růst (Hermuth, 2012). Čirok může, díky své náročnosti na teplo, odolnosti proti suchu a menší náročnosti na půdu, nahradit kukuřici na extrémních stanovištích (Petříková a kol., 2006).

### **2.1.3 Tvorba výnosu čiroku**

Tvorbu výnosu je potřeba chápat jako dynamický proces, při kterém se jednotlivé výnosové prvky tvoří postupně v čase. Jsou ovlivňovány průběhem počasí, dynamikou uvolňování živin z půdy, škodlivými činiteli a agrotechnickými zásahy. Tvorba výnosu je dále závislá na biologickém materiálu (hybridech). Pro vysoký výnosotvorný potenciál čiroku je naprosto zásadní vysoká kvalita osiva, které je schopné bezproblémově klíčit v místních klimatických podmínkách pěstování, neboť



jen vysoká polní vzcházivost zajistí základní předpoklad pro vysoké výnosy (Obilana, 2004). Předností čiroku je stejně jako u kukuřice to, že patří podle fotosyntetického cyklu mezi rostliny C4, což umožňuje vysokou produkční schopnost, vyšší intenzitu fotosyntézy, odolnost vůči vysokým teplotám a lepší využívání zvýšené koncentrace CO<sub>2</sub> v ovzduší a vody (Petr a kol, 1980). V optimálních podmínkách je z hlediska výnosu sušiny výkonnější kukuřice. Čirok ji může překonat při dostatku tepla a v horších půdních podmínkách (Podrábský, 2011). Výnosotvorné prvky u čiroku pěstovaného pro produkci nadzemní biomasy jsou stejné jako u silážní kukuřice, tvoří je tedy počet rostlin na jednotku plochy, jejich hmotnost a obsah sušiny. Cílem pěstování silážních rostlin je vysoký výnos sušiny z jednotky plochy (Cox et Chemey, 2001). Důležitou výnosotvornou složkou je i průměr stonku (Nakamura et al., 2011). Výnosotvornými prvky u čiroků pěstovaných na zrno jsou stejné jako u kukuřice pěstované na zrno, patří mezi ně: počet lat na jednotku plochy, počet zrn v latě a hmotnost tisíce zrn (Cox et Chemey, 2001).

#### **2.1.4 Osevní postup**

Při zařazování čiroku do osevního postupu jsou vhodné předplodiny, které po sobě nezanechávají zaplevelené pozemky. Do osevního postupu se čirok zařazuje obdobně jako kukuřice. Je-li čirok, pěstován jako hlavní plodina jsou vhodnými předplodinami okopaniny a luskoviny, ale lze jej úspěšně pěstovat i po obilninách, například po ozimé pšenici (Moudrý, 2011). Čiroky jsou dobrou předplodinou pro jarní obilniny a celou řadu technických plodin. V zahraničí se čiroky stále více prosazují jako následná plodina po energetickém žitu na zeleno, ozimém ječmeni na GPS nebo po jarní sklizni víceleté pícniny (Hermuth, 2012).

K omezení eroze v mezíporostním období se čirok zařazuje do osevního postupu po ozimém žitu, případně triticales sklizeném na siláž, kdy je po sklizni ozimého žita provedeno mělké kypření a následný výsev čiroku. Kombinace pěstování silážního žita, popřípadě ozimé směsky a následného výsevu čiroku je výhodná k zamezení rozvoji a šíření plevelů a šetření s půdní vláhou (Petříková a kol., 2006).

V případě, že bude čirok pěstován na svažitých pozemcích, kde může docházet k vodní erozi, je dobré ponechat na pozemcích 16 až 36 metrů široké pásy předplodiny, která bude sklizena až po zapojení porostu čiroku (Vencel a kol., 2009).

### **2.1.5 Příprava půdy**

Příprava půdy závisí především na předplodině. Je obdobná jako u kukuřice, při pěstování čiroku jako hlavní plodiny se oře na podzim. Půdu je potřeba zpracovat dostatečně kvalitně a rostlinné zbytky zapravit dostatečně hluboko. K tomu je potřeba minimálně střední orby. Časně na jaře, hned jak to umožní počasí, se půda zpracuje smykem a bránami. Tím se půda prokypří, urovná a vytvoří se tak optimální podmínky pro vzejití plevelů. Při vlastní předseťové přípravě půdy lze velmi úspěšně použít kombinátoru (Kára, 2005).

Semeno čiroku je drobné a pro jeho optimální klíčení a vzejití je zapotřebí dobře upravený povrch pozemku bez hrud (Stuchlík, 1952).

Kultivace do hloubky setí sníží odpařování půdní vláhy (Vencel a kol., 2009).

### **2.1.6 Výsev**

Termín setí čiroku v podmínkách České republiky je konec dubna nebo začátkem května, když je půda již prohřátá (Petříková a kol., 2006). Pro výsev čiroku je rozhodující nástup potřebných teplot, kdy teplota půdy v hloubce 10 cm dosahuje alespoň 12°C (Petr et Húska, 1997). Velmi důležitá je optimální teplota v době klíčení, která se pohybuje dle Bertiho a Johnsona (2008) v rozmezí 18,5°C až 24°C. Kanemasu et al. (1975) uvádějí jako optimální teplotu klíčení semen čiroku 23°C. Semena čiroků ale poměrně dobře klíčí i při teplotě 14°C. Oproti tomu vysoké teploty kolem 40°C jsou pro klíčení čiroku nevhodné, omezují a zpožďují jeho klíčení (Akman, 2009). U čiroku se vyskytují odrůdy, které lépe snášejí nižší teploty v době klíčení a naopak odrůdy, které vyžadují pro klíčení vyšší teploty (Patanè et al., 2006).

Termín setí je dále ovlivněn výskytem jarních mrazíků, které mají destruktivní vliv na vzešlé rostliny. Z tohoto důvodu by se výsev v dotčených oblastech neměl uskutečnit dříve, než koncem května (Moudrý, 2011). Porosty vyseté předčasně nevyrovnaně a pomalu vzcházejí a jsou tak náchylnější k zaplevelení (Petr et Húska, 1997).

Výsevek se pohybuje v rozmezí 30 až 50 kg.ha<sup>-1</sup>. Semeno je zapravováno pomocí secího stroje do hloubky 3 - 5 cm. U hybridních odrůd se v praxi využívá výrazně nižšího výsevku v řádu 7 až 8 kg.ha<sup>-1</sup>, což odpovídá zhruba 220 000 jedinců na 1 ha. V optimálních půdních podmínkách v oblastech s dostatečnými srážkami, nebo na zavlažovaných pozemcích se za optimální stav považuje 15 až 30 rostlin na m<sup>2</sup>

v závislosti na pěstované odrůdě (Petr et Húska, 1997). Důležitým opatřením je rozrušování půdního škraloupu, vznikající po deštích (Hermuth, 2012).

Aktuálním problémem při pěstování čiroku je riziko vodní eroze. Dle standardů DZES 5 je na půdách silně erozně ohrožených vodní erozí zakázáno pěstovat erozně ohrožené plodiny, mezi které kromě kukuřice, brambor, řepy, bobu setého, soji, slunečnice patří i čirok. Na mírně erozně ohrožených půdách je pak pěstování těchto plodin limitováno. Tyto plodiny je možno zakládat jen s použitím některé z půdoochranných technologií (MZe, 2015). Po setí se doporučuje pozemek uválet, aby byla obnovena kapilarita a tím rychlejší vzcházení (Strašil, 1999).

### **2.1.7 Výživa**

Čirok má podobné nároky na hnojení jako kukuřice. Je-li intenzivně pěstován, musí být dostatečně hnojen (Petr et Húska, 1997). Počáteční odběr živin rostlinou čiroku je vzhledem k pomalému počátečnímu růstu velmi pozvolný. Vzhledem k nízkému počátečnímu a dlouhotrvajícímu odběru živin se doporučuje používat hnojiva s postupným uvolňováním živin (Kára, 2005). Při intenzivním pěstování čirok odčerpává nejvíce živin v červenci a srpnu (Strašil, 1999).

Vyvážené hnojení dusíkem zvyšuje efektivitu využití vody a to především za sucha. Další důležité živiny jsou fosfor, draslík, vápník, hořčík a síra. Významné stopové prvky jsou železo, zinek, bór, molybden, mangan měď chlór a kobalt. Použití pouze běžných dusíkatých hnojiv, která nedodávají tyto živiny, vede k jejich nedostatkům, což vede ke snížení výnosu biomasy čiroku. Tyto živiny jsou stejně jako dusík, fosfor a draslík důležité pro správný růst a vývoj (McClure, 2013).

Čirok díky svému kořenovému systému dokáže přijímat z půdy velmi efektivně živiny. Je znám jako poměrně nenáročná plodina na živiny. V důsledku toho často u pěstitelů dochází k chybnému úsudku, že čirok vyžaduje nízké dávky hnojiv. Což poté vede k velmi razantnímu poklesu produkce nadzemní biomasy. Nízké výnosy čiroku mohou obecně zapříčinit nevhodné klimatické podmínky, půdní podmínky a agrotechnika. Zrna čiroku velmi rychle reagují na vyrovnané používání živin. Obsah živin v zrně nám v určitých fázích zrání již dokáže předběžně určit výnos (Stuchlík, 1951). Obsahy jednotlivých látek mohou být dále značně rozdílné podle místa pěstování. Například obsah bílkovin v zrně je silně ovlivněn hnojením dusíkem (Prugar et al., 2008).

Jednotlivé dávky živin v průmyslových hnojivech závisí na půdně-ekologických podmínkách. Pro úspěšné pěstování čiroku jsou doporučovány dávky 100 až 150 kg N, 30 až 70 kg P a 60 až 150 kg K na hektar (Kára, 2005).

K dosažení dobrých výnosů je nezbytné hnojení v množství 20 až 50 kg N ve formě síranu amonného, 35 až 65 kg  $P_2O_5$  ve formě superfosfátu a 30 až 45 kg  $K_2O$  ve formě draselné soli. U moderních hybridních odrůd je možné dávky dusíku a fosforu až ztrojnásobit (Petr et Húska, 1997). Stražil (1999) uvádí, že čirok pěstovaný na produkci biomasy s vysokým výnosem potřebuje na produkci 1 t sušiny přibližně 20,1 kg N, 2,3 kg P, 6,5 kg K, 4,3 kg Ca a 1,5 kg Mg. Kameník (2012) udává, celkový odběr živin rostlinami čiroku cukrového na 1 tunu sušiny na základě dvouletého sledování: 13,05 kg N, 2,33 kg P, 15,04 kg K, 3,17 kg Ca, 1,05 kg S, 1,62 kg Mg, 0,022 kg Zn, 0,015 kg Mg a 0,003 kg B. Hodoval a Pulkrábek (2012) udávají odběr živin na produkci 1 tuny sušiny (kg): 7 - 10,2 (N), 2,3 (P), 6,2 (K), 4,3 (Ca) a 1,5 (Mg).

Superfosfát je nejen zdrojem fosforu, ale také vápníku a síry. Mezi stopovými prvky jsou nejčastěji nedostatky zinku a železa. Nedostatek zinku může být za použití 15 až 25 kg.ha<sup>-1</sup> síranu zinečnatého odstraněno. Zinek je třeba dohnojit jednou za 3 až 5 let dle půdních podmínek (Starasts, 2011). Listové aplikace 0,5 – 1,0% roztoku síranu železnatého koriguje nedostatek železa, je-li zaznamenán v porostu. Aplikace železa pomocí minerálních hnojiv může mít dlouhodobý charakter, než jen listové aplikace. Při pěstování vysoce výnosných odrůd a hybridů, je použití hnojiva důležité pro získání výnosových potenciálů těchto odrůd (Wortmann a kol., 2006).

Kromě průmyslových hnojiv můžeme velmi úspěšně použít organické hnojení, jako jsou zelené hnojení, chlévský hnůj nebo kejda. Doporučované dávky jsou 30 až 50 t.ha<sup>-1</sup> chlévského hnoje (Kára, 2005).

Efektivnost přihnojení je dána půdními a klimatickými podmínkami a rovněž se na efektivnost výraznou měrou podepisuje kvalita provedení (Šuk a Balík, 1998).

### **2.1.7.1 Dusík**

Pro růst a vývoj rostlin čiroku hraje dusík stejně jako u ostatních zemědělských plodin důležitou roli. Rostlina, která má dostatečný přísun dusíku se projevuje dobrým růstem a tmavě sytě zelenou barvou listů a stonků. Čirok odebere největší podíl dusíku od 5. pravého listu až do kvetení, tj. v průběhu července a srpna. Výnosový potenciál je

zakládán právě v této době růstu. Nedostatek dusíku sníží dramaticky výnos nadzemní biomasy (Wiedenfled, 1984).

Aplikace dusíkatých hnojiv je v různých půdních podmínkách odlišná. Na lehkých půdách může při nesprávné aplikaci docházet k vyplavování. Proto se doporučuje aplikovat dusíkatá hnojiva ve dvou dávkách. První dávka dusíku, která obsahuje zhruba polovinu dávky dusíku, se aplikuje před setím, druhá se pak aplikuje 25 – 30 dnů po vzejití. Na těžších půdách se doporučuje aplikovat celou dávku dusíku před setím. V suchých podmínkách s nízkými srážkami se aplikuje dávka 30 až 60 kg čistého dusíku na hektar, tato dávka může být vhodná pro odrůdy s nízkým výnosovým potenciálem (Lovelli a kol., 2008). U hybridních odrůd čiroku pěstovaného na výnos biomasy mohou dávky dusíku dosahovat až ke 200 kg na hektar (Strašil, 1999).

Vzhledem k tomu, že rostliny čiroku jsou vysoce odolné poléhání, můžeme k nim hnojit většími dávkami dusíku. Na začátku růstu potřebuje dusík v lehké přístupné formě. Vyššími dávkami dusíku se zvyšuje výnos zelené hmoty a obsah bílkovin, to má velký význam při pěstování cukrového čiroku na krmení. Vysoké dávky dusíku mají vliv na prodloužení vegetační doby a zapříčiňují v našich podmínkách nižší obsah sušiny při sklizni (Hermuth, 2012).

Vhodným dusíkatým hnojivem pro pěstování čiroku může být díky svým vlastnostem například UREA stabil. Pro omezení ztrát  $\text{NH}_3$  byly vyvinuty inhibitory, které omezují aktivitu ureázy (NBPT), zpomalují amonizaci močoviny. Tím nedochází k vyšší akumulaci  $\text{NH}_3$  a ani následné volatizaci (Vaněk a kol., 2012).

Vzhledem k poměrně rychlé nitrifikaci amonného dusíku vzniklého rozkladem močoviny přechází velká část dusíku močoviny na nitrátový dusík, který je dobře přijatelný rostlinami. Jeho vyšší obsah v půdě může působit zvýšenou akumulaci nitrátů v rostlinách, může být splaven do spodních horizontů, či denitrifikován. Byly proto vyvíjeny a jsou vyráběny inhibitory nitrifikace, které proces výrazněji omezují a tím umožňují použít vyšších jednorázových dávek močoviny pro lepší využití dusíku. Močovina je vhodné hnojivo k základnímu předset'ovému hnojení (Vaněk a kol., 2012).

Další možností je použití síranu amonného, který do půdy kromě dusíku dodává i síru (Petr et Húska, 1997).

Příznaky nedostatku dusíku obecně vyplývají z nedostatečného používání hnojiv, nebo vyplavováním dusíku do spodních vrstev v důsledku nadměrného množství srážek. Nedostatečně zásobené rostliny dusíkem jsou zakrnělé, světle zelené až světle žluté s pomalým růstem a slabým stonkem. První příznaky se projevují na spodních

listech. Horní listy zůstávají zelené. Při kritickém nedostatku dusíku listy hnědnou a nekrotizují. Nedostatek dusíku se projevuje i v kvetení, které je oddalováno (Wiedenfeld, 1984).

Při nedostatku dusíku jsou zjevné změny v zabarvení rostlin jako důsledek omezené tvorby chlorofylu nebo jeho odbourávání ve starších listech (Vaněk a kol., 2012). Přítomnost chlorofylů je nezbytnou podmínkou fotosyntézy. Jeho množství se dá usuzovat podle intenzity zabarvení listů nebo jiných fotosyntetizujících orgánů (Pulkrábek, 1998).

Díky těsné korelaci mezi obsahem chlorofylu a koncentrací dusíkatých látek v listech lze určovat deficitní výživu dusíkem a stanovit optimální dávky nezbytné pro pěstování (Guérif a kol., 1995).

### **2.1.7.2 Fosfor**

Čirok má značné nároky na fosfor. Stejně jako kukuřice si klade největší nároky na fosfor v počátečních fázích růstu (do 5. listu), kdy má vytvořen velice mělký kořenový systém (Šreiber, 2000). Proto v případech, kdy pěstujeme čirok na pozemcích s nižším obsahem přijatelného fosforu, je vhodné použít hnojení před setím. K hnojení je vhodné použít dusíkato - fosforečné hnojivo s vysokým podílem vodorozpustného fosforu s poměrem N:P 1:4. V tomto případě je vhodné použít hnojivo Amofos, které má složení 12% N, 52% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (Šuk a Balík, 1998).

Závažné nedostatky fosforu jsou obvykle charakterizovány opožděným růstem rostliny a tmavě červené až fialové zbarvení se vyvíjející pochvy a čepele starších listů. Stupeň červeného nebo fialového zbarvení se liší odrůda od odrůdy. Některé odrůdy mohou rozvíjet další symptom na mladých rostlinách a to světle žlutou mezi žilkovou chlorózou rozvíjející se na jedné nebo obou stranách střední žíly do půli čepele. Odstranění nedostatku fosforu by měla být uplatněna technologie přihnojení pod patu pro jeho efektivní využití rostlinou (Starasts, 2011).

### **2.1.7.3 Draslík**

Dostatečné zásobení draslíkem zvyšuje suchovzdornost rostliny, zvyšuje pevnost stébla a odolnost proti chorobám stébel. Obsah draslíku v sušině by měl být stejně jako u kukuřice při výšce porostu do 25 cm 4-5%, v době kvetení kolem 3% a zhruba 2% v době sklizně (Šuk a Balík, 1998). Draslík ovlivňuje tvorbu cukrů a syntézu škrobů.

Pokles draslíku v rostlině je doprovázený jeho vylučováním přes kořenový systém do půdy (Lošák, 2006).

Nedostatek draslíku na rozdíl od nedostatku dusíku se liší žloutnutím listů od okrajů. Nejprve se projevy na spodních patrech listů rostliny a pak postupně přechází i na vrchol rostliny. V případech velkého nedostatku se na listech objevují suché spálené hrany a povrchy listů jsou nepravidelně chlorotické. U půd s nízkým obsahem draslíku (méně než  $150 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ), jsou doporučené dávky hnojení kolem  $25 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ K}$  (Wortmann a kol., 2006).

#### **2.1.7.4 Vápník**

Příznaky mírného nedostatku vápníku neovlivní růst rostliny, ale vytvoří charakteristickou roztrhanost vrchních listů, tyto listy jsou krátké a často vzpřímené. Okraje listů jsou bledě zelené nebo světle žluté a snadno trhatelné, připomínající pilovitý vzhled. U některých odrůd dochází k deformaci a kroucení listů. Může docházet až k vytváření uzlů, což je příznakem vážného nedostatku vápníku. Kvetení a zrání je opožděné a je ovlivněna velikost laty. Při vysokém nedostatku vápníku se laty netvoří vůbec a rostlina je neplodná (Wortmann a kol., 2006).

#### **2.1.7.5 Síra**

V poslední době se vzhledem k plošnému odsíření průmyslových provozů začíná objevovat i deficit síry. Rostliny s nedostatkem síry jsou zakrnělé, světle zelené až žluté barvy a mají tenké stonky. Oproti dusíku se projevuje deficit na mladých listech a spodní listy zůstávají zelené. U některých odrůd je příznak chlorózy rychle šířen i do spodních pater listů (McClure, 2013). Při pěstování čiroku na pozemcích s nižším obsahem síry lze použití síranu amonného, který do půdy kromě síry dodává i dusík (Petr et Húska, 1997).

#### **2.1.8 Ochrana**

Rostliny čiroku se vyznačují velmi pomalým počátečním růstem. Proto je důležité udržet bezplevelný stav porostu alespoň v prvních 40 dnech po vzejití (Kára, 2005). Plevelé jako jsou zejména merlíky, lebedy, svlačce, laskavce, pcháč a některé další druhy mají schopnost silně potlačit růst rostlin čiroku a tím nejen snížit výnosy hmoty z jednotky plochy, ale i výrazně snížit energetickou hodnotu této hmoty. Proto je

včasná ochrana proti plevelům jedním z nejdůležitějších zásad při pěstování čiroku (Kuthan, 2010).

Při pěstování čiroku v širších řádcích lze k redukci plevelů úspěšně využít pleček. Plečkování má kladný vliv nejen na likvidaci plevelů, ale také zejména na slehlých půdách po deštích zkypruje a provzdušuje půdu. V samotném boji proti plevelům je postřik herbicidy v porovnání s plečkováním účinnější (Kára, 2005).

Při využití preemergentní aplikace pomocí triazinových přípravků, musí být při aplikaci striktně držena doporučená dávka, neboť čirok není proti atrazinům tak odolný ve srovnání s kukuřicí (Stražil, 1999). Zde je potřeba dávat velký pozor na reziduální zbytky herbicidů v půdě, na které je čirok velice citlivý (Stražil et al., 2005)

Jako vhodný přípravek na ochranu porostu čiroku firma KWS uvádí Gardoprim plus Gold 500 SC v dávce 4 l.ha<sup>-1</sup>. Optimální termín pro použití přípravku Gardoprim plus Gold 500 SC je po zasetí čiroku ještě před vzejitím plevelů, neboť čirok je obecně velmi citlivý na zaplevelení ve svých raných vývojových stádiích a reaguje na to výnosovou depresí. V případě velkého sucha lze přípravek aplikovat i před setím čiroku s mělkým (cca 5 cm) zapravením do půdy. Možné je i časně postemergentní ošetření, nejspíše však ve stádiu 1 – 2 listů trávovitých plevelů, zejména ježatky kuří nohy. Dvouděložné plevele jsou dobře hubeny ještě ve stádiu 3 – 5 listů. Gardoprim plus Gold 500 SC se vyznačuje vysokou tolerancí ke všem pěstovaným hybridům čiroku.

Další možností je použití přípravku Banvel 480 S. V čiroku se Banvel 480 S používá proti odolným a vytrvalým dvouděložným plevelům, které neřeší preemergentní ošetření. Spolehlivě hubí laskavce a merlíky rezistentní k atrazinu. Aplikace se provádí v růstové fázi od 2. do 6. listu čiroku. Velmi rozšířený a účinný je tank-mix s přípravkem Milagro (Banvel 480 S 0,4 l.ha<sup>-1</sup> + Milagro 1–1,5 l.ha<sup>-1</sup>). Spolehlivé účinnosti proti pcháči rolnímu se dosáhne ve fázi 4 – 6 listů plevele, proti svlačci rolnímu ve fázi vytvoření dostatečné listové plochy (délka výhonu cca 20 cm). Přípravek Banvel 480 S není zatím do čiroku registrován (KWS, 2010).

V tradičních oblastech pěstování rostlin čiroku se na ně adaptovala řada fytopatogenních organizmů, zejména hub, bakterií a někteří škůdci. To vychází z faktu, že čirok je velmi stará kulturní rostlina pěstovaná zejména v teplých oblastech Asie, Afriky, Ameriky a to více než po dobu 5000 let (Kuthan, 2010). V podmínkách střední Evropy se mnoho těchto škodlivých organizmů nevyskytuje. Na druhé straně osivo pochází z teplejších oblastí, a tak může být jedním ze zdrojů přenosu specializovaných



patogenů čiroku i do našich zeměpisných šířek. Z houbových patogenů napadají osivo čiroku zejména sněti.

V podmínkách České republiky se běžně na rostlinách čiroku vyskytují antraknózy způsobené houbami *Colletotrichum sublineolum* a *Ascochyta sorghi* (*Rough spot*). Kromě toho se dále vyskytují *Cercospora sorghi* (*Gray leaf spot*), *Fusicladium sorghi* Pass., *Bipolaris sorghicola* (*Target spot*), *Exserohilum turcicum* (*Leaf blight*), *Puccinia purpurea* (*Rust*) a *Ramulispora sorghi* (*Sooty stripe*).

Antraknóza čiroku se projevuje výskytem charakteristických skvrn na listech a stéblech různé velikosti a charakteru. Antraknóza se hojně vyskytuje zejména tehdy, když dochází ke střídání období s vysokou vlhkostí s obdobími sucha.

