Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra agroekologie a rostlinné produkce

Česká zemědělská univerzita v Praze

Možnosti stimulace osiva čiroku zrnového

Bakalářská práce

Šárka Vosáhlová
Ekologické zemědělství

Ing. Jaroslav Tomášek, Ph.D.

© 2021 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Možnosti stimulace osiva čiroku zrnového" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne datum odevzdání _____

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala Ing. Jaroslavu Tomáškovi, Ph.D. za vedení a cenné rady při vypracovávání této práce.

Možnosti stimulace osiva čiroku zrnového

Souhrn

Rešeršní část této bakalářské práce byla zaměřena zejména na problematiku klíčení osiva čiroku zrnového (*Sorghum bicolor* var. *Eusorghum*), na různé možnosti stimulace osiva a jejich vliv na dozrávání zrna. Dále byl v rešeršní části charakterizován čirok zrnový, jeho význam a možnosti využití. Byl zde také popsán růstový a vývojový cyklus této plodiny. Bylo zjištěno, že čirok zrnový je velmi významnou a odolnou plodinou s širokým využitím. V experimentální části práce byla zkoumána klíčivost semen různých odrůd zrnového čiroku. Použita zde byla odrůda Arsenio, Express a Tonkawa. Pokusy probíhaly v klimaboxech v laboratořích FAPPZ ČZU. Následně byla odrůda Arsenio vyhodnocena jako nejvhodnější k dalším pokusům. Neošetřené osivo této odrůdy vykazovalo za světla zhruba o 10 % vyšší klíčivost než ostatní odrůdy. U odrůdy Arsenio byly provedeny testy klíčivosti po ošetření podpůrnými přípravky. Jako podpůrné přípravky zde byly použity Lexin, M-Sunagreen a FIX-H+N. Tento pokus, spolu s polním pokusem, probíhal ve Výzkumné stanici Červený Újezd. Výsledky ukázaly, že nejvyšší klíčivosti dosahovala odrůda Arsenio po ošetření přípravkem M-Sunagreen. Průměrná klíčivost osiva odrůdy Arsenio, které bylo ošetřeno přípravkem M-Sunagreen, byla o 13,33 % vyšší než u neošetřeného osiva této odrůdy. Na základě těchto poznatků, byla poté odrůda Arsenio, společně s odrůdou Nutrigrain, ošetřena podpůrnými přípravky a sledována v polním pokusu. V polním pokusu byly použity přípravky Lexin a M-Sunagreen.

Klíčová slova: Lexin, stimulace, zrno, klimatické změny, podpůrný přípravek

Possibilities of stimulating sorghum seeds

Summary

Theoretical part of this theses was focused primarily on problematics of germination of grain sorghum (*Sorghum bicolor* var. *Eusorghum*) seeds, various posibilities of stimulating sorghum seeds and their impact on ripening of the grain. In the theoretical part, there was also characterized sorghum, development and growth of this crop, its importance and posibilities of usage. It was discovered, that sorghum is a very important highly resistent crop with many possibilities of usage. In the experimental part of this theses, the germination of different grain sorghum varieties was examined. The sorghum variety Arsenio, Express and Tonkawa were used in this part of the experiment. The experiment was done in climaboxes in the laboratories of FAPPZ. Sorghum variety Arsenio was evaluated as the best for further research. Untreated seeds of the Arsenio variety germinated with a rate that was about 10 % higher than germination rate of the other varieties. The germination of this variety after treatment with supportive preparations, was examined. Lexin, M-Sunagreen and FIX-H+N were used as the supportive preparations. This examination, along with the field experiment, took part at the research site in Červený Újezd. The results has shown, that the Arsenio variety treated with M-Sunagreen had the best germination rate. The average germination rate of the variety Arsenio, that was treated with M-Sunagreen, was about 13,33 % higher than germination rate of untreated seeds of this variety. Based on these results, the Arsenio variety was then, together with Nutrigrain variety, treated with supportive preparations and studied in field experiment. Lexin and M-Sunagreen were used in the field experiment.

Keywords: Lexin, stimulation, grain, climate change, supportive preparation

Obsah

1 Úvod ..... - 1 -

2 Cíl práce ..... - 2 -

3 Literární rešerše ..... - 3 -

3.1 Botanická charakteristika čiroku zrnového ..... - 3 -

3.1.1 Kořenová soustava ..... - 3 -

3.1.2 Stonek ..... - 4 -

3.1.3 Listy ..... - 4 -

3.1.4 Květ ..... - 4 -

3.1.5 Zrno ..... - 4 -

3.2 Význam a využití ..... - 5 -

3.2.1 Sorgoleon ..... - 5 -

3.2.2 Potravinářství ..... - 7 -

3.2.3 Krmivářství ..... - 8 -

3.2.4 Výroba biopaliv ..... - 8 -

3.2.5 Další možnosti využití ..... - 9 -

3.3 Růst a vývoj ..... - 9 -

3.3.1 Klíčení a vzcházení ..... - 9 -

3.3.1.1 Faktory ovlivňující klíčení a vzcházení ..... - 10 -

3.3.2 Fáze růstu ..... - 11 -

3.3.2.1 Fáze GS I ..... - 11 -

3.3.2.2 Fáze GS II ..... - 11 -

3.3.2.3 Fáze GS III ..... - 12 -

3.4 Problematika klíčení ..... - 14 -

3.5 Možnosti stimulace osiva ..... - 15 -

3.5.1 Priming ..... - 15 -

3.5.1.1 Halopriming ..... - 15 -

3.5.1.2 Hydropriming ..... - 16 -

3.5.1.3 Osmopriming ..... - 16 -

3.5.2 Máčení ve vodě ..... - 17 -

3.5.3 Ošetření osiva pomocí přípravků ..... - 17 -

3.5.3.1 Lexin ..... - 17 -

3.5.3.2 M-Sunagreen ..... - 17 -

3.5.3.3 FIX-H+N ..... - 18 -

3.6 Vliv stimulace osiva na dozrávání zrna ..... - 18 -

4 Metodika ..... - 19 -
4.1 Testy klíčivosti ..... - 19 -
4.1.1 Test klíčivosti – laboratoře FAPPZ ..... - 19 -
4.1.2 Test klíčivosti – Výzkumná stanice Červený Újezd ..... - 19 -
4.2 Polní pokus ..... - 20 -
4.2.1 Varianty ..... - 20 -
4.2.2 Agrotechnika ..... - 20 -
4.3 Meteorologické údaje ..... - 21 -
4.3.1 Průměrná teplota vzduchu ..... - 21 -
4.3.2 Srážkový úhrn ..... - 21 -
4.4 Výzkumná stanice Červený Újezd ..... - 22 -
5 Výsledky ..... - 22 -
5.1 Test klíčivosti – laboratoře FAPPZ ..... - 22 -
5.2 Test klíčivosti – Výzkumná stanice Červený Újezd ..... - 22 -
5.3 Polní pokus ..... - 23 -
5.3.1 Průměrná hmotnost čerstvých lat ..... - 23 -
5.3.2 Průměrná hmotnost lat po usušení ..... - 24 -
6 Diskuze ..... - 24 -
6.1 Test klíčivosti – laboratoře FAPPZ ..... - 24 -
6.2 Test klíčivosti – Výzkumná stanice Červený Újezd ..... - 25 -
6.3 Obsah sušiny ..... - 25 -
6.4 Cíle ..... - 26 -
6.5 Směr dalšího výzkumu ..... - 26 -
7 Závěr ..... - 27 -
8 Literatura ..... - 28 -

1 Úvod

Čirok je významnou plodinou, která je velmi odolná vůči suchu a vysokým teplotám (Prasad et al. 2019). Vzhledem k měnícím se klimatickým podmínkám, by mohl být čirok v budoucnu plodinou, která nahradí kukuřici (Adamčík et al. 2016). Z důvodu snižování výměry úrodné půdy a nedostatku sladké vody je čirok čím dál populárnější (Zhanguo et al. 2019). Čirok je jednou z nejdůležitějších obilovin pěstovaných v semiaridních tropických oblastech Asie, Afriky, Austrálie a Ameriky za účelem produkce potravin, krmiva, píce a paliva (Kumar 2019). Světová produkce čiroku, se díky jeho odolnosti vůči nepříznivým podmínkám, každým rokem zvyšuje. Tento nárůst je způsoben také neustálým vývojem nových odrůd, které jsou odolné vůči škůdcům a chorobám (Arkin et al. 1976). Celosvětového pěstování čiroku může být dosaženo vyšlechtěním odrůd, které budou odolnější vůči nepříznivým podmínkám prostředí, budou mít vyšší výnosy a vyšší kvalitu zrna (Zhanguo et al. 2019). Přizpůsobivost produkce čiroku ke klimatickým změnám, může být zlepšována na základě lepšího porozumění biologickým základům tolerance čiroku vůči abiotickým stresům (Prasad et al. 2019). Výnosy čiroku celosvětově snižuje zejména nedostatek vláhy v důležitých fázích vývoje rostliny. Dalšími významnými abiotickými stresy, které na čirok mohou působit, jsou nízké nebo vysoké teploty, nedostatečná úrodnost půdy a kompozice půdy, zejména pH půdy a obsah mikronutrientů (Hoffmann & Rooney 2019). Na úrodu čiroku mohou mít vliv také agrotechnické úpravy, genotyp osiva a vlivy prostředí (Ciampitti et al. 2019).

Čirok je významný svým širokým využitím (Konvalina et al. 2007). V potravinářství nachází využití ve výrobě bezlepkových produktů (Alavi et al. 2019). Zrno čiroku obsahuje velké množství vitaminů a jiných prospěšných látek, je proto žádoucí zařadit ho do lidské stravy (Trojánková 2011). V průmyslu nachází čirok využití při výrobě biopaliv a lepidel (Trojánková 2011; Staggenborg 2019). Velký význam má využití čiroku v krmivářství (Selle et al. 2021). Vzhledem ke zvyšující se poptávce po masných produktech, je třeba zajistit rychlý a kvalitní růst hospodářských zvířat (Trojánková 2011). Čiroková krmiva zajišťují vysoké a kvalitní přírůstky hmotnosti zvířat. Zároveň jsou čiroková krmiva odolnější vůči plísním než krmiva kukuřičná a jsou proto vhodná i pro dojnice (Ronda et al. 2019).

V klimatických podmínkách České republiky je pěstování čiroku limitováno nízkými teplotami na začátku jara (Adamčík et al. 2016). Klíční rostlinky čiroku nejsou odolné vůči přízemním mrazům, které v období jejich růstu hrozí (Zhanguo et al. 2019). Z tohoto důvodu se v České republice vysévá čirok později (Adamčík et al. 2016). Z důvodu pozdějšího výsevu ale čirok nemusí stihnout v létě dozrát. Proto je důležité najít vhodnou metodu předseťové úpravy osiva, aby čirok vzcházel co nejrychleji a nejrovnoměrněji a později úspěšně dozrával (Ciampitti et al. 2019). Vhodnou předseťovou úpravou je ošetření osiva biologickými přípravky. K tomuto účelu se používají zejména přípravky Lexin a M-Sunagreen (Adamčík et al. 2016).

2 Cíl práce

Cílem práce bylo popsat v rešeršní části možnosti stimulace osiv, jejich vliv na růst rostlin a dozrávání zrna. Dalším cílem práce bylo ověřit dvě úpravy osiv čiroku v podmínkách maloparcelkového pokusu.

3 Literární rešerše

Čirok, je díky své schopnosti vytvářet vysokou úrodu i v nepříznivých podmínkách, velice populární (Prasad et al. 2019). Díky své odolnosti vůči suchu a nízkým nárokům na vláhu, by mohl být v budoucnu široce využíván v suchých oblastech, kde by mohl částečně nahradit kukuřici (Adamčík et al. 2016). Přesto, že je čirok přirozeně víceletý, pěstuje se jako jednoletá plodina (Gerik at al. 2003). V suchých oblastech České republiky je využití čiroku omezeno nízkými teplotami v období výsevu a klíčení. Tyto teploty inhibují klíčení a mohou zahubit již vzešlé klíční rostlinky. Zvýšení odolnosti semen vůči nízkým teplotám lze dosáhnout jejich ošetřením různými podpůrnými přípravky. Předseťové ošetření osiva zajistí rychlé a jednotné klíčení a vzcházení (Adamčík et al. 2016). Tato úprava osiva rovněž rozšíří odolnost osiva vůči nepříznivým podmínkám. Čirok má poměrně široké využití, může sloužit jako krmivo pro skot, surovina na výrobu bioplynu nebo jako potravina (Podrábský 2017). Pro dosažení vysoké úrody je třeba znát vývoj a anatomii čiroku (Prasad et al. 2019). Dalším důležitým předpokladem vysokých výnosů je použití kvalitního osiva a dostatečná zásoba dusíku v půdě (Adamčík et al. 2016).

3.1 Botanická charakteristika čiroku zrnového

Čirok zrnový (*Sorghum bicolor* var. *Eusorghum*) je odolná jednoděložná plodina z čeledi lipnicovitých. Oproti ostatním druhům čiroku má zrnový čirok nižší vzrůst a vyšší výnosy (Gerik at al. 2003). Výška dospělých rostlin čiroku zrnového je 70-110 cm (Hermuth et al. 2012). Silně vyvinutá kořenová soustava čiroku umožňuje absorpci živin a vody, a tím přežití nepříznivých podmínek (Hermuth 2020). Stejně jako kukuřice tvoří čirok vzdušné kořeny, které zamezují poléhání rostliny (Gerik at al. 2003). Oproti kukuřici je ale kořenový systém čiroku zrnového výrazně rozsáhlejší (Hermuth 2020). Stonkem čiroku je hladké, silné a tvrdé stéblo, které je rozděleno na články a pokryto voskovým povlakem. Listy, rovněž pokryté voskovým povlakem, jsou 50–80 cm dlouhé a 5–10 cm široké (Hermuth et al. 2012). Květem zrnového čiroku je vzpřímená lata.

