

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra agroekologie a rostlinné produkce



Vliv odrůdy a termínu setí na dozrávání čiroku zrnového

Diplomová práce

Bc. Jitka Lejčková

Ekologické zemědělství

Ing. Jaroslav Tomášek, Ph.D.

© 2020 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Vliv odrůdy a termínu setí na dozrávání čiroku zrnového" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 24.07.2020

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala svému vedoucímu práce Ing. Jaroslavu Tomáškoví, Ph.D., za odbornou pomoc a konzultace.

Vliv odrůdy a termínu setí na dozrávání čiroku zrnového

Souhrn

Cílem diplomové práce bylo ověřit možnosti a podmínky pěstování čiroku zrnového (Aesenio, Express a Tonkawa) v České republice. Čirok byl pěstován v simulovaném systému ekologického hospodaření s minimální výživou v podobě zeleného hnojení a přírodních hnojiv. Na základě testů obsahu taninů v zrna čiroku bylo zjištěno, že odrůda měla průkazný vliv ($p < 0,05$) na obsah taninů. Nejvíce taninů obsahovala odrůda Tonkawa 0,16 % oproti tomu odrůdy Arsenio obsahovalo 0,09 % taninů a odrůda Express obsahovala 0,095 % taninů. Termín výsevu neměl statisticky průkazný vliv na obsah taninů.

Bylo zjištěno, že termín výsevu nemá vliv na průměrnou výšku rostlin. Dále nebyl shledán statisticky průkazný rozdíl ve výnosu mezi rostlinami z prvního a druhého výsevu. Tudíž byla zamítnuta hypotéza, že vyššího výnosu bude dosaženo při druhém termínu výsevu.

Dále byl zjišťován vliv termínu setí na obsah sušiny v zrna. Tento sledovaný znak neměl statisticky průkazný rozdíl. Statisticky průkazný rozdíl měl vliv pozdější sklizně. Zrna, které bylo sklizeno o týden později, mělo vyšší obsah sušiny.

Na základě testu klíčivosti zrna bylo zjištěno, že neexistuje statisticky průkazný rozdíl vlivu termínu výsevu na klíčivost.

I přes různorodé výsledky všech experimentů nebyla zamítnuta hypotéza, že dozrávání čiroku zrnového je v podmínkách České republiky možné. Odrůdy vykázaly dostatečné výnosy s nízkým vstupem hnojiv a prokázaly nízký obsah taninů v zrna. Podmínkou pěstování čiroku zrnového je vhodná agrotechnika, včasný výsev a podmínky pěstování, jako jsou klimatické a půdní podmínky

Klíčová slova: taniny, zelené hnojení, termín setí, zrna, kvalita

Influence of variety and sowing term on ripening of sorghum

Summary

The aim of the diploma thesis was to verify the possibilities and conditions of growing sorghum (Aesenio, Express and Tonkawa) in the Czech Republic. Sorghum was grown in a simulated organic farming system with minimal nutrition in the form of green manure and natural fertilizers. Based on tests of the tannin content in sorghum grain, it was found that the variety had a significant effect ($p < 0.05$) on the tannin content. The Tonkawa variety contained the most tannins 0.16%, while the Arsenio varieties contained 0.09% tannins and the Express variety contained 0.095 % tannins. The sowing date had no statistically significant effect on the tannin content.

It was found that the sowing date does not affect the average height of the plants. Furthermore, no statistically significant difference in yield was found between the plants from the first and second sowing. Therefore, the hypothesis that a higher yield will be achieved at the second sowing date was rejected.

Furthermore, the influence of the sowing date on the dry matter content of the grain was determined. This observed trait had no statistically significant difference. A statistically significant difference was the effect of the later harvest. Grain harvested a week later had a higher dry matter content.

Based on the grain germination test, it was found that there is no statistically significant difference in the effect of the sowing date on germination.

Despite the diverse results of all experiments, the hypothesis that ripening of sorghum is possible in the conditions of the Czech Republic was not rejected. The varieties showed sufficient yields with low fertilizer input and showed a low tannin content in the grain. The condition for growing grain sorghum is suitable agricultural technology, early sowing and growing conditions, such as climatic and soil conditions.