První příznaky antraknózy na listech čiroku jsou kruhovo-eliptické tmavé skvrny s občasným výskytem červené pigmentace. Uprostřed skvrn se začíná tvořit světlá centrální část, která se posléze zvětšuje a prodlužuje, až se vytvoří kruhové léze s tmavě fialovým okrajem. Infekce začíná na listových čepelích, často podél prostředního žebra. Velikost lézí je různá, od 2 mm do více než 2 cm. Centrální část skvrny je slámově zbarvená a za vhodných podmínek na ni lze nalézt početné acervuly obsahující černé sety (štětiny). Ty mohou sloužit k determinaci patogenu. Pozorovatelné jsou již při desetinásobném zvětšení lupou. Sety jsou sterilní buňky (nejsou sporami). Objevují se zpravidla na starších lézích. Jejich výskyt na povrchu acervulí způsobuje jejich tmavé zbarvení. Za vlhkých podmínek se na napadené rostlině tvoří masa různě zbarvených spor. Jejich barevnost přechází ze šedé přes smetanovou až po lososově růžovou. Uprostřed starších lézí byly kromě acervul houby *Colletotrichum* často pozorovány tmavé až černé plodničky jiných druhů, zejména saprofytických hub. Na stonku se antrakózy zpočátku projevují jako tmavé lineární pruhy s červeným až černým okrajem na povrchu spodních internodií. Později se objevují oválné tmavé až černé oblasti nad internodií. Léze později penetrují dovnitř stonku a při podélném řezu je stonek zpuchřelý a vykazuje červeno-bílé mramorování. Napadené stonky se často lámou. Pokud dojde k zlomení stonku v tomto místě, plocha zlomu je tmavě červená až tmavě hnědá. Lámání je způsobeno vysokým obsahem antokyanů v tkáních čiroku. Stejně zbarvení může nastat také při mechanickém zlomení stonku, například větrem, případně působením škůdců například zavíječe kukuřičného (*Ostrinia nubilalis*). Po vymetání se choroba může objevit také na květní lodyze. Při napadení houbou *Ascochyta sorghi* Sacc. jsou příznaky shodné s *Colletotrichum sublineolum*, od které se liší dobře definovaným krajem skvrn a světlým okrajem kolem skvrny. Již v této fázi je

možno pozorovat z povrchu tkáně vystouplé pyknidy. Jsou patrné častěji na horní straně listu, ale můžou se vyskytovat také na straně spodní. Jsou velmi křehké, lehce se lámou, později vypadávají a zanechávají po sobě světlé krátery s tmavým okrajem. Skvrny se posléze zvětšují do podoby elipsy a dosahují velikosti 8–14×4–8 mm. Někdy jsou po celém povrchu zbarveny tmavě červeně až do purpurova. Často je střed skvrny žlutohnědý s tmavě červeným až purpurovým okrajem. Skvrny se dále spojují za tvorby větších ploch ohraničených úzkým, tmavě červeným okrajem. Při velmi silné infekci listy odumírají a jsou pokryty pyknidami. Pyknidy mohou být příležitostně nalezeny také na listové ploše zdravých částí rostlin. Jsou malé, tvrdá, černá, na omak vystupují z povrchu listu. Stejně tak se mohou objevovat na pochvách listů anebo na povrchu stonku. Patogen se šíří, když spory za vlhkého počasí vytékají z pyknid a jsou rozšiřovány větrem a deštěm (Kuthan, 2010).

Na mladých porostech čiroku škodí především larvy kovaříků – drátovci, housenky osenice polní a larvy chrousta obecného (Hýsek, 2010). V pozdějším období vegetace se mohou v hojně míře vyskytovat kolonie mšic (Stražil, 1999).

Čirok není hostitelskou rostlinou běžných škůdců rostlin kukuřice, jakými jsou zavíječ kukuřičný (*Ostrinia nubilalis*) a ani bázlivec kukuřičný (*Diabrotica virgifera*). Proto může být čirok vhodnou alternativou kukuřice v oblastech s vysokou škodlivostí těchto druhů (Kuthan, 2010).

Fungicidní a insekticidní ošetření porostů čiroku se v podmínkách České republiky zatím neprovádí.

### **2.1.9 Sklizeň a konzervace**

Při pěstování čiroku na siláž, nebo na senáž je optimální termín sklizně v mléčné zralosti, kdy je dostatečná produkce nadzemní biomasy, která má zároveň dobrou kvalitu. Sklizeň se provádí pomocí řezačky na kukuřici od poloviny září do poloviny října. Při konzervaci se dodržují stejná pravidla jako při výrobě kukuřičné siláže (Vencl a kol., 2009). Obecně se uvádí, optimální termín sklizně čiroku pěstovaného na siláž je při dosažení obsahu sušiny nad 28% (Hermuth, 2012). Z hlediska optimálního průběhu fermentačního procesu by měl být obsah sušiny v biomase od 28 do 35% (Šuk a Balík, 1998). Na kvalitu siláže má mimo jiné vliv i délka řezanky. Čím je nižší sušina, tím může být délka řezanky větší. Při sušině kolem 28% by délka řezanky měla být v rozmezí 20 až 25 mm, zatím co při sušině kolem 33% v rozmezí 5 až 7 mm. Dalším faktorem ovlivňujícím kvalitu siláže je správné udusání. V silážní hmotě jsou obsaženy

kvasinky, které odbourávají laktát a při špatném udusání tyto kvasinky zrychlují zahřívání hmoty. Při zahřívání se pak snižuje obsah kyseliny mléčné (Čermák, 2006). Produkovaná kyselina mléčná snížením pH zabraňuje rozvoji nežádoucích organismů. V dobře připravené a uskladněné siláži se ztráty organické hmoty v průběhu celoročního uskladnění pohybují v řádu jednotek procent. V případě špatně připravené siláže to mohou být až desítky procent (Hermuth, 2012).

Vzhledem k relativně malé objemové hmotnosti řezanky čiroku (400 až 500 kg.m<sup>-3</sup>) musí být pro plynulý a co možná nejrychlejší proces silážování zajištěna dostatečná kapacita dopravních prostředků, který musí být v rovnováze s výkonem řezačky a dopravní vzdáleností k místu uskladnění. Doprava je prováděna pomocí běžných zemědělských dopravních prostředků, jako jsou traktory a nákladní automobily, které jsou osazeny nástavbami a přívěsy (Vencl a kol., 2009).

Při sklizni čiroku určeného k energetickým účelům do bioplynových stanic je optimální termín sklizně určen kombinací výnosu sušiny a maximální produkci metanu (Amon a kol., 2003).

Průběh vlastního silážování a fermentace je u čiroku a kukuřice nepatrně odlišný. Proces fermentace u čiroku je pozvolnější a pomalejší. Důvodem je vyšší obsah polyfenolických látek u čiroků (zejména taninu), což má za následek inhibici činnosti mikroorganismů a zpomalení fermentačních procesů, v některých případech až jejich zastavení (Waniska a kol., 1988). Sklizená biomasa se nejčastěji siláží a uskladňuje v silážních žlabech. Biomasa nařezaná na 2 – 4 cm se naváží do žlabů (plat), kde se postupně rozhrnuje a udusává na hutnost 600–700 kg.m<sup>-3</sup> do výšky 2 – 6 m. Z rozrušených pletiv dochází k uvolňování cukrů z kvasitelných mléčnými bakteriemi (Hermuth, 2012). Po naplnění žlabu je kvůli zamezení přístupu vzduchu a srážkové vody siláž zakryta jednou, nebo více vrstvami folií a je zatížena. Silážovat lze také v polních kretech na zpevněné ploše, do vaku nebo silážních jam (Hermuth, 2012). Dobře zakonzervovaná fytomasa silážováním je jeden z nejdůležitějších faktorů úspěšné následné fermentace.

U čiroků pěstovaných na zrno se doporučuje provést sklizeň dvoufázově, protože v době žluté zralosti zrn má zelená hmota ještě poměrně nízký obsah sušiny. Sklizeň se provádí za suchého počasí, aby se vlhkost obilky zbytečně nezvyšovala (Petr et Húska, 1997). Získané zrno je potřeba v co nejkratším termínu dočistit a dosušit na požadovanou vlhkost kolem 15%, semeno čiroku je potřeba velmi dobře uskladnit, neboť velmi snadno plesnivý (Stražil et al, 2005).



## 2.2 Tvorba bioplynu z rostlinného substrátu

Tvorba bioplynu je biologickým procesem, při němž se za anaerobních podmínek vytváří směs plynů rozkladem organické hmoty činností mikroorganismů. Běžně se tímto procesem můžeme setkat v bachoru u přežvýkavců, v rašeliništích popřípadě na dně jezer (Straka, 2009). Termín bioplyn lze obecně použít pro všechny druhy plyných směsí, které vznikly činností mikroorganismů (Kára, 2007). Tento proces se nazývá metanová fermentace, metanolové kvašení, anaerobní digesce, biogasifikace, biomethanizace apod. (Gaduš, 2006, House, 2007).

Metanová fermentace musí být chápána jako celek po sobě jdoucích, navazujících procesů (Prince, 1981). Na metanové fermentaci se podílí několik základních skupin anaerobních mikroorganismů. Produkty jedné skupiny mikroorganismů se stávají substrátem následné skupiny organismů. Výpadek, nebo oslabení jedné skupiny organismů způsobuje poruchy v celém systému (Dohányos a kol., 2007). Vlastní metanogeny jsou obsaženy v poslední fázi biochemické konverze (Price, 1981). Druhové složení anaerobních mikroorganismů, které rozkládají celulózu, tvoří hlavně *Clostridium omeljanski*, *Clostridium thermocellum*, *Clostridium spumarum*. Dále se uplatňují rody *Methanobacterium*, *Methanococcus* a *Sarcina* (Haš a kol., 1985).

K úspěšnému vzniku metanu musí proběhnout tyto čtyři fáze přeměny (Straka a kol., 2003):

### 1) *Hydrolyza*

Velká část biomasy je tvořena vysokomolekulárními látkami, jako jsou bílkoviny, škrob, celulóza, přítomny jsou dále tuky a oleje. V první fázi se proto uplatní hydrolytické bakterie, které svými enzymy rozloží organické látky v obsažené v biomase na jejich základní stavební kameny, jako jsou cukry, mastné kyseliny, aminokyseliny, apod. V této fázi je přítomen kyslík (Gerhardt, 2007).

### 2) *Acidogeneze*

V druhé fázi vlivem acidogenních bakterií dochází k dalšímu rozkladu produktů hydrolyzy na jednoduché organické látky, hlavně na nižší mastné kyseliny, alkoholy, CO<sub>2</sub>, a H<sub>2</sub>. V této fázi dojde k vytvoření anaerobního prostředí (Pastorek a kol., 2004).

### 3) *Acetogeneze*

Pastorek a kol., (2004) uvádí, že v této fázi dochází k transformaci vyšších organických kyselin na kyselinu octovou, CO<sub>2</sub>, a H<sub>2</sub> pomocí specializovaných kmenů acidogenních organismů. Vše probíhá za anaerobního prostředí.

### 4) *Metanogeneze*

V této fázi vzniká z kyseliny octové působením metanogenních acetotrofních bakterií metan. Další, takzvané hydrogenotrofní bakterie zase vytvářejí metan z dříve vzniklého vodíku a oxidu uhličitého. V této fázi už musí být prostředí pouze anaerobní, neboť kyslík je pro bakterie velmi škodlivý (Pastorek, Kára, Jevič, 2004). Charakteristickým znakem probíhající metanogeneze je nárůst pH (Straka a kol., 2006).

Probíhají-li tyto čtyři kroky rozkladu společně v nádrži biofermentoru, jedná se o jednofázové zařízení. Pokud hydrolýza a acidogeneze probíhají prostorově oddělené, mohou být podmínky prostředí lépe přizpůsobeny skupinám mikroorganismům a lze tak dosáhnout rychlejšího rozkladu. Tento proces nazýváme dvoufázovým (Straka a kol., 2009).

## 2.2.1 **Substrát pro tvorbu bioplynu**

Bioplyn je možné získat ze všech druhů substrátu biologického původu, které obsahují rostlinou biomasu cíleně pěstovanou, či odpadovou rostlinnou biomasu, živočišnou biomasu (odpady z jatek), popřípadě kal z čistíren odpadních vod (Váňa, Slejška, 1998). Také hovězí a prasečí kejda se dají lehce kombinovat díky relativně malému obsahu sušiny s ostatními substráty. Na tvorbě bioplynu se mohou podílet i substráty z dále zpracovávajícího průmyslu jako je výroba piva, škrobu, alkoholu, získávání cukru a vedlejší produkty ze zpracování ovoce apod. (Straka, 2009).

Substrát by měl mít malý obsah anorganického podílu (popelovin), naopak by měl obsahovat vysoký podíl biologicky rozložitelných látek. Obsah sušiny pro zpracování tekutých materiálu 8 - 14% a pevných materiálu 22 – 25%. Optimální hodnota pH by se měla pohybovat v rozmezí 7 – 7,8 pH . Poměr dusíkatých a uhlíkatých látek by měl být roven 10 - 15:1. Vhodnost a kvalita materiálu určeného k fermentaci může být narušena jeho předchozím zpracováním, manipulací nebo dlouhodobým skladováním. Substrát by neměl obsahovat různé dezinfekční prostředky používané při asanaci stájí, saponáty při mytí dojící techniky, oleje, nafta a jiné

provozní kapaliny. Také je tu nebezpečí přítomnosti antibiotik používaných ve stájích (Haš a kol., 1985).

**Tab. 1: Produkce bioplynu z rostlinných materiálů**

<b>Materiál</b>	<b>Čerstvá hmota (t.ha<sup>-1</sup> rok)</b>	<b>Produkce bioplynu (m<sup>3</sup>.t<sup>-1</sup>)</b>	<b>Produkce bioplynu (m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>)</b>
Tráva 1. seč	80	97,0	7 760
Kukuřičná siláž	45	208,3	9 374
CCM (corn cob mix)	15	431,4	6 472
Krmná řepa	100	93,5	9 350
Siláž skrojky cukr. řepy	40	89,7	3 587
Brambory	45	88,0	3 960
Pšenice	8	658,1	5 265

Zdroj: Pastorek a kol., (2004)

Produkce metanu z 1 tuny sušiny se u čiroku cukrového pohybuje v závislosti na způsobu pěstování a zvolené odrůdě kolem 230 (m<sup>3</sup>.t<sup>-1</sup>). V pokusech, které proběhly na Výzkumné stanici FAPPZ v Červeném Újezdě bylo nejvyšší produkce bioplynu (8 441 m<sup>3</sup>. ha<sup>-1</sup>) dosaženo u odrůdy Goliath (Hodoval a Pulkrábek, 2012). Pro porovnání je v tabulce 1 uvedena produkce bioplynu z ostatních rostlinných materiálů. Je patrné, že vyšší průměrná produkce bioplynu než z čiroku je dosažena použitím kukuřičné siláže a krmné řepy.

Produktem anaerobní fermentace je kromě již zmíněného bioplynu fermentovaný zbytek organických látek digestát a fugát. Digestát je produktem anaerobní fermentace ze statkových hnojiv a rostlinných tkání převážně ze zemědělské výroby a je považován za typové organické hnojivo (Váňa, 2007). Smanová (2012) uvádí, že digestáty se obvykle považují za organické hnojivo (zejména díky svému původu), vlivem vysokého podílu rychle využitelného amonného dusíku se však mohou stát výrazně úspornou alternativou k minerálním hnojivům.

### **2.2.2 Podmínky prostředí k vzniku bioplynu**

Bakterie ve svém bezprostředním okolí v obou případech potřebují dostatek vody. Neexistuje žádná přesná definice hranice mezi mokrou a suchou fermentací. V praxi je

běžně používáno, že v případě, kdy je obsah suché hmoty ve fermentoru v rozpětí od 12 do 15% hovoříme o mokré fermentaci, neboť takový obsah fermentoru je pumpovatelný. Přestoupí-li obsah suché hmoty v biofermentoru 16%, pak se hovoří o suchém zfermentování. Materiál není pumpovatelný (Straka a kol. 2009).

### **2.2.2.1 Kyslík**

Metanové bakterie vznikly na zemi před tím, než vznikla nám známá atmosféra. Z toho to důvodu jsou dnes tyto bakterie odkázány na bezkyslíkaté prostředí, neboť pro tyto druhy je kyslík vysoce toxický. Ale úplnou eliminaci kyslíku v biofermentoru nelze za stávajících podmínek zajistit. Důvodem proč nejsou metanové bakterie okamžitě inhibovány ve své aktivitě, nebo dokonce zcela neodumřou, spočívá v tom, že žijí ve společenství s bakteriemi v předchozích fázích rozkladu. Některé z nich tzv. fakultativně anaerobně žijící bakterie přežívají i za přístupu kyslíku, ale i bez něj. Pokud není množství kyslíku příliš velké, mohou ho ostatní bakterie spotřebovat ještě před tím, než poškodí metanogenní bakterie (Straka, 2006).

### **2.2.2.2 Teplota**

Teplota podstatně ovlivňuje anaerobní procesy. Se vzrůstající teplotou vzrůstá rychlost všech probíhajících procesů. Změnou teploty se může měnit zastoupení jednotlivých druhů mikroorganismů. Ze zkušeností z čistíren odpadních vod se udává, že optimální teplota pro výrobu metanu je závislá na druhu mikroorganismů. V každém případě je pro udržení stability procesu nezbytné udržovat provoz bioreaktoru při konstantní teplotě (Mackie, Bryant, 1981).

Straka a kol. (2009) uvádějí, že existují rozdílná optima pro skupiny bakterií podílející se na procesech látkové výměny. Nebude-li dosaženo těchto optimálních teplot, nebo budou-li překročeny, může to vést k zabránění a v extrémním případě k neodvolatelnému poškození některých bakterií.

Metanogeny můžeme dále rozdělit podle teplotních požadavků na:

- Psychrotrofní – jsou málo významné, mají malé kultivační schopnosti.
- Mesofilní – naprostá většina procesů probíhá za středních teplot v rozmezí 25 – 39°C. Tyto organismy jsou nejvíce zastoupeny v procesu vzniku bioplynu.



- Thermofilní – v produkci bioplynu můžeme říci, že tyto mikroorganismy jsou nejvýkonnější, teploty se pohybují v rozmezí 40 – 55°C, ale můžou snášet teploty i významně vyšší (Dohanyos, 1998).

### 2.2.2.3 Vlivy pH

Pro hodnotu pH platí podobné podmínky jako pro teplotu. Bakterie rozdílných stupňů rozkladu mají rozdílné hodnoty pH, při nichž mohou optimálně růst. Optimální pH pro hydrolyzující a kyselinotvorné bakterie je 4,5 až 6,3. Nejsou však nutně vázány tímto pH, ale dokážou přežít i nepatrné zvýšení, přičemž jejich aktivita se zpomaluje (Straka a kol., 2009).

Bakterie, vytvářející kyselinu octovou a metan, potřebují pH neutrální v oblasti 6,8 - 7,5. Pokud se fermentační proces koná pouze v jedné nádrži biofermentoru, je třeba toto rozmezí dodržovat (Dohanyos, 1998).

### 2.2.3 Složení bioplynu

Výsledkem anaerobní digesce je směs plynu „Bioplyn“, který obsahuje dva majoritní plyny metan CH<sub>4</sub> a oxid uhličitý CO<sub>2</sub> (tab. 2). Dalším doprovodným plynem je sulfan (Straka, 2009). Jeho množství má negativní vliv na korozi technologického zařízení (Michal, 2005). Z tohoto důvodu dochází k čištění získaného bioplynu (Straka, 2009).

**Tab. 2: Průměrné složení bioplynu**

Složky bioplynu	Podíl složek (% , ppm)
<b>Metan</b>	50 – 75% objem,
<b>Oxid uhličitý</b>	25 – 45% objem,
<b>Voda</b>	2 – 7% objem. (20 – 40°C)
<b>Sirovodík</b>	20 – 20 000 ppm
<b>Dusík</b>	< 2% objem.
<b>Kyslík</b>	< 2% objem.
<b>Vodík</b>	2% objem.

Zdroj: Straka a kol., 2009

Důležitým kvalitativním parametrem bioplynu je zejména obsah metanu. Tedy potenciální obsah získané energie, která udává výhřevnost bioplynu. Hranice vznícení metanu ve směsi se vzduchem je kolem 10% objemových. Takováto koncentrace tvoří výbušnou směs. Teplota vznícení bioplynu záleží na obsahu metanu a pohybuje se v rozmezí 650 až 750°C (Pastorek a kol., 2004).

#### 2.2.4 Úprava bioplynu

Surový bioplyn obsahuje vedle metanu a oxidu uhličitého, velké množství vodní páry, stopy sulfanu a dalších doprovodných plynů. Výhřevnost ( $Q_i$ ) 1 m<sup>3</sup> bioplynu se rovná či je větší než 4 kWh při vlhkosti do 90 % (tab. 3; Straka, 2009).

Sulfan je jedovatý plyn, který ve spojení s vodou tvoří kyselinu sírovou, která má negativní vliv na korozi technologického zařízení (Michal, 2005).

Pro využití bioplynu na produkci elektřiny by měly být dodržovány požadované vlastnosti bioplynu, aby nedocházelo ke zkracování intervalů údržby a životnosti motorů (Straka, 2006).

**Tab. 3: Požadované vlastnosti bioplynu**

Vlastnost	Označení	Hodnota
Výhřevnost	$Q_i$	$\geq 4 \text{ kWh/m}^3$ ( $14 \text{ MJ/m}^3$ )
Relativní vlhkost	$\varphi$	$< 90\%$
Síra, celkový obsah	S	$\leq 2,2 \text{ g/m}^3 \text{ CH}_4$
Obsah sulfanu	$\text{H}_2\text{S}$	$\leq 0,15\% \text{ objem.}$
Křemík	Si	$< 10,0 \text{ mg/m}^3 \text{ CH}_4$

Zdroj: Straka a kol., 2009

### 2.3 Biologická hodnota osiva čiroku

Klíčení semen zahrnuje řadu složitých fyzikálních, biochemických a biologických procesů (např. hydratace proteinů, strukturální buněčné změny, dýchání, makromolekulární syntézy a prodlužování buněk), jejichž vlivem embryo přechází z dehydrovaného klidového stavu do stádia s aktivním metabolismem, který je završen růstem (Hosnedl, 2003). Z fyziologického pohledu je klíčivost chápána jako proces probíhající uvnitř semen, který končí proražením kořínku osetím. Podle

semenářského pojetí klíčivosti je za vyklíčené semeno považováno takové, které dokáže vytvořit rostlinku schopnou dalšího růstu. Semenářské hledisko je přísnější, semenářská norma definuje dlouhý seznam možných defektů primárního kořínku, hypokotylu, epikotylu a mezokotylu, děloh, primárních listů, terminálního pupenu, koleoptile a prvního listu a klíčenců jako celku. Každý z těchto defektů, sám nebo v kombinaci, může způsobit abnormalitu klíčence (Hosnedl, 2003; Teriaki, 2009). Za stresových podmínek pro klíčení jsou právě projevy anomálních klíčenců častější. Klíčivost je ovlivněna především vnitřní kvalitou osiva (vitalitou) a podmínkami prostředí. Mezi základní podmínky prostředí patří teplota a množství přijatelné vody (Pazderů, 2011). Výsledky ukazují, že příjem vody do semen čiroku je velmi výrazně ovlivněn teplotou. Z výsledků Golubinové a Vasilevské-Ivanovny (2008) vyplynulo, že příjem vody do semene je závislý na teplotě v době klíčení. Při nízké teplotě (10°C) dochází i k nízkému příjmu vody a naopak za vyšších teplot (30°C) dochází k vyššímu příjmu vody. Byla tak prokázána pozitivní korelace pro příjem vody a teplotou prostředí. S teplotou při klíčení souvisí i tolerance k zasolení. V zásadě se dá říci, že čím vyšší teplota při klíčení, tím více se u čiroku cukrového projevuje tolerance k zasolení (Esechie, 1994).

V podmínkách České republiky je limitujícím faktorem pro pěstování čiroku cukrového zejména nízká teplota v době klíčení a vzcházení, která velmi negativně ovlivňuje počáteční růst. Čirok je set na jaře jako jedna z posledních plodin a nemůže tak využít zimní vláhu. Klíčivost čiroku je ovlivněna především vnitřní kvalitou osiva (vitalitou) a podmínkami prostředí. Mezi základní podmínky pro klíčení patří teplota a množství přijatelné vody. Teplota půdy je primární faktor regulující klíčení semen (Alvarado a Bradford, 2002). Počáteční růst čiroku cukrového je velmi pomalý, a proto je důležité, aby bylo zajištěno rychlé, rovnoměrné klíčení a vzcházení i v méně teplotně příznivých podmínkách. Obilana (2004) a Brar et al., (1992) uvádí, že optimální teplota pro klíčení čiroku cukrového se nachází v intervalu 20 až 30°C.). Zatím je známo poměrně málo informací o rozdílech mezi jednotlivými partiemi osiva čiroku. Nicméně z pokusů, které provedli Brar se Stewartem (1994) vyplynulo, že mezi jednotlivými genotypy čiroku jsou prokazatelné rozdíly v požadované teplotě pro klíčení. Dýchání osiva na začátku procesu nasakování je striktně závislé na teplotě. U vybraných partií osiva byla pozorována rozdílná citlivost na teplotu, kdy semeno začíná intenzivně dýchat a nasakovat vodu. U partií osiva čiroku tolerantnějších k chladu bylo

zpozorováno dýchání a nasakování vody už při 10°C, zatím co u partií méně odolným k chladu byla intenzita dýchání a nasakování při této teplotě velmi nízká.

Pro zlepšení klíčivosti semen lze použít speciální úpravy osiv. Speciální úpravy osiv jsou nadstandardní předseťové úpravy, jejich smyslem je zvýšit výkonnost běžně užívaných komerčních osiv. Obecně můžeme vymežit tři hlavní oblasti úprav: předseťové hydratační úpravy (předklíčování osiva), obalování a biologické úpravy osiva (Pazdera, 2002). Hydratační úpravy osiv mají zlepšit semenářské parametry osiva s důrazem na dosažení rychlejšího a vyrovnanějšího klíčení a vzcházení, při současném rozšíření podmínek prostředí, ve kterých semena mohou klíčit (Copeland a McDonald, 1995). Klíčivost u čiroků se dá zvýšit různými úpravami osiva, například máčením v polyethylenglykolu (PEG) po dobu dvou dnů, při teplotě 25°C v koncentraci 300g v l<sup>-1</sup>. To má za následek, že semena čiroků poměrně dobře klíčí i při teplotě 14°C (Tiriaky, 2009). Předpokládá se, že uplatnění speciálních úprav osiva může mít vliv na rozšíření areálu pěstování čiroku cukrového (*Sorghum vulgare var. saccharatum*).

Aplikaci biologicky aktivních látek na bázi huminových kyselin a fulvokyselin, nebo jejich směsi s auxiny zkoušeli Štranc et al. (2006) u sóji, ve snaze alespoň částečně eliminovat negativní vlivy stresových faktorů během vegetace. Biologicky aktivní látky lze aplikovat v různých fázích růstu rostlin. Lze je použít také k aplikaci na povrch semen v rámci předseťových úprav osiva.

Smyslem nadstandardních předseťových úprav je zvýšit výkonnost běžně užívaných komerčních osiv (Pazdera, 2002). Úpravy osiv mají zlepšit semenářské parametry osiva s důrazem na dosažení rychlejšího a vyrovnanějšího klíčení a vzcházení, při současném rozšíření podmínek prostředí, ve kterých semena mohou klíčit.