3.1.1 Kořenová soustava

Kořenový systém čiroku je velmi podobný kukuřici (Hermuth 2020). Čirok má velice mohutný kořenový systém s velkým rozsahem kořenového vlášení, které rostlině umožňuje přijímat živiny z široké plochy a hloubky ornice (Gerik at al. 2003). Kořeny zasahují až do hloubky 170 cm a šířky 120 cm (Hermuth et al. 2012). Primární kořeny jsou velmi málo větvené, objevují se během klíčení a postupně odumírají (Gerik at al. 2003). Z prvního nodu později vyrůstají sekundární kořeny, které tvoří základ kořenového systému. Ze spodních nod na stéble mohou za nepříznivých podmínek vyrůstat opěrné kořeny, které nepřijímají živiny ani vodu (Hermuth et al. 2012). Tento typ kořenů zabraňuje poléhání rostlin při silných větrech (Hermuth 2020).

3.1.2 Stonek

Stonek čiroku tvoří článkované stéblo, které u zrnových odrůd dorůstá výšky 70-110 cm (Hermuth 2020). Vysoké druhy čiroku mohou dorůstat až do výšky přes 250 cm. Tvrdé a silné stéblo, které má průměr od 1 do 3 a více cm, je na povrchu inkrustováno křemičitany a má lesklý povrch (Hermuth et al. 2012). Stéblo je rozděleno nody na internodia (Gerik at al. 2003). Počet internodií závisí na výšce stébla a ranosti odrůdy, pohybuje se od 5 do 20 internodií (Hermuth et al. 2012). Odrůdy s nižším počtem článků jsou ranější než odrůdy s vysokým počtem článků. U každého nodu, kromě nodu pod praporcovým listem, se vytváří pupen, ze kterého mohou vyrůstat sekundární stébla (Gerik at al. 2003). Tyto odnože se vyskytují hlavně v řidkých porostech na půdách s dostatkem živin (Hermuth 2020). Dle počtu sekundárních stébel rozlišujeme čiroky slabě, středně a silně odnožující (Hermuth et al. 2012). Vnitřní výplň stébla tvoří dřeň, která stéblo zpevňuje a postupem času vysychá (Hermuth 2020).

3.1.3 Listy

Listy jsou u čiroku zrnového rovnoměrně rozloženy po celé délce stonku a dosahují délky 40-80 cm (Hermuth et al. 2012). Prostředkem listu prochází středové žebro, které může být zelené, bílé nebo hnědé. Odrůdy čiroku s hnědým středovým žebrem jsou vyšlechtěny na nižší obsah ligninu, díky čemuž jsou lépe stravitelné pro dobytek (Gerik at al. 2003). Slabá vosková vrstva na povrchu listů způsobuje zabarvení listů do šedozelené barvy (Hermuth 2020). Listy, které jsou na stonku nejníže, jsou zároveň nejkratší a časem mohou odumírat (Arkin et al. 1976). Na vrcholu stonku se v období iniciace květenství vytváří praporcový list, který je menší než ostatní listy a je umístěn přímo pod květenstvím (Hermuth et al. 2012).

3.1.4 Květ

Květenství čiroku tvoří lata, která se skládá z klásků (Gerik at al. 2003). Lata může být shloučená nebo rozkladitá s různou hustotou klásků (Brown et al. 2006). Velikost laty závisí na odrůdě čiroku a příznivosti podmínek růstu, může ale dorůstat až do délky více než 25 cm a do šíře 20 cm (Hermuth et al. 2012). Klásky v květenství vyrůstají vždy v páru a na každém klásku vyrůstají dva kvítky, z nichž je pouze jeden fertilní (Brown et al. 2006). Každý květ obsahuje jeden pestík a tři tyčinky, u nichž zabarvení prašníků udává barvu zrna (Gerik at al. 2003). Jeden klásek z páru je oboupohlavný a přisedlý, druhý klásek je pouze samičí a stopkatý (Hermuth et al. 2012). Kvetení postupuje od vrcholu laty směrem dolů. Květy ve spodní části zejména shloučených květenství mohou být neplodné nebo na nich zrna nemusejí dozrávat (Gerik at al. 2003). Délka kvetení závisí na podmínkách prostředí, většinou se pohybuje od 7 do 10 dnů. Optimální teplota pro kvetení čiroku je 21-35 °C (Hermuth et al. 2012).

3.1.5 Zrno

Zrno se po opylení vyvíjí rychle a dosahuje mléčné zralosti (Brown et al. 2006). Fáze mléčné zralosti trvá poměrně dlouho, protože stéblo čiroku zůstává dlouho šťavnaté a může zásobovat zrno vodou (Gerik at al. 2003). Jako první dozrávají zrna na vrcholu laty, poté zrání pokračuje směrem dolů. Zrna na spodu nebo uvnitř laty mohou špatně dozrávat (Hermuth et al.

2012). Čirok má vysoký stupeň genetické diverzity, proto se může kompozice a struktura zrn jednotlivých odrůd od sebe velmi lišit (Bean et al. 2019). Tvar zrna je kulovitý, ale v závislosti na odrůdě může být okrouhlé nebo zploštělé. Barva obilky může být červená, hnědá, šedá nebo bílá (Gerik at al. 2003). Obilku čiroku tvoří embryo, endosperm a perikarp. Perikarp je složen z epikarpu, mesokarpu a endokarpu. Vnější vrstvu tvoří epikarp, který je pokryt slabou voskovou vrstvou (Hermuth 2020). Dále směrem dovnitř zrna se nachází mesokarp, ve kterém se mohou nacházet škrobová zrna. Vnitřní vrstva perikarpu, endokarp, je důležitá pro klíčení (Taylor & Schüssler 1986). Endosperm se skládá ze sklovité a moučné části, které z vnější strany obepíná aleuronová vrstva. Tato vrstva je tvořena bílkovinami, tuky, enzymy a popelovinami. Endosperm obsahuje bílkoviny, škrobová zrna, β-glukany a hemicelulózu (Hermuth et al. 2012). Obsah těchto látek určuje stravitelnost a zpracovatelnost zrna (Gerik at al. 2003). Zralé zrno čiroku je uzavřeno v plevách a dobře drží, tudíž nedochází k výdrolu. U zrnových odrůd čiroku dosahuje hmotnost tisíce zrn (HTZ) kolem 25–35 g (Hermuth et al. 2012). Hmotnost tisíce zrn závisí na velikosti zrna. Čím vyšší je HTZ, tím je větší velikost zrna (Gerik at al. 2003).

3.2 Význam a využití

Čirok je významný zejména v aridních oblastech, protože je schopný růst i v nepříznivých podmínkách, ve kterých se jiným obilninám nedaří (Konvalina et al. 2007). Nejvýznamnější vlastností čiroku je jeho odolnost vůči nepříznivým podmínkám, škůdcům a chorobám. Odolnost čiroku vůči chorobám a škůdcům spočívá v jeho bio-fumigačních vlastnostech (Podrábský 2017). Rostliny uvolňují látku sorgoleon, která odpuzuje škůdce a patogeny (Einhellig & Souza 1992). Pěstování čiroku je poměrně levné díky jeho relativně nízkým nárokům na živiny a odolnosti (Podrábský 2017). Díky těmto vlastnostem nevznikají vysoké náklady na hnojivo a na ošetření proti chorobám a škůdcům (Einhellig & Souza 1992). Prostřednictvím rozsáhlého kořenového systému zlepšuje čirok strukturu půdy. V současné době nachází čirok široké využití v krmivářství, potravinářství a průmyslu (Hermuth 2020). Čirok se vysévá zejména jako následná plodina po pícninách, protože za letních vysokých teplot vyniká rychlým růstem a dokáže rychle vyprodukovat velké množství biomasy (Podrábský 2017). Čirok se využívá jako potravina, krmivo, píce a palivo (Aruna & Visarada 2019). Značné uplatnění nachází čirok v pivovarnictví zejména v rozvojových zemích (Bogunjoko 1988). Další využití čirok nachází ve výrobě farmaceutických přípravků, obalů, syntéze organických molekul a výrobě domácích pomůcek (Aruna & Visarada 2019). Čirok může být využíván jako zelené hnojení, jako krycí plodina k zamezení zaplevelení nebo jako posklizňový zbytek v systémech bez orby (Einhellig & Souza 1992).

3.2.1 Sorgoleon

Sorgoleon je hlavním komponentem hydrofobických kořenových exudátů čiroku. Jedná se o lipidální benzoquinon s herbicidní aktivitou, produkovaný výhradně čirokem (Dayan et al. 2010). Kořenové exudáty čiroku se skládají primárně z dihydroquinonu, který je rychle oxidován na benzoquinon (Einhellig & Souza 1992). Kořenové exudáty všeobecně obsahují 85-90 % čistého sorgoleonu. Jde o jednu z nejstudovanějších alelochemikálií. Různé druhy

čiroku se výrazně liší v množství produkovaného sorgoleonu (Nimbal et al. 1996). Exudát čiroku tvoří olejová substance, která obsahuje ekvivalentní množství lipidových rezorcínových analogů a také množství minoritních sorgoleonových kongenerů.
Syntéza sorgoleonu je konstitutivní a je rozčleněná mezi kořenové vlášení, které může akumulovat až 20 mikrogramů exudátu na miligram suché váhy kořene (Dayan et al. 2010). Přítomnost sorgoleonu je spojena s růstem kořenů a s vývojem hlavních kořenových vláken (Dayan 2006). Sorgoleon je produkován ve specializovaných buňkách kořenového vlášení, bohatých na mitochondrie, endoplasmatická retikula a různé vezikuly, což indikuje vysokou fyziologickou aktivitu těchto buněk. Kořenové vlášení čiroku je z morfologického hlediska považováno za trichomy lokalizované na kořenech (Dayan et al. 2010). Bioaktivní sekundární metabolity jsou většinou produkovány pouze listovými nebo stonkovými trichomy (Rasmussen et al. 1992). Pokud je v kořenech čiroku naakumulováno příliš sorgoleonu, jeho produkce se zastaví a obnoví se až po odnosu části sorgoleonu vodou, což zamezuje autotoxicytě způsobené nahromaděním vysokého množství sorgoleonu (Dayan et al. 2010).
Tato biologická látka zabraňuje růstu velkého množství druhů rostlin, nejúčinnější je ale u trav s malými semeny. Některé druhy rostlin mohou být vůči sorgoleonu tolerantní (Nimbal et al. 1996). Rostliny s většími semeny jsou většinou resistentní i vůči komerčním herbicidům. To může být způsobeno nižší absorpcí a translokací, rychlejší metabolickou degradací alelochemikálie nebo rychle rostoucími kořeny mimo rhizosféru čiroku (Dayan et al. 2010). Sorgoleon vykazuje biologickou aktivitu již při extrémně nízkých koncentracích (Einhellig & Souza 1992). Tento lipidální benzoquinon může výrazně omezit růst kořenů a rostlinek (Nimbal et al. 1996). Toxicita sorgoleonu spočívá v zasahování do mnoha cílových molekulárních procesů v rostlinách, včetně inhibice fotosyntézy v klíčícím semenáčku (Dayan et al. 2010). Sorgoleon inhibuje vývoj oxidu ve fotosyntéze (Nimbal et al. 1996). Tato látka inhibuje také respiraci ve 3. a 4. fázi dýchání. Kořenové exudáty čiroku také blokují elektronový transport v bc1 komplexu v mitochondriích. Rozvrácení mitochondriálních funkcí může být mechanismem růstové inhibice způsobené sorgoleonem a může demonstrovat roli sorgoleonu v alelopatii čiroku (Rasmussen et al. 1992). Herbicidní účinek sorgoleonu spočívá v inhibici fotosyntézy v mladých rostlinkách v kombinaci s inhibicí dalších molekulárních procesů ve starších rostlinách (Dayan et al. 2010). Sorgoleon se ve starších rostlinách nepřesouvá akropetálně, ale může být absorbován prostřednictvím hypokotylu a kotyledonárními tkáněmi (Rasmussen et al. 1992). Efekt sorgoleonu je podobný jako efekt diuronu, silného inhibitoru PS II elektronového transportu (Nimbal et al. 1996). Díky své hydrofóbnosti je sorgoleon vysoce sorbován půdou, což zvyšuje jeho persistenci. Experimenty ukazují, že je sorgoleon v půdě časem mineralizován mikroorganismy.
Optimální teplota pro produkci sorgoleonu je 25-35 °C. Produkce je citlivá na teplotu. Při nižších nebo vyšších teplotách se může produkce sorgoleonu snížit až o 95 % (Dayan et al. 2010). Při teplotách nižších než 25 °C a vyšších než 35 °C, dochází k výrazné redukci přítomnosti sorgoleonu. Množství sorgoleonu je také závislé na světle. Při osvícení modrým světlem dochází k redukci sorgoleonu až o 50 %, při osvícení červeným světlem pak o 23 % (Dayan 2006). Sorgoleon je rostlinou uvolňován do půdy po celou dobu růstu. Tento fakt zajišťuje delší setrvání látky v půdě než při jednorázové aplikaci komerčního herbicidu. Vzhledem k jeho vysoké hydrofobicitě se velmi sorbuje do půdy, do organického materiálu, ale i jiných hydrofobních struktur půdy (Dayan et al. 2010). Sorgoleon je fytotoxický při

mikromolárních koncentracích, vykazuje určitou selektivitu a inhibuje fotosyntetický transport elektronů podobně jako diuron (Nimbal et al. 1996).
Produkce sorgoleonu může být stimulována přítomností jiných rostlin, zde je ale třeba více výzkumů (Dayan et al. 2010). Množství sorgoleonu se výrazně zvýšilo v rostlinách, které byly ošetřeny nezpracovaným extraktem z mračňáku Theophrastova (*Abutilon theoprasti* Medik). To naznačuje, že rostliny čiroku mohou reagovat na přítomnost jiné rostliny uvolněním většího množství sorgoleonu (Dayan 2006).