Keywords: tannins, green fertilization, sowing date, grain, quality

Obsah

1. Úvod	1
2. Cíl práce	2
3. Literární rešerše	3
1.1 Ekologické zemědělství	3
1.2 Pěstování čiroku ve světě	3
1.3 Čirok zrnový	5
1.3.1 Historie rozšíření.....	5
1.3.2 Charakteristika	5
1.3.3 Morfologie rostliny	5
1.3.3.1 Kořenový systém	5
1.3.3.2 Stéblo a listy	5
1.3.3.3 Květenství a zrna	6
1.3.4 Růstové fáze čiroku	7
1.3.5 Půdně-klimatické podmínky pěstování.....	8
1.3.5.1 Teplota	8
1.3.5.2 Dostupnost vody	8
1.3.5.3 Půda	8
1.3.6 Vodní stres	9
1.3.7 Teplotní stres.....	9
1.3.8 Agrotechnika.....	9
1.3.8.1 Zařazení čiroku do osevního postupu.....	9
1.3.8.2 Příprava půdy.....	10
1.3.8.3 Hnojení	10
1.3.8.4 Setí.....	11
1.3.8.5 Regulace plevelů	11
1.3.8.6 Choroby a škůdci čiroku.....	12
1.3.8.7 Regulace chorob a škůdců	13
1.3.8.8 Sklizeň	13
1.3.8.9 Posklizňové zpracování	14
1.3.8.10 Meziplodina a zelené hnojení	14
1.4 Využití čiroku	15

1.4.1	Využití biomasy na bioplyn.....	15
1.4.2	Polysacharidy.....	16
1.4.3	Supersorbant.....	16
1.5	Kvalita a složení zrna.....	16
1.5.1	Kvalita zrna.....	16
1.5.2	Složení zrna.....	17
1.5.2.1	Taniny v čiroku.....	19
4.	Materiál a metodika.....	20
1.6	Materiál.....	20
1.6.1	Charakteristika lokality pěstování.....	20
1.7	Metodika.....	21
1.7.1	Stanovení výnosu zrna.....	21
1.7.2	Test klíčivosti.....	21
1.7.3	Stanovení obsahu taninů v čiroku spektrofotometricky.....	21
1.7.3.1	Příprava vzorku.....	21
1.7.3.2	Extrakce.....	21
1.7.3.3	Spektrofotometrické stanovení.....	22
1.7.3.4	Příprava kalibrační křivky.....	22
1.7.3.5	Výpočet a vyjádření výsledků.....	22
5.	Výsledky.....	23
1.8	Měření výšky rostlin.....	23
1.8.1	Vliv odrůdy na výšku rostlin z 1. termínu výsevu.....	23
1.8.2	Vliv odrůdy na výšku rostlin z 2. termínu výsevu.....	24
1.9	Stanovení výnosu zrna.....	27
1.9.1	Porovnání výnosu jednotlivých odrůd čiroku z 1. termínu výsevu.....	27
1.9.2	Porovnání výnosu jednotlivých odrůd čiroku z 2. termínu výsevu.....	28
1.9.3	Porovnání souhrnného výnosu dle data výsevu.....	28
1.10	Objem sušiny zrna.....	29
1.10.1	Porovnání obsahu sušiny jednotlivých odrůd čiroku z 1. termínu výsevu.....	29
1.10.2	Porovnání obsahu sušiny jednotlivých odrůd čiroku z 1. termínu výsevu při různých termínech sklizně.....	30
1.10.3	Porovnání obsahu sušiny jednotlivých odrůd čiroku z 2. termínu výsevu.....	30

1.10.4 Porovnání obsahu sušiny jednotlivých odrůd čiroku z 2. termínu výsevu při různých termínech sklizně	31
1.11 Test klíčivosti	33
1.12 Obsah taninů v čiroku	35
6. Diskuze	36
7. Závěr.....	38
8. Seznam literatury	39
9. Seznam obrázků	48
10. Seznam tabulek a grafů.....	48

1. Úvod

S měnícími se klimatickými podmínkami se stává i Česká republika vhodnou oblastí pro pěstování čiroku. Dochází k vysušování půdy, mění se pravidelnost a množství srážek během roku, proto jsou častěji vyhledávány alternativní plodiny, jako je například čirok. Alternativní plodiny obohacují osevní postupy pro zachování a rozvoj biodiverzity a půdní úrodnosti. Tento fakt napomáhá využívání čiroku v systému ekologického pěstování, kde často nahrazuje kukuřici v osevních postupech. V posledních letech dochází ke šlechtění a vzniků nových hybridů, které jsou vhodnější pro pěstební podmínky České republiky.