Fytohormony obsažené v semenech se podílejí na dormanci semen a na řízení klíčení a prvních fázích růstu klíčících rostlin. Pozitivní výsledky aplikaci auxinů na semena byly zaznamenány i při klíčení kořenové zeleniny (Procházka et al., 1998).

Přípravek Lexin je kapalným koncentrátem vysokomolekulárních huminových kyselin, nízkomolekulárních fulvokyselin a auxinů. Stimuluje jak dlouhivý růst buněk, tak i jejich dělení. Podporuje rovněž jejich diferenciaci a tvorbu cévních svazků. Příznivě ovlivňuje i propustnost buněčných membrán. Tím, že podporuje příjem a využití rostlinných živin celkově pozitivně působí na látkový metabolismus, stimuluje nejen dlouhivý růst rostlin, ale i jejich regeneraci, rhizogenezi apod.

Přípravek M-Sunagreen je proauxinový přípravek, který přispívá k rychlejšímu a vyrovnanějšímu klíčení a vzcházení, zvyšuje a zrychluje tvorbu kořínků v raných vývojových fázích a zvyšuje toleranci k nepříznivým podmínkám v tomto období (Štranc et al. 2006).

### 3. Cíle práce

1. Porovnat soubor odrůd čiroku pomocí modifikovaného chladového testu a testů vitality
2. Posoudit možnosti stimulace osiva čiroku
3. Posoudit vliv meziřádkové vzdálenosti a dávky N pro dosažení vysokého výnosu nadzemní biomasy pro produkci bioplynu

#### 3.1 Vědecké hypotézy práce

- *Hypotéza 1*

Chladový test a testy vitality jsou vhodné metody k výběru partie osiva pro časný výsev čiroku v podmínkách České republiky.

- *Hypotéza 2*

V sortimentu nabízených odrůd čiroku jsou vhodné odrůdy pro časný výsev

- *Hypotéza 3*

Vhodnou technologií pěstování lze v ČR dosáhnout vysokého výnosu sušiny pro produkci bioplynu.

## 4. Materiál a metody

### 4.1 Laboratorní část pokusu

Zkouška klíčivosti probíhala v plastových boxech na filtračním papíře. Do plastových boxů byly vloženy tři podložní filtrační papíry a na ně jeden složený s drážkami. Filtrační papíry byly posléze zality 30 ml odstáté kohoutkové vody předchlazené na požadovanou teplotu. Zkouška byla založena, vždy ve čtyřech opakováních po 100 semenech. Klíčení probíhalo ve stresových podmínkách, při teplotách klíčení 12, 15, 18 a 21 °C a při 60% nasycení substrátu vodou. Klíčivost byla hodnocena denně, po 24 hodinách a za vyklíčená semena byla považována semena s minimálně 3mm dlouhým a svěžím kořínkem. Celková laboratorní klíčivost byla vypočítána z hodnot 24 hodinové klíčivosti jako kumulativní klíčivost na konci testu, energie klíčení pak jako kumulativní klíčivost za 4 dny. Pozornost byla dále věnována výskytu abnormálních klíčenců.

Testované odrůdy byly: Goliath, Hugin, Zerberus, Wotoman, Odin, Inka, Maja, Freya, Sweet Caroline a Expres.

Pro zvýšení rychlosti a vyrovnanosti klíčení u běžně dodávaných komerčních osiv široku byla testována aplikace biologicky aktivních látek na povrch semen. Byly vybrány odrůdy Zerberus a Goliath jako biologicky aktivní látky byly použity přípravky M-Sunagreen a Lexin. Semena po úpravě byla hodnocena semenářskými testy a výsledky byly porovnávány s kontrolním (neošetřeným) osivem.

### 4.2 Polní část pokusu

#### Charakteristika pokusného stanoviště

Polní část pokusu probíhala na pozemcích Výzkumné stanici ČZU v Praze. Pozemky výzkumné stanice v Uhříněvsi jsou řazeny do řepářského výrobní oblasti a řepářsko – pšeničného subtypu. Průměrná nadmořská výška činí 295 metrů. Průměrná denní teplota vzduchu dosahuje 8,3 °C a průměrná teplota ve vegetačním období je 14,6 °C. Nejteplejším měsícem je červenec s průměrnou teplotou vzduchu 18,2 °C. Průměrný roční úhrn srážek činí 575 mm, z toho na vegetačním období duben – září připadá celkové množství srážek 380 mm. Podle Langrova dešťového faktoru patří pokusné místo do semihumidní oblasti. Podle komplexního průzkumu, který byl proveden v roce 1973, území na kterém se nacházejí pokusné pozemky, patří do oblasti

starých zvrásněných sedimentů Českého masivu. Z hlediska geneticko-agronomické charakteristiky se pozemek řadí k hnědozemním půdním typům, dle klasifikační stupnice Kopeckého patří půda na pokusné stanice do skupiny jílovitých hlín. Hloubka ornice činí 32 cm, humusový horizont dosahuje hloubky 70 cm a jeho profil je mírně až středně humózní s neutrální reakcí v celém horizontu. Hladina spodní vody se nachází přibližně v hloubce 1 metr a má trvalý charakter. Místní půdy zabezpečují určitou výnosovou jistotu, zejména v sušších letech, ale je třeba dodržovat základní agrotechnické opatření, protože při intenzivních srážkách a následných přísuších mají sklon ke kornatění. Produkční schopnost půd dosahuje 84 bodů. Poslední agrotechnický rozbor půd je znázorněn v tabulce 4.

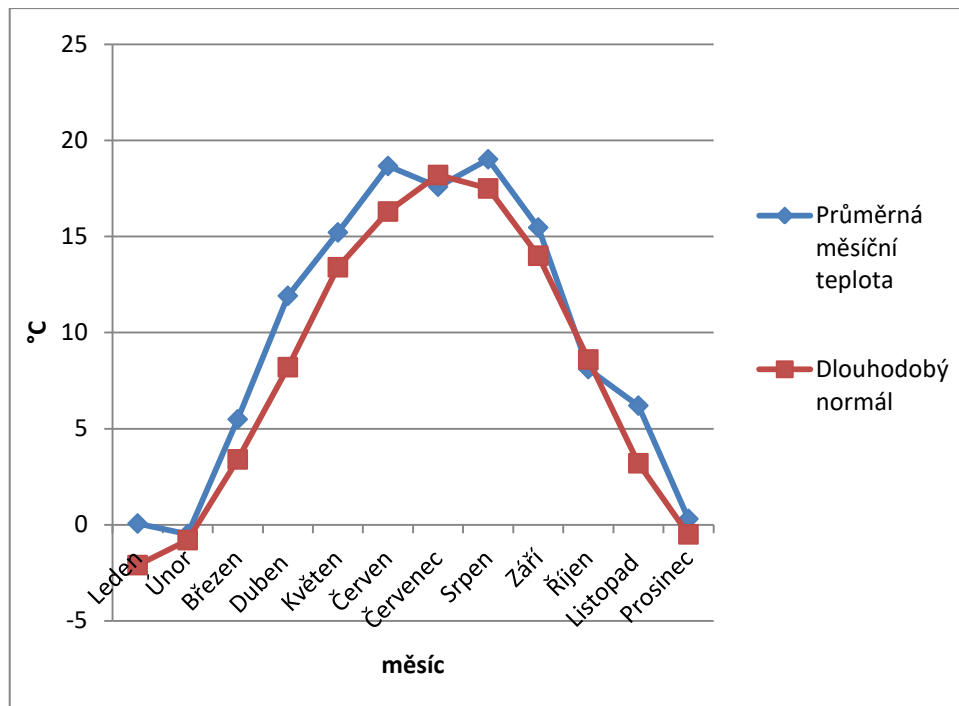
**Tab. 4: Agrochemický rozbor půdy – ČZU, Pokusná stanice Praha – Uhřetěves**

Půdní reakce	N-NHB (mg.kg <sup>-1</sup> P)		N-NOB (mg.kg <sup>-1</sup> P)		Obsah přijatelných živin (mg.kg <sup>-1</sup> půdy)			
	27.4.2010	2.7.2010	27.4.2010	2.7.2010	P	K	Ca	Mg
pH/CaCl	27.4.2010	2.7.2010	27.4.2010	2.7.2010	P	K	Ca	Mg
6,67	4,60	3,08	23,9	7,76	68	145	2837	143

Průběh počasí v pokusných letech

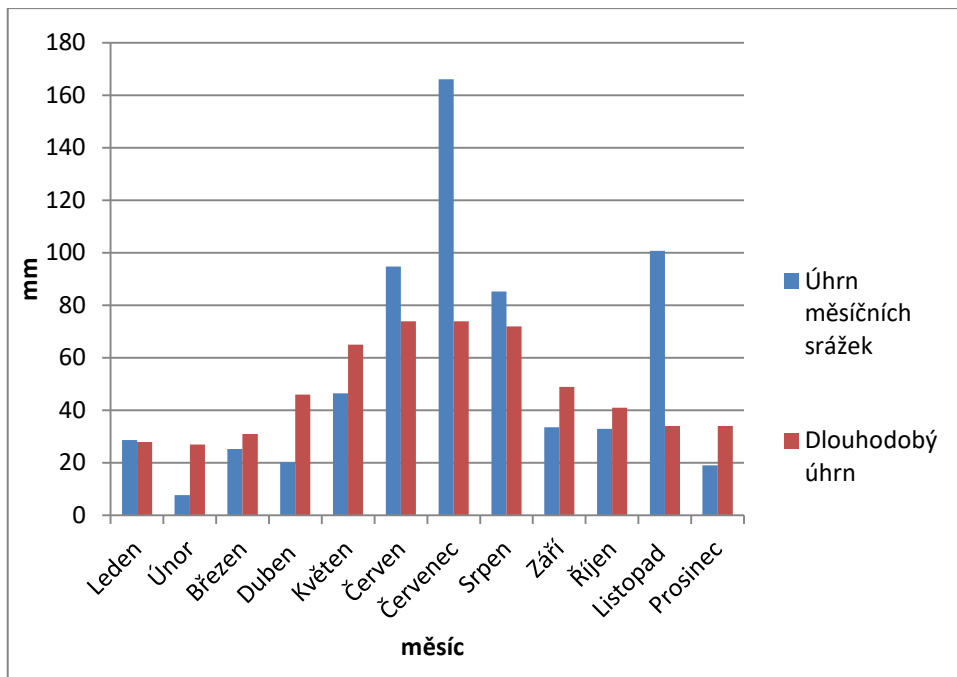


**Graf 3: Vývoj průměrných měsíčních teplot v porovnání s dlouhodobým normálem; rok 2011**



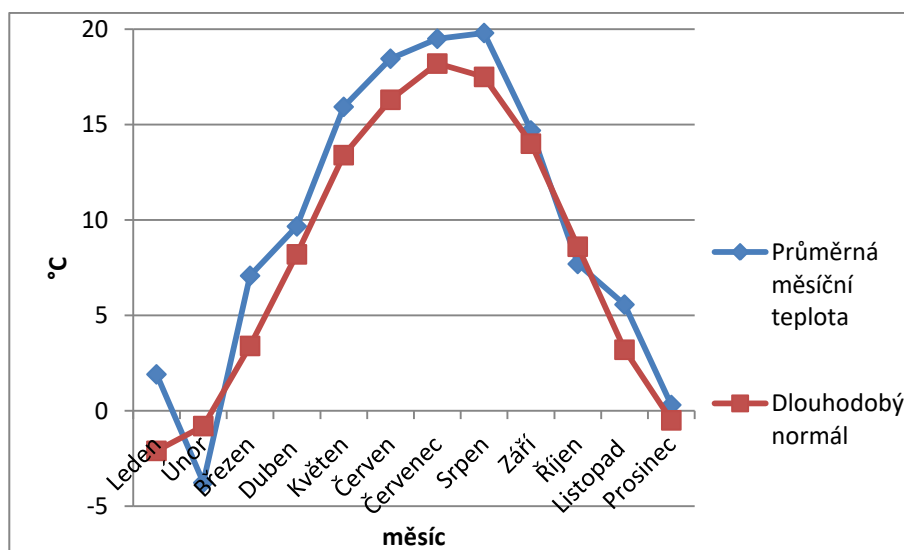
V letním sledovaném pololetí roku 2011 (duben až září, graf 3) byla zjištěna celková suma teplot o 1,71°C vyšší oproti dlouhodobému normálu (1961-1990), hodnotíme tedy podle Kožnarová et Klabzuba (2002) rok 2011 z hlediska teplot jako **teplý**.

**Graf 4: Celkový úhrn srážek (mm) leden - září 2011 vztažen k dlouhodobému normálu**



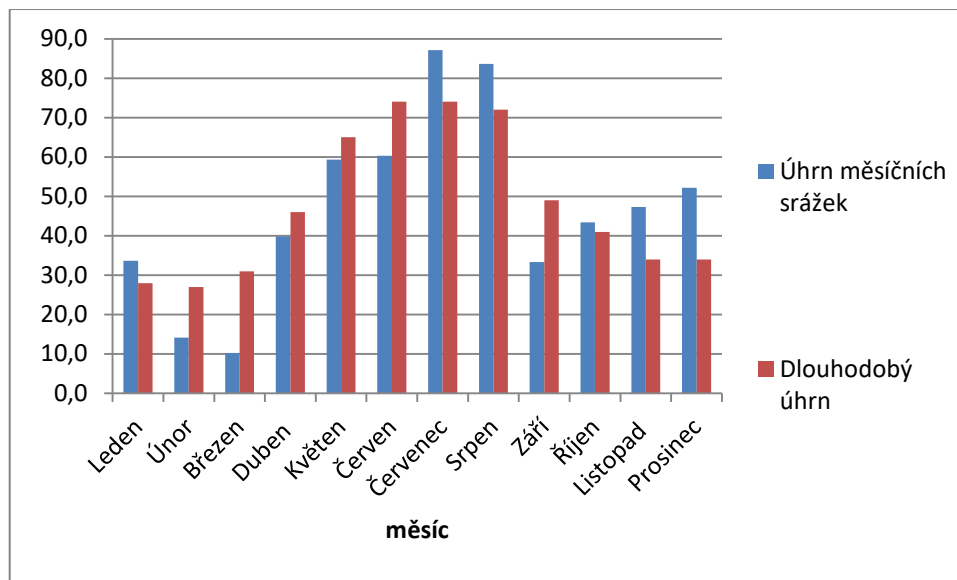
Byl sledován úhrn srážek za sledované letní pololetí v celkové sumě 446,7 mm, tzn. o 17,6 % více než je dlouhodobý normál 380 mm, tzn., hodnotíme pololetí 2011 z hlediska srážek jako **normální** (graf 4).

**Graf 5: Vývoj průměrných měsíčních teplot v porovnání s dlouhodobým normálem; rok 2012**



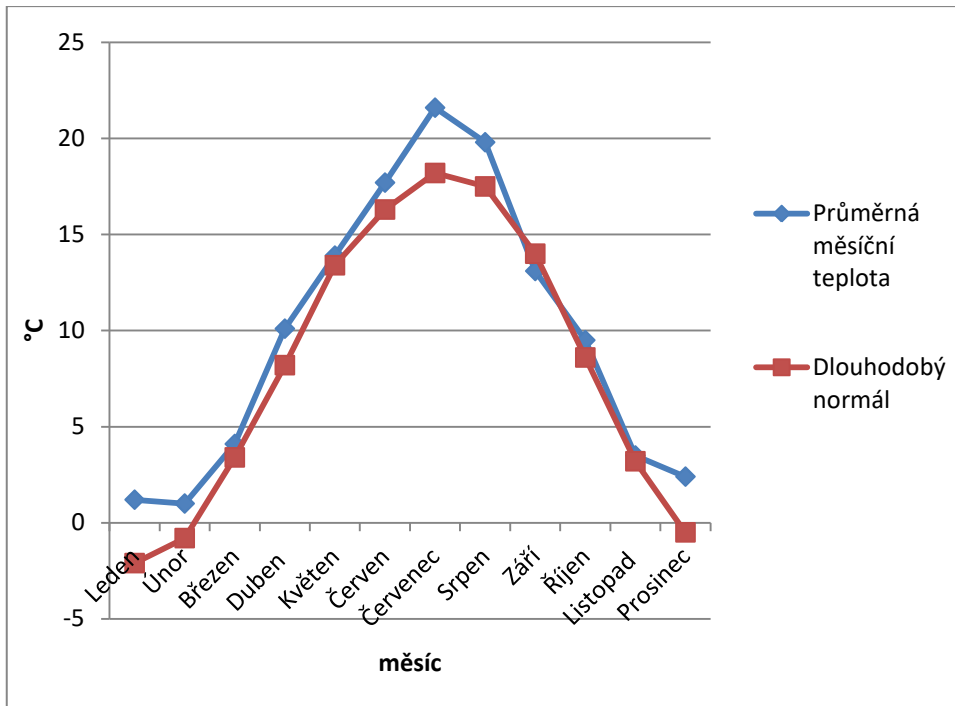
Průměrná měsíční teplota během letního pololetí roku 2012 se od dlouhodobého normálu lišila o +1,74 °C (graf 5), hodnotíme rok 2012 z hlediska teplot jako rok **teplý**.

**Graf 6: Celkový úhrn srážek (mm) v roce 2012 vztažen k dlouhodobému normálu**



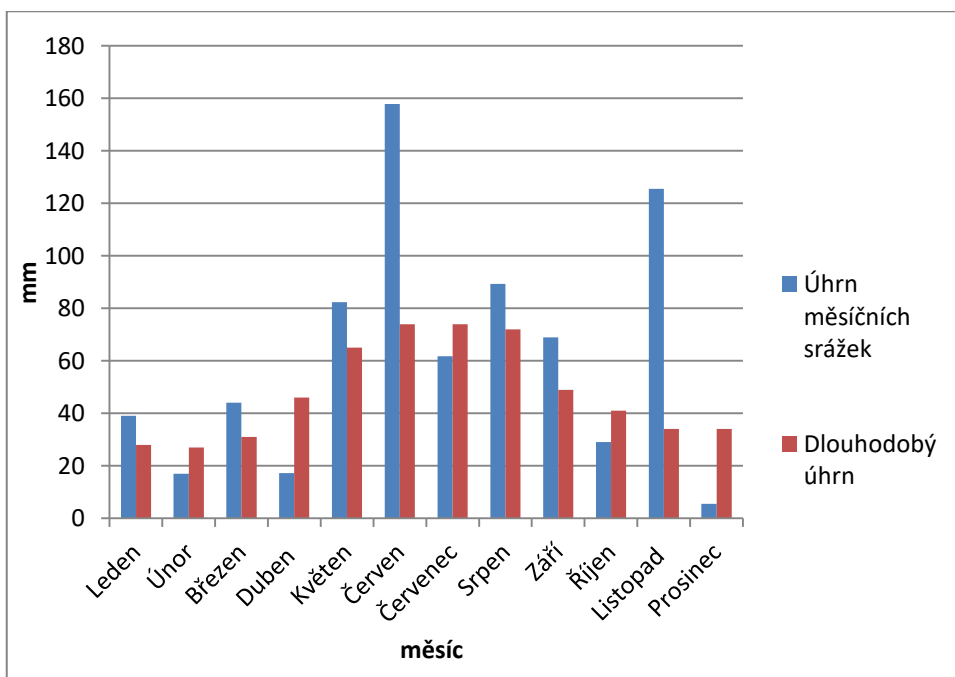
Graf 6 ukazuje celkový úhrn srážek za letní pololetí. Úhrn srážek byl změřen na hodnotu 363 mm, odpovídal **normálnímu** úhrnu srážek, lišil se od dlouhodobého normálu o -16,6 mm, tzn. - 4,4 %.

**Graf 7: Vývoj průměrných měsíčních teplot v porovnání s dlouhodobým normálem; rok 2013**



V roce 2013 byla zjištěna vyšší teplota (graf 7) ve sledovaných letních měsících, celkově bylo toto pololetí teplejší o 4,8 °C a jednalo se tak o rok **mimořádně teplý**.

**Graf 8: Celkový úhrn srážek (mm) v roce 2013 vztážen k dlouhodobému normálu**



Úhrn srážek byl hodnocen jako **normální**, za sledované období bylo naměřeno 408 mm, tedy o 35 mm méně srážek méně, což odpovídalo -6,2 % ve srovnání s dlouhodobým normálem (graf 8).

### 4.3 Agrotechnika pokusu

V roce 2011 byly pokusy založeny ve dnech: 10. 5., 20. 5. a 30. 5. Pokusné parcelky měly výměru 12 m<sup>2</sup> a předplodinou byla ozimá pšenice. Pokaždé jsme vyseli čtyři odrůdy čiroku ve čtyřech opakováních, kdy hloubka setí činila 3 cm, s meziřádkovou vzdáleností 25cm a 50 cm. Výsevek činil 7 kg.ha<sup>-1</sup> pro všechny meziřádkové vzdálenosti. Před setím bylo aplikováno dusíkaté hnojivo UREA stabil v dávce 80 kg N.ha<sup>-1</sup> a to u všech variant. U variant, kde bylo použito hnojivo digestát, byl digestát aplikován a zapraven těsně před setím v přepočtené dávce 80 kg N.ha<sup>-1</sup>.

V druhém termínu výsevu (20. 5. 2011) došlo navíc ve fázi BBCH 35 (15. 7. 2011) k přihnojení u varianty (80 + 80) 160 kg N.ha<sup>-1</sup> dávkou 80 kg N.ha<sup>-1</sup> hnojivem UREA stabil. Třetí termín výsevu byl založen stejně jako první termín. Porost byl po vzejití ošetřen přípravkem Banvel 480 S. Sklizeň proběhla u všech variant a termínů výsevu dne 29. 9. 2011, kdy byl sledován obsah sušiny, celkový výnos biomasy a produkce bioplynu.

V roce 2012 byly pokusy založeny dne 1. 5., 15. 5. a 30. 5. Pokusné parcelky měly stejně jako v roce 2011 výměru 12 m<sup>2</sup>, předplodinou byla opět ozimá pšenice. Znovu byly vysety čtyři odrůdy čiroku vždy ve čtyřech opakováních a hloubka setí 3 cm, s meziřádkovou vzdáleností 25 cm a 50 cm. Stejný byl i výsevek a to 7 kg.ha<sup>-1</sup>. Před setím bylo aplikováno dusíkaté hnojivo UREA stabil v dávce 80 kg N.ha<sup>-1</sup> u všech variant, kromě variant, kde byl před setím aplikován digestát stejně jako v roce 2011.

V druhém termínu výsevu došlo ve fázi BBCH 35 (10. 7. 2012) k přihnojení u varianty (80 + 80) 160 kg N.ha<sup>-1</sup> dávkou 80 kg N.ha<sup>-1</sup>. Porost byl po vzejití ošetřen přípravkem Banvel 480 S. Sklizeň proběhla u všech variant a termínů výsevu dne 20. 9. 2012, kdy byl sledován obsah sušiny, celkový výnos biomasy a produkce bioplynu.

V roce 2013 byly pokusy založeny dne 1. 5., 15. 5. a 30. 5. Pokusné parcelky měly stejně jako v letech 2011 a 2012 výměru 12 m<sup>2</sup>, předplodinou byla opět ozimá pšenice. Znovu byly vysety čtyři odrůdy čiroku vždy ve čtyřech opakováních a hloubka setí 3 cm, s meziřádkovou vzdáleností 25 cm a 50 cm. Stejný byl i výsevek a to 7 kg.ha<sup>-1</sup>. Před setím bylo aplikováno dusíkaté hnojivo UREA stabil v dávce

80 kg N.ha<sup>-1</sup> u všech variant, kromě variant, kde byl před setím aplikován digestát stejně jako v roce 2011.

V druhém termínu výsevu došlo ve fázi BBCH 35 (7. 7. 2012) k přihnojení u varianty (80 + 80) 160 kg N.ha<sup>-1</sup> dávkou 80 kg N.ha<sup>-1</sup> (UREA stabil). Porost byl po vzejití ošetřen přípravkem Banvel 480 S. Sklizeň proběhla u všech variant a termínů výsevu dne 22. 9. 2012, kdy byl sledován obsah sušiny, celkový výnos biomasy a produkce bioplynu.

Agrotechnika je shrnuta v tabulce č. 5.

**Tab. 5: Agrotechnika pokusů**

	<b>Rok</b>		
	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>
<b>Předplodina</b>	Pšenice ozimá		
<b>Podzimní zpracování půdy</b>	Podmítka 12 cm		
	11.8.	12.8.	10.8.
<b>Zpracování půdy</b>	Orba 20 cm		
	12.9.	10.10.	12.10.
	Kompaktor		
	18.4.	22.4.	15.4.
	Válení		
	Po každém výsevu		
<b>Aplikace N.ha<sup>-1</sup></b>	Dle jednotlivých variant	Dle jednotlivých variant	Dle jednotlivých variant
<b>Termín aplikace</b>	Před každým výsevem + u vybraných variant přihnojení BBCH 35		
<b>Setí</b>	Hloubka setí 3 cm		
<b>Termín 1. setí</b>	10.5.	1.5.	1.5.
<b>Termín 2. setí</b>	20.5.	15.5.	15.5.
<b>Termín 3. setí</b>	30.5.	30.5.	30.5.
<b>Skizeň</b>	29.9.	20.9.	22.9.

#### **4.3.1 Použitá hnojiva**

Na pokusné parcelky byla aplikována UREA stabil a digestát. Byla zvolena základní dávka 80 kg.ha<sup>-1</sup> čistého dusíku pro všechny varianty. Dále dělená dávka 80 kg.ha<sup>-1</sup> + 80 kg.ha<sup>-1</sup> ve variantě hnojení 160 kg.ha<sup>-1</sup>dusíku, jako hnojivo jsme vždy použili UREA stabil. Ve variantě hnojení digestátem, byl aplikován pouze digestát a to jen před setím. Digestát byl odebrán z bioplynové stanice v Krásné Hoře (okres

Příbram). Dávka digestátu dosahovala po přepočtu  $80 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  dusíku a jednotlivé jeho složky jsou zobrazeny v tabulce 6.