3.2.2 Potravinářství

Využití alternativních obilnin v potravinách se stává běžnou praxí, vzhledem ke vzrůstajícímu zájmu o kvalitní výživu, GMO-free potraviny, udržitelnost a zároveň vzrůstajícímu počtu alergiků (Alavi et al. 2019). Čirok zrnový je v potravinářství využíván k výrobě sirupů, kaší, lihu a piva (Aruna & Visarada 2019). Odrůdy čiroku vhodné ke konzumaci mají většinou bílá zrna s okrově zbravenými částmi (Gerik at al. 2003). Zrno čiroku lze zpracovat na mouku, která může plnohodnotně nahradit pšeničnou mouku. Velkou výhodou je, že zrno neobsahuje glutenové proteiny pšeničného typu a čirok je tedy vhodná potravina i pro celiaky (Informační centrum bezpečnosti potravin 2003). Z tohoto důvodu je čirok podrobován výzkumům cíleným na pacienty trpící celiakií (Alavi et al. 2019). Zrno čiroku je bohaté na vitaminy B1, B6, betakaroteny a kyselinu pantotenovou (Trojánková 2011). Čiroková zrna jsou významným zdrojem škrobu a vlákniny (Staggenborg 2019). Čirok disponuje poměrně vysokým obsahem vlákniny, která je nerozpustná (Informační centrum bezpečnosti potravin 2003). Zrna obsahují podobný typ škrobu jako kukuřice (Bogunjoko 1988). Obsahují proteiny a škrob, které se rozkládají výrazně pomaleji než ty, které jsou obsaženy v jiných obilovinách. Díky tomu je čirok vhodný pro diabetiky (Informační centrum bezpečnosti potravin 2003). Zrno má také vysoký obsah esenciálních aminokyselin, z nichž nejvýznamnější je lyzin (Trojánková 2011). Zrno čiroku má vysoký obsah taninů, které mohou zhoršovat stravitelnost. Oproti tomu je ale bohatý na fenoly, které jsou spojovány s protirakovinnými účinky (Informační centrum bezpečnosti potravin 2003). Čirok je významný také svým obsahem minerálních látek jako je fosfor, hořčík a železo (Trojánková 2011). Zrno čiroku je díky obsahu fenolických kyselin bohaté na antioxidanty. Díky nízkému obsahu tuků a vysokému obsahu antioxidantů působí čirok preventivně proti kardiovaskulárním onemocněním (Informační centrum bezpečnosti potravin 2003).
Zrnový čirok se v potravinářství využívá zejména k výrobě otrub, mouky, těstovin a různých cereálních výrobků (Aruna & Visarada 2019). Výroba bezlepkových těstovin z čiroku je náročná, protože čiroková mouka neobsahuje lepek. Je proto žádoucí míchat čirokovou mouku s moukou rýžovou (Alavi et al. 2019). V lihovarnictví se čirok využívá k výrobě ethanolu (Aruna & Visarada 2019). V Nigérii se z čiroku vyrábí sirup a pivo. V této zemi byl omezen dovoz sladového ječmene a glukózového sirupu a firmy byly nuceny najít alternativní možnost, jak rozvíjet svou produkci. Proto některé pivovary v Nigérii používají k výrobě sladu a glukózy čirok. K rozšíření pěstování čiroku zde došlo po vyvinutí odrůdy čiroku, která je odolná vůči suchu, resistentní vůči rostlině Striga (Striga hermonthica) a zároveň má výrazně vyšší výnosy než klasické odrůdy (Bogunjoko 1988). Využitelnost odrůd čiroku v pivovarnictví závisí na obsahu škrobu, tuků a bílkovin v zrnu, na obsahu taninů a glukanů a na vývoji chuti v extraktu

(Dufour et al. 1992). Potraviny obsahující čirok se využívají k humanitární pomoci v zemích, kde jsou GMO plodiny zakázané. Tyto potravinové mixy jsou také výživově kvalitnější než ty, které jsou vyráběny z kukuřice (Alavi et al. 2019).

3.2.3 Krmivářství

Díky zvyšování lidské populace výrazně stoupá poptávka po živočišných produktech (Selle et al. 2021). K uspokojení této poptávky je třeba zajistit hospodářským zvířatům cenově dostupné kvalitní krmivo, které zajistí rychlý a kvalitní růst (Ronda et al. 2019). V krmivářství se využívají zejména odrůdy s krémovou, žlutou a červenou barvou zrna (Informační centrum bezpečnosti potravin 2003). V posledních letech se čirok začíná používat ke krmení hospodářských zvířat i v zemích, kde se dříve používal výhradně jako potravina (Ronda et al. 2019). Čirok se může používat také jako doplňková plodina, která má vliv na složení mléka (Trojánková 2011). Kvalitní čirok má minimálně 95 % krmné hodnoty kukuřice. Díky vývinu odrůd čiroku s nízkým obsahem taninů, je nyní výkrm prasat a brojlerů čirokem srovnatelný s výkrmem kukuřicí (Ronda et al. 2019).
Zdrojem energie čirokového zrna je hemicelulóza (Trojánková 2011). Stravitelná vláknina, hemicelulóza, má důležitou roli v metabolismu trávených tuků v těle přežvýkavců (Ronda et al. 2019). Díky dobré stravitelnosti, vysokému obsahu cukrů a vysokému výnosu biomasy, je čirok kvalitní krmnou plodinou (Kleih et al. 2000). K využití čiroku ke krmným účelům je důležitá nutriční kvalita zrna (Ronda et al. 2019). Ke krmným účelům se využívají zejména odrůdy, které vznikly křížením čiroku zrnového a súdánské trávy (Trojánková 2011). Tyto odrůdy disponují zvýšenou stravitelností a zvýšenou produkcí zelené hmoty (Ronda et al. 2019). Jedním z nejranějších hybridů využívaných v ČR ke krmným účelům, je odrůda BOVITAL. Tato odrůda se nejčastěji využívá k výrobě siláží. Další odrůdou na silážování je odrůda GOLIATH. Ta se využívá zejména jako krmivo pro dojnice (Trojánková 2011). V čiroku se vyskytuje méně mykotoxinů než v kukuřici, což z něj činí velmi vhodné krmivo pro dojnice (Ronda et al. 2019). Na krmení zelenou pící je vhodná odrůda NUTRI HONEY, která má vynikající nutriční vlastnosti a je dobytkem ochotně přijímána, protože je velmi chutná (Trojánková 2011). Čirok se používá také v krmivech pro psy a ryby (Aruna & Visarada 2019). U globální produkce kuřecího masa je očekáván nárůst, kvůli vzrůstající poptávce. S odolností čiroku vůči suchu a s neustálou změnou klimatu se nabízí širší využití čiroku jako krmivo pro brojlery (Selle et al. 2021). Zvyšování obsahu lyzinu a tryptofanu v čirokovém zrnu šlechtěním je velmi žádoucí vzhledem k využití v krmivářství (Ronda et al. 2019). Ke krmení kuřat mohou být použity pouze odrůdy se sníženým obsahem kafirinu a fenolických složek (Selle et al. 2021).

3.2.4 Výroba biopaliv

V energetice se využívají odrůdy, které nejsou vhodné ke zpracování v potravinářství (Informační centrum bezpečnosti potravin 2003). Energie derivovaná z rostlinné biomasy je považována za slibnou a udržitelnou (Rao et al. 2019). V současnosti se v České republice k využití na energetické účely nejčastěji pěstuje odrůda HYSO 2 (Trojánková 2011). Tato odrůda může být pěstována i na půdách, které byly zdevastovány průmyslem. Bioethanol a

biodiesel produkovaný z obnovitelných zdrojů energie získávají na důležitosti, kvůli zdražování fosilních paliv, vyčerpávání zásob ropy a zvyšování znečištění skleníkovými plyny (Rao et al. 2019). Čirok se může využívat také ke spalování biomasy a následné produkci tepla na vytápění objektů (Staggenborg 2019).
Hlavními plodinami využívanými k produkci bioethanolu jsou kukuřice a cukrová třtina (Almodares & Hadi 2009). Čirok se v energetickém průmyslu využívá k výrobě bioplynu, vodíku, bioetanolu a bionafty (Trojánková 2011). Díky vyšší toleranci k zasoleným půdám a k suchu, je cukrový čirok vhodný k pěstování v suchých oblastech, kde se již cukrové třtině nebo kukuřici příliš nedaří (Almodares & Hadi 2009). Výroba bioetanolu probíhá alkoholovým kvašením biomasy (Cibulková 2012). Bioethanol zvyšuje efektivnost paliv a zároveň snižuje produkci skleníkových plynů. Přidáním čiroku do bioethanolu se zvýší oktanové číslo paliva (Almodares & Hadi 2009). Komerční produkce bioethanolu vyrobeného z čiroku byla demonstrována v Číně a Indii (Rao et al. 2019). Výroba bioplynu probíhá anaerobní fermentací organické hmoty za pomoci mikroorganismů. Při spalování bioplynu dochází k uvolňování méně oxidu uhličitého než při fotosyntéze rostlin (Cibulková 2012). Čirok je k výrobě bioplynu vhodný zejména díky vysokému výnosu zelené hmoty (Gerik at al. 2003). Tuto plodinu je možné využít také jako krmivo pro zvířata produkující bioplyn (Staggenborg 2019).

3.2.5 Další možnosti využití

Z čiroku se mohou vyrábět stěnové desky. Čiroková mouka může v průmyslu sloužit k výrobě škrobu, olejů nebo lepidel (Trojánková 2011). Vedlejšími produkty zpracování čiroku jsou kafirin prolaminové proteiny a perikarpický vosk, které mají, díky své hydrofobicitě, potenciál k využití ve výrobě bioplastových filmů a fólií a obalů na jídlo (Aruna & Visarada 2019). Stébla technického čiroku mohou sloužit k výrobě štětek, košťat nebo kartáčů (Trojánková 2011).

3.3 Růst a vývoj

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 (Adamčík & Pulkrábek 2012). V klimatických podmínkách České republiky jsou hlavním problémem při pěstování čiroku jarní přízemní mrazy a nepravidelnost srážek (Adamčík et al. 2016).

3.3.1 Klíčení a vzcházení

Doba od vysetí do vyklíčení, většinou 5-10 dní, záleží na vnějších podmínkách – teplotě a vlhkosti půdy, hloubce setí a životaschopnosti semen (Gerik at al. 2003). Pomalé klíčení často vede k nerovným, příliš krátkým stonkům a snížené úrodě. Před vyklíčením je přežití rostliny závislé na rezervách živin v endospermu semene (Hermuth et al. 2012). Pomalu klíčící rostliny riskují spotřebování těchto rezerv, které jsou důležité pro raný růst rostliny ve dnech následujících hned po vyklíčení. První list, který je viditelný po vyklíčení, je coleoptilní list (Gerik at al. 2003). Od ostatních listů se liší zaoblenou horní hranou listu. Límec listu označuje spojení mezi listovou čepelí a pochvou a objevuje se, když je list plně vyvinut (Roozeboom &

Prasad 2019). Každá listová pochva vyrůstá ze svého vlastního noda na stonku rostliny (Vanderlip & Reeves 1972). Pochva obepíná a zpevňuje stonek (Hermuth et al. 2012). Praporcový list se na rostlině objevuje jako poslední a je výrazně menší než ostatní listy (Vanderlip & Reeves 1972). Z pochvy praporcového listu vyrůstá květenství lata, které je zpevněno částí stonku nazývající se květní stopka (Gerik at al. 2003). Jakmile zrnový čirok vzejde, rostlina se vyvíjí v předvídatelném stylu charakterizovaném třemi růstovými stádii – GS I, GS II, GS III (Roozeboom & Prasad 2019). Hybrid střední dospělosti potřebuje 32-35 dní k absolvování všech fází růstu, počet dní závisí na hybridu a vnějších podmínkách (Gerik at al. 2003). Moderní hybridy nejsou citlivé na délku dne, takže jejich růst závisí pouze na teplotě (Hermuth et al. 2012).

3.3.1.1 Faktory ovlivňující klíčení a vzcházení

Úspěšnost pěstování závisí na datu setí, hloubce výsevu, volbě hybridu, šířce řádkování, vitalitě osiva, zásobě dusíku v půdě, rotaci plodin a mnoha dalších (Ciampitti et al. 2019). Při pěstování čiroku je třeba dbát na správné načasování případného zavlažování, hnojení nebo šetření herbicidy. Jinak může dojít k poškození porostu a úrody (Trostle & Peterson 2019).
Prvním faktorem, který může mít negativní dopad na klíčení a raný růst čiroku, je chladná a mokrá půda. Rostliny pro klíčení a vzcházení preferují teplou, vlhkou půdu. Chladná a mokrá půda podporuje vývin onemocnění (Gerik at al. 2003). Ideální teplota pro klíčení a vzcházení čiroku je 20 °C (Adamčík et al. 2016). Pro optimální klíčení a vzcházení se doporučuje sít až ve chvíli, kdy průměrná teplota za 5 dní v hloubce půdy 5 cm přesáhne 16 °C (Hermuth et al. 2012). Pokud se není možné vyhnout setí do chladné a mokré půdy, pak se doporučuje mělké setí.
Na klíčení a vzcházení může mít negativní vliv také půdní škraloup. Silný škraloup, většinou 0,6 – 1,3 cm, brání rostlině ve vzcházení (Gerik at al. 2003). Škraloupy se většinou tvoří, když vysoké teploty, nízká vlhkost a silný vítr způsobují velmi rychlé vysoušení půdy. K vytvoření půdního škraloupu může dojít také po vydatných deštích. Půdy s vysokým obsahem jemného písku a bahna formují škraloup snadněji než půdy s obsahem hrubého písku a jílu (Awadhwal & Thierstein 1985). Mělká orba s rotačními bránami nebo postřiková závlaha, mohou škraloup oslabit dostatečně na to, aby mohly rostliny vzcházet. Systémy sklizně, které zanechávají na povrchu půdy velké množství rostlinných zbytků, jako je systém bez orby nebo s konzervační orbou, pomáhají redukovat výskyt půdních škraloupů (Gerik at al. 2003).
Dalším faktorem, který může mít negativní dopad na klíčení a raný růst čiroku, jsou herbicidy. Pre-emergentní chloroacetamidové herbicidy jsou široce využívány ke kontrole výskytu plevelů v porostech čiroku. Mohou významně poškodit úrodu, pokud se herbicid prostřednictvím deště dostane do hloubky, kde může být absorbován kořeny a výhonky, které se objevují ze semen (Davis et al. 1994). V několika případech semenáčky nevzejdou nad povrchem půdy, ale pokusí se rozvinout listy pod povrchem půdy. Po vzcházení se listy mohou špatně rozvinout a mohou vypadat zatočeně, s listovými špičkami zachycenými v závitu. Poškozené rostliny mohou být zakrslé s fialovými listovými pochvami a okraji (Gerik at al. 2003). Čirok se z tohoto poškození dokáže vzpamatovat, pokud se příznivé podmínky rychle vrátí. Poškození je důrazné v chladných půdách a půdách se škraloupem, protože zde rostliny vzcházejí pomaleji a absorbují více herbicidu (McCray & Matocha 1992).