Čirok je pěstován na všech světadílech na rozloze 406 741 113 ha a je vyprodukováno 57 601 588 tun čiroku. Největší podíl světové produkce má Afrika, avšak největším producentem, jakožto země, jsou Spojené Státy Americké (FAO 2019). Jedná se o plodinu, která byla domestikována již ve Starém Egyptě a do České republiky se dostal ve 20. letech 20. století (Hermuth et al. 2012).

Tato plodina je využívána pro potřebu lidí jako potravina, jelikož neobsahuje lepek je vhodná pro osoby s celiakií (Taylor et al. 2006). Dále je čirok vhodný jako plodina pro potravinářské využití z důvodu dobré stravitelnosti či jako kvalitní krmivo z důvodu vysokého obsahu cukrů a výnosnosti zelené siláže (Podrábský 2008). Čirok je vhodný k výrobě bioplynu, což způsobuje nárůst plochy pro jeho pěstování (Bolsen et al. 2013). Je to rostlina méně náročná na vodu a půdní podmínky oproti kukuřici (Kára et al. 2005). Dokáže snášet vysoké teploty, naopak špatně snáší poklesy teplot pod 10 °C (Petr & Húska 1997). Ve střední Evropě se nevyskytuje velké množství škodlivých organismů, ale mohou být zavlečeny již s osivem. Avšak oproti kukuřici je čirok méně náchylný na choroby a škůdce (Kuthan 2012).

K tomu, abychom byli schopni využít veškerý potenciál čiroku je nutné znát jeho optimální pěstební podmínky. Pro optimální výnosy, kvalitu zrna a biomasy je potřeba určit hybrid, který bude v podmínkách České republiky nejvíce prosperovat a dokáže splnit nároky, které na něj budou kladeny.

2. Cíl práce

Cílem diplomové práce je ověřit možnosti pěstování čiroku zrnového v podmínkách České republiky s minimální výživou (zelené hnojení, přírodní hnojiva), v simulovaném ekologickém způsobu hospodaření. Cílem práce je zjistit výnosový potenciál odrůd a vliv termínu setí.

Vědecká hypotéza:

Hypotéza č. 1: Nejvyšší výnos zrn bude dosažen při běžném termínu setí (polovina května).

Hypotéza č.2: Dozrávání čiroku zrnového v podmínkách ČR je možné, jednotlivé odrůdy vykáží dostatečný výnos i v systému nízkého vstupu hnojiv a nízký obsah taninů v znu.

3. Literární rešerše

1.1 Ekologické zemědělství

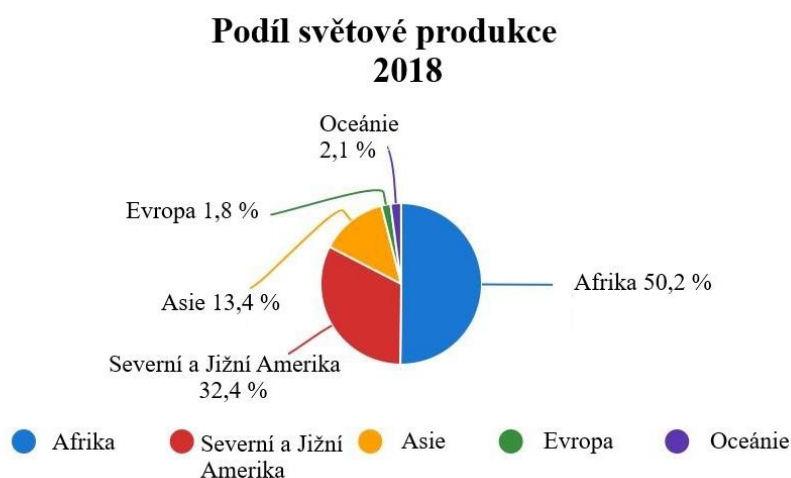
Ekologická produkce je systém řízení zemědělského podniku a produkce potravin, který propojuje spolehlivé environmentální postupy, biologickou rozmanitost na vysoké úrovni, ochranu přírodních zdrojů, uplatňování striktních standardů pro dobré podmínky života zvířat a způsob produkce v souladu s nároky spotřebitelů, kteří upřednostňují produkty získané za použití přírodních látek a procesů. Ekologické zemědělství by se mělo nejprve spoléhat na obnovitelné zdroje, co nejméně využívat neobnovitelné zdroje a recyklovat odpady z rostlinné a živočišné produkce za navrácení živin do půdy. Rostlinná ekologická produkce by měla přispívat ke zvýšení a zachování půdní úrodnosti a předcházet erozi půdy. Rostlinám by měly být podávány živiny, které pochází z půdního ekosystému nikoli prostřednictvím rozpustných hnojiv, které se přidávají do půdy (Nařízení Rady 2007).