**Tab. 6: Rozbor použitého digestátu v jednotlivých letech**

Látka	Jednotky	2011	2012	2013	
Sušina	%	6,03	6,32	6,08	
Spalitelné látky	% původní hmotnosti	4,38	4,49	4,27	
Dusík celkový		0,427	0,435	0,42	
Dusík amoniakální		0,24	0,26	0,22	
Fosfor celkový		0,075	0,082	0,081	
Draslík		0,325	0,331	0,325	
Vápník		0,232	0,238	0,23	
Hořčík		0,033	0,036	0,036	
Síra		mg/kg původní hmotnosti	300	310	300
Bór			2,61	2,71	2,58

#### 4.3.2 Použité odrůdy

V maloparcelkových pokusech byly porovnávány dvě odrůdy čiroku cukrového. Jedná se o odrůdy Zerberus kterou dodala firma KWS OSIVA s.r.o. a odrůda Goliath (Biomass 133) dodaná firmou SAATBAU LINZ Česká republika s.r.o..

Dále byly použity dvě odrůdy čiroku zrnového Expres a Sweet Caroline osivo obou bylo dodáno firmou SEED SERVICE s.r.o.

#### **Zerberus**

Zerbeus je velmi dobrá stabilní odrůda, která je charakteristická velmi rychlým počátečním růstem ve srovnání s ostatními odrůdami čiroku. Vyznačuje se dobrým obsahem sušiny v době sklizně. Dorůstá v průměru výšky kolem 420 cm. Má vysokou odolnost proti poléhání a chorobám. Dosahuje velmi vysokých výnosů sušiny z hektaru. Optimální hustota porostu je 25 rostlin na  $1 \text{ m}^2$ . Jedná se o středně raný hybrid.



Doporučený termín setí je od 10. do 20. 5., doporučený výsevek: 180 000 – 220 000 zrn.ha<sup>-1</sup>.

### **Goliath (Biomass133)**

Goliath je raný hybrid čiroku (*Sorghum bicolor*) vhodný na pěstování biomasy pro bioplynové stanice. Má pomalý počáteční vývoj a rychlý nárůst sušiny v období vysokých denních teplot. Tato odrůda je velmi odolná vůči suchu. Vyznačuje se dobrým zdravotním stavem a nevyžaduje fungicidní a insekticidní ošetření. Nedoporučuje se časná setí do studené půdy. Doporučený termín setí je od 15. do 25. 5., doporučený výsevek: 180 000 až 220 000 zrn.ha<sup>-1</sup>.

### **Expres**

Expres je odrůda čiroku zrnového, která má velmi rychlý počáteční růst a je velmi raná. V průběhu vegetace vykazují rostliny velmi dobrou odolnost vůči chladu. Rostliny dosahují výšky kolem 120 cm a poskytují vysoký výnos bílého beztaninového zrna. Doporučený termín setí je od 15. do 25. 5., doporučený výsevek: 290 000 až 360 000 zrn.ha<sup>-1</sup>.

### **Sweet Caroline**

Sweet Caroline je pozdnější odrůda, která v našich podmínkách plně nedozrává. Rostliny dosahují výšky od 1,7 do 2,1 m, jsou bohatě olistěné, vytvářejí zapojený porost, který tak do značné míry potlačuje plevel. Tato odrůda je rezistentní k většině sněží a virovým zakrslostem.

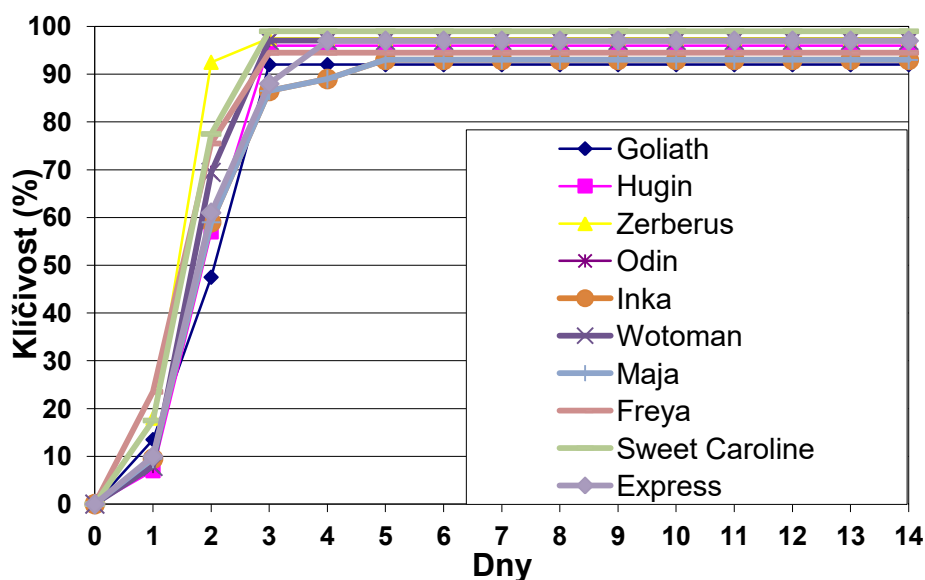
## **4.4 Výsledky**

### **4.4.1 Vliv teploty na klíčení osiva jednotlivých odrůd čiroku cukrového**

Během tříletých výsledků, kterých jsme dosáhli v laboratorních podmínkách, byly pozorovány největší rozdíly vlivu teploty na klíčení osiva jednotlivých odrůd čiroku při teplotách 15°C (graf č. 11) a 12°C (graf č. 12). Při teplotě 15°C došlo u všech testovaných odrůd k výraznému poklesu klíčivosti (pod 90%) a prodloužení doby klíčení v průměru o cca 2 dny v porovnání s kontrolní teplotou 21°C (graf č. 10). Při teplotě 12°C došlo k prodloužení doby klíčení až o osm dní ve srovnání s klíčením při teplotě 21°C a ukázala se rozdílná reakce jednotlivých odrůd na tyto chladnější

podmínky. Ukázalo se, že v sortimentu dostupných odrůd čiroku jsou odrůdy, které lépe snášejí nižší teploty v době klíčení, a neklesá u nich zásadně celková klíčivost. V níže uvedených grafech č. 9, 10, 11 a 12 jsou uvedeny tříleté průměry klíčení jednotlivých odrůd při různých teplotách.

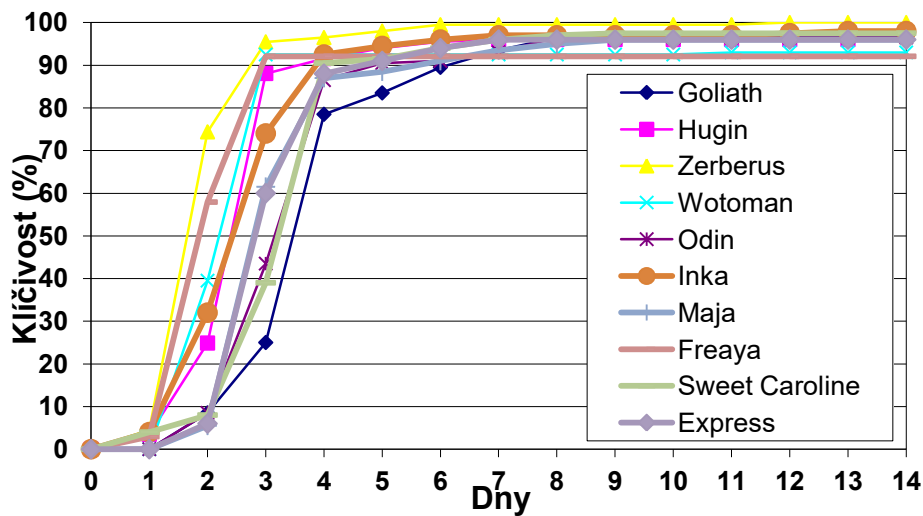
**Graf 9: Vliv teploty na klíčení osiva jednotlivých odrůd čiroku při teplotě 21°C (Uhřetěves, průměr let 2011-2013)**



Teplota 21 °C byla použita jako kontrolní teplota, z které se stanovil celkový potenciál jednotlivých odrůd klíčících za optimálních teplotních podmínek. Získaná data znázorněna v grafu č. 9 byla porovnáována s daty udávanými výrobcí uvádějící celkové klíčivosti osiv. V pokusech se potvrdilo, že udávaná data o klíčivosti jednotlivých odrůd dodávaných výrobcí (prodejci osiva) se shodují s našimi výsledky.

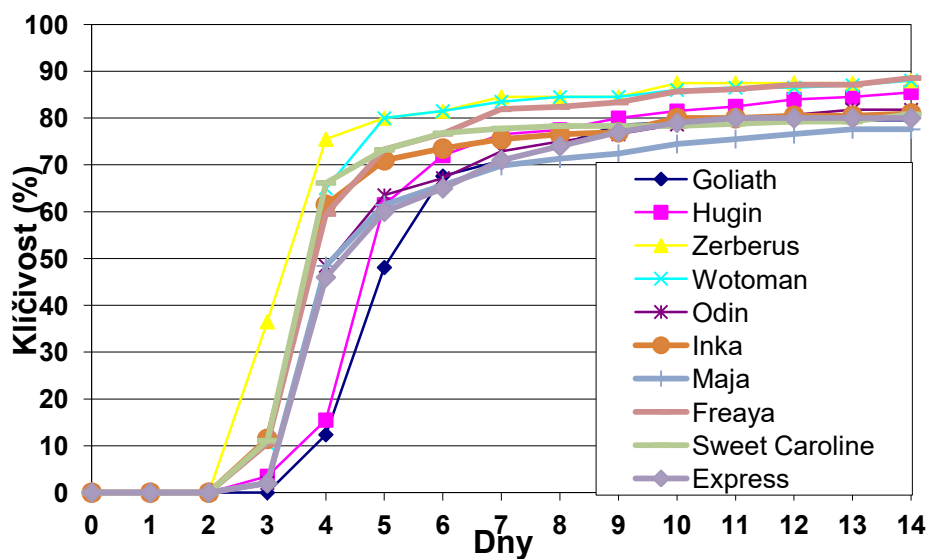
Při teplotě 21 °C nebyly pozorovány větší rozdíly v klíčivosti mezi jednotlivými odrůdami (graf 9).

**Graf 10: Vliv teploty na klíčení osiva jednotlivých odrůd čiroku při teplotě 18°C (Uhřetěves, průměr let 2011-2013)**



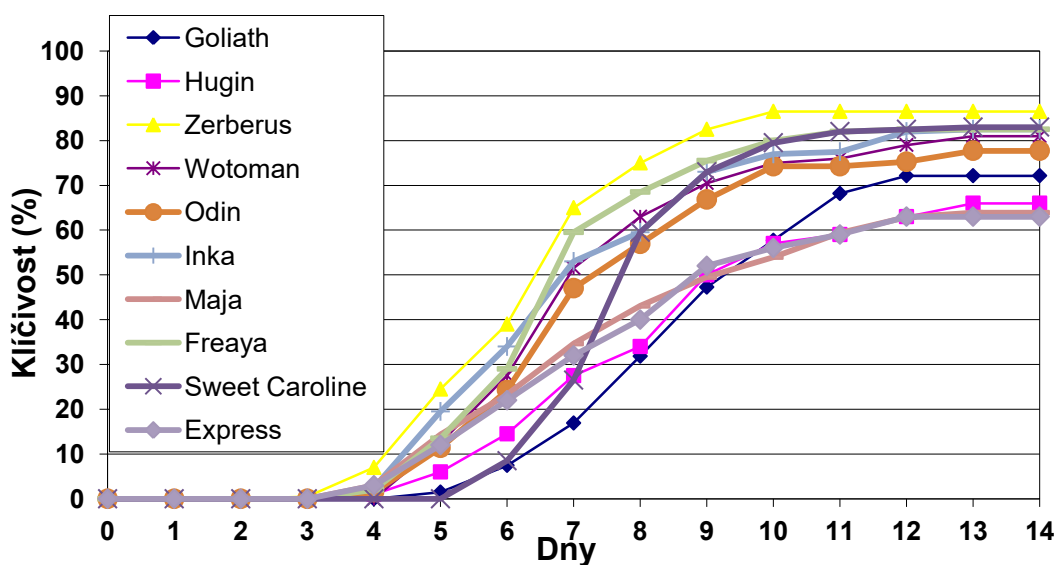
Při teplotě 18 °C již dochází k rozdílné rychlosti klíčení u jednotlivých testovaných odrůd (graf 10), kdy zejména odrůda Zerberus nereaguje na pokles teploty takřka vůbec, oproti tomu u odrůdy Goliath dochází k výraznému prodloužení doby klíčení.

**Graf 11: Vliv teploty na klíčení osiva jednotlivých odrůd čiroku při teplotě 15°C (Uhřetěves, průměr let 2011-2013)**



Při teplotě 15 °C již dochází u všech odrůd k poklesu rychlosti klíčení a ke snížení celkové klíčivosti u všech sledovaných odrůd pod 90 %. Průběh klíčení znázorňuje graf č. 11. Nejlépe na pokles teploty na 15 °C reaguje odrůda Zerberus, která má nejrychlejší intenzitu klíčení. Nejhůře pak na pokles teploty reagují odrůdy Goliath a Maja. U odrůdy Goliath dochází k výraznému prodloužení doby začátku klíčení semen v porovnání s odrůdou Zerberus a to o tři dny. Odrůda Maja zareagovala na pokles teploty (15°C) snížením celkové klíčivosti na 75 %, což je 20 % pokles celkové klíčivosti ve srovnání s teplotou 21°C. Zrnové čiroky Sweet Caroline a Expres, kde se předpokládala jejich vyšší náchylnost k poklesu teploty, vykazaly pokles celkové klíčivosti o 12,36 %, což znamenalo obdobný pokles klíčivosti jako u odrůd čiroku cukrového, které patřily k průměru.

**Graf 12: Vliv teploty na klíčení osiva jednotlivých odrůd čiroku při teplotě 12°C (Uhřetěves, průměr let 2011-2013)**



Při teplotě 12 °C dochází u všech sledovaných odrůd k prodloužení doby klíčení až o osm dní a výraznému poklesu celkové klíčivosti (graf 12). Nejlépe na pokles teploty na 12 °C reagovala odrůda Zerberus, která má nejrychlejší intenzitu klíčení a rovněž dosahovala ve všech třech sledovaných letech celkové klíčivosti kolem 85 %. S vysokým poklesem celkové klíčivosti se potýkaly zejména odrůdy Maja, Hugin a zrnový čirok Expres, kdy u odrůdy Maja poklesla celková klíčivost na 63 %, u odrůdy Hugin na 65 % a u odrůdy Expres dosahovala celková klíčivost pouze 62 %. Druhá odrůda zrnového čiroku Sweet Caroline vykazovala obdobnou klíčivost jako při teplotě 15

°C a to na hranici 80 %. Odrůda Goliath zareagovala dalším poklesem celkové klíčivosti na 72 %. S narůstající délkou klíčení, docházelo k výskytu *Fusarium spp.* a výskytu abnormálních klíčenců. Při vyšších teplotách k těmto výskytům nedocházelo.

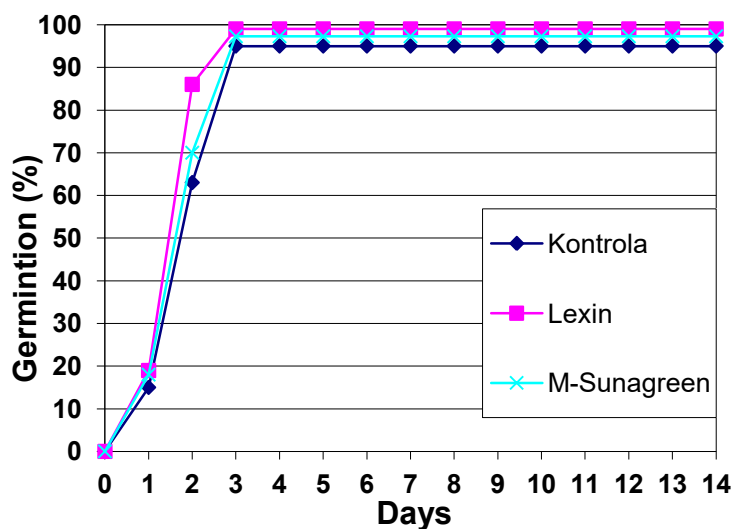
#### **4.4.2 Vliv teploty na klíčení stimulovaného osiva čiroku cukrového**

Tříleté výsledky laboratorních zkoušek klíčivosti shrnuté v tabulce č. 6 ukazují, pozitivní vliv aplikace přípravků Lexin a M-Sunagreen. Stimulace semen pomocí těchto přípravků měla statisticky významný vliv na klíčení testovaného osiva. Nejvyšší klíčivosti semen čiroku cukrového byly v průměru obou sledovaných odrůd zjištěny u stimulace pomocí auxinového přípravku Lexin. Stimulace osiva pomocí přípravku Lexin měla v průměru všech třech sledovaných ročníků 2011, 2012 a 2013, obou sledovaných odrůd (Goliath a Zerberus) a všech testovaných teplot nejvyšší klíčivost 94,9% a nejkratší střední dobu klíčení, a to 3,7 dne. Použití přípravku Lexin mělo statisticky pozitivní vliv na všechny sledované parametry klíčení. Stimulace osiva pomocí přípravku M-Sunagreen měla v průměru všech třech sledovaných ročníků (2011, 2012 a 2013), obou sledovaných odrůd (Goliath a Zerberus) a všech testovaných teplot klíčivost 92,2% a střední dobu klíčení 4 dny. Použití přípravku M-Sunagreen mělo statisticky průkazně pozitivní vliv na střední dobu klíčení (MTG) v porovnání s kontrolou. Parametry energie klíčení (EK) a celková klíčivost (KL) nebyly statisticky průkazně rozdílné ve srovnání s kontrolou.

Stimulace osiva pomocí auxinových přípravků M-Sunagreen a Lexin se v našem laboratorním pokusu ukázala jako vhodné opatření pro zvýšení vitality osiva čiroku cukrového při pěstování v chladnějším prostředí, kdy s klesající teplotou při klíčení se zvyšovaly rozdíly mezi jednotlivými variantami. Zatímco při teplotě klíčení 21°C (graf 13) byly rozdíly v rychlosti klíčení mezi stimulovaným osivem pomocí přípravku Lexin a neošetřenou kontrolou jeden den, při teplotě klíčení 12°C tento rozdíl činil plných pět dnů (graf 16).

Neošetřená kontrola měla v průměru všech tří sledovaných ročníků, obou sledovaných odrůd a všech testovaných teplot nejnižší klíčivost 91,3% a nejdelší střední dobu klíčení (4,4 dne).

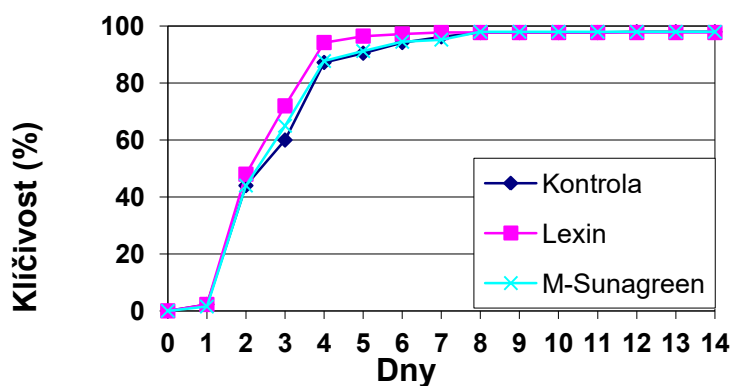
**Graf 13: Vliv teploty na klíčení stimulovaného osiva a kontroly při teplotě 21°C (průměr odrůd Goliath a Zerberus, průměr let 2011, 2012 a 2013)**



Teplota 21 °C byla použita jako kontrolní teplota, za které se stanovil celkový potenciál jednotlivých variant klíčit za optimálních teplotních podmínek. Získaná data jsou znázorněna v grafu č. 13.

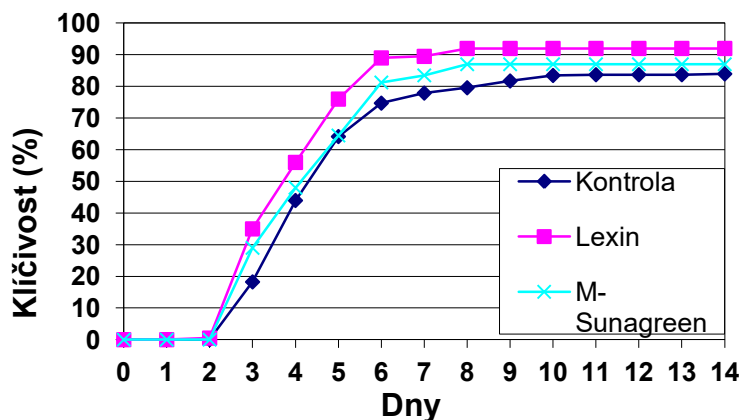
Při teplotě 21 °C nebyly pozorovány statisticky průkazné rozdíly mezi jednotlivými variantami.

**Graf 14: Vliv teploty na klíčení stimulovaného osiva a kontroly při teplotě 18°C (průměr odrůd Goliath a Zerberus, průměr let 2011, 2012 a 2013)**



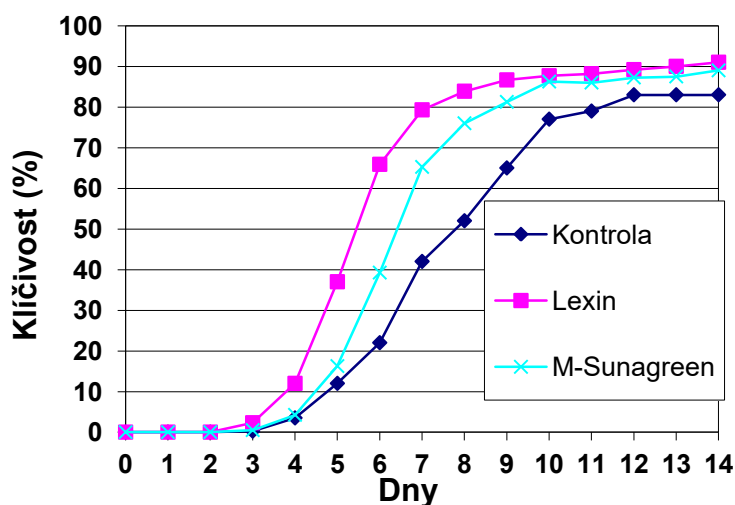
Při teplotě 18 °C dochází u všech testovaných variant k prodloužení délky začátku klíčení o jeden den ve srovnání s kontrolou a nebyly zde pozorovány významnější rozdíly mezi jednotlivými variantami (graf 14).

**Graf 15: Vliv teploty na klíčení stimulovaného osiva a kontroly při teplotě 15°C (průměr odrůd Goliath a Zerberus, průměr let 2011, 2012 a 2013)**



Při teplotě 15 °C dochází u všech testovaných variant k prodloužení délky začátku klíčení o dva dny a jsou zde již patrné rozdíly mezi jednotlivými variantami, kdy varianta stimulovaná pomocí přípravku Lexin dosahovala celkové klíčivosti 93,25 %. Varianta stimulovaná přípravkem M-Sunagreen vykázala 88,1 % a neošetřená kontrolní varianta 85 % celkovou klíčivost. Průběh klíčení znázorňuje graf č. 15.

**Graf 16: Vliv teploty na klíčení stimulovaného osiva a kontroly při teplotě 12°C (průměr odrůd Goliath a Zerberus, průměr let 2011, 2012 a 2013)**



Při teplotě 12 °C dochází u všech testovaných variant k prodloužení délky začátku klíčení o čtyři dny ve srovnání s kontrolou. Je zde patrný prohlubující se rozdíl mezi jednotlivými variantami a neošetřenou kontrolou. Průběh klíčení znázorňuje graf č. 16. Varianta stimulovaná pomocí přípravku Lexin dosahovala celkové klíčivosti 92 % a rychlejšího nástupu klíčení o čtyři dny. Varianta stimulovaná přípravkem M-Sunagreen dosáhla 88,5 %-ní klíčivosti. Měla rychlejší nástup klíčení ve srovnání s kontrolní variantou o dva dny. Neošetřená kontrola měla v pokusu 82 % celkovou klíčivost.

**Tab. 7: Vliv aplikace přípravků Lexin a M-Sunagreen na klíčivost osiva čiroku cukrového v průměru všech sledovaných ročníků a teplot**

Úprava	Energie klíčení 2 den (%)	Energie klíčení 3 den (%)	Energie klíčení 5 den (%)	Klíčovost (%)	Střední doba klíčení (dny)
Lexin	32,3 a	49,8 a	76,4 a	95,0 a	3,5 a
M-Sunagreen	27,5 b	46,8 b	67,4 b	92,2 b	4,0 b
Kontrola	27,2 b	44,8 c	67,2 b	91,5 b	4,3 c
HSD	1,5	1,8	1,4	1,1	0,01

Průměry se stejnými písmeny nejsou statisticky průkazné.

V průměru všech sledovaných teplot, obou sledovaných odrůd a třech ročníků (výsledky shrnuté v tabulce č. 7) měla stimulace osiva čiroku cukrového pomocí přípravku Lexin statisticky pozitivní vliv na energii klíčení a celkovou klíčivost. Rychlejší a vyrovnanější klíčení a vzcházení má velice pozitivní vliv na počáteční fáze růstu čiroku cukrového v polních podmínkách, kdy může zajistit určitou strategickou východu v konkurenčním boji s vyskytujícími se plevelely a může zajistit využití optimálních srážkových podmínek.

#### **4.4.3 Polní část pokusu**

Získané laboratorní výsledky byly dále ověřovány v tříletých polních pokusech. Hlavními sledovanými ukazateli jsou počty rostlin na m<sup>2</sup>, polní vzcházejivost, produkce biomasy, celková produkce sušiny a produkce metanu z 1.ha.



Výsledky jsou uvedeny po jednotlivých sledovaných ročnících a odrůdách (variantách). Výsledky byly zpracovány pomocí analýzy rozptylu statistického programu SAS 9.1. (SAS Institute Inc. Cary, NC, USA). Podrobnější vyhodnocení rozdílů mezi průměry bylo provedeno metodou HSD (Tukey). Průměry v tabulkách označené rozdílnými písmeny jsou statisticky průkazně odlišné na hladině významnosti  $\alpha=0,05$ .