3.3.2 Fáze růstu

3.3.2.1 Fáze GS I

První fáze růstu je charakteristická vegetativním růstem (Vanderlip & Reeves 1972). Rostlina vyvíjí své vegetativní struktury, listy a výhony, které podporují formování a růst zrn (Hermuth et al. 2012). Během vegetativních fází růstu je čirok nejvíce citlivý na zasolení půdy (Maas et al. 1986). Protože moderní hybridy nejsou citlivé na délku dne, závisí délka fáze GS I výrazně na teplotě vzduchu a počtu listů, které jsou geneticky určené pro vývoj na hlavním stonku (Arkin et al. 1976). Čím více listů hybrid má, tím delší je jeho dospívání a tím vyšší je jeho předpoklad k vysoké produkci krmiva a zrna (Hermuth et al. 2012). Raně dozrávající hybridy typicky produkují 15 listů na rostlině, zatímco středně až pozdně dozrávající hybridy mají 17–19 listů na rostlině (Gerik at al. 2003). Fáze v rámci GS I jsou charakterizovány počtem listů s viditelnými límci (Arkin et al. 1976). Pokud je rostlina ve fázi 3 listů, může mít listů více, ale počítají se pouze ty s viditelným límcem (Vanderlip & Reeves 1972). Čirok dokáže tolerovat vysoké stupně stresu ze sucha, krupobití a mrazivých teplot ve fázi GS I s nízkým nepříznivým dopadem na úrodu (Roozeboom & Prasad 2019). Ale hmyzí škůdci, pokud nedojde k zásahu, mohou nenapravitelně poškodit úrodu. Abnormálně suché anebo chladné počasí přispívá k vývinu škůdců jako jsou mšice na listech, zelené mšice a Blissus leucopterus (Gerik at al. 2003). Většina post-emergentních herbicidů se aplikuje během fáze GS I. Dlouhotrvající chladné a zatažené počasí v GS I může také způsobovat fialové zabarvení na listových pochvách a okrajích čepele a na listech se může objevovat žluté pruhování žilnatiny. Fialové zabarvení se objevuje díky akumulaci antokyanů v pletivu a je výsledkem nedostatečné absorpce fosforu nebo neschopností rostliny odebírat cukry z listové čepele (McCray & Matocha 1992). Pruhování listů je často způsobeno nedostatečnou absorpcí zinku nebo železa (Gerik at al. 2003). Symptomy většinou zmizí, když se navrátí příznivé teploty. Nedostatek železa a zinku bývá vyšší v silně vápenatých půdách (McCray & Matocha 1992). Dlouhé, slunné dny s teplotami nižšími než 18 °C jsou příznivé pro vývin postranních výhonů u bazálních nod u rostlin ve fázi 4 a 6 listů (Roozeboom & Prasad 2019). Hustota vysetých rostlin, nižší než tři rostliny na stopu řádku, podporuje vývin odnoží, zatímco více než čtyři rostliny na stopu potlačují vývin odnoží (Gerik at al. 2003). Květenství odnoží jsou menší a kvetou později než ta na hlavním stonku (Roozeboom & Prasad 2019). Bazální odnože vyvinuté v této fázi růstu mohou nahradit eventuální škody na úrodě vzniklé při vzcházení (Gerik at al. 2003). Některé hybridy mají vyšší tendenci odnožovat než jiné (Hermuth et al. 2012).

3.3.2.2 Fáze GS II

Druhá fáze růstu je perioda, kdy se vyvíjejí reprodukční struktury květenství a kdy je stanoven maximální počet semen na rostlinu (Vanderlip & Reeves 1972). Tato fáze je považována za nejkritičtější v rámci produkce obilovin, protože počet semen na rostlinu ze 70 % určuje finální úrodu zrna čiroku (Gerik at al. 2003). Klíčové růstové a vývojové stádium čiroku je ve fázi, kdy čirok přestává produkovat další listy a začíná formovat květenství (Trostle & Peterson 2019). Cokoliv, co brání květenství ve vývinu během této periody, redukuje počet

zrn na rostlinu a tím snižuje úrodu (Hermuth et al. 2012). Tato fáze začíná iniciací květenství a končí kvetením (Vanderlip & Reeves 1972). Iniciace květenství se vyznačuje objevením výstupků na povrchu vzrostného vrcholu rostliny ve 30-35 dnech po vzejití (Roozeboom & Prasad 2019). Toto jsou prvotní struktury, které významně formují větve květenství, které se později vyvíjejí v klásky a květní struktury zodpovědné za počet semen a formování zrna (Hermuth et al. 2012). Za první list se považuje coleoptilní okrouhlý list (Arkin et al. 1976). Pokud není na rostlině přítomen, používá se k určení listové fáze počet nod na bázi stonku (Roozeboom & Prasad 2019). První internoda, kterou lze na rostlině najít nejníže, je internoda 4, která je 0,6 cm dlouhá (Gerik at al. 2003). Internoda je část stonku nacházející se mezi nody (Hermuth et al. 2012). Následující internoda jsou výrazně delší, pokud jsou podmínky prostředí příznivé (Arkin et al. 1976). Listová pochva listu 5 pochází z internoda 5 (Roozeboom & Prasad 2019). Je důležité, aby rostlina nebyla na začátku této fáze růstu vystavena stresu, což by ovlivnilo počet semen na rostlinu (Gerik at al. 2003). Ihned po iniciaci květenství rostlina náhle přestává produkovat nové listy a začíná formovat rostlinné reprodukční struktury (Vanderlip & Reeves 1972). Ve fázi iniciace květenství rostlina dosahuje maximálního počtu listů, ale pouze jedna třetina listové plochy je vyvinuta (Hermuth et al. 2012). Zbývající plocha listů se vyvíjí, když se formuje hlava a květ ve fázi GS II, periodě rapidního růstu (Arkin et al. 1976). Meziřádková aplikace dusíku by měla této fázi předcházet, aby nebyla úrodnost půdy limitující, když ji rostlina nejvíce potřebuje (Gerik at al. 2003). Praporcový list je posledním listem, který se vyvíjí se závitu (Roozeboom & Prasad 2019). Je menší než ostatní listy a je umístěn hned pod hlavou rostliny (Hermuth et al. 2012). Ve chvíli, kdy se objeví límec praporcového listu, vstupuje rostlina do fáze butonizace (Vanderlip & Reeves 1972). Vývin květenství čiroku je dokončen a připraven ke kvetení, rostlina dosáhla maximální listové plochy a naakumulovala 60 % celkového suchého materiálu (Gerik at al. 2003). Čirok je nejcitlivější vůči suchu v době vývinu květenství, během kvetení a během plnění zrna (Prasad et al. 2019). Silný stres ze sucha v této chvíli může zabraňovat vývinu z butonizace a vést k nekompletnímu kvetení, nekompletnímu založení semen a ztrátám na úrodě (Hermuth et al. 2012). Nároky rostliny na vodu jsou v této fázi nejvyšší a doporučuje se proto využití závlahy s dostatkem vody pro vývin květu, kvetení a založení semen. Vývin květenství, jeho struktura a zbývající listová plocha, jsou extrémně citlivé na sucho a stres způsobený zelenými mšicemi, listovými mšicemi a Blissus leucopterus (Gerik at al. 2003). Stres redukuje počet květů a také počet semen v květenství pro formování zrna (Hermuth et al. 2012). Vysoká teplota během kvetení může mít u čiroku za následek snížení vitality pylových zrn a tím i snížení počtu zrn na rostlině (Prasad et al. 2019). Dále může aplikace 2,4 – D- nebo dicamba- obsahujících produktů, po iniciaci květenství, poškodit a snížit počet semen a úrodu. Po iniciaci květenství se doporučuje vyhnout kultivaci, aby se předešlo prořezání expandujícího kořenového systému a ztrátám vody a ztrátám absorpce živin (Gerik at al. 2003).

3.3.2.3 Fáze GS III

Třetí a finální fáze je fáze GS III, kdy dochází k tvorbě zrn (Roozeboom & Prasad 2019). Začíná kvetením a pokračuje, dokud se akumulace suché hmoty v zrnu nezastaví a objeví se černá vrstva nedaleko místa, kde je semeno připojeno ke květu (Vanderlip & Reeves 1972). Kvetení začíná, když se na vrcholku rostliny 5–7 dní od vzejití květenství objeví žluté tyčinky

(Roozeboom & Prasad 2019). Následujících 4–9 dní se rychle objevují a vyvíjí tyčinky směrem dolů na květenství. Čirok je v plném květu, když je vyvinuto 50 % tyčinek na 50 % rostlin na poli (Gerik at al. 2003). Environmentální stres z horka nebo sucha většinou opylování neovlivňuje, ale herbicidy aplikované před, během, nebo těsně po opylení, mohou zasahovat do určení maximálního počtu semen na rostlinu a tím vážně snižovat úrodu (Hermuth et al. 2012). Během dozrávání je čirok nejméně citlivý na zasolení půdy (Maas et al. 1986). Čirokový pakomár, běžný hmyzí škůdce ve středním a jižním Texasu, v této fázi růstu škodí, klade vajíčka do květu a zabíjí vyvíjející se semena. Jeden pakomár na hlavu rostliny může snížit úrodu zrna o 10–20 % (Gerik at al. 2003). V této fázi růstu je třeba kontrolovat přítomnost také ostatních škůdců, jako jsou zelené mšice, na rostlinách (Hermuth et al. 2012). Po kvetení se vývoj rostliny soustředí na formování zrn (Vanderlip & Reeves 1972). Cukry, aminokyseliny a bílkoviny produkovány v listech a kořenech jsou rapidně transportovány do jádra a přeměněny na škrob a bílkoviny (Gerik at al. 2003). Vývoj semen pokračuje od mléčné do voskové zralosti, poté do tvrdé zralosti, a nakonec do fyziologické zralosti během 25–45 dnů od kvetení, záleží na hybridu a environmentálních podmínkách (Hermuth et al. 2012). Jádra dosahují svého maximálního objemu zhruba 10 dní od kvetení, ve fázi mléčné zralosti (Roozeboom & Prasad 2019). Semeno, ze kterého po zmáčknutí vytéká bílá mléčná tekutina, je měkké (Hermuth et al. 2012). Vosková fáze zralosti se objevuje 15–25 dní od kvetení, když je 50 % váhy zrna akumulováno (Gerik at al. 2003). Semeno, ze kterého se neobjevuje žádná tekutina nebo jen velmi málo, je v této fázi zrání možno rozmáčknout prsty (Hermuth et al. 2012). Silážový čirok je typicky sklízen ve fázi voskové zralosti, když rostlina ztratí několik spodních listů (Vanderlip & Reeves 1972). V této fázi je rostlina citlivá na ozobávání od ptáků. Ve fázi voskové zralosti je na rostlině přítomno 8-12 listů (Roozeboom & Prasad 2019). Tvrdá zralost nastává, když zrno nejde rozmáčknout mezi prsty (Hermuth et al. 2012). Zrno naakumulovalo 75 % z celkové suché hmoty (Roozeboom & Prasad 2019). Rostliny jsou v této fázi nejnáchylnější k poléhání, které je výsledkem výrazného sucha, rostlinného onemocnění nebo působení stonek napadajících škůdců (Gerik at al. 2003). Hniloba pat stébel a poléhání stébel mohou s okamžitým účinkem významně snižovat produkci (Hoffmann & Rooney 2019). Zrno je fyziologicky zralé, když se hned nad místem, kde je zrno přichyceno ke květu, nedaleko báze zrna, objeví černá vrstva (Vanderlip & Reeves 1972). Když se objeví černá vrstva má zrno přibližně 30–35% vlhkost a dosahuje své plné suché hmotnosti (Roozeboom & Prasad 2019). Zrno může být sklizeno při 20% vlhkosti bez mechanického narušení, ale musí být dosušeno pod 14% vlhkost, aby mohlo být bezpečně skladováno (Hermuth et al. 2012). Zrna mohou ztratit až 5 % suché hmoty, která je přítomná, když se objeví černá vrstva, pokud je plodina plně dosušena na poli. To se stává, protože semeno pokračuje v konverzi cukrů a aminokyselin na škrob a bílkoviny, zatímco ztrácí oxid uhličitý prostřednictvím respirace, dokud se semena nevysuší na obsah vody přibližně 15 % (Gerik at al. 2003). Velikost a váha zrna se u čiroku liší, typické rozměry jsou 2 – 4,5 mm v průměru (Hermuth et al. 2012). V průměru čirok váží 25 gramů na 1000 semen, ale váha se může pohybovat od 13 do 40 gramů na 1000 semen (Gerik at al. 2003). Váha a velikost semen závisí na schopnosti rostliny naakumulovat suchou hmotu ve fázi GS III (Roozeboom & Prasad 2019). Počasí, úrodnost půdy a dostupná voda v půdě ovlivňují výslednou hmotnost a velikost semen (Hermuth et al. 2012). Až 85 % suché hmoty vyprodukované rostlinou během fáze GS III jde rovnou do zrna. Pouze 15 % suché hmoty zrna pochází z růstové fáze GS I nebo GS II (Gerik at al. 2003). Hybridi s vysokým počtem semen

mají většinou semena s nízkou hmotností a naopak (Hermuth et al. 2012). Časné mrazy nebo výrazné sucho během fáze voskové zralosti výrazně snižují produkci sušiny a vedou ke scvrknutým a lehkým zrnům (Gerik at al. 2003). Pokud jsou vnější podmínky přívětivé, když je zrno fyziologicky zralé, často se z horních a dolních nod rostliny objevují výhony (Vanderlip & Reeves 1972). Každý nod má jeden axilární pupen, ze kterého může vyrůstat odnož (Trostle & Peterson 2019). Pokud tyto výhony nejsou kontrolovány, produkují malé množství zrna navíc a zvyšují vlhkost semen na hodnoty, které znemožňují okamžitý prodej, skladování nebo doručení, což o několik týdnů zdržuje sklizeň. Toto zpoždění často vede k závažné degradaci kvality zrna, což redukuje cenu zrna a zisk farmy (Gerik at al. 2003). Pokud jsou v době sklizně nepříznivé podmínky, pak je tvorba odnoží rostlinou potlačována (Hermuth et al. 2012). Ve středním a jižním Texasu může být nutné použít mechanické poškození stonku nebo chemické ukončení sklizně, aby došlo ke zmaření vývinu výhonů a dorůstání po sklizni. Aplikace glyfosátu, když se černá vrstva objeví na 50 % zrn, zamezuje vývoji výhonů po dozrání zrn a urychluje schnutí zrn a sklizeň (Gerik at al. 2003).