K roku 2017 ve světě zaujímal ekologické zemědělství rozlohu 69 845 243,20 ha. Z toho největší podíl byl v Oceánii, kde ekologické zemědělství bylo na 35 894 365,04 ha (FiBL 2017).

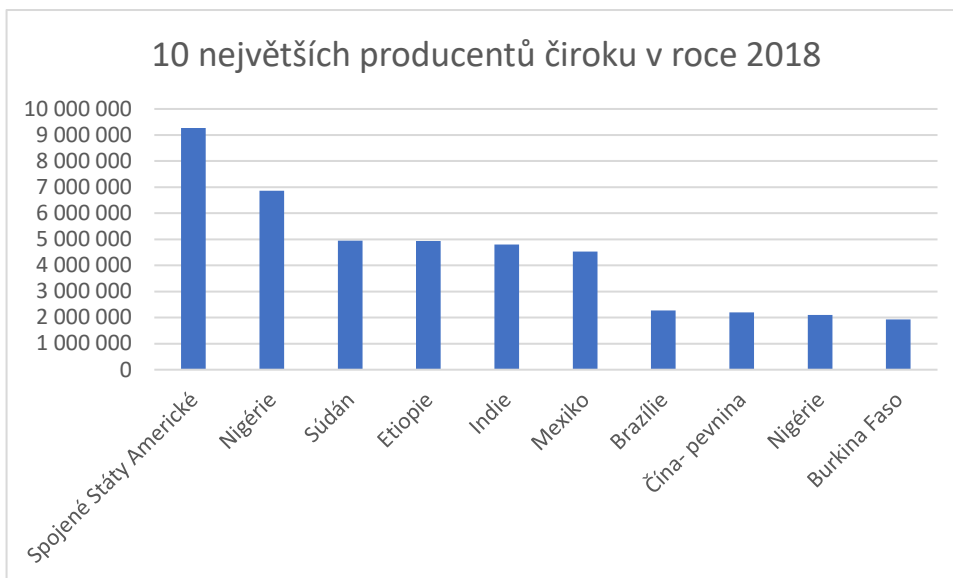
V roce 2017 tvořily největší podíl užívané půdy v ekologickém zemědělství v České republice trvalé travní porosty, které se rozkládaly na 428 000 ha. Od roku 2004 postupně narůstá plocha orné půdy v ekologickém zemědělství, v roce 2017 dosáhla 71 000 ha. Celková plocha půdy využívané v roce 2017 v ekologickém zemědělství je 520 070 ha (Šejnohová 2018).

1.2 Pěstování čiroku ve světě

Celosvětově k roku 2018 byl čirok pěstován na rozloze 42 143 146 ha a bylo vyprodukováno 59 342 103 tun čiroku (FAO 2020a). Podíl produkce čiroku jednotlivých kontinentů a největší producenty jsou znázorněni na grafu č. 1 a 2.



Graf 1 Podíl světové produkce čiroku v roce 2018 v % (FAO 2020b)



Graf 2 10 největších producentů čiroku v roce 2018 (FAO 2020b)

Na africkém kontinentu byl pěstován na rozloze 29 710 774 ha a vyprodukovalo se zde 29 782 tis. t čiroku (FAO 2020a). Čirok dokáže prosperovat v mírném i tropickém pásmu, jelikož má vysokou fotosyntetickou schopnost. V sušších oblastech nahrazuje proso a ve vlhčích místech zase kukuřici. Celosvětová produkce vzrostla o 25 % mezi 60. a 80. lety 20. století. Mezi roky 2006 a 2008 se snížily plochy, na kterých byl čirok pěstován, a to o 5 %. V rozvinutých zemích je větší výnos než v ostatních. Mezi největší producenty patří Afrika, Severní Amerika a Asie (Mundai et al. 2019).

Na kontinentu Severní a Jižní Ameriky byla v roce 2018 rozloha pěstovaného čiroku 5 300 555 ha s celkovým výnosem 19 244 tis. t. Z toho bylo 2 048 140 ha v Severní Americe s produkcí 9 271 tis. t a 1 710 826 ha s výnosem 5 112 tis. t v Jižní Americe (FAO 2020a). Hlavní země pěstující čirok jsou Spojené státy, Mexiko v Severní Americe. V Jižní Americe se pěstuje v Argentině, Peru, Brazílii, Kolumbii, Salvadoru, Haiti či Venezuele. Produkce čiroku na tomto kontinentu je zaměřena na krmení zvířat. Spojené státy a Mexiko spotřebují 80 % z celosvětové produkce krmného čiroku (Mundia et al. 2019).