#### **4.4.3.1 Vliv termínu setí na polní vzcházivost v jednotlivých testovaných ročnících**

Jednotlivé ročníky a jednotlivé termíny výsevy se od sebe lišily teplotou půdy v době setí a příchodem prvních dešťových srážek po setí. Reakce jednotlivých odrůd na tyto podmínky jsou uvedeny v tabulkách č. 8-11.

V roce 2011 byla teplota půdy ve 3 cm v prvním termínu setí 13 °C, v druhém termínu 17°C a ve třetím 21°C. Z hlediska dlouhodobého pozorování se jednalo o spíše teplejší rok s vysokým srážkovým deficitem, kdy vrchní vrstva ornice byla značně proschlá a neposkytovala dobré podmínky pro klíčení a vzcházení rostlin čiroku.

V roce 2012 byla teplota půdy ve 3 cm v prvním termínu setí 12 °C, v druhém 15 °C a ve třetím 17°C. Z hlediska dlouhodobého pozorování se jednalo o spíše teplejší rok s dostatkem dešťových srážek, kdy v závěru měsíce května (31. 5.) došlo k souhrnnému úhrnu srážek 22,3 mm za 24 hodin.

V roce 2013 byla teplota půdy ve 3 cm v prvním termínu setí 11 °C, v druhém 14 °C a ve třetím 16 °C. Z hlediska dlouhodobého pozorování se jednalo o chladnější průběh počasí v měsíci květnu, nicméně zbytek vegetačního období byl teplotně nadprůměrný o 4,8 °C. Nadprůměrný úhrn dešťových srážek v průběhu měsíců května a června zapříčinil rovnoměrné vzcházení a rychlý počáteční růst rostlin čiroku.

**Tab. 8: Vliv termínu setí na polní vzcházivost odrůdy Zerberus**

<b>Rok</b>	<b>Termín výsevu</b>	<b>Počet dní do vzejití</b>	<b>Polní vzcházivost (%)</b>	<b>Počet rostlin (kus.m<sup>2</sup>)</b>
2011	10.05.	16 a	79,55 b	17,5
	20.05.	10 b	89,30 a	19,6
	30.05.	10 b	90,15 a	19,8
2012	01.05.	15 a	80,30 b	17,7
	15.05.	11 b	91,67 a	20,2
	30.05.	10 b	92,80 a	20,4
2013	01.05.	15 a	78,79 b	17,3
	15.05.	13 b	91,48 a	20,1
	30.05.	13 b	92,71 a	20,4

První termín výsevu u odrůdy Zerberus měl ve všech sledovaných ročnících statisticky průkazný vliv na delší dobu vzcházení rostlin čiroku. Dále měl negativní vliv na polní vzcházivost a tím i na počet rostlin na m<sup>2</sup>. V druhém a třetím termínu setí byly všechny sledované znaky mezi sebou statisticky neprůkazné (tab. 8).

**Tab. 9: Vliv termínu setí na polní vzcházivost odrůdy Goliath**

<b>Rok</b>	<b>Termín výsevu</b>	<b>Počet dní do vzejití</b>	<b>Polní vzcházivost (%)</b>	<b>Počet rostlin (kus.m<sup>2</sup>)</b>
2011	10.05.	17	80,30 c	17,7
	20.05.	12	87,12 b	19,2
	30.05.	10	93,94 a	20,7
2012	01.05.	16	82,58 c	18,2
	15.05.	13	88,83 b	19,5
	30.05.	10	93,94 a	20,7
2013	01.05.	15	80,30 b	17,7
	15.05.	14	89,77 a	19,7
	30.05.	14	90,91 a	20,0

První termín výsevu u odrůdy Goliath měl ve všech sledovaných ročnících statisticky průkazný vliv na delší dobu vzcházení rostlin čiroku v porovnání s následnými termíny daného roku. V prvním termínu setí došlo k průkazně negativnímu vlivu na polní vzcházivost a tím i na počet rostlin na m<sup>2</sup>. V druhého termínu výsevu v letech 2011 a 2012 byla pozorována statisticky průkazně nižší klíčivost v porovnání s třetím termínem, byl zjištěn nižší počet rostlin na m<sup>2</sup> a počet dní do vzejití. V roce 2013 nebyl statisticky průkazný rozdíl mezi druhým a třetím výsevem ani v jednom sledovaném znaku (tab. 9).

**Tab. 10: Vliv termínu setí na polní vzcházivost odrůdy Sweet Caroline**

<b>Rok</b>	<b>Termín výsevu</b>	<b>Počet dní do vzejití</b>	<b>Polní vzcházivost (%)</b>	<b>Počet rostlin (kus.m<sup>2</sup>)</b>
<b>2011</b>	10.05.	16 a	93,21 a	33,5
	20.05.	14 b	92,88 a	33,4
	30.05.	10 c	93,15 a	33,5
<b>2012</b>	01.05.	14 a	89,19 a	32,1
	15.05.	10 b	89,04 a	32,0
	30.05.	10 c	91,38 a	32,9
<b>2013</b>	01.05.	15 a	87,26 b	31,4
	15.05.	11 b	88,41 ab	31,8
	30.05.	11 c	91,15 a	32,8

První termín výsevu u odrůdy zrnového čiroku Sweet Caroline měl ve všech sledovaných ročnících statisticky průkazný vliv na delší dobu vzcházení rostlin v porovnání s dalšími termíny výsevu. V třetím termínu výsevu byla zjištěna statisticky průkazně vyšší polní vzcházivost v porovnání s ostatními termíny daného ročníku. V ostatních letech nedošlo k statisticky významným rozdílům (tab. 10).

**Tab. 11: Vliv termínu setí na polní vzcházivost odrůdy Express**

<b>Rok</b>	<b>Termín výsevu</b>	<b>Počet dní do vzejití</b>	<b>Polní vzcházivost (%)</b>	<b>Počet rostlin (kus.m<sup>2</sup>)</b>
2011	10.05.	17 a	87,37 b	31,4
	20.05.	10 b	87,76 b	31,5
	30.05.	9 b	91,25 a	32,8
2012	01.05.	14 a	85,99 a	30,9
	15.05.	12 b	87,63 b	31,5
	30.05.	9 c	88,58 c	31,8
2013	01.05.	17 a	78,26 b	28,1
	15.05.	14 b	79,94 b	28,7
	30.05.	10 c	87,59 a	31,5

První termín výsevu u odrůdy Express měl ve všech sledovaných ročnících statisticky průkazný vliv na delší dobu vzcházení rostlin v porovnání s ostatními termíny výsevu. Dále měl negativní vliv na polní vzcházivost a tím i na počet rostlin na m<sup>2</sup>. Druhý termín výsevu způsobil statisticky průkazně delší dobu vzcházení osiva čiroku ve srovnání s třetím termínem výsevu. V tomto termínu byl dále zjištěn statisticky významný pokles polní vzcházivosti ve srovnání s třetím termínem výsevu.

#### 4.4.3.2 Vliv termínu setí na počet kolének, průměr stonku, výšku rostliny, výnos biomasy, obsah sušiny a výnos sušiny v jednotlivých letech

**Tab. 12: Vliv termínu setí na počet kolének, průměr stonku, výšku rostlin, výnos biomasy, obsah sušiny a výnos sušiny u dvou meziřádkových vzdáleností u odrůdy Zerberus**

Rok	Termín výsevu	Meziřádková vzdálenost (cm)	Počet kolének (kus)	Průměr stonku (cm)	Výška rostlin (cm)	Výnos biomasy (t.ha <sup>-1</sup> )	Obsah sušiny (%)	Výnos sušiny (t.ha <sup>-1</sup> )
2011	10.05.	25	8 d	10 b	263 c	16,47 c	36 a	5,93 c
		50	9 c	10 b	241 d	16,97 c	36 a	6,11 c
	20.05.	25	10 b	18 a	330 a	25,68 b	33,3 b	8,55 b
		50	10 b	18 a	315 b	26,61 b	33 bc	8,78 b
	30.05.	25	12 a	18 a	318 b	30,50 a	33,7 b	10,28 a
		50	12 a	17 a	318 b	29,67 a	33,7 b	10 a
2012	01.05.	25	9 d	11	255 d	21,18 d	33 a	6,99 c
		50	9 d	10	246 de	19,94 d	33 a	6,58 c
	15.05.	25	11b	20	345 b	35,63 b	30,6 b	10,91 b
		50	10 c	18	327 c	30,80 c	29,7 d	9,17 c
	30.05.	25	12 a	20	357 a	38,08 a	30,2 c	11,52 a
		50	12 a	19	334 c	35,82 b	30,1 c	10,75 b
2013	01.05.	25	9 c	11	278 a	21,27 c	34,3 b	7,30 c
		50	9 c	11	256 ab	19,83 c	33,9 a	6,53 c
	15.05.	25	12 a	19	358 a	40,94 a	28,8 c	11,79 a
		50	11 b	19	332 b	31,19 b	28,5 c	8,89 b
	30.05.	25	12 a	19	336 b	39,36 a	28,2 d	11,1 a
		50	12 a	19	330 b	38,86 a	27,2 e	10,57 a

V pozdějším termínu setí (30. 5. ve všech pokusných letech) byla zjištěna statisticky průkazně větší výška rostlin; výnos biomasy, obsah sušiny a výnos sušiny

v porovnání s prvním termínem výsevu (tab. 12). V průběhu všech tří sledovaných ročníků bylo dosahováno u prvního termínu setí statisticky průkazně nižšího počtu kolének, průměru stonku, výšky rostlin a výnosu biomasy v porovnání s třetím termínem setí. Naopak u rostlin narůstal obsah sušiny, díky delší vegetační době.

V roce 2011 byl zjištěn statisticky nejvyšší výnos sušiny u třetího termínu výsevu při meziřádkové vzdálenosti 25 cm. V roce 2012 dosahoval statisticky nejvyššího výnosu sušiny druhý termín setí v meziřádkové vzdálenosti 25 cm a třetí termín v meziřádkových vzdálenostech 25 a 50 cm v porovnání s ostatními termíny a vzdálenostmi řádků. V roce 2013 bylo dosaženo statisticky nejvyššího výnosu sušiny v druhém termínu setí s meziřádkovou vzdáleností 25 cm a v třetím termínu s meziřádkovými vzdálenostmi 25 a 50 cm. Ve třetím termínu byl zjištěn statisticky nejvyšší počet kolének, tento výsledek nebyl ovlivněn meziřádkovou vzdáleností ve všech třech testovaných ročnících. Statistiky průkazně největší průměr stonku byl pozorován ve všech ročnících v druhém a třetím termínu setí v porovnání s prvním termínem setí a to vždy při 25 cm meziřádkové vzdálenosti. Výška rostlin byla nejvyšší ve všech sledovaných ročnících ve druhém výsevu při meziřádkové vzdálenosti 25 cm v porovnání s ostatními termíny setí.

**Tab. 13: Vliv termínu setí na počet kolének, průměr stonku, výšku rostlin, výnos biomasy, obsah sušiny a výnos sušiny v dvou mezířádkových vzdálenostech u odrůdy Goliath**

<b>Rok</b>	<b>Termín výsevu</b>	<b>Mezířádková vzdálenost (cm)</b>	<b>Počet kolének (kus)</b>	<b>Průměr stonku (cm)</b>	<b>Výška rostlin (cm)</b>	<b>Výnos biomasy (t.ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>Obsah sušiny (%)</b>	<b>Výnos sušiny (t.ha<sup>-1</sup>)</b>
2011	10.05.	25	9 d	9 c	268 d	16,28 d	36 a	5,86 c
		50	8 e	10 b	242 e	15,61 d	36 a	5,62 c
	20.05.	25	11 c	18 a	350 a	32,75 b	32 d	10,48 a
		50	11 c	18 a	340 b	28,16 c	33,1 b	9,32 b
	30.05.	25	13 a	18 a	352 a	35,27 a	30 e	10,58 a
		50	12 b	18 a	331 c	30,20 b	32,3 c	9,78 b
2012	01.05.	25	10 c	11 d	272 d	19,74 c	34 a	6,71 c
		50	8 d	10 e	243 e	19,79 c	33,2 b	6,57 c
	15.05.	25	13 a	19 b	387 a	40,41 a	32 c	12,93 a
		50	12 b	18 c	350 b	35,73 b	33 b	11,79 b
	30.05.	25	13 a	20 a	385 a	40,81 a	31 d	12,65 a
		50	13 a	19 b	342 c	39,08 a	30,4 d	11,88 b
2013	01.05.	25	9 d	10 c	270 d	17,51 c	36,6 a	6,42 d
		50	8 e	9 d	269 d	17,22 c	36 a	6,20 d
	15.05.	25	12 b	19 a	385 a	41,75 a	29,1 b	12,15 a
		50	11 c	18 b	348 c	33,87 b	28,2bc	9,55 c
	30.05.	25	13 a	19 a	372 b	40,04 a	28,7 b	11,52 b
		50	13 a	18 b	352 c	39,00 a	28,3 b	11,06bc

V třetím termínu setí (30. 5. ve všech pokusných letech) byla zjištěna statisticky průkazně vyšší výška rostlin; výnos biomasy, obsah sušiny a výnos sušiny v porovnání s prvním termínem výsevu (tab. 13). V průběhu všech tří sledovaných ročníků bylo dosahováno u prvního termínu setí statisticky průkazně nižšího počtu kolének, průměru stonku, výšky rostlin a výnosu biomasy v porovnání s třetím termínem setí. Naopak u rostlin narůstal obsah sušiny, díky delší vegetační době.

V roce 2011 byl zjištěn statisticky nejvyšší výnos sušiny u druhého a třetího termínu výsevu při meziřádkové vzdálenosti 25 cm. V roce 2012 dosahoval statisticky nejvyššího výnosu sušiny druhý termín setí v meziřádkové vzdálenosti 25 cm a třetí termín v meziřádkové vzdálenosti 25 v porovnání s ostatními termíny a vzdálenostmi řádků. V roce 2013 bylo dosaženo statisticky nejvyššího výnosu sušiny v druhém termínu setí s meziřádkovou vzdáleností 25 cm. V třetím termínu byl zjištěn statisticky nejvyšší počet kolének, tento výsledek nebyl ovlivněn meziřádkovou vzdáleností ve všech třech testovaných ročnících. Statistiky průkazně největší průměr stonku byl pozorován ve všech ročnících v druhém a třetím termínu setí v porovnání s prvním termínem setí a to vždy při 25 cm meziřádkové vzdálenosti. Výška rostlin byla nejvyšší ve všech sledovaných ročnících ve druhém výsevu při meziřádkové vzdálenosti 25 cm v porovnání s ostatními termíny setí.



**Tab. 14: Vliv termínu setí na počet kolének, průměr stonku, výšku rostlin, výnos biomasy, obsah sušiny a výnos sušiny v dvou mezířádkových vzdálenostech u odrůdy Sweet Caroline**

<b>Rok</b>	<b>Termín výsevu</b>	<b>Mezířádková vzdálenost (cm)</b>	<b>Počet kolének (kus)</b>	<b>Průměr stonku (cm)</b>	<b>Výška rostlin (cm)</b>	<b>Výnos biomasy (t.ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>Obsah sušiny (%)</b>	<b>Výnos sušiny (t.ha<sup>-1</sup>)</b>
2011	10.05.	25	7 b	8 d	154 b	8,05 c	41 a	3,3 d
		50	7 b	7 e	154 b	11,56 b	36,4 c	4,22 c
	20.05.	25	7 b	12 c	175 a	11,66 b	38 b	4,43 b
		50	7 b	13 b	175 a	13,56 b	36 c	4,75 b
	30.05.	25	8 a	14 a	180 a	14,22 b	32,2 d	4,58 b
		50	8 a	14 a	180 a	16,24 a	31,0 e	5,05 a
2012	01.05.	25	7 c	9 d	167 b	8,97 e	39 a	3,5 d
		50	7 c	8 e	167 b	11,81d	37,7 b	4,42 c
	15.05.	25	8 a	13 c	182 a	12,71d	38 b	4,83 b
		50	8 a	14 b	173 a	13,96 c	36,6 c	5,12 b
	30.05.	25	9 a	15 a	180 a	16,23 b	34,3 c	5,58 ab
		50	8 b	15 a	179 a	18,22 a	33,2 d	6,05 a
2013	01.05.	25	8 b	10 c	170 ab	9,23 e	39 a	3,6 d
		50	7 c	10 c	165 b	12,22 d	37 b	4,52 c
	15.05.	25	8 b	13 b	180 a	13,08 c	37 b	4,84 c
		50	8 b	13 b	173 a	13,92 c	36,5 c	5,08 bc
	30.05.	25	9 a	14 a	180 a	15,87 b	33,8 d	5,28 b
		50	8 b	14 a	180 a	18,04 a	32,9 d	5,95 a

V pozdějším termínu setí (30. 5. ve všech pokusných letech) byla zjištěna statisticky průkazně vyšší výška rostlin; výnos biomasy, obsah sušiny a výnos sušiny v porovnání s prvním termínem výsevu (tab. 14). V průběhu všech tří sledovaných ročníků bylo dosahováno u prvního termínu setí statisticky průkazně nižšího počtu

kolének, průměru stonku, výšky rostlin a výnosu biomasy v porovnání s třetím termínem setí. Naopak u rostlin narůstal obsah sušiny, díky delší vegetační době.

Ve všech pokusných letech byl zjištěn statisticky nejvyšší výnos sušiny u třetího termínu výsevu při meziřádkové vzdálenosti 50 cm.

**Tab. 15: Vliv termínu setí na počet kolének, průměr stonku, výšku rostlin, výnos biomasy, obsah sušiny a výnos sušiny u odrůdy Express, meziřádková vzdálenost 50 cm**

Rok	Termín výsevu	Meziřádková vzdálenost (cm)	Počet kolének (kus)	Průměr stonku (cm)	Výška rostlin (cm)	Výnos biomasy (t.ha <sup>-1</sup> )	Obsah sušiny (%)	Výnos sušiny (t.ha <sup>-1</sup> )
2011	10.05.	50	4 b	10 c	95 b	11,93 c	36,20 a	4,32 b
	20.05.	50	5 a	12 b	115 b	13,61 ab	34,25 b	4,66 a
	30.05.	50	5 a	21 a	128 a	14,21a	33,00 c	4,69 a
2012	01.05.	50	4 c	11 c	89 b	12,05 c	35,28 a	4,25 c
	15.05.	50	5 b	13 b	124 b	14,25 ab	34,25 b	4,75 b
	30.05.	50	6 a	22 a	135 a	15,12 a	33,20 c	5,02 a
2013	01.05.	50	4 b	11 c	100 c	12,34 c	36,88 a	4,55 c
	15.05.	50	4 b	14 b	128 b	13,98 b	35,62 b	4,98 b
	30.05.	50	5 a	22 a	142 a	15,73 a	34,01 c	5,35 a

V pozdějším termínu setí (30. 5. ve všech pokusných letech) při meziřádkové vzdálenosti 50 cm byla zjištěna statisticky průkazně vyšší výška rostlin; výnos biomasy, obsah sušiny a výnos sušiny v porovnání s prvním termínem výsevu (tab. 15). V průběhu všech tří sledovaných ročníků bylo dosahováno u prvního termínu setí statisticky průkazně nižšího počtu kolének, průměru stonku, výšky rostlin a výnosu biomasy v porovnání s třetím termínem setí. Naopak u rostlin narůstal obsah sušiny, díky delší vegetační době.

#### 4.4.3.3 Vliv termínu setí na polní vzcházivost stimulovaného osiva čiroku

Tab. 16: Vliv termínu setí na polní vzcházivost stimulovaných semen odrůdy Zerberus

Rok	Termín výsevu	Úprava osiva	Počet dní do vzejití	Polní vzcházivost (%)	Počet rostlin na m <sup>2</sup>
2011	10.05.	Lexin	11 b	95,70 b	21,1
	20.05.	Lexin	8 e	97,16 a	21,4
	30.05.	Lexin	8 e	97,35 a	21,4
	10.05.	M-Sunagreen	14 a	89,02 f	19,6
	20.05.	M-Sunagreen	9 d	94,22 c	20,7
	30.05.	M-Sunagreen	9 d	91,67 d	20,2
	10.05.	Kontrola	14 a	79,55 g	17,5
	20.05.	Kontrola	10 c	89,30 f	19,6
	30.05.	Kontrola	10 c	90,15 e	19,8
2012	01.05.	Lexin	12 c	93,94 c	20,7
	15.05.	Lexin	9 f	97,06 a	21,4
	30.05.	Lexin	9 f	95,70 b	21,1
	01.05.	M-Sunagreen	13 b	89,77 f	19,7
	15.05.	M-Sunagreen	10 e	97,01 a	21,3
	30.05.	M-Sunagreen	10 e	95,45 b	21,0
	01.05.	Kontrola	15 a	80,30 g	17,7
	15.05.	Kontrola	11 d	91,67 e	20,2
	30.05.	Kontrola	10 e	92,80 d	20,4
2013	01.05.	Lexin	14 b	92,05 f	20,3
	15.05.	Lexin	10 e	98,20 a	21,6
	30.05.	Lexin	9 f	97,73 b	21,5
	01.05.	M-Sunagreen	13 c	90,91 h	20,0
	15.05.	M-Sunagreen	11 d	95,45 c	21,0
	30.05.	M-Sunagreen	11 d	93,94 d	20,7
	01.05.	Kontrola	15 a	78,79 ch	17,3
	15.05.	Kontrola	13 c	91,48 g	20,1
	30.05.	Kontrola	13 c	92,71 e	20,4

Stimulované osivo odrůdy Zerberus pomocí přípravků Lexin mělo ve všech sledovaných ročnících statisticky kratší dobu vzcházení, vyšší klíčivost a tím i vyšší počty rostlin na m<sup>2</sup> v porovnání s ostatními variantami. Nejvyšších rozdílů bylo dosaženo v roce 2011 v prvním termínu výsevu, kdy stimulované osivo pomocí přípravku Lexin mělo o 3 dny kratší dobu vzcházení a o 16,16 % vyšší vzcházivost ve srovnání s kontrolou. Osivo stimulované přípravkem M-Sunagreen dosahovalo ve všech ročnících a termínech výsevu vyšší polní vzcházivosti v porovnání s kontrolou.

**Tab. 17: Vliv termínu setí na polní vzcházivost stimulovaných semen odrůdy Goliath**

<b>Rok</b>	<b>Termín výsevu</b>	<b>Úprava osiva</b>	<b>Počet dní do vzejití</b>	<b>Polní vzcházivost (%)</b>	<b>Počet rostlin na m<sup>2</sup></b>
2011	10.05.	Lexin	12 b	89,02 f	19,6
	20.05.	Lexin	9 e	93,75 c	20,6
	30.05.	Lexin	8 f	94,70 b	20,8
	10.05.	M-Sunagreen	14 a	89,77 e	19,7
	20.05.	M-Sunagreen	9 e	90,81 d	20,0
	30.05.	M-Sunagreen	8 f	96,59 a	21,2
	10.05.	Kontrola	14 a	80,30 h	17,7
	20.05.	Kontrola	12 c	87,12 g	19,2
	30.05.	Kontrola	10 d	93,94 c	20,7
2012	01.05.	Lexin	13 c	90,91 f	20,0
	15.05.	Lexin	10 e	95,64 a	21,0
	30.05.	Lexin	9 f	94,70 b	20,8
	01.05.	M-Sunagreen	14 b	90,15 g	19,8
	15.05.	M-Sunagreen	10 e	92,33 e	20,3
	30.05.	M-Sunagreen	10 e	94,32 c	20,8
	01.05.	Kontrola	16 a	82,58 ch	18,2
	15.05.	Kontrola	13 d	88,8 h	19,5
	30.05.	Kontrola	10 e	93,9 d	20,7
2013	01.05.	Lexin	15 a	89,39 h	19,7
	15.05.	Lexin	11 d	96,88 b	21,3
	30.05.	Lexin	8 e	97,35 a	21,4
	01.05.	M-Sunagreen	13 c	90,15 f	19,8
	15.05.	M-Sunagreen	11 d	94,89 c	20,9
	30.05.	M-Sunagreen	11 d	94,70 d	20,8
	01.05.	Kontrola	15 a	80,30 ch	17,7
	15.05.	Kontrola	14 b	89,77 g	19,7
	30.05.	Kontrola	14 b	90,91 f	20,0

Stimulované osivo odrůdy Goliath pomocí přípravků Lexin mělo ve všech sledovaných ročnících statisticky kratší dobu vzcházení, vyšší klíčivost a tím i vyšší počty rostlin na m<sup>2</sup> v porovnání s ostatními variantami. Nejvyšších rozdílů bylo dosaženo v roce 2012 v prvním termínu výsevu, kdy stimulované osivo pomocí přípravku Lexin mělo o 3 dny kratší dobu vzcházení a o 8,33 % vyšší vzcházivost ve srovnání s kontrolou. Osivo stimulované přípravkem M-Sunagreen mělo ve všech ročnících a termínech výsevu vyšší polní vzcházivosti v porovnání s kontrolou.