3.4 Problematika klíčení

Teplomilné plodiny mají pomalý počáteční vývoj, což způsobuje menší konkurenceschopnost oproti časným nebo hustě setým obilninám (Konvalina et al. 2007). Počáteční růst čiroku probíhá velmi pomalu a je tedy nutné zajistit rychlé a rovnoměrné klíčení a vzcházení (Adamčík & Pulkrábek 2012). Rychlé a uniformní klíčení je také základním předpokladem vysoké úrody (Shehzad et al. 2012). Pomalé klíčení vede k nerovným krátkým stonkům a snížené úrodě (Gerik at al. 2003). U pomalu klíčících semen může dojít ke spotřebování rezervních živin v endospermu, které jsou důležité pro raný růst rostliny (Hermuth et al. 2012). Klíčivost osiva závisí na míře inhibice, genotypu semen a podmínkách prostředí (Shehzad et al. 2012). Klíčení čiroku je limitováno zejména teplotou a vlhkostí půdy. Teplota půdy významně ovlivňuje procento klíčivosti a rychlost klíčení čiroku (Kanemasu et al. 1975). Čirok začíná klíčit při teplotách kolem 12 °C (Adamčík et al. 2016). Při takto nízkých teplotách je klíčení nerovnoměrné a pomalé, což může vést k zaplevelení porostu nebo výskytu chorob (Roozeboom & Prasad 2019). Půdní teplota kontroluje vzcházení semen tím, že ovlivňuje uvolnění z dormance a ovlivňuje míru klíčení po narušení dormance. Uvolnění z dormance je ovlivněno kolísáním teplot. Osivo reaguje na termální čas po narušení dormance (Benech Arnold et al. 1990). Při stálých 15 °C již dochází k rychlému a rovnoměrnému klíčení. Optimální teplota pro klíčení čiroku je minimálně 20 °C. V podmínkách České republiky je pěstování čiroku limitováno nízkými teplotami v jarním období, které mohou velmi negativně ovlivnit růst (Adamčík et al. 2016). V prvních fázích růstu mohou být živiny maximálně využity pouze v případě, že není přítomný nějaký stresový faktor, například nedostatek vody (Harris 1996). V jarním období dochází k velkým výkyvům srážkových úhrnů, na kterých je půdní vláha závislá. Nedostatek půdní vláhy v této fázi růstu může vést ke snížení výnosu biomasy až o 45 % (Adamčík et al. 2016). Příliš suchá půda při setí, nebo těsně po výsevu, může zamezit nebo výrazně zpomalit klíčení. K rychlému a rovnoměrnému klíčení dochází po výsevu do vlhké půdy, která se vysouší pomalu. Rapidní vysušení půdy může mít za následek zaschnutí klíčních rostlinek (Harris 1996). Dostatek vláhy může být v této fázi růstu zajištěn postřikovým zavlažováním. Vlhkost půdy může být v případě nízkých teplot nežádoucí, neboť může dojít

k rozvoji chorob (Anda & Pinter 1994). Dalším faktorem, který ovlivňuje klíčení čiroku je vitalita osiva. Pro zajištění vysokých výnosů je třeba používat kvalitní osivo. Limitující může být také obsah živin v půdě. Čirok ke svému růstu potřebuje půdy dobře zásobené dusíkem (Adamčík et al. 2016). Hnojení půdy před výsevem neovlivňuje klíčení, ale až následný růst semenáčků. Prohnojená půda má menší sklon k rapidnímu vysoušení. Dalším faktorem, který ovlivňuje klíčení a vzcházení, je hloubka setí. Mělké setí čiroku vede k mírně lepšímu klíčení. Hlubší setí je oproti tomu spojeno s rychlejší listovou produkcí a vyššími rostlinami v 25. dnu po vysetí (Harris 1996). Negativní dopad stresových faktorů na klíčení osiva, lze zmírnit aplikací biologicky aktivních látek, které obsahují huminové kyseliny, fulvokyseliny nebo auxiny. Fytohormony mají významný podíl na kontrole klíčivosti a ovlivňují raný růst čiroku. Tyto přípravky, které zajišťují zvýšení výkonnosti a odolnosti osiva, se aplikují přímo na povrch semen. Napomáhají rychlejšímu a rovnoměrnějšímu klíčení a vzcházení i za nepříznivých teplotních podmínek (Adamčík et al. 2016). V neošetřeném osivu je vyšší míra inhibitorů klíčení (Shehzad et al. 2012). Proto dosahuje neošetřené osivo klíčivosti 91,5 %, přičemž doba potřebná k vyklíčení tohoto osiva je 4,3 dny. Zatímco u ošetřeného osiva jsou výsledky výrazně lepší (Adamčík et al. 2016).

3.5 Možnosti stimulace osiva

Nejednotné vzcházení rostlin a časté poléhání rostlin jsou hlavním problémem pěstování čiroku v suchých oblastech (Nawaz et al. 2013). Předseťové přípravy osiva mohou výrazně zlepšit tyto vlastnosti rostlin (Adamčík et al. 2016). Při předseťové přípravě dochází v semenech k aktivaci amylázy a proteázy, které hrají významnou roli při klíčení. Zvýšení aktivity těchto enzymů může vést k rychlejšímu a rovnoměrnějšímu klíčení (Nawaz et al. 2013).

3.5.1 Priming

Tyto předseťové přípravy osiva mají za úkol ovlivnit klíčení, vzcházení a raný růst rostlin (Nawaz et al. 2013). Ošetření osiva umožňuje semenáčkům přijmout více vody a živin z půdy a také slunečního záření (Shehzad et al. 2012). Jedná se o fyziologický proces, díky kterému je rostlina připravena reagovat na abiotické stresy rychleji a agresivněji (Jisha et al. 2012). Zlepšení klíčivosti ošetřeného osiva je spojováno s iniciací procesů spojených s klíčením, s regeneračními procesy a se zvýšením počtu různých volnoradikálových vyplavovacích enzymů, jako jsou superoxid dismutáza, kataláza a peroxidáza (Shehzad et al. 2012). Předseťová příprava osiva má mnoho různých technik, k nejčastějším patří hydro-priming, halo-priming a osmo-priming (Nawaz et al. 2013). Zlepšují klíčivost, růst a výnosy plodin (Varier et al. 2010).

3.5.1.1 Halopriming

Halopriming je předseťová příprava spočívající v namáčení osiva v 1% solném roztoku KNO_3, $CaCl_2$ nebo jiných solí (Shehzad et al. 2012). Tento roztok zlepšuje klíčivost a vzcházení v nepříznivých podmínkách (Patade et al. 2009). Toto předseťové ošetření osiva může vést ke zvýšení výnosů zejména u kukuřice, čiroku, pšenice, rýže a řepky (Nawaz et al. 2013). U osiva

oštřeného 50 ml roztoku $CaCl_2$ po dobu 24 hodin, dochází k významnému zkrácení doby klíčení, zvýšení klíčivosti a uniformity klíčení (Shehzad et al. 2012). Ošetření osiva zlepšuje klíčivost a zkracuje dobu klíčení, díky zvýšenému solnému stresu (Patade et al. 2009). Předseťová příprava významně ovlivňuje klíčení a růst čiroku (Nawaz et al. 2013). U osiva ošetřeného $CaCl_2$ se zvýšila energie klíčení, počet vyklíčených rostlin a finální procento klíčivosti. Rostliny ošetřené $CaCl_2$ měly nejvyšší počet kořenů, nejdelší semenáčky, nejdelší kořeny a nejvyšší vigor index (Shehzad et al. 2012). Zvýšení čerstvé hmoty čiroku může být způsobeno zvýšením buněčného dělení v apikálním meristému kořenů semenáčků, což zvyšuje růst rostliny (Nawaz et al. 2013). Zvýšení délky kořenů a stonku semenáčků z osiva ošetřeného haloprimingem, může být způsobeno zvýšením jaderné replikace v kořenech a stonku. Chlorid vápenatý způsobuje narušení dormance semen (Shehzad et al. 2012). Časné uvolnění a mobilizace živin mohou být důvodem rychlejšího nástupu klíčení (Nawaz et al. 2013).

3.5.1.2 Hydropriming

Předseťová úprava osiva hydroprimingem spočívá v namočení osiva do destilované vody (Casenave & Toselli 2007). Hydropriming je jednoduchá metoda primingu, která nevyžaduje žádné speciální vybavení (Nawaz et al. 2013). Jako primingové médium se používá destilovaná voda, což z ní činí nejlevnější metodu primingu (Casenave & Toselli 2007). Ošetření destilovanou vodou se provádí po různě dlouhou dobu, většinou od 12-36 hodin. Při suboptimální teplotě 15 °C vedlo ošetření destilovanou vodou ke zlepšení klíčivosti a zkrácení doby klíčení (Moradi & Younesi 2009). Zlepšení klíčivosti ošetřených semen lze přisuzovat snížené lipidové peroxidaci a zvýšené antioxidační aktivitě v době inhibice osiva (Nawaz et al. 2013). Ošetřené osivo je citlivé na stresové podmínky při skladování (Casenave & Toselli 2007). Snížení životnosti ošetřeného osiva může být způsobeno snížením opravných aktivit v DNA zapříčiněné vývojem v buněčném cyklu během hydratace (Moradi & Younesi 2009). Ke zvýšení životaschopnosti osiva je důležité skladovat ošetřené osivo v příznivějších podmínkách než neošetřené osivo (Nawaz et al. 2013). U semen macešky a pepře bylo požadované životnosti dosaženo při skladování ošetřených semen pod vodou nebo vystavením teplotnímu stresu po několik hodin až dnů. Kombinování této metody s metodou stařeni vede ke snížení klíčivosti a k výraznému zpomalení klíčení. Tato kombinace se tudíž nedoporučuje (Moradi & Younesi 2009). Rostliny ošetřené metodou hydropriming mají nejvyšší počet listů (Shehzad et al. 2012).

3.5.1.3 Osmopriming

Osmopriming spočívá v ošetření osiva roztokem polyethylen glycolu s osmotickým potenciálem -1,5 MPa (Moradi & Younesi 2009). Ošetření osiva vede ke zlepšení klíčivosti a zkrácení doby potřebné k vyklíčení čiroku (Nawaz et al. 2013). Osmotický priming je metodicky, technicky a finančně náročný (Moradi & Younesi 2009). Roztok osmotické substance, který je v této metodě používán, může být drahý (Nawaz et al. 2013). Tato metoda je ze všech metod primingu nejpřesnější (Sadeghi et al. 2011). Optimální délka ošetření osiva roztokem je 24 hodin (Moradi & Younesi 2009). Ošetřené osivo je citlivé na zhoršené podmínky skladování a může časem degradovat (Nawaz et al. 2013).

3.5.2 Máčení ve vodě

Namáčení semen ve vodě těsně před vysetím urychluje klíčení (Nawaz et al. 2013). Při máčení semen po dobu 10-12 hodin se doba potřebná k vyklíčení zkrátila oproti neoštřenému osivu až o 50 % (Casenave & Toselli 2007). Semena, která byla máčena 16 hodin a více, vyklíčila podobnou rychlostí, ale byla náchylná k poškození v případě delšího skladování (Moradi & Younesi 2009). U semen máčených po dobu 6 hodin se klíčení zrychlilo o 23 %. Míra inhibice při máčení byla úměrná teplotě, přičemž teplota byla 30 °C (Harris 1996). Semena, ošetřená touto metodou, přijímají vodu z půdy rychleji než semena neošetřená (Nawaz et al. 2013). Nenamočená semena mají vyšší potenciál volné vody a také méně kompletní kontakt povrchu semen s půdou (Harris 1996).

3.5.3 Ošetření osiva pomocí přípravků

Ošetření osiva přípravky patří k účinným předseťovým přípravám osiva (Hřivna et al. 2019). K ošetření osiva je z hlediska životního prostředí vhodné používat přírodní látky. Mezi přípravky, které lze k ošetření osiva využít, patří Lexin, M-Sunagreen a FIX-H+N. Tyto přípravky zvyšují procento klíčivosti, podporují růst kořenů a kvalitu odnoží rostliny (Adamčík & Pulkrábek 2012). Přípravky jsou na bázi auxinů, fulvokyselin, huminových kyselin nebo obsahují symbiotické bakterie (Lelková 2018).

3.5.3.1 Lexin

Pomocný rostlinný přípravek Lexin obsahuje 6 % vysokomolekulárních huminových kyselin a nízkomolekulárních fulvokyselin a 0,25 % auxinu (agromanual.cz). Tyto fytohormony výrazně ovlivňují klíčivost a raná růstová stádia čiroku (Adamčík et al. 2016). Přípravek je získáván hydrolyticko-oxidačním rozkladem lignosulfonátů (agromanual.cz). Huminové látky a auxin pomáhají rostlinám překonávat abiotické stresy tím, že pozitivně působí na vývoj rostlin a jejich kořenů. Stimulují, jak dlouživý růst buněk, tak i jejich dělení. Podporují rovněž jejich diferenciaci a tvorbu cévních svazků (Rákos & Zedník 2007). Příznivě ovlivňují i propustnost buněčných membrán (agromanual.cz). Tím, že přípravek podporuje příjem a využití rostlinných živin a celkově působí na látkový metabolismus, stimuluje nejen dlouživý růst rostlin, ale i jejich regeneraci a rhizogenezi (Adamčík & Pulkrábek 2012). Lexin také výrazně zvyšuje odolnost vůči stresům a účinnost pesticidů a hnojiv (agromanual.cz). U rostlin, které byly ošetřeny přípravkem Lexin, bylo pozorováno lepší zdraví a vitalita (Rákos & Zedník 2007). Přípravek je ředitelný vodou a aplikuje se dle potřeby na osivo, list, kořeny nebo půdu. U aplikace na osivo se doporučuje použití 0,05-0,1% roztoku přípravku po dobu 6-12 hodin (agromanual.cz). Po ošetření osiva čiroku přípravkem Lexin se jeho klíčivost zvýšila na 95 %, přičemž doba potřebná k vyklíčení se zkrátila na 3,5 dne. Po třiceti dnech od vysetí se počet rostlin na m^2 rovnal 25,5 kusům (Adamčík et al. 2016). U osiva sóji, které bylo ošetřeno přípravkem Lexin, došlo ke snížení klíčivosti z 92 % na 83 % (Procházka et al. 2013).

3.5.3.2 M-Sunagreen

Stimulační přípravek M-Sunagreen patří k nejlépe hodnoceným stimulátorům osiva (agromanual.cz). Jedná se o proauxinový přípravek, který přispívá k rychlejšímu a

rovnoměrnějšímu klíčení a vzcházení (Hřivna et al. 2019). M-Sunagreen zvyšuje a zrychluje tvorbu kořínků v raných vývojových stádiích a zvyšuje toleranci rostlin k nepříznivým podmínkám v tomto období (Adamčík & Pulkrábek 2012). Použití přípravku má pozitivní vliv na kořenový růst, procento klíčivosti a kvalitu odnoží jednotlivých rostlin (Hřivna et al. 2019). Účinnými látkami v přípravku jsou kyselina 2-aminobenzoová a kyselina 2-hydroxybenzoová. Kyselina 2-aminobenzoová je v rostlinách přeměňována na prekurzor pro tvorbu auxinu. Kyselina 2-hydroxybenzoová pomáhá udržovat vysoký obsah auxinů v rostlině tím, že zpomaluje jejich odbourávání (agromanual.cz). Tyto účinné látky zajišťují tvorbu auxinů v nových částech rostliny. Auxiny podporují tvorbu kořenového vlášení, které je klíčové k získávání živin a vláhy z půdy (Adamčík & Pulkrábek 2012). Přípravek M-Sunagreen je pro metabolismus rostlin velice šetrný, protože obsahuje pouze prekurzory auxinů, nikoli syntetické auxiny. U pšenice ozimé ošetřené tímto přípravkem je hmotnost kořene o 25 % vyšší než u neošetřených variant. Počet rostlin na plochu je v průměru zhruba o 7 % vyšší než u neošetřených variant (agromanual.cz). Použití přípravku má za následek zvýšení výnosového potenciálu porostu, zvýšení odolnosti porostu a jeho celkové zesílení (Adamčík & Pulkrábek 2012). Osivo čiroku ošetřené přípravkem M-Sunagreen vykazuje klíčivost 92,2 %, přičemž doba potřebná k vyklíčení je 4 dny (Adamčík et al. 2016).

3.5.3.3 FIX-H+N

FIX-H+N je biologický přípravek, který obsahuje dva druhy symbiotických bakterií (Monas Technology 2014). Prvním druhem jsou bakterie FIX-H, které pomáhají udržovat vyrovnané pH v okolí kořenů rostlin. Druhý druh jsou bakterie FIX-N, které rozkládají organické zbytky, vážou do půdy vzdušný dusík a produkují fytohormony cytokininy (Lelková 2018). Tyto bakterie se vážou na rhizosféru, ze které vytlačují patogeny a plísně. Bakterie jsou odolné vůči běžně používaným pesticidům. Jedná se o bakterie, které žijí v půdě, takže na slunci odumírají (Monas Technology 2014). Celkově tak přípravek zlepšuje příjem živin rostlinou a zvyšuje výnosy (Lelková 2018). Většinou se využívá k ošetření kukuřice nebo zeleniny. Přípravek je dodáván v podobě tekutého média, které obsahuje zmiňované bakterie (Monas Technology 2014). Doporučuje se aplikace postřikem, když je půda vlhká a sluneční svit není příliš intenzivní (Lelková 2018). U kukuřice se doporučuje aplikace v období května a června. Aplikační dávka bakterií FIX-H je 0,5 l/ha, u bakterií FIX-N je aplikační dávka totožná. Tento přípravek lze použít v ekologickém zemědělství (Monas Technology 2014). Výrobcem je Mikrobiologický Ústav AV ČR, RNDr. David Novotný, Ph.D. (Lelková 2018).

3.6 Vliv stimulace osiva na dozrávání zrna

Předseťové přípravy osiva zajišťují rychlejší a jednotnější vzcházení (Nawaz et al. 2013). Zároveň zlepšují odolnost osiva vůči nepříznivým podmínkám. V klimatických podmínkách České republiky umožňuje stimulace osiva dřívější setí čiroku (Adamčík et al. 2016). Rychlé a uniformní vzcházení čiroku napomáhá také menšímu zaplevelení porostu (Hermuth et al. 2012). Na čase setí je závislé pozdější dozrávání zrna na rostlině (Shehzad et al. 2012). Brzké setí zajistí, že všechna zrna na rostlině stihnou dozrát (Nawaz et al. 2013). Suma teplot potřebná

k dozrání zrn čiroku je 2500 - 3500 °C. Této sumy teplot musí být dosaženo v období od vysetí do sklizně čiroku, zpravidla tedy od května do října (Gerik at al. 2003). Zrnové čiroky mají vyšší nároky na teplotu než ostatní druhy čiroku (Hermuth et al. 2012). Důvodem je potřeba úplného dozrání zrna a snížení obsahu vody v zrnu u zrnových čiroků (Gerik at al. 2003). U čiroků cukrových, využívaných k výrobě biopaliv nebo jako krmivo, není třeba nechávat zrno dozrát (Staggenborg 2019).

4 Metodika

Pokusy byly rozděleny na dvě části, v první části probíhaly testy klíčivosti osiva a v druhé části probíhal polní pokus. Testy klíčivosti probíhaly 16.12.2019 v laboratořích FAPPZ a poté 18.2.2020 ve Výzkumné stanici v Červeném Újezdu. K prvnímu testu klíčivosti byly na základě výsledků předchozích pokusů vybrány odrůdy Arsenio, Tonkawa a Express. Druhý test byl zaměřen na stejné odrůdy jako první test, ale odrůda Arsenio byla v tomto případě ošetřena stimulátory růstu. Před testováním klíčivosti bylo osivo namořeno třemi různými přípravky. Během testů klíčivosti byly rostliny průběžně počítány. Počítání probíhalo od 26.2.2020 do 15.3.2020. Po skončení testů klíčivosti byla na základě výsledků, a s přihlédnutím k výsledkům z předchozích pokusů, vybrána k dalším pokusům odrůda Arsenio.

4.1 Testy klíčivosti

4.1.1 Test klíčivosti – laboratoře FAPPZ

První test klíčivosti byl založen dne 16.12.2019 v laboratořích FAPPZ. K tomuto testu bylo použito farmářské osivo. Testovány byly odrůdy Arsenio, Tonkawa a Express. Semena těchto odrůd byla rozdělena na dvě varianty, z nichž jedna zůstala neošetřena a druhá byla namořena přípravkem Lexin. K pokusům byla vybrána pouze nepoškozená semena, která byla umístěna na filtračním papíru v miskách s destilovanou vodou. Do každé misky bylo umístěno 100 semen dané odrůdy. Každá odrůda byla testována za dvou světelných podmínek, a proto byl test založen v šesti opakováních. Jeden vzorek od každé odrůdy byl vystaven umělému osvětlení po dobu 8 hodin. Druhý vzorek každé odrůdy byl po celou dobu testován bez přístupu světla v klimaboxech. Celý test probíhal za stálé teploty 20 °C. Sedmý den od založení pokusu proběhlo vyhodnocení dosavadního postupu. Odrůda Arsenio byla, na základě vysoké klíčivosti a nízkého výskytu plísní, vybrána jako nejvhodnější k následujícím polním pokusům.

4.1.2 Test klíčivosti – Výzkumná stanice Červený Újezd

Druhý test klíčivosti byl založen 18.2.2020 ve Výzkumné stanici v Červeném Újezdu. Tento test byl zaměřen především na odrůdu Arsenio, která se v prvním testu ukázala jako vhodná k dalším pokusům. V tomto testu bylo použito certifikované osivo, které bylo zakoupeno u firmy KWS Osiva s.r.o.. Stejně jako u prvního testu klíčivosti byla k pokusům vybrána pouze nepoškozená semena. V tomto případě byla semena ošetřena přípravkem Lexin, M-Sunagreen a FIX-H+N. Jedná se o stimulátory růstu a biologické přípravky. Přípravek FIX-H+N byl použit v 0,5% koncentraci. Semena byla umístěna do květináčů s pěstebním

substrátem. Do každého květináče bylo umístěno 20 ošetřených semen odrůdy Arsenio. Test byl založen ve třech opakováních, tudíž bylo celkem 9 květináčů.

4.2 Polní pokus

Druhou část pokusu tvořil polní maloparcelkový pokus, který probíhal na území Výzkumné stanice v Červeném Újezdu. Tento pokus byl zaměřen zejména na schopnost čiroku dozrávat v podmínkách České republiky. V tomto pokusu bylo použito certifikované osivo, které bylo zakoupeno u firmy KWS Osivo s.r.o..

4.2.1 Varianty

K polnímu pokusu byly vybrány odrůdy Arsenio a Nutrigrain. Jak je znatelné z Tabulky č.1, každá odrůda měla 3 varianty, celkem tedy bylo 6 variant. Každá varianta byla vyseta ve čtyřech opakováních. Celkově bylo tedy potřeba vytvořit 24 parcelek. Jedna varianta osiva dané odrůdy byla před setím mořena přípravkem Lexin, druhá přípravkem M-Sunagreen a třetí zůstala neošetřena. Přípravek Lexin byl na osivo aplikován v dávce 0,33 litru přípravku na tunu osiva. Výrobcem přípravku Lexin je firma Lexicon, která sídlí na adrese Brandejsovo náměstí 1251/3, 165 00 Praha – Suchdol. Přípravek M-Sunagreen byl na osivo aplikován v dávce 0,5 litru přípravku na tunu osiva. Výrobcem přípravku M-Sunagreen je firma BIOSFOR sídlící na adrese Slepotice 36, 530 02 Slepotice.

Tabulka č.1 Použité varianty

odrůda Arsenio	odrůda Nutrigrain
Arsenio ošetřené Lexinem	Nutrigrain ošetřené Lexinem
Arsenio ošetřené M-Sunagreenem	Nutrigrain ošetřené M-Sunagreenem
Arsenio neošetřené	Nutrigrain neošetřené

(zdroj: vlastní zpracování)

4.2.2 Agrotechnika

Před zahájením polního pokusu proběhla příprava půdy. K pokusům byl vybrán pozemek, na kterém byla jako předplodina pšenice ozimá. Na daném pozemku byla na podzim provedena střední orba pluhem. Dne 12.5.2020 proběhla jarní příprava půdy, která zahrnovala také srovnání pozemku. Následně byly 16.5.2020 vyměřeny parcelky k provedení pokusu. Výměra jednotlivých parcelek byla vždy 15 m^2. Celkem bylo na pozemku vyměřeno 24 parcelek. Setí pomocí přesné maloparcelní sečky proběhlo dne 19.5.2020. Výsevek byl 9 kg osiva na hektar. Na každou parcelku bylo tedy vyseto 13,5 g osiva. V rámci pokusu nebyla využita žádná insekticidní ochrana. V průběhu růstu čiroku bylo dvakrát provedeno plečkování. První plečkování proběhlo, když rostliny dosáhly fáze 8. listu. Druhé plečkování proběhlo, když byly rostliny na počátku metání.
Sklizeň probíhala ručním ořezem lat dne 5.11.2020. Z každé parcelky bylo vybráno vždy 10 průměrných lat. Všechny laty byly zváženy. Následně byly laty po dobu 18 hodin vystaveny teplotě 45 °C. Po usušení byla každá z lat jednotlivě zvážena.

4.3 Meteorologické údaje

Sledovány byly meteorologické údaje od vysetí do sklizně čiroku.

4.3.1 Průměrná teplota vzduchu

V den výsevu čiroku byla naměřena průměrná teplota vzduchu 16,95 °C. V květnu roku 2020 byla průměrná teplota vzduchu 12,14 °C. Tento měsíc byl o 1,4 °C chladnější než normál, proto byl hodnocen jako normální. V červnu byla průměrná teplota vzduchu 17,45 °C. Tento měsíc byl o 1,2 °C teplejší než normál, proto byl hodnocen jako nadnormální. V červenci roku 2020 byla naměřena průměrná teplota vzduchu 19,10 °C. Tento měsíc byl o 0,8 °C teplejší než normál, proto byl hodnocen jako normální. V srpnu byla průměrná teplota vzduchu 20,51 °C. Tento měsíc byl o 2,6 °C teplejší než normál, proto byl hodnocen jako mimořádně nadnormální. V září roku 2020 dosahovala průměrná teplota vzduchu 15,74 °C. Tento měsíc byl o 2,2 °C teplejší než normál, proto byl hodnocen jako silně nadnormální. V říjnu byla naměřena průměrná teplota vzduchu 9,71 °C. Tento měsíc byl o 1,2 °C teplejší než normál, proto byl hodnocen jako nadnormální. V listopadu, kdy probíhala sklizeň, byla za celý měsíc naměřena průměrná teplota vzduchu 4,24 °C. Tento měsíc byl o 1,1 °C teplejší než normál, proto byl hodnocen jako nadnormální. Průměrná teplota vzduchu za celý rok 2020 činila 10,2 °C. Tento rok byl o 1,7 °C teplejší než normál, proto byl hodnocen jako mimořádně nadnormální. Suma průměrných teplot za celé období růstu čiroku byla 2748,1 °C. Tato hodnota sumy teplot je blízko minimální hodnotě sumy teplot, při které čirok dozrává. K lepšímu růstu a dozrávání, by bylo třeba dosáhnout vyšší sumy teplot během růstu čiroku.