**4.4.3.4 Vliv termínu setí na počet kolének, průměr stonku, výšku rostliny, výnos biomasy, obsah sušiny a výnos sušiny v jednotlivých letech u stimulovaných semen**

**Tab. 18: Vliv termínu setí a úprav osiva na počet kolének, průměr stonku, výšku rostlin, výnos biomasy, obsah sušiny a výnos sušiny ve dvou meziřádkových vzdálenostech u stimulovaného osiva odrůdy Zerberus v roce 2011**

Termín setí	Stimulace osiva	Meziřádková vzdálenost (cm)	Počet kolének (kus)	Průměr stonku (cm)	Výška rostlin (cm)	Výnos biomasy (t.ha <sup>-1</sup> )	Obsah sušiny (%)	Výnos sušiny (t.ha <sup>-1</sup> )
10.05.	Lexin	25	10 a	12 a	260 a	19,28 a	33,3	6,43 a
	Lexin	50	9 b	11 b	251 ab	19,33 a	33,0	6,38 a
	M-Sunagreen	25	9 b	12 a	250 a	19,09 a	33,0	6,28 ab
	M-Sunagreen	50	9 b	10 c	250 a	19,00 a	33,0	6,27 ab
	Kontrola	25	8 c	10 c	253 a	16,47 b	36,0	5,93 b
	Kontrola	50	9 b	10 c	241 b	16,97 b	36,0	6,11 b
20.05.	Lexin	25	14 a	19 a	345 a	31,27 a	33,3	10,43 a
	Lexin	50	13 b	18 b	320 cd	29,58 a	33,0	9,76 ab
	M-Sunagreen	25	13 b	18 b	340 b	30,24 a	33,0	9,98 a
	M-Sunagreen	50	13 b	17 c	325 c	27,03 b	33,0	8,92 c
	Kontrola	25	10 c	18 b	330 b	25,68 c	33,3	8,55 d
	Kontrola	50	10 c	18 b	315 d	26,61 b	33,0	8,78 d
30.05.	Lexin	25	12 a	18 b	328 a	33,87 a	33,3	11,28 a
	Lexin	50	12 a	20 a	320 b	31,91 c	32,2	10,29 b
	M-Sunagreen	25	12 a	16 d	318 b	32,68 b	32,1	10,49 b
	M-Sunagreen	50	11 b	18 b	318 b	30,76 d	33,0	10,1 bc
	Kontrola	25	12 a	18 b	318 b	30,50 d	33,7	10,28 b
	Kontrola	50	12 a	17 c	318 b	29,67 e	33,7	10 c

Různé způsoby úpravy osiva a meziřádková vzdálenost měly vliv na sledované parametry v různých termínech výsevu roku 2011 (tab. 18). U stimulace semen odrůdy Zerberus pomocí přípravku Lexin docházelo ke statisticky výraznému nárůstu výšky rostliny, produkce biomasy a celkovému výnosu sušiny ve srovnání s neošetřenou kontrolou (porovnáváme obě rozteče řádků). Tento rozdíl byl způsoben především větší

vzcházivostí stimulovaného osiva přípravkem Lexin a tím dosažení většího počtu rostlin na m<sup>2</sup> jak je uvedeno v tabulce č. 16. Nejvyššího rozdílu v celkovém výnosu sušiny mezi stimulovaným osivem a kontrolou bylo dosaženo při meziřádkové vzdálenosti 25 cm v druhém termínu výsevu pomocí přípravku Lexin a rozdíl činil 1,88 t.ha<sup>-1</sup>. Stimulace osiva měla dále statisticky průkazný vliv na počty kolének a průměr stonku.

**Tab. 19: Vliv termínu setí a úprav osiva na počet kolének, průměr stonku, výšku rostlin, výnos biomasy, obsah sušiny a výnos sušiny ve dvou meziřádkových vzdálenostech stimulovaného osiva odrůdy Zerberus v roce 2012**

Termín setí	Stimulace osiva	Meziřádková vzdálenost (cm)	Počet kolének (kus)	Průměr stonku (cm)	Výška rostlin (cm)	Výnos biomasy (t.ha <sup>-1</sup> )	Obsah sušiny (%)	Výnos sušiny (t.ha <sup>-1</sup> )
10.05.	Lexin	25	11 a	13 a	248 a	28,65 a	31,0	8,88 a
	Lexin	50	11 a	12 b	232 c	24,97 b	32,0	7,99 b
	M-Sunagreen	25	10 b	11 c	240 ab	23,91 b	32,0	7,65 b
	M-Sunagreen	50	9 c	11 c	230 b	22,66 b	32,0	7,25 b
	Kontrola	25	9 c	11 c	255 a	21,18 c	33,0	6,99 c
	Kontrola	50	9 c	10 d	246 a	19,94 c	33,0	6,58 c
20.05.	Lexin	25	14 a	21 a	352 a	47,43 a	30,3	14,38 a
	Lexin	50	14 a	19 c	345 a	33,64 d	30,0	10,11 c
	M-Sunagreen	25	13 b	20 b	350 a	40,77 b	30,0	12,25 b
	M-Sunagreen	50	13 b	17 e	340 b	32,89 d	29,8	9,8 c
	Kontrola	25	11 c	20 b	345 a	35,63 c	30,6	10,91 c
	Kontrola	50	10 d	18 d	327 c	30,80 e	29,7	9,17 d
30.05.	Lexin	25	13 a	22 a	350 a	39,44 a	30,1	11,89 a
	Lexin	50	13 a	20 b	345 ab	36,27 c	30,0	10,88 b
	M-Sunagreen	25	12 b	20 b	353 a	38,40 a	30,0	11,52 a
	M-Sunagreen	50	12 b	19 c	339 b	35,93 c	30,0	10,78 b
	Kontrola	25	12 b	20 b	357 a	38,08 b	30,2	11,52 a
	Kontrola	50	12 b	19 c	334 c	35,82 c	30,0	10,75 b



Různé způsoby úpravy osiva a meziřádková vzdálenost měly vliv na sledované parametry v různých termínech výsevu roku 2012 (tab. 19). U stimulace semen odrůdy Zerberus pomocí přípravku Lexin docházelo k statisticky výraznému nárůstu výšky rostliny, produkce biomasy a celkovému výnosu sušiny ve srovnání s neošetřenou kontrolou. Tento rozdíl byl způsoben především větší vzcházivostí stimulovaného osiva přípravkem Lexin a tím dosažení většího počtu rostlin na m<sup>2</sup> jak je uvedeno v tabulce č. 16. Nejvyššího rozdílu v celkovém výnosu sušiny mezi stimulovaným osivem a kontrolou bylo dosaženo v druhém termínu výsevu při meziřádkové vzdálenosti 25 cm pomocí přípravku Lexin a rozdíl činil 3,47 t.ha<sup>-1</sup>. Stimulace osiva měla dále statisticky průkazný vliv na počty kolének a průměr stonku.

**Tab. 20: Vliv termínu setí a úprav osiva na počet kolének, průměr stonku, výšku rostlin, výnos biomasy, obsah sušiny a výnos sušiny ve dvou meziřádkových vzdálenostech u stimulovaného osiva odrůdy Zerberus v roce 2013**

<b>Termín setí</b>	<b>Stimulace osiva</b>	<b>Meziřádková vzdálenost (cm)</b>	<b>Počet kolének (kus)</b>	<b>Průměr stonku (cm)</b>	<b>Výška rostlin (cm)</b>	<b>Výnos biomasy (t.ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>Obsah sušiny (%)</b>	<b>Výnos sušiny (t.ha<sup>-1</sup>)</b>
10.05.	Lexin	25	11 a	14 a	289 a	24,73 a	33,0	8,16 a
	Lexin	50	10 b	12 b	275 b	22,18 c	33,0	7,32 b
	Sunagreen	25	10 b	11 c	280 a	23,21 b	34,0	7,89 a
	Sunagreen	50	10 b	11 c	257 c	20,56 d	34,0	6,99 c
	Kontrola	25	9 c	11 c	278 b	21,27 b	34,3	7,30 b
	Kontrola	50	9 c	11 c	256 c	19,23 e	33,9	6,53 c
20.05.	Lexin	25	13 a	21 a	368 a	48,59 a	28,3	13,75 a
	Lexin	50	13 a	20 b	348 c	42,79 b	28,0	11,98 b
	Sunagreen	25	13 a	19 c	359 b	47,70 a	28,2	13,45 a
	Sunagreen	50	13 a	18 d	340 d	42,51 b	27,5	11,69 b
	Kontrola	25	12 b	19 c	358 b	40,94 b	28,8	11,79 b
	Kontrola	50	11 c	19 c	332 e	31,19 c	28,5	8,89 c
30.05.	Lexin	25	14 a	21 a	350 a	41,73 b	27,2	11,35 a
	Lexin	50	13 b	19 b	328 c	43,33 a	27,0	11,7 a
	Sunagreen	25	12 c	18 c	340 b	39,29 c	28,0	11 b
	Sunagreen	50	12 c	17 d	325 c	39,81 bc	27,0	10,75 a
	Kontrola	25	12 c	19 b	336 b	39,36 bc	28,2	11,1 b
	Kontrola	50	12 c	19 b	330 c	38,86 c	27,2	10,57 c

Různé způsoby úpravy osiva a meziřádková vzdálenost měly vliv na sledované parametry v různých termínech výsevu roku 2013 (tab. 20). U stimulace semen odrůdy Zerberus pomocí přípravku Lexin docházelo k statisticky výraznému nárůstu výšky rostliny, produkce biomasy a celkovému výnosu sušiny ve srovnání s neošetřenou kontrolou. Tento rozdíl byl způsoben především větší vzházivostí stimulovaného osiva přípravkem Lexin a tím dosažení většího počtu rostlin na m<sup>2</sup> jak je uvedeno v tabulce č. 16. Nejvyššího rozdílu v celkovém výnosu sušiny mezi stimulovaným osivem a kontrolou bylo dosaženo v druhém termínu výsevu při meziřádkové vzdálenosti 25 cm

pomocí přípravku Lexin a rozdíl činil 1,96 t.ha<sup>-1</sup>. Stimulace osiva měla dále statisticky průkazný vliv na počty kolének a průměr stonku.

**Tab. 21: Vliv termínu setí a úprav osiva na počet kolének, průměr stonku, výšku rostlin, výnos biomasy, obsah sušiny a výnos sušiny ve dvou meziřádkových vzdálenostech u stimulovaného osiva odrůdy Goliath v roce 2011**

Termín setí	Stimulace osiva	Meziřádková vzdálenost (cm)	Počet kolének (kus)	Průměr stonku (cm)	Výška rostlin (cm)	Výnos biomasy (t.ha <sup>-1</sup> )	Obsah sušiny (%)	Výnos sušiny (t.ha <sup>-1</sup> )
10.05.	Lexin	25	11 b	12 a	279 a	20,15 a	34,0	6,85 a
	Lexin	50	13 a	11 b	249 d	20,36 a	33,0	6,72 a
	M-Sunagreen	25	11 b	11 b	258 c	18,73 b	33,0	6,18 b
	M-Sunagreen	50	13 a	10 c	242 e	19,03 b	33,0	6,28 ab
	Kontrola	25	9 c	9 d	268 b	16,28 c	36,0	5,86 c
	Kontrola	50	8 d	10 c	242 e	15,61 c	36,0	5,62 c
20.05.	Lexin	25	14 a	19 a	375 a	34,79 a	34,0	11,83 a
	Lexin	50	13 b	18 b	350 b	33,72 b	32,0	10,79 b
	M-Sunagreen	25	13 b	17 c	355 b	33,03 b	33,0	10,9 b
	M-Sunagreen	50	13 b	18 b	345 c	31,88 c	32,0	10,2 c
	Kontrola	25	11 c	18 b	350 b	32,75 bc	32,0	10,48 c
	Kontrola	50	11 c	18 b	340 c	28,16 d	33,1	9,32 d
30.05.	Lexin	25	13 a	18 b	379 a	36,09 a	32,0	11,55 a
	Lexin	50	12 b	19 a	350 b	31,59 d	32,0	10,11 bc
	M-Sunagreen	25	13 a	16 d	350 b	34,38 c	32,0	11,0 b
	M-Sunagreen	50	11 b	17 c	329 c	31,22 d	32,0	9,99 c
	Kontrola	25	13 a	18 b	352 b	35,27 b	30,0	10,58 bc
	Kontrola	50	12 b	18 b	331 c	30,20 e	32,3	9,78 c

Různé způsoby úpravy osiva a meziřádková vzdálenost měly vliv na sledované parametry v různých termínech výsevu v roce 2011 (tab. 21). U stimulace semen odrůdy Goliath pomocí přípravku Lexin docházelo k statisticky výraznému nárůstu výšky rostliny, produkce biomasy a celkovému výnosu sušiny ve srovnání s neošetřenou

kontrolou. Tento rozdíl byl způsoben především větší vzházivostí stimulovaného osiva přípravkem Lexin a tím dosažení většího počtu rostlin na m<sup>2</sup> jak je uvedeno v tabulce č. 17. Nejvyššího rozdílu v celkovém výnosu sušiny mezi stimulovaným osivem a kontrolou bylo dosaženo v druhém termínu výsevu při meziřádkové vzdálenosti 25 cm pomocí přípravku Lexin a rozdíl činil +1,35 t.ha<sup>-1</sup>. Stimulace osiva měla dále statisticky průkazný vliv na počty kolének a průměr stonku.

**Tab. 22: Vliv termínu setí a úprav osiva na počet kolének, průměr stonku, výšku rostlin, výnos biomasy, obsah sušiny a výnos sušiny ve dvou meziřádkových vzdálenostech u stimulovaného osiva odrůdy Goliath v roce 2012**

<b>Termín setí</b>	<b>Stimulace osiva</b>	<b>Meziřádková vzdálenost (cm)</b>	<b>Počet kolének (kus)</b>	<b>Průměr stonku (cm)</b>	<b>Výška rostlin (cm)</b>	<b>Výnos biomasy (t.ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>Obsah sušiny (%)</b>	<b>Výnos sušiny (t.ha<sup>-1</sup>)</b>
10.05.	Lexin	25	11 a	13 a	290 a	25,88 a	32,0	8,28 a
	Lexin	50	11 a	12 b	259 e	23,59 b	32,0	7,55 b
	M-Sunagreen	25	9 c	11 c	282 ab	21,53 c	34,0	7,32 b
	M-Sunagreen	50	9 c	10 d	268 d	21,55 c	33,0	7,11 b
	Kontrola	25	10 b	11 c	272 c	19,74 d	34,0	6,71 c
	Kontrola	50	8 d	10 d	243 f	19,79 d	33,2	6,57 c
20.05.	Lexin	25	14 a	20 a	410 a	39,51 b	33,2	13,15 a
	Lexin	50	13 b	20 a	378 c	29,17 d	31,0	9,05 d
	M-Sunagreen	25	13 b	19 b	380 b	40,83 a	32,2	13,15 a
	M-Sunagreen	50	13 b	18 c	352 d	31,10 e	28,4	8,85 d
	Kontrola	25	13 b	19 b	387 b	40,41 a	32,0	12,93 b
	Kontrola	50	12 c	18 c	350 d	35,73d	33,0	11,79 c
30.05.	Lexin	25	13 a	20 a	400 a	39,66 b	32,0	12,69 a
	Lexin	50	13 a	20 a	375 d	37,47 d	32,0	11,99 b
	M-Sunagreen	25	13 a	20 a	395 b	39,66 b	32,0	12,69 a
	M-Sunagreen	50	13 a	20 a	349 e	37,47 d	32,0	11,99 b
	Kontrola	25	13 a	20 a	385 c	40,81 a	31,0	12,65 a
	Kontrola	50	13 a	19 b	342 e	39,08 c	30,4	11,88 b

Různé způsoby úpravy osiva a meziřádková vzdálenost měly vliv na sledované parametry v různých termínech výsevu v roce 2012 (tab. 22). U stimulace semen u odrůdy Goliath pomocí přípravku Lexin docházelo k statisticky výraznému nárůstu výšky rostliny, produkce biomasy a celkovému výnosu sušiny ve srovnání s neošetřenou kontrolou. Tento rozdíl byl způsoben především větší vzcházivostí stimulovaného osiva přípravkem Lexin a tím dosažení většího počtu rostlin na m<sup>2</sup> jak je uvedeno v tabulce č. 17. Nejvyššího rozdílu v celkovém výnosu sušiny mezi stimulovaným osivem a kontrolou bylo dosaženo v prvním termínu výsevu při meziřádkové vzdálenosti 25 cm pomocí přípravku Lexin a rozdíl činil 1,57 t.ha<sup>-1</sup>.

**Tab. 23: Vliv termínu setí na počet kolének, průměr stonku, výšku rostlin, výnos biomasy, obsah sušiny a výnos sušiny ve dvou meziřádkových vzdálenostech u stimulovaného osiva odrůdy Goliath v roce 2013**

<b>Termín setí</b>	<b>Stimulace osiva</b>	<b>Meziřádková vzdálenost (cm)</b>	<b>Počet kolének (kus)</b>	<b>Průměr stonku (cm)</b>	<b>Výška rostlin (cm)</b>	<b>Výnos biomasy (t.ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>Obsah sušiny (%)</b>	<b>Výnos sušiny (t.ha<sup>-1</sup>)</b>
10.05.	Lexin	25	10 a	13 a	285 a	23,24 a	34,0	7,99 a
	Lexin	50	10 a	12 b	285 a	21,71 b	34,0	7,38 b
	M-Sunagreen	25	9 b	10 c	279 a	21,37 b	35,0	7,48 b
	M-Sunagreen	50	9 b	10 c	279 a	21,71 b	34,0	7,38 b
	Kontrola	25	9 b	10 c	270 b	17,51 c	36,6	6,35 c
	Kontrola	50	8 c	9 d	269 b	17,22 c	36,0	6,20 c
20.05.	Lexin	25	14 a	21 a	405 a	48,76 a	28,2	13,78 a
	Lexin	50	13 b	20 b	390 b	44,38 c	29,0	12,87 c
	M-Sunagreen	25	13 b	20 b	390 b	47,32 b	28,0	13,25 b
	M-Sunagreen	50	13 b	19 c	370 c	43,72 d	29,0	12,68 c
	Kontrola	25	12 c	19 c	385 b	41,75 e	29,1	12,15 d
	Kontrola	50	11 d	18 d	348 d	33,87 f	28,2	9,55 e
30.05.	Lexin	25	14 a	22 a	390 a	40,24 b	29,7	11,95 a
	Lexin	50	14 a	20 b	385 a	42,43 a	28,0	11,88 a
	M-Sunagreen	25	13 b	19 c	385 a	38,50 cd	30,0	11,55 a
	M-Sunagreen	50	13 b	18 d	385 a	39,64 bc	28,0	11,10 b
	Kontrola	25	13 b	19 c	372 b	40,04 b	28,7	11,52 a
	Kontrola	50	13 b	18 d	352 c	39,00 c	28,3	11,06 b

Různé způsoby úpravy osiva a meziřádková vzdálenost měly vliv na sledované parametry v různých termínech výsevu v roce 2013 (tab. 23). U stimulace semen u odrůdy Goliath pomocí přípravku Lexin docházelo k statisticky výraznému nárůstu výšky rostliny, produkce biomasy a celkovému výnosu sušiny ve srovnání s neošetřenou kontrolou. Tento rozdíl byl způsoben především větší vzcházivostí stimulovaného osiva přípravkem Lexin a tím dosažení většího počtu rostlin na m<sup>2</sup> jak je uvedeno v tabulce č. 17. Nejvyššího rozdílu v celkovém výnosu sušiny mezi

stimulovaným osivem a kontrolou bylo dosaženo v prvním termínu výsevu při meziřádkové vzdálenosti 25 cm pomocí přípravku Lexin a rozdíl činil 1,64 t.ha<sup>-1</sup>.

#### 4.4.3.5 Vliv dávky dusíku na výnos nadzemní biomasy

**Tab. 24: Vliv dávky dusíku na počet kolének, průměr stonku, výšku rostlin ve dvou meziřádkových vzdálenostech u odrůdy Zerberus**

Rok	Varianta hnojení	Meziřádková vzdálenost (cm)	Počet kolének (kus)	Průměr stonku (cm)	Výška rostliny (cm)
2011	160 kg N	25	13 a	20 a	370 a
	160 kg N	50	13 a	20 a	345 b
	Digestat	25	13 a	18 b	325 c
	Digestat	50	13 a	18 b	315 d
	Kontrola	25	10 b	18 b	330 c
	Kontrola	50	10 b	18 b	315 d
2012	160 kg N	25	13 a	22 a	375 a
	160 kg N	50	13 a	19 b	340 b
	Digestat	25	13 a	20 a	340 b
	Digestat	50	13 a	18 c	315 c
	Kontrola	25	11 b	20 a	345 b
	Kontrola	50	10 c	18 c	327 d
2013	160 kg N	25	13 a	20 a	380 a
	160 kg N	50	13 a	19 b	365 b
	Digestat	25	13 a	19 b	345 d
	Digestat	50	13 a	18 c	340 d
	Kontrola	25	12 b	19 b	358 c
	Kontrola	50	11 c	19 b	332 e

Varianta s aplikací 160 kg N.ha<sup>-1</sup> měla statisticky průkazný vliv ve všech sledovaných ročnících a meziřádkových vzdálenostech na nárůst počtu kolének, průměrů stonku a výšku rostlin (tabulka č. 24). Průkazně nejvyšší výšky rostlin 380 cm

dosáhla odrůda Zerberus v roce 2013 při dávce 160 kg N.ha<sup>-1</sup> a meziřádkové vzdálenosti 25 cm ve srovnání s ostatními variantami, bylo to o 22 cm více v porovnání s kontrolou. Nejvyššího rozdílu v počtu 3 kolének dosáhla odrůda Zerberus v meziřádkové vzdálenosti 25 cm a dávce 160 kg N.ha<sup>-1</sup> v roce 2011 ve srovnání s kontrolou. Nejvyššího průměru stonku 22 mm dosáhla odrůda Zerberus v meziřádkové vzdálenosti 25 cm a dávce 160 kg N.ha<sup>-1</sup> ve sledovaném roce 2012. Rozdíly v průměrech byly statisticky průkazné.

**Tab. 25: Vliv dávky dusíku na počet kolének, průměr stonku, výšku rostlin ve dvou meziřádkových vzdálenostech u odrůdy Goliath**

Rok	Varianta hnojení	Meziřádková vzdálenost (cm)	Počet kolének (kus)	Průměr stonku (cm)	Výška rostliny (cm)
2011	160 kg N	25	13 a	20 a	387 a
	160 kg N	50	13 a	20 a	380 a
	Digestat	25	11 b	18 b	353 b
	Digestat	50	11 b	18 b	350 b
	Kontrola	25	10 b	18 b	350 b
	Kontrola	50	10 b	18 b	340 c
2012	160 kg N	25	13 a	21 a	415 a
	160 kg N	50	13 a	20 b	400 b
	Digestat	25	12 b	18 d	380 c
	Digestat	50	12 b	18 d	345 d
	Kontrola	25	12 a	19 c	387 c
	Kontrola	50	12 a	18 c	350 d
2013	160 kg N	25	13 a	20 a	420 a
	160 kg N	50	13 a	20 a	400 b
	Digestat	25	11 c	18 c	385 c
	Digestat	50	11 c	18 c	355 d
	Kontrola	25	12 b	19 b	385 c
	Kontrola	50	11 c	18 c	348 d



Varianta s aplikační dávkou  $160 \text{ kg N.ha}^{-1}$  měla statisticky průkazný vliv ve všech sledovaných ročnících a meziřádkových vzdálenostech na nárůst počtu kolének, průměrů stonku a výšku rostlin (tabulka č. 25). Nejvyšší výšky rostlin 420 cm dosáhla odrůda Goliath v roce 2013 při dávce  $160 \text{ kg N.ha}^{-1}$  a meziřádkové vzdálenosti 25 cm, bylo to o 35 cm více ve srovnání s kontrolou. Nejvyššího rozdílu v počtu 3 kolének dosáhla odrůda Goliath v meziřádkové vzdálenosti 25 cm a dávce  $160 \text{ kg N.ha}^{-1}$  v roce 2011 ve srovnání s kontrolou. Nejvyššího průměru stonku 21 mm dosáhla odrůda Goliath v meziřádkové vzdálenosti 25 cm a dávce  $160 \text{ kg N.ha}^{-1}$  ve sledovaném roce 2012.

**Tab. 26: Vliv dávky dusíku na výnos biomasy, obsah sušiny a výnos sušiny, objemu bioplynu a produkce CH<sub>4</sub> ve dvou meziřádkových vzdálenostech u odrůdy Zerberus v jednotlivých ročnících**

Rok	Variant a hnojení	Meziřádková vzdálenost (cm)	Výnos biomasy (t.ha <sup>-1</sup> )	Obsah sušiny (%)	Výnos sušiny (t.ha <sup>-1</sup> )	Objem bioplynu [m <sup>3</sup> .t <sup>-1</sup> ]	Produkce CH <sub>4</sub> [m <sup>3</sup> .t <sup>-1</sup> ]	Produkce CH <sub>4</sub> m <sup>3</sup> .ha <sup>-1</sup>
2011	160kg N	25	51,68a	28,29c	14,62a	653,2 a	343,71 bc	5024,69a
	160kg N	50	34,99c	29,92b	10,47c	535,3 b	362,42 a	3794,53b
	Digestát	25	38,93b	28,18c	10,97b	622,13 a	352,1b	3862,53b
	Digestát	50	33,32d	28d	9,33 d	510,92 b	335,01 c	3125,64c
	Kontrola	25	25,68f	33,3a	8,55e	554,47 a	348,63 b	2980,78c
	Kontrola	50	26,61e	33a	8,78e	515,93 b	323,85 d	2843,40c
2012	160kg N	25	45,78a	30,93a	14,16a	675,8a	325,9 c	4616,5a
	160kg N	50	37,07c	28,92d	10,72c	503,5e	337,6 b	3619,7c
	Digestat	25	42,41b	28,98d	12,29b	645,5b	333,4 b	4097,9b
	Digestat	50	32,51e	28,05e	9,12d	532,3d	320,6 c	2922e
	Kontrola	25	35,63d	30,62b	10,91c	499,5f	323 c	3764,2d
	Kontrola	50	30,80f	29,77c	9,17d	583,6c	371,4 a	3132,5e
2013	160kg N	25	55,21a	28,29c	15,62a	689,47a	343,7 b	5368,25 a
	160kg N	50	38,03	29,92a	11,38b	577,24dc	352,1 ab	4006,89b
	Digestát	25	41,34b	28,18c	11,65b	668,8b	345,8 b	4028,57b
	Digestát	50	29,21d	28c	8,18 c	580,7d	358,7 a	2885,08c
	Kontrola	25	40,94b	28,8b	11,79b	612,74c	338,6 c	3992,094b
	Kontrola	50	31,19c	28,5b	8,89 c	587,9d	349,7 b	3108,83c

U dávky 160 kg N.ha<sup>-1</sup> a meziřádkové vzdálenosti 25 cm byl zjištěn statisticky průkazně vyšší výnos biomasy, vyšší výnos sušiny, vyšší produkce (objem) bioplynu a nejvyšší hektarová produkce CH<sub>4</sub> v porovnání s dalšími variantami hnojení (tab. 26). V parametru tvorby CH<sub>4</sub> na tunu substrátu v roce 2011 dosahovala nejvyšší produkce varianta s aplikační dávkou 160 kg N.ha<sup>-1</sup> při meziřádkové vzdálenosti 50 cm (362,42 m<sup>3</sup>.t<sup>-1</sup>). V roce 2012 dosahovala nejvyšší produkce kontrolní varianta hnojená dávkou 80 kg N.ha<sup>-1</sup> při meziřádkové vzdálenosti 50 cm (371,4 m<sup>3</sup>.t<sup>-1</sup>). V roce 2013 dosahovala

nejvyšší produkce varianta hnojená digestátem s dávkou 80 kg N.ha<sup>-1</sup> při meziřádkové vzdálenosti 50 cm (358,7 m<sup>3</sup>.t<sup>-1</sup>). Varianta hnojená dávkou 160 kg N.ha<sup>-1</sup> při meziřádkové vzdálenosti 25 cm se ukázala ve všech sledovaných parametrech jako výnosnější. Důvodem byla statisticky průkazně vyšší produkce sušiny z ha<sup>-1</sup> a tím i přepočítaná hektarová produkce CH<sub>4</sub>. Nejvyššího rozdílu bylo dosaženo v roce 2011, kdy varianta přihnojená 160 kg N.ha<sup>-1</sup> dosáhla ve srovnání s kontrolní variantou hnojenou 80 kg N.ha<sup>-1</sup> vyššího výnosu o 6,07 t.ha<sup>-1</sup>.