4.3.2 Srážkový úhrn

Datum výsevu čiroku 19.5.2020 byl 6. den od posledního deště, který činil 4,5 mm. V květnu roku 2020 činil srážkový úhrn 50,4 mm. Tento měsíc činil srážkový úhrn 72 % normálu a byl proto hodnocen jako normální. V červnu dosahoval srážkový úhrn 71,8 mm. Tento měsíc činil srážkový úhrn 107 % normálu a byl proto hodnocen jako normální. V červenci roku 2020 byl srážkový úhrn 29,2 mm. Tento měsíc činil srážkový úhrn 37 % normálu a byl proto hodnocen jako silně podnormální. Srpen téhož roku se ukázal jako nejdeštivější měsíc, se srážkovým úhrnem 110,9 mm. Tento měsíc činil srážkový úhrn 168 % normálu a byl proto hodnocen jako nadnormální. V září roku 2020 činil srážkový úhrn 58,1 mm. Tento měsíc činil srážkový úhrn 153 % normálu a byl proto hodnocen jako nadnormální. V říjnu srážkový úhrn dosahoval 87,8 mm. Tento měsíc činil srážkový úhrn 325 % normálu a byl proto hodnocen jako mimořádně nadnormální. V listopadu roku 2020 byl naměřen srážkový úhrn 12,9 mm. Tento měsíc činil srážkový úhrn 43 % normálu a byl proto hodnocen jako podnormální. Srážkový úhrn za celý rok 2020 činil 557,3 mm. Tento rok činil srážkový úhrn 111 % normálu a byl proto hodnocen jako nadnormální. Celkový úhrn srážek od vysetí do sklizně čiroku byl 388,4 mm.

4.4 Výzkumná stanice Červený Újezd

Výzkumná stanice Červený Újezd má funkci zejména jako experimentální pracoviště pro některé katedry Fakulty agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů. Pozemky, které jsou využívány k pokusům, se nacházejí na východní části obce Červený Újezd.

Výzkumná stanice se nachází v nadmořské výšce 398 m.n.m. na souřadnicích 50°04´severní šířky a 14°10´východní délky. Stanice spadá do mírně teplého a suchého klimatického regionu. V roce 2019 byla na stanici naměřena průměrná roční teplota vzduchu 7,7 °C. Průměrný roční úhrn srážek byl v tomto roce 549 mm. V teplém půlroce byla průměrná teplota za tento půlrok 13,9 °C a průměrný úhrn srážek za tento půlrok 361 mm. V chladném půlroce byla průměrná teplota za tento půlrok 1,5 °C a průměrný úhrn srážek za tento půlrok 188 mm.
Hnědozem, která je zde genetickým půdním prvkem, zde tvoří sprašový pokryv. Půda na pozemcích využívaných Výzkumnou stanicí je pH neutrální a disponuje mírným obsahem humusu. Koloidní půdní sorpční komplex je nasycen a půda má střední sorpční kapacitu. Půda disponuje středním až dobrým obsahem fosforu a draslíku.

5 Výsledky

5.1 Test klíčivosti – laboratoře FAPPZ

Dne 23.12.2019 byl vyhodnocen test klíčivosti, který probíhal v klimaboxech v laboratořích FAPPZ. Semena odrůdy Arsenio vykazovala za světla výrazně vyšší klíčivost než odrůdy Tonkawa a Express (viz Tabulka č.2). Na základě těchto výsledků byla odrůda Arsenio vyhodnocena jako nejvhodnější k dalším pokusům. Osivo testované za tmy vykazovalo celkově nižší klíčivost (viz Tabulka č.3). Během testu klíčivosti došlo k rozvoji plísní na testovaném osivu.

Tabulka č.2 Klíčivost osiva různých odrůd za světla

	Tonkawa	Express	Arsenio
Lexin	55 %	25 %	68 %
kontrola	37 %	20 %	39 %

(zdroj: vlastní zpracování)

Tabulka č.3 Klíčivost osiva různých odrůd za tmy

	Tonkawa	Express	Arsenio
Lexin	49 %	0 %	0 %
kontrola	2 %	8 %	15 %

(zdroj: vlastní zpracování)

5.2 Test klíčivosti – Výzkumná stanice Červený Újezd

Dne 15.3.2020 proběhlo vyhodnocení testu klíčivosti odrůdy Arsenio, který probíhal ve Výzkumné stanici Červený Újezd. Nejvyšší průměrné klíčivosti dosahovalo osivo po ošetření

přípravkem M-Sunagreen (viz Tabulka č.4). Toto osivo dosahovalo průměrné klíčivosti 83,33 %. Naopak nejméně klíčilo osivo po ošetření přípravkem Lexin. Toto osivo dosahovalo průměrné klíčivosti 78,33 %. Osivo ošetřené přípravkem FIX-H+N vykazovalo průměrnou klíčivost 80 %. Kontrolní neošetřené osivo odrůdy Arsenio vykazovalo v tomto testu klíčivost 70 % (viz Tabulka č.5).

Tabulka č.4 Klíčivost namořeného osiva odrůdy Arsenio

	M-Sunagreen	Lexin	FIX-H+N	kontrola
1. opakování	100 %	85 %	75 %	70 %
2. opakování	85 %	80 %	80 %	75 %
3. opakování	65 %	70 %	85 %	35 %

(zdroj: vlastní zpracování)

Tabulka č.5 Klíčivost osiva různých odrůd

	Tonkawa	Express	Arsenio
Lexin	30 %	45 %	85 %
kontrola	15 %	40 %	70 %

(zdroj: vlastní zpracování)

5.3 Polní pokus

5.3.1 Průměrná hmotnost čerstvých lat

Dne 5.11.2020 byly čerstvé laty zváženy a hmotnosti byly zaznamenány do tabulky. K tomuto pokusu bylo odebráno 10 lat z každého opakování, celkově tedy 40 lat od každé varianty. Dále byla uváděna průměrná hmotnost jedné laty. Jak je znatelné z Tabulky č. 6, nejvyšší průměrné hmotnosti čerstvých lat dosahovala odrůda Nutrigrain po ošetření přípravkem Lexin. Druhé nejvyšší průměrné hmotnosti čerstvých lat dosahovala odrůda Arsenio po ošetření přípravkem Lexin. Naopak ošetření obou odrůd přípravkem M-Sunagreen mělo za následek snížení průměrné hmotnosti čerstvých lat. U odrůdy Arsenio činil rozdíl průměrné hmotnosti čerstvých lat, mezi osivem ošetřeným přípravkem M-Sunagreen a neošetřeným osivem, 2,8 g. U odrůdy Nutrigrain se jednalo o rozdíl 0,7 g. Ošetření odrůdy Arsenio přípravkem Lexin mělo za následek zvýšení čerstvé hmotnosti lat o 1,5 g. Čerstvá hmotnost lat se u odrůdy Nutrigrain ošetřené přípravkem Lexin zvýšila o 6,9 g. Odrůda Nutrigrain se v polním pokusu ukázala jako vhodná k ošetření přípravkem Lexin. Naopak ošetření odrůdy Arsenio přípravkem M-Sunagreen se ukázalo jako nevhodné.

Tabulka č.6 Průměrná hmotnost jedné laty

	Arsenio	Nutrigrain
M-Sunagreen	35,6 g	34,2 g
Lexin	39,9 g	41,8 g
kontrola	38,4 g	34,9 g

(zdroj: vlastní zpracování)

5.3.2 Průměrná hmotnost lat po usušení

Dne 16.12.2020 proběhlo vážení lat, které byly po dobu 18 hodin sušeny při teplotě 45 °C. Nejvyšší průměrné hmotnosti lat po usušení dosahovala odrůda Nutrigrain po ošetření přípravkem Lexin. Druhé nejvyšší hmotnosti dosahovala odrůda Arsenio po ošetření přípravkem Lexin. Po ošetření přípravkem M-Sunagreen vykazovaly obě odrůdy snížení průměrné hmotnosti lat po usušení. U odrůdy Arsenio se jednalo o snížení hmotnosti sušiny o 0,3 g. U odrůdy Nutrigrain se hmotnost sušiny snížila rovněž o 0,3 g. Toto vážení potvrdilo, že nejvyšší hmotnost lat vykazuje odrůda Nutrigrain, která byla ve fázi semene ošetřena přípravkem Lexin (viz Tabulka č. 7). Tabulka č. 8 znázorňuje průměrný obsah sušiny lat čiroku zrnového. Tyto hodnoty byly přepočítány z hodnot z Tabulky č.6 a Tabulky č.7.

Tab. č. 7 Průměrná hmotnost sušiny lat

	Arsenio	Nutrigrain
M-Sunagreen	13,3 g	12,5 g
Lexin	14 g	14,7 g
kontrola	13,6 g	12,8 g

(zdroj: vlastní zpracování)

Tab. č. 8 Průměrný obsah sušiny lat

	Arsenio	Nutrigrain
M-Sunagreen	37,4 %	36,6 %
Lexin	35,1 %	35,2 %
kontrola	35,4 %	36,7 %

(zdroj: vlastní zpracování)

6 Diskuze

6.1 Test klíčivosti – laboratoře FAPPZ

Nejvyšší klíčivosti dosahovalo osivo odrůdy Arsenio. To může být způsobeno vyšší vitalitou osiva této odrůdy než zbylých dvou odrůd. Dále může být tento rozdíl v klíčivosti mezi odrůdami způsoben potenciální vyšší odolností odrůdy Arsenio vůči plísním. Celkově osiva všech odrůd vykazovala velmi nízkou klíčivost. U osiva byla přítomna primární kontaminace plísní. To bylo způsobeno nevhodným skladováním, které mělo za následek napadení osiva plísněmi. Dalším důvodem této kontaminace mohly být také nevhodné podmínky během dozrávání osiva. Vysoká vlhkost v odbobí dozrávání osiva mohla mít za následek výskyt plísní na osivu. U tohoto osiva došlo během testu klíčivosti k rozvoji těchto plísní. Takové osivo nebylo možno použít k další testům.

6.2 Test klíčivosti – Výzkumná stanice Červený Újezd

Adamčík et al. (2016) uvádí zhruba o 17 % vyšší klíčivost u osiva ošetřeného přípravkem Lexin, než uvádí tato práce. Klíčivosti 95 %, kterou uvádí Adamčík et al. (2016), nebylo dosaženo ani u jednoho opakování. U osiva ošetřeného přípravkem M-Sunagreen uvádí Adamčík et al. (2016) klíčivost 92,2 %. Tato práce uvádí zhruba o 9 % nižší klíčivost. Klíčivosti 92,2 % bylo dosaženo pouze u jednoho opakování osiva ošetřeného přípravkem M-Sunagreen. Tento rozdíl může být způsoben tím, že v jejich výzkumu bylo použito osivo jiných odrůd, než bylo použito v této studii. Dalším důvodem rozdílů ve výsledcích může být to, že v jejich studii bylo osivo ošetřeno fungicidem Thiram. V této studii nebylo osivo ošetřeno žádným fungicidem a bylo proto náchylnější k plesnivosti. Výskyt plísní pak může mít za následek snížení počtu vklíčených semen. Procházka et al. (2013) uvádí, že po ošetření osiva sóji přípravkem Lexin, se jeho klíčivost ve srovnání s neošetřeným osivem snížila o 9 %. Tato studie uvádí u osiva ošetřeného přípravkem Lexin zvýšení průměrné klíčivosti o 8,33 % oproti neošetřenému osivu. Tento rozdíl může být zapříčiněn použitím osiva rozdílných plodin.

6.3 Obsah sušiny

Adamčík et al. (2016) uvádí u rostlin, které vzešly z osiva ošetřeného přípravkem Lexin, zhruba o 1,8 % nižší obsah sušiny než tato práce. U rostlin, které vzešly z osiva ošetřeného přípravkem M-Sunagreen, uvádí Adamčík et al. (2016) zhruba o 3,8 % nižší obsah sušiny. U neošetřeného osiva uvádí Adamčík et al. (2016) obsah sušiny 33 %, což je zhruba o 3 % nižší hodnota, než jakou uvádí tato práce. Nicméně při jejich pokusu byla hodnocena sušina obsažená v zrnu čiroku, zatímco tato studie zkoumala sušinu celé laty. Dále byl při jejich výzkumu mladý porost čiroku ošetřen herbicidním postřikem BANVEL® 480 S, zatímco v tomto pokusu nebyly použity žádné herbicidy. Zároveň byla při jejich pokusu použitá plocha před setím hnojena dávkou 80 kg dusíku na hektar. Tyto faktory mohou mít značný vliv na celkový výnos čiroku a na obsah sušiny. Jak uvádí Gerik et al. (2003), nedostatek dusíku v růstové fázi GS II může mít negativní vliv na hmotnost zrna a celkové výnosy. Významný rozdíl může být také způsoben možnou nižší sumou teplot v roce 2016 než v roce 2020. Nízká suma teplot mohla mít za následek výrazné snížení výnosů a obsahu sušiny čiroku. Jak uvádí Gerik at al. (2003), čirok ke svému dozrání potřebuje sumu teplot 2500 – 3500 °C. Této sumy je v podmínkách České republiky během růstu čiroku dosaženo pouze v některých letech. Procházka et al. (2017) uvádí, že u rostlin sóji, které vzešly z osiva ošetřeného přípravkem Lexin, se oproti kontrolnímu osivu snížil obsah sušiny v nadzemní části rostliny o 0,1 %. Tato práce uvádí po použití přípravku Lexin výrazně vyšší úbytek obsahu sušiny. Tento rozdíl může být způsoben tím, že v této studii byla zkoumána sušina lat, zatímco Procházka et al. (2017) zkoumal sušinu celé nadzemní části rostliny. V případě této studie došlo z důvodů nepříznivých podmínek k neúplnému dozrání zrna. To bylo způsobeno zejména nízkou sumou teplot, výrazně deštivým říjnem a nedostatkem slunečního svitu. Výnosový potenciál čiroku tudíž nebyl dosažen.

6.4 Cíle

V rešeršení části byly popsány různé možnosti stimulace osiva, včetně jejich vlivu na růst rostlin a dozrávání zrna.
V experimentální části práce byly ověřeny dvě předseťové úpravy osiva čiroku zrnového v podmínkách maloparcelkového pokusu.

6.5 Směr dalšího výzkumu

Směr dalšího výzkumu spočívá ve výběru vhodných odrůd či hybridů pro možnosti pěstování v podmínkách České republiky s ohledem na klimatické změny.

7 Závěr

Bylo zjištěno, že čirok zrnový je velmi významnou a odolnou plodinou, která by v budoucnu mohla být široce využívána i v České republice. V řešeršní části byly popsány možnosti stimulace osiva čiroku zrnového a jejich vliv na růst rostlin a dozrávání zrna, což bylo cílem této studie. Dalším cílem této studie bylo ověřit dvě metody předseťových úprav osiva čiroku. Tyto dvě metody byly ověřeny v podmínkách maloparcelkového pokusu na pozemku Výzkumné stanice Červený Újezd. Závěrem bylo zjištěno, že Lexin měl vliv na průměrnou hmotnost čerstvých lat, která se zvýšila o 6,9 g, zhruba tedy o 19,8 %. Použití přípravku Lexin nemělo výraznější vliv na obsah sušiny lat. Použití přípravku M-Sunagreen nemělo významný vliv na výnosové prvky čiroku. Použití těchto přípravků nemělo vliv na rychlejší dozrávání. Vliv použití těchto přípravků se nemohl projevit z důvodu nepříznivých podmínek v období růstu čiroku.

8 Literatura

Adamčík J, Pulkrábek J. 2012. STIMULATION OF SORGHUM SEED TO INCREASE ITS VITALITY. Pages 16-20 in Škarpa P, Ryant P, Cerkal R, Polák O, Kovárník J, Vyskočil I, editors. Proceedings of International Ph.D. Students Conference. Mendel University in Brno, Brno.

Adamčík J, Tomášek J, Pulkrábek J, Pazderů K, Dvořák P. 2016. Stimulation sorghum seed leading to enlargement of optimum conditions during germination and emergence. Plant Soil Environ **62**:547-551.

Alavi S, Ruan S, Adapa SS, Joseph M, Lindshield B, Chilukuri S. 2019. Use of Grain Sorghum in Extruded Products Developed for Gluten-free and Food Aid Applications. Pages 425-440 in Ciampitti IA, Prasad PVV, editors. Sorghum: A State of the Art and Future Perspetives, Volume 58. American Society of Agronomy Crop Science.

Almodares A, Hadi MR. 2009. Production of bioethanol from sweet sorghum: A review. African Journal of Agricultural Research **4**:772-780.

Anda A, Pinter L. 1994. Sorghum Germination and Development as Influenced by Soil Temperature and Water Content. Agronomy Journal **86**:621-624.

Arkin GF, Vanderlip RL, Ritchie JT. 1976. A Dynamic Grain Sorghum Growth Model. Transactions of the ASAE **19**:622-626.

Aruna C, Visarada KBRS. 2019. Other Industrial Uses of Sorghum. Pages 271-292 in Aruna C, Visarada KBRS, Bhat BV, Tonapi VA, editors. Breeding Sorghum for Diverse End Uses. Woodhead Publishing.

Awadhwal NK, Thierstein GE. 1985. Soil crust and its impact on crop establishment: A review. Soil and Tillage Research **5**:289-302.

Bean SR, Wilson JD, Moreau RA, Galant A, Awika JM, Kaufman RC, Adrianos SL, Ioerger BP. 2019. Structure and Composition of the Sorghum Grain. Pages 173-214 in Ciampitti IA, Prasad PVV, editors. Sorghum: A State of the Art and Future Perspetives, Volume 58. American Society of Agronomy Crop Science.

Benech Arnold RL, Ghersa CM, Sanchez RA, Insausti P. 1990. A mathematical model to predict Sorghum halepense (L.) Pers. seedling emergence in relation to soil temperature. Weed Research **30**:91-99.

Bogunjoko JST. 1988. Industrial Uses of Sorghum in Nigeria. Pages 125-129 in Gomez MI, House LR, Rooney LW, Dendy DAV, editors. Utilization of Sorghum and Millets. International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics, India.

Brown PJ, Klein PE, Bortiri E, Acharya CB, Rooney WL, Kresovich S. 2006. Inheritance of inflorescence architecture in sorghum. Theoretical and Applied Genetics **113**:931-942.

Casenave EC, Toselli ME. 2007. Hydropriming as a pre-treatment for cotton germination under thermal and water stress conditions. Seed Science and Technology **35**:88-98.

Ciampitti IA, Prasad PVV, Schlegel AJ, Haag L, Schnell RW, Arnall B, Lofton J. 2019. Genotype × Environment × Management Interactions: US Sorghum Cropping Systems. Pages 277-296 in Ciampitti IA, Prasad PVV, editors. Sorghum: A State of the Art and Future Perspetives, Volume 58. American Society of Agronomy Crop Science.

Cibulková R. 2012. Čirok jako energetická plodina [BSc. Thesis]. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, České Budějovice.

Davis MA, Jardine DJ, Todd TC. 1994. Selected Pre-emergent Herbicides and Soil pH Effect on Seedling Blight of Grain Sorghum. Journal of Production Agriculture **7**:269-276.

Dayan FE, Rimando AM, Pan Z, Baerson SR, Gimsing AL, Duke SO. 2010. Sorgoleone. Phytochemistry **71**:1032-1039.

Dayan FE. 2006. Factors modulating the levels of the allelochemical sorgoleone in Sorghum bicolor. Planta **224**:339-346.

Dufour JP, Mélotte L, Srebrnik S. 1992. Sorghum Malts for the Production of a Lager Beer. Journal of the American Society of Brewing Chemists **50**:110-119.

Einhellig FA, Souza IF. 1992. Phytotoxicity of sorgoleone found in grain Sorghum root exudates. Journal of Chemical Ecology **18**:1-11.

Gerik T, Bean B, Vanderlip R. 2003. Sorghum Growth and Development. Texas FARMER Collection, Texas.

Harris D. 1996. The effects of manure, genotype, seed priming, depth and date of sowing on the emergence and early growth of Sorghum bicolor (L.) Moench in semi-arid Botswana. Soil and Tillage Research **40**:73-88.

Hermuth J, Janovská D, Strašil Z, Usťak S, Hýsek J. 2012. Čirok obecný (*Sorghum bicolor* (L.) MOENCH), možnosti využití v podmínkách České republiky. Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha.

Hermuth J. 2020. Multifunkční uplatnění nově vyšlechtěných odrůd čiroku zrnového a béru italského. Pages 23-33 in Hermuth J, Klíma M, Chrpová J, Ovesná J, editors. Využití adaptabilních druhů a odrůd při klimatické změně v zemědělství. Agrární komora České republiky, Praha.

Hoffmann L (Jr), Rooney WL. 2019. Sorghum Improvement for Yield. Pages 31-46 in Ciampitti IA, Prasad PVV, editors. Sorghum: A State of the Art and Future Perspetives, Volume 58. American Society of Agronomy Crop Science.

Hřivna L, Maco R, Zigmundová V, Dufková R, Šottníková V, Gregor T. 2019. Vliv moření osiva růstovými látkami na výnos zrna a jeho kvalitu. Pages 44-46 in Mikšík V, Černý L, editors. Sladovnický ječmen 2019. Spolek pro ječmen a slad, Kralupy nad Vltavou.

Informační centrum bezpečnosti potravin. 2003. Zrnový čirok je slibný pro výrobu potravin a etanolu. Ministerstvo zemědělství. Available from https://www.bezpecnostpotravin.cz/zrnovy-cirok-je-slibny-pro-vyrobu-potravin-a-etanolu.aspx (accessed February 2021)

Jisha KC, Vijayakumari K, Puthur JT. 2012. Seed priming for abiotic stress tolerance: an overview. Acta Physiologiae Plantarum **35**:1381-1396.

Kanemasu ET, Bark DL, Chin Choy E. 1975. EFFECT OF SOIL TEMPERATURE ON SORGHUM EMERGENCE. Plant and Soil **43**:411-417.

Kleih U, Ravi SB, Rao BD, Yoganand B. 2000. Industrial Utilization of Sorghum in India. nternational Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics, Patancher.

Konvalina P, Moudry J, Moudry J (Jr), Kalinova J. 2007. Pěstování rostlin v ekologickém zemědělství. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, České Budějovice.

Kumar AA. 2019. Sorghum Hybrids Development for Important Traits: Progress and Way Forward. Pages 97-117 in Ciampitti IA, Prasad PVV, editors. Sorghum: A State of the Art and Future Perspetives, Volume 58. American Society of Agronomy Crop Science.

Lelková M. 2018. Pomocné půdní látky [BSc. Thesis]. Univerzita Pardubice, Pardubice.
Maas EV, Poss JA, Hoffman GJ. 1986. Salinity sensitivity of sorghum at three growth stages. Irrigation Science **7**:1-11.

McCray JM, Matocha JE. 1992. Effects of soil water levels on solution bicarbonate, chlorosis and growth of sorghum. Journal of Plant Nutrition **15**:1877-1890.

Monas Technology. 2014. FIX-H+N. Monas Technology, České Budějovice. Available from http://www.monastechnology.cz/index.php/topmenukontakt (accessed March 2021).

Moradi A, Younesi O. 2009. Effects of Osmo- and Hydro-priming on Seed Parameters of Grain Sorghum (Sorghum bicolor L.). Australian Journal of Basic and Applied Sciences **3**:1696-1700.

Nawaz J, Hussain M, Jabbar A, Nadeem GA, Sajid M, Subtain M, Shabbir I. 2013. Seed Priming A Technique. International Journal of Agriculture and Crop Sciences **6**:1373-1381.

Nimbal ChI, Pedersen JF, Yerkes CN, Weston LA, Weller SC. 1996. Phytotoxicity and Distribution of Sorgoleone in Grain Sorghum Germplasm. Journal of Agricultural and Food Chemistry **44**:1343-1347.

Patade VY, Bhargava S, Suprasanna P. 2009. Halopriming imparts tolerance to salt and PEG induced drought stress in sugarcane. Agriculture, Ecosystems & Environment **134**:24-28.

Podrábský M. 2017. Pěstování a využití čiroků. SEED SERVICE s.r.o., České Budějovice. Available from https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/osivo-a-sadba-1/pestovani-a-vyuziti-ciroku (accessed February 2021).

Prasad PVV, Djanaguiraman M, Jagadish SVK, Ciampitti IA. 2019. Drought and High Temperature Stress and Traits Associated with Tolerance. Pages 241-265 in Ciampitti IA, Prasad PVV, editors. Sorghum: A State of the Art and Future Perspetives, Volume 58. American Society of Agronomy Crop Science.

Procházka P, Štranc P, Štranc J. 2013. Testování vitality osiva sóji pro založení kvalitního porostu. Pages 17-23 in Mikšík V, Béreš J, editors. Sója 2013. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.

Procházka P, Štranc P, Vostřel J, Řehoř J, Štranc J. 2017. Vliv moření osiva na tvorbu kořenového systému a produkci semen sóji. Pages 148-152 in Mikšík V, Bečka D, editors. Prosperující olejniny 2007. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.

Rákos L, Zedník Z. 2007. Použití lignohumátu v olejninách. Pages 133-134 in Mikšík V, Bečka D, editors. Prosperující olejniny 2007. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.

Rao PS, et al.. 2019. Sorghum: A Multipurpose Bioenergy Crop. Pages 399-424 in Ciampitti IA, Prasad PVV, editors. Sorghum: A State of the Art and Future Perspetives, Volume 58. American Society of Agronomy Crop Science.

Rasmussen JA, Hejl AM, Einhellig FA, Thomas JA. 1992. Sorgoleone from root exudate inhibits mitochondrial functions. Journal of Chemical Ecology **18**:197-207.

Ronda V, Aruna C, Visarada KBRS, Bhat BV. 2019. Sorghum for Animal Feed. Pages 229-238 in Aruna C, Visarada KBRS, Bhat BV, Tonapi VA, editors. Breeding Sorghum for Diverse End Uses. Woodhead Publishing.

Roozeboom KL, Prasad PVV. 2019. Sorghum Growth and Development. Pages 155-172 in Ciampitti IA, Prasad PVV, editors. Sorghum: A State of the Art and Future Perspetives, Volume 58. American Society of Agronomy Crop Science.

Sadeghi H, Khazaei F, Yari L, Sheidaei S. 2011. Effect of seed osmopriming on seed germination behavior and vigor of soybean (*Glycine max* L.). ARPN Journal of Agricultural and Biological Science **6**:39-43.

Selle PH, Hughes RJ, Godwin ID, Khoddami A, Chrystal PV, Liu SY. 2021. Addressing the shortfalls of sorghum as a feed grain for chicken-meat production. World´s Poultry Science Journal **77**:1-14.

Shehzad M, Ayub M, Ahmad AUH, Yaseen M. 2012. INFLUENCE OF PRIMING TECHNIQUES ON EMERGENCE AND SEEDLING GROWTH OF FORAGE SORGHUM (Sorghum bicolor L.). The Journal of Animal & Plant Sciences **22**:154-158.

Staggenborg S. 2019. Forage and Renewable Sorghum End Uses. Pages 441-461 in Ciampitti IA, Prasad PVV, editors. Sorghum: A State of the Art and Future Perspetives, Volume 58. American Society of Agronomy Crop Science.

Takele A. 2005. Seedling emergence and of growth of sorghum genotypes under variable soil moisture deficit. Acta Agronomica Hungarica **48**:95-102.

Taylor JRN, Schüssler L. 1986. The protein compositions of the different anatomical parts of sorghum grain. Journal of Cereal Science **4**:361-369.

Trojánková G. 2011. Perspektivy pěstování a využití čiroku a prosa v podmínkách ČR [BSc. Thesis]. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, České Budějovice.

Trostle C, Peterson G. 2019. Practical Morphology of Grain Sorghum and Implications for Crop Management. Pages 133-153 in Ciampitti IA, Prasad PVV, editors. Sorghum: A State of the Art and Future Perspetives, Volume 58. American Society of Agronomy Crop Science.

Vanderlip RL, Reeves HE. 1972. Growth Stages of Sorghum [Sorghum bicolor, (L.) Moench.]. Agronomy Journal **64**:13-16.

Varier A, Vari AK, Dadlani M. 2010. The subcellular basis of seed priming. Current Science **99**:450-456.

Zhanguo X, Jiao Y, Chopra R, Gladman N, Burow G, Hayes Ch, Chen J, Emendack Y, Ware D, Burke J. 2019. Pedigreed Mutant Library—A Unique Resource for Sorghum Improvement and Genomics. Pages 73-96 in Ciampitti IA, Prasad PVV, editors. Sorghum: A State of the Art and Future Perspetives, Volume 58. American Society of Agronomy Crop Science.