**Tab. 27: Vliv dávky dusíku na výnos biomasy, obsah sušiny a výnos sušiny, objemu bioplynu a produkce CH<sub>4</sub> ve dvou meziřádkových vzdálenostech u odrůdy Goliath v jednotlivých ročnících**

Rok	Varianta hnojení	Meziřádková vzdálenost (cm)	Výnos biomasy (t.ha <sup>-1</sup> )	Obsah sušiny (%)	Výnos sušiny (t.ha <sup>-1</sup> )	Objem bioplynu [m <sup>3</sup> .t <sup>-1</sup> ]	Produkce CH <sub>4</sub> [m <sup>3</sup> .t <sup>-1</sup> ]	Produkce CH <sub>4</sub> [m <sup>3</sup> hektar]
2011	160 kg N	25	52,49 a	31,34c	16,45a	678,37a	387,74 a	6378,32a
	160 kg N	50	34,99 c	29,92d	10,47b	635,84b	360 b	3769,2 b
	Digestat	25	36,59 b	29,38e	10,75b	605,13c	357 b	3837,75 b
	Digestat	50	29,99 e	32,04b	9,61c	578,88d	342 c	3286,62cd
	Kontrola	25	32,75 d	32 b	10,48b	572,43d	329 d	3447,92 c
	Kontrola	50	28,16 f	33,1a	9,32 c	551,48e	319 d	2973,08 d
2012	160 kg N	25	48,63 a	31,34c	15,24a	696,5b	362,2 c	5366,9 a
	160 kg N	50	35,98 d	32,05b	11,53c	604,8d	419,9 a	3947,1 cd
	Digestat	25	42,24 b	29,38d	12,41b	710,6a	338,9 d	4204,6 b
	Digestat	50	28,74 f	32,05b	9,21c	633,7c	376,1 b	3462,1 d
	Kontrola	25	40,41 c	32b	12,93b	529,2f	329,5 e	4005,2 c
	Kontrola	50	35,73 e	33a	11,79c	565,2e	329,2 e	2695,6 e
2013	160 kg N	25	58,70 a	28,74b	16,8a	698,75a	361,92 b	6206,81 a
	160 kg N	50	40,83 b	29,27a	11,95b	633,42c	353 c	4218,35 b
	Digestat	25	40,46 b	29,36a	11,88b	686,24b	369,38 a	4324,32 b
	Digestat	50	34,23 c	28,19c	9,65 b	610,73d	330 d	3184,5 d
	Kontrola	25	41,75 b	29,1a	12,15b	502,43f	316 e	3839,4 c
	Kontrola	50	33,87 c	28,2c	9,55 c	535,79d	335 d	3199,25 d

Při porovnání rozdílu parametrů meziřádkové vzdálenosti 25 a 50 cm, jsme zjistili zajímavé průkazné rozdíly. Při meziřádkové vzdálenosti 25 cm došlo ve všech pokusných letech k průkazně vyššímu výnosu biomasy, suché hmoty a následně i výnosu a produkci bioplynu z hektaru v porovnání s porosty s meziřádkovou vzdáleností 50 cm. Při porovnávání způsobu výživy porostů jsme dospěli k závěru, že dělená dávka 80 + 80 kg N.ha<sup>-1</sup> (varianta 160 kg N.ha<sup>-1</sup>) měla průkazný vliv na zvýšení výnosu biomasy, suché hmoty a objemu bioplynu ve všech pokusných ročnících

v porovnání s dalšími variantami hnojení uváděných v tabulce 27. V parametru produkce CH<sub>4</sub> na hektar v roce 2011 dosahovala nejvyšší produkce varianta přihnojená dávkou 160 kg N.ha<sup>-1</sup> při meziřádkové vzdálenosti 25 cm (387,74 m<sup>3</sup>.t<sup>-1</sup>). V roce 2012 roce dosahovala nejvyšší produkce varianta přihnojená dávkou 160 kg N.ha<sup>-1</sup> při meziřádkové vzdálenosti 50 cm (419,9 m<sup>3</sup>.t<sup>-1</sup>). V roce 2013 dosahovala nejvyšší produkce varianta hnojená digestátem s dávkou 80 kg N.ha<sup>-1</sup> při meziřádkové vzdálenosti 25 cm (369,38 m<sup>3</sup>.t<sup>-1</sup>). Varianta hnojená dávkou 160 kg N.ha<sup>-1</sup> při meziřádkové vzdálenosti 25 cm se ukázala ve všech sledovaných produkčních parametrech jako výnosnější. Důvodem byla statisticky průkazně vyšší produkce sušiny z ha<sup>-1</sup> a tím i přepočítaná hektarová produkce CH<sub>4</sub>. Nejvyššího rozdílu bylo dosaženo v roce 2011, kdy varianta přihnojená 160 kg N.ha<sup>-1</sup> dosáhla ve srovnání s kontrolní variantou hnojenou 80 kg N.ha<sup>-1</sup> vyššího výnosu o 5,97 t z ha<sup>-1</sup>.

**Tab. 28: Vliv hnojení a meziřádkové vzdálenosti na výnos biomasy, sušiny a produkce metanu; průměr ročníků 2011-2013 u odrůd Goliath a Zerberus (druhý termín setí)**

Varianta hnojení	Meziřádková vzdálenost (cm)	Výnos biomasy (t.ha <sup>-1</sup> )	Obsah sušiny (%)	Výnos sušiny (t.ha <sup>-1</sup> )	Objem bioplynu [m <sup>3</sup> .t <sup>-1</sup> ]	Produkce CH <sub>4</sub> [m <sup>3</sup> .t <sup>-1</sup> ]	Produkce CH <sub>4</sub> [m <sup>3</sup> ] hektar
<b>160 kg N</b>	25	52,08 a	29,8 b	15,48 a	682,02 a	354,20 b	5493,58 a
<b>160 kg N</b>	50	36,98 c	30,0 b	11,09 b	581,68 c	364,17 a	3892,63 c
<b>Digestát</b>	25	40,33 b	28,9 c	11,66 b	656,40 b	349,43 b	4059,28 b
<b>Digestát</b>	50	31,33 d	29,4 b	9,18 c	574,54 c	343,74 c	3144,32 e
<b>Kontrola</b>	25	36,19 c	31,0 a	11,14 b	545,13 d	330,79 e	3671,60 d
<b>Kontrola</b>	50	31,06 d	30,9 b	9,58 c	556,65 d	338,03 d	2992,11 f

Z tabulky 28, ze souhrnných výsledků let 2011-2013, je patrný průkazný vliv meziřádkové vzdálenosti u odrůd Goliath a Zerberus na výnosové parametry a s tím spojenou produkci metanu. Současně i aplikace různých dávek dusíku a jeho formy měly prokazatelný vliv na výnosové parametry. Užší řádky porostu (25 cm) s nejvyšší dávkou dusíku (160 kg.ha<sup>-1</sup>) měly vliv na průkazně vyšší výnos biomasy a sušiny v porovnání s ostatními variantami, obsah sušiny nebyl ovlivněn. Při pěstování čiroku v meziřádkové vzdálenosti 50 cm a použitím hnojiva Urea Stabil v různých dávkách

dusíku (varianta Kontrola a 160 kg N.ha<sup>-1</sup>) vyplývá statisticky průkazný vliv na zvýšení produkce metanu z 1 t substrátu oproti variantě s meziřádkovou vzdáleností 25 cm. Výsledky nám dále ukázaly opačný výsledek při použití digestátu, a tedy že byla zjištěna větší produkce metanu z meziřádkové vzdálenosti 25 cm.

**Tab. 29: Vliv hnojení a meziřádkové vzdálenosti na počet kolének, průměr stonku a výšku rostlin; průměr ročníků 2011-2013 u odrůd Goliath a Zerberus (druhý termín setí)**

Varianta hnojení	Meziřádková vzdálenost (cm)	Počet kolének (kus)	Průměr stonku (kus)	Výška rostliny (cm)
160 kg N	25	13 a	20,5 a	391 a
160 kg N	50	13 a	19,5 b	371 b
Digestát	25	12 b	18,5 c	354 c
Digestát	50	12 b	18 c	336 d
Kontrola	25	11 c	19 bc	359 c
Kontrola	50	10 d	18 c	335 d

V souhrnných výsledcích zabývajících se vlivem hnojení a meziřádkové vzdálenosti z pokusných let 2011-2013, byly zjištěny průkazné rozdíly v počtu kolének, průměru stonku a výšce rostlin (tab. 29).

Průkazně nejvyšší rostliny byly zjištěny u varianty s užší meziřádkovou vzdáleností, a to při použití všech variant hnojení, porovnáno s meziřádkovou vzdáleností 50 cm. Varianta se 160 kg N.ha<sup>-1</sup> vykazala bez ohledu na meziřádkovou vzdálenost nejvyšší počet kolének, v porovnání s ostatními způsoby hnojení; a současně i průkazně větší průměr stonku v porovnání s variantou Digestát a Kontrolou s meziřádkovou vzdáleností 50 cm.

## 5. Diskuse

Předložené výsledky dizertační práce vycházejí z přesných polních pokusů, vedených dle metodiky dizertační práce, uskutečněných na pokusných pozemcích Výzkumné stanice KRV ČZU v Uhříněvsi v letech 2011-2013.

Cíle dizertační práce byly formulovány vzhledem k potřebě zajistit dostatek biomasy, reflektují na možné dopady změn klimatu a podmínek pro růst dosavadních zdrojů silážní hmoty (kukuřice). Výsledky uvedené v práci byly zaměřeny vzhledem k cílům a hypotézám na zkoušení klíčivosti a vitality osiva, výběru vhodných odrůd čiroku a technologii pěstování.

Zkoušky klíčivosti prováděné u jednotlivých odrůd probíhající v laboratorních podmínkách ukázaly rozdílné reakce jednotlivých odrůd na snižující se teplotu v době klíčení. Zatím co rozdíly mezi jednotlivými testovanými odrůdami při teplotách 21 °C a 18 °C (graf 9 a 10) nebyly statisticky průkazné, při snižující se teplotě na 15 °C a 12 °C docházelo k rozdílným reakcím v průběhu klíčení a k celkové klíčivosti (graf 11 a 12). Se snižující teplotou docházelo k prodlužování délky klíčení a snížení celkové klíčivosti. Toto zjištění koresponduje s informacemi uváděnými výrobcem a prodejcem osiva čiroku cukrového firmou KWS, která na svých internetových stránkách uvádí, že teplota 12 °C způsobuje pomalé klíčení a častější napadení půdními chorobami, což se v našem pokusu také potvrdilo (výskyt *Fusarium* sp. na semenech čiroku). Nejvyšší negativní vliv teploty při klíčení 12 °C byl pozorován u zrnového čiroku odrůdy Express. To se shoduje s výsledky dosaženými Brar et al. (1992), kteří uvádějí jako optimální teplotu při klíčení zrnových čiroků teplotu v rozmezí 20 °C až 30 °C. Mezi jednotlivými odrůdami čiroku cukrového byly statistické rozdíly. Nejlépe na pokles teploty na 12 °C reagovala v průměru všech tří sledovaných ročníků odrůda Zerberus, která měla nejrychlejší intenzitu klíčení a rovněž dosahovala celkové klíčivosti kolem 85 %. S vysokým poklesem celkové klíčivosti se naopak potýkaly zejména odrůdy Maja a Hugin, kdy u odrůdy Maja poklesla celková klíčivost na 63 %, u odrůdy Hugin na 65 %.

Další provedené zkoušky klíčivosti provedené v pokusných letech ukazují pozitivní vliv aplikace přípravků Lexin a M-Sunagreen na průměrnou klíčivost semen. Stimulace osiva pomocí přípravku Lexin měla v průměru tří let, obou sledovaných odrůd a všech testovaných teplot nejvyšší klíčivost (95 %) a nejkratší střední dobu klíčení (3,5 dne) ve srovnání s kontrolou. Dosažené výsledky korespondovaly s

výzkumem a pokusy Procházka et al. (2015), kdy při obdobném použití přípravku Lexin na semenech sóji došlo ke zvýšení klíčivosti a vzcházení, životnosti semen a následně i hmotnosti kořenů. Naopak neošetřená kontrola měla v průměru všech třech ročníků, obou sledovaných odrůd a všech testovaných teplot nejnižší klíčivost (91,5 %) a nejdélší střední dobu klíčení (4,3 dne). Stimulace osiva pomocí přípravku M-Sunagreen měla statisticky průkazně pozitivní vliv na střední dobu klíčení (MTG), neměla však statisticky průkazný vliv na energii klíčení (EK) a celkovou klíčivost (KL).

Ošetření osiva auxinovými přípravky M-Sunagreen a Lexin se ve výzkumu ukázala jako vhodné opatření pro zvýšení vitality osiva čiroku cukrového, zvláště při klíčení a vzcházení za nižších teplot. Optimální teplota klíčení čiroku cukrového se pohybuje nad 20 °C, čiroky začínají klíčit již při teplotě od 12°C (Tóth, 2014). S klesající teplotou při klíčení se zvyšovaly rozdíly mezi jednotlivými variantami, kdy nejvyšší rozdíly byly patrné při 15 °C a 12 °C (grafy 11 a 12). Bylo zjišťováno klíčení při teplotě 18 a 21 °C, zde byly rozdíly v rychlosti klíčení mezi upraveným osivem (Lexin) a neošetřenou kontrolou jeden den. Při teplotě klíčení 12 °C tento rozdíl činil pět dnů, což korespondovalo s výsledky Krenchinski et al. (2015), kteří zkoumali rychlost klíčení *Sorghum arundinaceum*. Při klíčení při nižších teplotách byl dále patrný pokles rychlosti klíčivosti u osiva čiroku cukrového, což se shoduje s výsledky dosaženými Brant et al. (2011). Rovněž práce Patané et al. (2016) uvádí, že v jejich pokusech bylo dosaženo výrazně vyšší rychlosti klíčení čiroku cukrového v řízených podmínkách 25°C v porovnání s teplotou klíčení 15°C.

Polní vzcháživost jednotlivých testovaných odrůd čiroku cukrového a čiroku zrnového byla statisticky ovlivněna termínem výsevu. U odrůdy Zerberus byla zjištěna statisticky průkazně nižší polní vzcháživost u prvního termínu výsevu. Mezi druhým a třetím termínem nebyl statisticky průkazný rozdíl. Odrůda čiroku cukrového Goliath byla průkazně náchylnější na nižší teploty, kdy v letech 2011 a 2012 byly statistické rozdíly mezi všemi termíny výsevu. V roce 2013 nebyl mezi druhým a třetím termínem setí průkazný rozdíl, ale v porovnání s prvním termínem setí činil rozdíl necelých 10 %. Hlavním důvodem byla rozdílná teplota půdy v době setí a rozdílný příchod dešťových srážek.

Předset'ová úprava osiva pomocí přípravku Lexin a M-Sunagreen měla pozitivní vliv na zkrácení délky vzcházení a zvýšení vzcháživosti v polních podmínkách. I když průběh počasí ve všech třech ročnících byl teplotně normální až mimořádně teplý, teplota půdy ve 3 cm byla 12°C, délka vzcházení se po aplikaci přípravku Lexin v



průměru všech třech ročníků zkrátila v porovnání s kontrolou o tři dny a polní vzcházivost se zvýšila o 7 % (Tab. 7). Rovněž aplikace přípravku M-Sunagreen měla statisticky průkazný vliv na zrychlení polní vzcházivosti ve srovnání s kontrolou.

Polní výsledky ukázaly, že účinnost ošetření osiva čiroku cukrového pomocí přípravků Lexin a M-Sunagreen jsou velice efektivní. Počet rostlin, zjištěný 30 dní od výsevu je důležitým ukazatelem při účinnosti jednotlivých ošetření, proto bylo statisticky prokázáno, že osivo ošetřené přípravkem Lexin vykázalo nejvyšší průměrný počet rostlin 20,8 ks/1m<sup>2</sup> oproti neošetřené kontrole (19,2 ks/1m<sup>2</sup>). Výsledky korespondují s prací Procházky et al. (2015), kdy použití Lexinu na semena sóji, zvýšilo počet rostlin v průběhu let 2012-2014 až o 23 %. Ošetření přípravkem M-Sunagreen mělo statisticky průkazný vliv na vyšší počet rostlin (20,2 ks/1m<sup>2</sup>) na jednotku plochy vůči kontrolní neošetřené variantě.

Navržená ošetření osiva čiroku cukrového prokázala určité výhody při klíčení a vzcházení za chladnějších podmínek. Jedná se o pozitivní výsledky, které bylo nutné potvrdit i při porovnání výnosu zelené hmoty a sušiny, což jsou parametry, které zajímají především pěstitele a do velké míry zaručují vhodnost pěstování čiroku v podmínkách České republiky. Tvorba výnosu je chápána jako dynamický proces, který je ovlivňován průběhem počasí, dynamikou uvolňování živin z půdy, škodlivými činiteli a agrotechnickými zásahy. Je dále závislá na biologickém materiálu (odráždách a hybridech). Pro vysoký výnosotvorný potenciál čiroku je naprosto zásadní vysoká kvalita osiva, které je schopné bezproblémově klíčit v místních klimatických podmínkách pěstování, neboť jen vysoká polní vzcházivost zajistí základní předpoklad pro vysoké výnosy (Obilana, 2004). Navržená opatření neměla průkazný vliv pro obsah sušiny, to znamená, že čiroky dozrávaly rovnoměrně s průměrnými hodnotami od 30,35% – M-Sunagreen až 31% u varianty s aplikací Lexinu. Zajímavým výsledkem byl průkazně větší počet kolínek zjištěný u přípravku Lexin (13,89 ks v porovnání s kontrolní variantou 12,94 ks. Celkový výnos sušiny byl statisticky průkazně ovlivněn aplikací Lexinu (11,60 t.ha<sup>-1</sup>) a M-Sunagreen (11,41 t.ha<sup>-1</sup>) v porovnání s neošetřenou kontrolní variantou (9,95 t.ha<sup>-1</sup>). Ostatní práce zabývající se zkoušením M-Sunagreen i na dalších plodinách vykazují pozitivní výnosový efekt. Například studie Křováčka a Černého (2007) uvádí, že použití M-Sunagreen v BBCH 29 jako postřik sladovnického ječmene zvyšuje výnos o 0,37 t.ha<sup>-1</sup>. Poukazují dále na přestimulování rostlin při dvojí aplikaci, kdy naopak došlo ke snížení výnosu oproti neošetřené kontrole. Mořením osiva kukuřice před setím v běžné dávce M-Sunagreen se zabýval i

Tomášek et al. (2014), kde z výsledků vyplývá neprůkazný vliv na zvýšení výnosu silážní hmoty. Stará půdní zásoba živin a humózní půdy s hlubokým půdním profilem mohou snižovat efekt úpravy osiva čiroku či kukuřice, průkazný výnosový efekt se tak projeví v řádu tří až pěti procent, což pro statistické modely je malý rozdíl. Pozitivní vliv aplikace auxinových přípravků na rychlost růstu rostlinných buněk prokázal rovněž Vanneste a Friml (2009). V pokusech byla aplikována celková dávka 80 kg N/ha což se shoduje s výsledky Oprea et al. (2015), kteří udávají jako optimální dávku pro čirok 90 kg N.ha<sup>-1</sup> pro dosažení vysokého výnosu nadzemní biomasy.

Velký význam může mít průběh počasí v jednotlivých letech, jehož odchylky od normálu mohou ovlivňovat výnosy suché hmoty. V pokusech Jain et al. (2007) sledovali vliv teploty růstu čiroku na výnos zrna a produkci škrobu. V řízených podmínkách s maximálními teplotami 30°C přes den a 20°C v noci došli k závěru, že tyto podmínky byly pro klíčení, výnos zrna a produkci škrobu výhodnější než vyšší teploty 36°C/26°C. Jako teplotně normální byl hodnocen rok 2012 (+1,45°C oproti normálu), rok 2011 byl hodnocen jako teplý (+1,6°C) a rok 2013 jako mimořádně teplý (+4,6°C oproti normálu). Úhrn srážek za sledované roky odpovídá dlouhodobému normálu v dané lokalitě, hodnoceno podle Kožnarová et Klabzuba (2002).

Produkce metanu z 1 hektaru jsou přepočítány z výnosu sušiny uvedené v grafu č. 3. Největší objem metanu, a to 5366,3 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> vyprodukovala odrůda Goliath, pěstovaná při meziřádkové vzdálenosti 25 cm, ve variantě přihnojené 160 kg N.ha<sup>-1</sup>. Tento výsledek korespondoval s prací Pazderů et al. (2014), kteří zjistili nejvyšší produkci bioplynu 239,3 m<sup>3</sup>.t<sup>-1</sup> taktéž u odrůdy Goliath. Kára et al. (2007) uvádí, že determinujícím faktorem pro produkci a kvalitu bioplynu (výnos metanu) je obsah vlákniny ve stéble, listech a částečně je ovlivňován i obsahem vlákniny v latě. S postupujícím zráním rostlin obsah těžko fermentovatelného ligninu stoupá a rozložitelnost vlákniny klesá. Vyšší podíl hůře odbouratelné celulózy rozkládá hydrolytickou acidogenní fází degradace, stejně tak v případě čiroku a kukuřice. Z tohoto důvodu je nutný obsah sušiny 30-33%. Čirok v experimentu dizertační práce dosahoval obsah sušiny v rozmezí 27 – 32 %. Autor dále uvádí, že kukuřice bývá výkonnější rostlinou pro výrobu bioplynu. Nejnižších hodnot objemu metanu z 1 hektaru u odrůdy Goliath bylo přepočteno na variantě pěstované na meziřádkové vzdálenosti 50 cm, hnojené 80 kg N.ha<sup>-1</sup>, a to 2695,6 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>.

V případě porovnání různých meziřádkových vzdáleností u obou odrůd, prokázaly porosty čiroku s meziřádkovou vzdáleností 25 cm vyšší produkci metanu ( $4334,7 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ ) než porosty vyseté v meziřádkové vzdálenosti 50 cm, u nichž byla zjištěna průměrná produkce  $3295,2 \text{ m}^3$  bioplynu z hektaru. V pokusech Hodovala (2015) je uvedeno, že nebyl zjištěn průkazný rozdíl v produkci metanu při pěstování čiroku z různých šíří řádků. Uvedl, že především záleželo na ročníku a podmínkách dané lokality. U variant výživy byla celkově průměrná produkce metanu v průměru obou odrůd nejvyšší u přihnojení  $160 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$  a to  $4579,7 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ , nejnižší byla na variantě hnojené  $80 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$   $3419,3 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ .

Celkový průměr výnosu metanu u čiroku cukrového dosahoval  $3839,4 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ . Hermuth et al. (2012) uvádějí, že celkový výnos z kukuřice se pohybuje v rozmezí  $1700\text{-}7000 \text{ m}^3$  metanu, u čiroku je o 6-16 % nižší. Pazderů et al. (2014) uvádějí celkový výnos metanu vyšší než bylo docíleno v našich pokusech a to  $5774,21 \text{ m}^3$ .

Dizertační práce pojednává o možnostech úspěšného pěstování čiroku cukrového, možnostech zvýšení výnosu suché nadzemní hmoty a použití této relativně dosud nepěstované plodiny v podmínkách České republiky pro silážní účely a účely produkce bioplynu. Jak již bylo nastíněno v dizertační práci, změna klimatu ovlivní posun a změnu druhového složení rostlinných druhů na Zemi (např. Araujo et al., 2006, Buisson et al., 2008, Huntley et al., 2008). Studie ukazují, že pěstované druhy již reagují na změny klimatu (Parmesan, 2006 a Maclean a Wilson, 2011) a očekává se, že na našem území budeme moci více využívat rostlinné druhy, které jsme v minulosti pěstovali jen okrajově. Čirok, který patří do teplomilných rostlin C3 fotosyntézy tak může v budoucnu nahradit v dnešní době velmi výkonnou kukuřici. Pokud porovnáme další plodiny v produkci biomasy a využitelné energie z hektaru, podle studie Jankowski et al. (2016) byl čirok v pokusech na severu Polska třetí nejvýkonnější rostlinou, hned po kukuřici a ozdobnici (*miscanthus*). Můžeme očekávat, že při nižším úhrnu srážek, suchých horkých létech dojde ke snížení výnosů kukuřice, i přes velmi propracovaný systém hnojení. Bez dostatku půdní vláhy nebudou tato hnojiva využita a rostliny nebudou dostatečně produktivní pro navrácení vložených prostředků. Čirok cukrový je vhodná alternativa pro produkci bioplynu a zabezpečení dostatečného množství silážní hmoty v nových klimatických podmínkách České republiky.

Stanovisko k vědeckým hypotézám:

### ***Hypotéza 1***

Chladový test a testy vitality jsou vhodné metody k výběru partie osiva pro časný výsev čiroku v podmínkách České republiky.

- **Hypotéza byla potvrzena.**

Z reakcí jednotlivých odrůd čiroku cukrového a čiroku zrnového na modifikovaný chladový test lze vybrat vhodné partie osiva pro časný výsev v podmínkách České republiky. Odrůda Zerberus reagovala na chladový test nejlépe. V porovnání s odrůdami náchylnějšími na nižší teploty při klíčení a vzcházení dosahovala v polních podmínkách statisticky vyšších výnosů.

### ***Hypotéza 2***

V sortimentu nabízených odrůd čiroku jsou vhodné odrůdy pro časný výsev

- **Hypotéza byla potvrzena**

V sortimentu nabízených odrůd se vyskytují odrůdy, které jsou tolerantnější k nižším teplotám v době klíčení a vzcházení. Odrůda Zerberus reagovala na pokles teploty na 12 °C snížením celkové klíčivosti na 85 %, což bylo o 22% více ve srovnání s odrůdou Maja, která reagovala nejvyšším poklesem celkové klíčivosti

### ***Hypotéza 3***

Vhodnou technologií pěstování čiroku cukrového lze v ČR dosáhnout vysokého výnosu sušiny pro produkci bioplynu.

- **Hypotéza byla potvrzena**

Z našich pokusů vyplývá, že vhodnou technologií pěstování při meziřádkové vzdálenosti 25 cm a dávce N 160 kg.ha<sup>-1</sup> lze dosáhnout výnosu 16,45 t sušiny z ha a produkci CH<sub>4</sub> o objemu 6378,32 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>.

## 6. Závěry a doporučení pro využití poznatků v praxi a další rozvoj vědního oboru

Čirok se pomalu zařazuje mezi plodiny výhodné pro pěstování v České republice, kdy ho lze chápat jako možnou alternativu k silážní kukuřici ve srážkově podprůměrných oblastech. V našich pokusech dosahovala odrůda Goliath při meziřádkové vzdálenosti 25 cm a dávce N 160 kg.ha<sup>-1</sup> výnosu 16,45 t sušiny z ha a produkce CH<sub>4</sub> 6378,32 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>.

Rozhodujícími faktory pro pěstování čiroku v podmínkách České republiky jsou teplota půdy v době setí a příchod prvních dešťových srážek, které zajistí dostatečné a rovnoměrné klíčení a vzcházení porostu. V našich pokusech se podařilo pomocí auxinových přípravků (tab. 7; graf 16), částečně omezit vliv teploty půdy. Rozhodujícím se tak stalo precizní načasování výsevu čiroku těsně před příchodem dešťových srážek.

Z našich pokusů vyplývá, že optimální termín setí nastává, když je teplota půdy alespoň 12°C, kdy navíc již nedochází k nebezpečí poškození vzešlých rostlin přízemními mrazíky. Jako velmi pozitivní se ukázala aplikace auxinových přípravků M-Sunagreen a Lexin, kdy ve srovnání s kontrolou mají pozitivní vliv na polní vzcháživost a energii klíčení.

Hloubka setí 3 cm byla potvrzena jako dostatečná hloubka pro kvalitní setí. V pokusech dizertační práce jsme dospěli k výsledku, že nejvhodnější meziřádková vzdálenost je 25 cm u čiroků cukrových a 50 cm u čiroků zrnových.

Při výběru dávky hnojení dusíkem jsme zjistili, že pro vysoký výnos nadzemní biomasy čiroku je vhodné využít hnojivo Urea Stabil před setím v dávce 80 kg N.ha<sup>-1</sup> a poté přihnojení ve stejné dávce ve fázi BBCH 35. Výsevek 220 000 semen byl u čiroku cukrového dostačující. Rovněž výsevek 360 000 semen u čiroku zrnového zajistí dostatečný počet rostlin na hektar. V obou případech je potřeba použít přesný pneumatický secí stroj, který zajistí přesné rozmístění semen v jednotlivých řádcích.

Do porostu čiroku není v současné době (rok 2016) registrovaný žádný herbicidní přípravek. V našich pokusech jsme velmi účinně redukovali polní plevel po vzejití čiroku (BBCH 14 a 15) přípravkem Banvel 480 S v dávce 0,5 l na ha<sup>-1</sup>. Významným problémem je, že uváděný přípravek působí pouze na dvouděložné plevely, takže pokud je pole zaplevelené *Echinochloa crus-galli* dochází k významnému poklesu produkce biomasy. V našich pokusech jsme tento problém řešili plečkováním.

Sklizeň se úspěšně provádí běžnou řezačkou na kukuřici. V našich pokusech docházelo v letech 2011 a 2012 k dozrání semen, která navzdory skutečnosti, že se jednalo o hybridní odrůdy čiroku, velice dobře klíčila.

Předpokládáme, že pěstování čiroku v našich podmínkách, s měnícím se průběhem počasí ve vegetačním období, bude mít v budoucnu velkou perspektivu nejen pro výnos biomasy k silážním účelům, ale i pro výrobu bioplynu.

Získané výsledky jsou dále ověřovány v poloprovozních a provozních podmínkách u vybraných pěstitelů v okrese Praha - východ, kteří uvažují o zařazení čiroku cukrového do jejich stálých osevních postupů pro budoucí zajištění dostatku biomasy pro dojnice a bioplynové stanice.

## 7. Literární přehled

1. Akman, Z. (2009): Comparison of High Temperature Tolerance in Maize, Rice and Sorghum Seeds by Plant Growth Regulators, *Journal of Animal and Veterinary Advances*, p. 358-361.
2. Amon, Th, Kryvoruchko, V., Amon, B., Zollitsch, W., Mayer, K., Buga, S., Amid, A., (2003): Biogaserzeugung aus Mais – Einfluss der Inhaltsstoffe auf das spezifische Methanbildungsvermögen von früh bis spatreifen Maissorten In: Bericht über die 54. Tagung 2003 der Vereinigung der Pflanzenzüchter und Saatgukaufleute Österreichs BAL Gumpenstein, 25.-27. November. p. 1-10.
3. Araujo, M. B., Thuiller, W., Pearson, R.G. (2006): Climate warming and the decline of amphibians and reptiles in Europe *J. Biogeogr.*, 33, p. 1712–1728
4. Berti, M.T., Johnson, B.L. (2008): Seed germination response of cuphea to temperature, *Industrial Crops and Products*, p. 17-21
5. Brar, G. S., Steiner, J. L., Unger, P. W., Prihar, S. S. (1992): Modeling sorghum seedling establishment from soil wetness and temperature of drying seed zones. *Agronomy Journal*, 84(5), 905-910
6. Brar, G. S., Stewart, B.A., (1994): Germination under controlled temperature and field emergence of 13 sorghum Cultivars, *Crop Science*, p. 1336-1340.
7. Cox, W. J., Cherney, D. J. R. (2001): Row spacing, plant density, and nitrogen effects on corn silage. *Agron. J.* 93, p. 597–602
8. Čermák, B., Lád. F. (2006): Výroba kvalitních siláží. *Agromagazín* 7, s. 60-63
9. Doggett, H. (1995): *Sorghum Tropical agriculture series*. Longman Scientific & Technical. Essex. 512 s. ISBN: 0582463459.

10. Dohanyos, M. (1998): Anaerobní čistírenské technologie. Noel. Brno. 343 s. ISBN: 8086020193.
11. Esehie, H. A. (1994): Interaction of salinity and temperature on the germination of sorghum, *Journal of Agronomy and Crop Science – Zeitschrift Fur Acker Und Pflanzenbau*. s. 194 – 199
12. Golubinova, I., Vasilevska-Ivanovna, R. (2008): Temperature effect on seed inhibition in sorghum, *Comptes Rendus de l'Academie Bulgare des Sciences*, p. 1491-1496
13. Guérif, M., Manchet, J.M., Driulin, J. F. (1995): Utilisation de la télédétection pour caractériser le statut azoté des cultures de betteraves sucrières. 58 Congrès IIRB. 19-22. Juin. str. 551-555.
14. Haš, S., Adamovský, R., Andert, D., Berounský, B., Bouček, J., Hutla, P., Jelínková, H., Jevič, P., Kára, J., Kosek, J., Pázral, E., Pick, E., Ruml, M., Souhrada, J. (1985): *Energie v zemědělství. Státní zemědělské nakladatelství. Praha. 384 s. ISBN: není uvedeno.*
15. Hermuth, J. (2010): Čirok Znovu vzkříšená plodina v ČR. *Agromanuál. 2/2010. 62-65.*
16. Hermuth, J., Janovská, D., Strašil, Z., Ušřak, S., Hýsek, J. (2012): ČIROK OBECNÝ *SORGHUM BICOLOR* (L.) MOENCH, možnosti využití v podmínkách České republiky. Výzkumný ústav rostlinné výroby. v.v.i. Praha – Ruzyně.
17. Hodoval, J. (2015): Využití čiroku cukrového na výrobu bioplynu. *Dizertační práce. ČZU. s. 80-95*
18. Hodoval, J. Pulkrábek, J. (2012): Nepotravinářské využití čiroku cukrového v podmínkách ČR. *Úroda 10/2012. 51-54 s.*



19. Hosnedl, V. (2003): Klíčivost a vzcházivost osiva, in Osivo a Sadba, s. 24-29
20. House, H. (2007): Alternative energy sources – Biogas production. London Swine Conference – Today's Challenges Tomorrow's Opportunities 3. 4 April 2007, p. 119-128
21. Huntley, Y.C. Collingham, S.G. Willis, R.E. (2008): Green Potential impacts of climatic change on European breeding birds PLoS One, 3 (1), p. e1439
22. Ivanišová, E. (2009): Biologicky cenné zložky obilnín a pseudoobilnín. Agromagazín,10: s. 18-22.
23. Jain, M., Prasad, P.V.V., Boote, K.J. (2007): Effects of season-long high temperature growth conditions on sugar-to-starch metabolism in developing microspores of grain sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench), Planta 227: 67. doi:10.1007/s00425-007-0595-y
24. Jambunathan R., Subramainian V. (1988): Grain quality and utilisation of sorghum and pearl millet. In: Biotechnology workshop, Pantacheru, India, Pantacheru ICRISAT, 12-15 January 1988, p. 133-139.
25. Jančovič, J., Durková, E., Vozár, L. (2005): Pěstovanie poľných krmovín. ÚVTIP – NOI. Bratislava. 100 s. ISBN:8089088406
26. Jankowski, K.J. , Dubis, B., Budzyński, W.S., Bórawski, P., Bułkowska, K. (2016): Energy efficiency of crops grown for biogas production in a large-scale farm in Poland. Energy. Volume 109, 15 August 2016, p. 277–286. DOI: 10.1016/j.energy.2016.04.087
27. Kameník, K. (2012): Využití cíleně pěstovaných rostlin na produkci bioplynu, Diplomová práce, Česká zemědělská universita v Praze. Praha. S.100
28. Kanemasu, E. T., Bark, D. L., Chin Choy, E. (1975): Effect of soil temperature on sorghum emergence. Plant Soil 43: 411. doi:10.1007/BF01928503

29. Kára J., Pastorek Z., Příbyl E. (2007): The Production and Utilization of Biogas in Agriculture. VÚZT, Praha, 120.
30. Kára, J. (2005): Energetické rostliny: technologie pro pěstování a využití. Výzkumný ústav zemědělské techniky. Praha. 81 s. ISBN:8086884066
31. Kazda, J., Mikulka, J., Prokinová, E. (2010): Encyklopedie ochrany rostlin. Prosfí Press s.r.o., Praha. ISBN: 978-80-86726-34-2
32. Kilcer, T. F., Ketterings, Q. M., Cherney, J. H., Cerosaletti, P., Barney, P. (2005): Optimum stand height for forage Brown Midrib Sorghum x Sudangrass in North-eastern USA. Journal of Agronomy and Crop Science. 3/2005. s. 35-40
33. Kolář, L., Vaněk, V., Kužel, S. (2010): Využití odpadů z bioplynových stanic. Racionální použití hnojiv - sborník z konference, ISBN 978-80-213-2006-2
34. Koubová, D. (2012): Digestát jako zdroj fosforu [online] Vystaveno: prosinec 2012 [cit: 23-1-2013]. Dostupné z: <<http://www.agro-navigator.cz/default.asp?ch=1&typ=1&val=124008&ids=114>>
35. Kožnarová, V., Klabzuba, J. (2002): Doporučení WMO pro popis meteorologických, resp. klimatologických charakteristik. Rostlinná výroba. 48(4): 190-192
36. Krenchinski, F. H., Albrecht, A. J. P., Albrecht, L. P., Villetti, H. L., Orso, G., Barroso, A. A. M., Victoria Filho, R. (2015): Germination and dormancy in seeds of sorghum halepense and Sorghum arundinaceum. Planta Daninha. (33): 2, p. 223-230
37. Křováček, J., Černý, L. (2007): Sunagreen v regulaci růstu jarního ječmene. Sborník z konference „Jarní ječmen – perfektní obilnina pro ČR“, 13.-16.2.2007. ČZU. s. 29-30.

38. Kuthan, A. (2010): Ochrana čiroku proti škodlivým činitelům. Kukuřičné listy. 4/2010. 3.
39. KWS (2010): Bioplyn Základy kvasné biotechnologie KWS. [on-line]. Vystaveno: květen 2010 [cit. 23-01-2013]. Dostupné z: <http://www.kws.cz/aw/KWS/czechia/-268-irok/~bnsr/>
40. Leslie, J. F. (2002): Sorghum and millets diseases. Wiley-Blackwell. Ames, Iowa. 504 s. ISBN 0813803896
41. Lošák, T. (2006): Fertilisation of narrow-leaf lupine with nitrogen compounds and its effect on yields and quality of seeds. Chemické Listy 100 (7), pp. 515-518
42. Lovelli, S., Monteleone, M., Posca, G., Perniola, M. (2008): Nitrogen Balance During Sweet Sorghum Cropping Cycle as Affected by Irrigation and Fertilization Rate. Dipartimento di Scienze dei Sistemi Colturali, Forestali e dell' Ambiente, Università della Basilicata. Potenza. 260 s.
43. Mackie, R. I., Bryant, M. P. (1981): Metabolic activity of acetate, propionát, butyrate and CO<sub>2</sub> to methanogenesis in cattle waste at 10 and 60°C; Appl. Environ. Microbiol., 41(6), 1363-1373.
44. Maclean, I. M. D., Wilson R. J. (2011): Recent ecological responses to climate change support predictions of high extinction risk Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A., 108, pp. 12337–12342
45. McClure, B. (2013): Sorghum Fertility Management. [on-line] Vystaveno: leden 2013 [cit: 23-1-2013] Dostupné z: <https://www.pioneer.com/home/site/ca/template.CONTENT/products/sorghum/production-manual/guid.AE3799A5-A380-492A-B5DF-1D49E8B1735B>
46. McDonald, M.B. (1995): Principles of Seed Science and Technology. Seed Enhancement. Chapman and Hall, New York Eshie, H.A., 1994: Interaction

of salinity and temperature on the germination of sorghum, *Journal of Agronomy and Crop Science-zeitschrift fur Acker und Pflanzenbau*, p. 194-199.

47. Meija, M., Bhashyam, M., Ali, S. (1995): Effect of heat treatment of sorghum grains on storage stability of flour. *LWT-FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY*. 44. P. 2199-2204.
48. Moudrý, J., Jůza, J. (1998): Pěstování obilnin. Jihočeská Universita. České Budějovice. 90 s. ISBN: 80-7040-274-1
49. Mutava, R., Prasad, P., Tunistra, M., Kofouid, M., Yu, J. (2011): Charakterization of sorghum genotypes for traits related to drought tolerance. *Field Crops Research*. 123. P. 10-18
50. MZe (2015): Dobrý zemědělský a environmentální stav půdy (DZES), [on-line] [cit: 23-1-2016], Dostupné z: <http://eagri.cz/public/web/mze/dotace/kontroly-podm-inenosti-cross-compliance/dokumenty-ke-stazeni/rok-2015/>.
51. Nakamura, S., Nakajima, N., Nitta, Y., Goto, Y. (2011): Analysis of Successive Internode Growth in Sweet Sorghum Using Leaf Number as a Plant Age Indicator. *PLANT PRODUCTION SCIENCE*. 14. P. 299-306
52. Novák, R. (1997): *Kronika plynárenství*. Milpo. Praha. 104 s. ISBN: 809017499X.
53. Obilana A. B. (2004): Sorghum: Breeding and agronomy. In: Wrigley C, Corke H, Walker C: *Encyclopedia of Grain Science*,. Oxford, UK, Academic Press.
54. Parmesan, C. (2006): Ecological and evolutionary responses to recent climate change *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.*, 37, p. 637–639.
55. Pastorek, Z., Kára, J., Jevič, P. (2004): *Biomasa obnovitelná zdroj energie*. FCC Public s.r.o. Praha. 288 s. ISBN: 8086534065.

- 56.** Patanè, C., Cavallaro, V., Avola, G., D'Agosta, G. (2006): Seed respiration of sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) during germination as affected by temperature and osmoconditioning, *Seed Science Research*, p. 251-260.
- 57.** Patanè, C., Saita, A., Tubeileh, A. et al. *Acta Physiol Plant* (2016): Modeling seed germination of unprimed and primed seeds of sweet sorghum under PEG-induced water stress through the hydrotime analysis. 38: 115. doi:10.1007/s11738-016-2135-5
- 58.** Paterson, A. H., Bowers, J. E., Bruggmann, R., Dubchak, I., Grimwood, J., Gundlach, H., Schmutz, J. (2009): The *Sorghum bicolor* genome and the diversification of grasses. *Nature*, 457(7229), p. 551-556.
- 59.** Pazdera, J. (2002): Speciální úpravy osiv In Houba, M., Hosnedl, V., *Osivo a sadba*. Ing. Martin Sedláček, Praha, s. 124-130.
- 60.** Pazderů, K. Hodoval, J. Urban, J. Pulkrábek, J., Pačuta, V., Adamčík, J. (2014): The influence of sweet sorghum crop stand arrangement on biomass and biogas production. *Plant soil and environment*. Vol. 60, 2014, No. 9: 433–438
- 61.** Pazderů, K., Hosnedl, V. (2011): Vitalita jako základní informace o kvalitě osiva. *Osivo a Sadba – sborník referátů*. Česká zemědělská univerzita v Praze. Praha. 235 s. ISBN:978-80-213-2153-3
- 62.** Petr, J., Húska, J. (1997): *Rostlinná výroba I. JH+C*. Kralupy nad Vltavou. 197 s. ISBN: 802130152X.
- 63.** Petříková, V., Sladký, V., Stražil, Z., Šafařík, M., Ust'ak, S., Váňa, J. (2006): *Energetické plodiny*. Profi Press, Praha. 127 s. ISBN: 8086726134.
- 64.** Podrábský M. (2011): *Posterová prezentace – využití čiroků*, VÚRV Praha – Ruzyně 24. 2. 2011

65. Price, E. C., Cheremisinoff, P. (1981): Biogas production and utilization. Ann Arbor Science Publishers. Ann Arbor. 146 s. ISBN: 025040334X.
66. Prugar, J. (2008): Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí. Výzkumný ústav zemědělských a potravinářských informací. Praha. 53 s. ISBN:7271-023-0
67. Pulkrábek, J. (1998): Možnosti stanovení změn obsahu chlorofylu v listech řepy cukrové (*Beta vulgaris* L.) chlorofylmetrem Minolta. Scientia Agriculturae Bohemica. 11/1998. 1-15 s.
68. Rajki-Siklósi, E. (2003): Grain sorghum and silage sorghum breeding objectives. XVI. Maize and Sorghum Eucarpia Conf., Bergamo, p. 173-188.
69. Reddy, P., S., Reddy, B., V., S., Rao, P., S. (2011): Genetic Analysis of Trait Contributing to Stalk Sugar Yield in Sorghum. Cereal Research Communications. 39. p. 453-464.
70. Sanderson, M. A., Jones, R.M., Ward, J. Wolfe, R. (1992): Silage sorghum performance trial and Stephenville, p. 453.
71. Sleper, D. A., Poehlman, J. M. (2006): Breeding field crops. Wiley-Blackwell. Ames Iowa. 424 s. ISBN: 9780813824284.
72. Smatanová M. (2012): Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, Brno sekce úřední kontroly – Zemědělec 18/2012. 22-23 s.
73. Smith, C. W., Frederiksen, R. A. (2001): Sorghum: Origin, History, Technology, and Production. John Wiley and Sons. Oxford. 824 s. ISBN: 9780471242376.
74. Starasts, A. (2011): Sorghum - Nutrition, irrigation and harvest issues. [on-line] Vystaveno: říjen 2011[cit: 23-1-2013] Dostupné z: <  
[http://www.daff.qld.gov.au/26\\_3934.htm](http://www.daff.qld.gov.au/26_3934.htm)>

- 75.** Starasts, A. (2011): Sorghum - Nutrition, irrigation and harvest issues. [on-line]  
Vystaveno: říjen 2011[cit: 23-1-2013] Dostupné z: <  
[http://www.daff.qld.gov.au/26\\_3934.htm](http://www.daff.qld.gov.au/26_3934.htm)>
- 76.** Straka, F. (2003): Bioplyn – příručka pro výuku, projekci a provoz bioplynových stanic. GAS s.r.o. Říčany. 517 s. ISBN: 8073280299.
- 77.** Straka, F., Ciahotný, K., Dohányos, M., Jeníček, P., Kajan, M., Lacek, P., Zábranská, J. (2010): Bioplyn III. GAS s.r.o. Praha. 305 s. ISBN: 9788073282356.
- 78.** Straka, F., Dohányos, M., Zábranská, J., Jeníček, P., Dědek J., Malijevský, A., Novák, J., Oldřich, J., Kunčarová, M. (2006): Bioplyn – příručka pro výuku, projekci a provoz bioplynových stanic. 2. vyd. GAS s.r.o. Praha. 706 s. ISBN:8073280906
- 79.** Straka, F., Kratochvílová, Z., Habart, J., Sladký, V., Jelínek, F., Rosenberg, T., Stupavský, V., Dvořáček, T. (2009): Průvodce výrobou a využitím bioplynu.: CZ. Biom- České sdružení pro biomasu. Praha. 155 s. ISBN: 9788090277752.
- 80.** Stražil, Z. (1999): Energetické rostliny -2- Čirok. [on-line] Vystaveno: březen 1999 [cit: 27-3-2013] Dostupné z: <<http://stary.biom.cz/biom/6/strasil.html>>.
- 81.** Stražil, Z., V. Váňa, Káš, M. (2005): "The reed canary grass (*Phalaris arundinacea* L.) cultivated for energy utilization." Res Agric Eng 51.1 p. 7-12.
- 82.** Stuchlík, V. (1951): O čiroku cukrovém a jeho využití v průmyslové výrobě. Brázda, nakladatelství Jednotného svazu českých zemědělců, Praha. 74 s. ISBN: neuvedeno.
- 83.** Škaloud, J., Hudák, J., Kumstýř, K., Vondřejec, J. (1971): Rostlinná výroba. Státní zemědělské nakladatelství. Praha. 506 s. ISBN neuvedeno.
- 84.** Špaldon, E. (1954): Teplomilné a špeciálne rastliny. Štátne pôdohospodárske nakladateľstvo. Bratislava. 321 s. ISBN neuvedeno.

85. Štěpánek, P. (2011): Čirok plodina s perspektivou. Agromanuál. 2/2011. s. 48-50
86. Šuk, J., Balík J. (1998): Kukuřice. VP AGRO. Kněžves. 131 s. ISBN 8086153991
87. Teriaki, I., Buyukcingil , Y. (2009): Seed priming combined with plant hormones: influence on germination and seedling emergence of sorghum at low temperature, Seed Science and Technology, p. 303-315.
88. Tomášek, J., Cihlář, P., Adamčík, J. (2014): Využití různých způsobů hnojení pro úspěšné pěstování kukuřice. Úroda, r. 62, č. 3, s. 76-78. ISSN: 0139-6013.
89. Tóth Š. (2014): Čirok alepský *Sorghum halepense* (L.) Pers. a cukrová řepa. Listy cukrovarnické a řepařské, 130, (4): s. 132–136.
90. Váňa, J. (2007): Využití digestátů jako organického hnojiva. Biom.cz [online]. Vystaveno 2007-04-25 [cit. 24-03-2013]. Dostupné z <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vyuziti-digestatu-jako-organickeho-hnojiva>>.
91. Váňa, J., Slejška, A. (1998): Bioplyn z rostlinné biomasy. Ústav zemědělských a potravinářských informací. Praha. 40 s. ISBN:8086153924.
92. Vaněk, V., Balík, J., Černý, J., Pavlík, M., Pavlíková, D., Tlustoš, P., Valtera, J. (2012): Výživa zahradních rostlin. Academia Praha. ISBN 978-80-200-2147-2.
93. Vaněk, V., Balík, J., Pavlíková, D., Tlustoš, P. (2007): Výživa polních a zahradních plodin, Profi Press, Praha, 167 s., ISBN 976-80-86726-25-0
94. Vanneste S., Friml J. (2009): Auxin: A trigger for change in plant development. Cell, 136: p. 1005–1016
95. Vencl, M., Svobodová, L. (2009): Čirok na siláž i výrobu bioplynu. Zemědělec. 10/2009. 21.



- 96.** Wall, S., Ross., M. (1970): Sorghum Production and Utilization – Major Feed and Food Crops in Agriculture and food series. The avi Publishing company, Inc. Westport Connecticut. 702 p. ISBN: 87055-069-1
- 97.** Waniska, R.D., Ring, A.S., Doherty, C. A., Poe, J. H., Rooney, L.W. (1988): Inhibitors in Sorghum biomass during growth and processing into fuel. Biomass. 15(3): p. 155-164
- 98.** Wiedenfeld, R. P. (1984): Nutrient requirements and use efficiency by sweet sorghum. Energi Agric , 3, 49 – 59 s.
- 99.** Wortmann Ch. S., Richard B., Ferguson, G. W., Hergert, Ch. A., Shapiro, T. M. Shaver. L. (2013): Nutrient Management Suggestions for Grain Sorghum 2013 [on-line] Vystaveno: leden 2013 [cit: 23-1-2013] Dostupné z: <<http://www.ianrpubs.unl.edu/epublic/pages/publicationD.jsp?publicationId=671>>.