V Asii se v roce 2018 rozloha pěstovaného čiroku pohybovala okolo 6 432 088 ha s celkovou produkcí 7 974 tis. t (FAO 2020a). K hlavním produkčním zemím na kontinentu Asie patří Čína, Pákistán, Indie, Korea a Thajsko. V poslední době se snížila plocha, na které je čirok pěstovaný z důvodu přechodu na ekonomičtější plodiny jako je kukuřice či rýže. V Indii, Barmě, Pákistánu i Číně se používá čirok k výrobě kaše, škrobu, chlebu a výrobě piva. Stoupá jeho použití jako krmiva pro hospodářská zvířata z důvodu vyšší poptávky po živočišných produktech. Podíl vypěstovaného čiroku v Asii se na světové produkci snížil (Mundia et al. 2019).

V Evropě bylo celkově vyprodukováno 1 079 149 tun čiroku na rozloze pěstování 236 174 ha v roce 2018 (FAO 2020a). K hlavním zemím, ve kterých se pěstuje čirok, patří Francie, Itálie, Španělsko, Rumunsko či Albánie (Mundia et al. 2019).

V Africe v roce 2017 celková produkce čiroku tvořila 27 219 tis. t a byl pěstován na ploše 27 101 236 ha. Hlavní producenti jsou Nigérie, Súdán, Etiopie, Niger, Mali a Čad (FAO 2019). Rostliny jsou zde pěstovány na půdách chudých na dusík, fosfor a obsahují málo

organických látek. Na tomto kontinentu je čirok konzumován v podobě kaší a kvašených nápojů (Mundai et al. 2019).

V Austrálii a na Novém Zélandu byl čirok v roce 2018 pěstován na rozloze 462 191 ha s výnosem 1 257 tis. t. V oblasti Oceánie byl pěstován na rozloze 463 554 ha a bylo vyprodukováno 1 262 tis. t v roce 2018 (FAO 2020a).

1.3 Čirok zrnový

1.3.1 Historie rozšíření

Čirok byl domestikován v Sahelu a následně byl rozšířen do severní Afriky. Ve starém Egyptě byl využíván jako kulturní plodina. Do Evropy se čirok dostal přes Indii do Itálie. Do České republiky se čirok dostal ve 20. letech 20. století, v tuto dobu se využíval čirok technický. Později bylo na čirok zapomenuto a začala se ve větší míře pěstovat kukuřice. Dnes je pěstování čirok na našem území spjata s bioplynovými stanicemi, kvůli své kvalitní hmotě (Hermuth et al. 2012).

1.3.2 Charakteristika

Rod čiroků patří do skupiny vousatkovité (*Andropogoneae*), čeleď lipnicovitých (*Poaceae*, podčeleď prosovitých (*Panicoidae*). Nejvíce se pěstují čtyři odrůdy-čirok obecný, čirok technický, čirok cukrový a čirok sudánský (Petříková et al. 2006).

1.3.3 Morfologie rostliny

1.3.3.1 Kořenový systém

Kořenová soustava rostliny je rozsáhlá a mohutná, s velkým počtem kořenového vlášení, které rostlině přivádí živiny z větší hloubky ornice. Již během klíčení se objevují primární kořeny, sekundární kořeny rostou z prvního nodu. Ze sekundárních kořenů se později vyvine mohutná kořenová soustava a primární kořeny odumírají (Hermuth et al. 2012). Primární kořeny mají životnost přibližně 3 týdny (Venkateswaran et al. 2018). Kořenový systém dosahuje do hloubky 140 až 170 cm, do šířky 60 až 120 cm (Hermuth et al. 2012). Některé odrůdy mají i vzdušné kořeny, které slouží jak k příjmu vody, tak k uchycení rostliny. Tyto kořeny se většinou utvářejí na prvním kolénku stébla rostliny (Kára et al. 2005).

1.3.3.2 Stéblo a listy

Výška stébla je velice variabilní. Zakrslé čiroky mají vzrůst do 1 m, nízké 1 – 1,5 m středně vysoké 1,5 – 2 m, vyšší 2 – 2,5 m a vysoké 2,5 m a více. Stéblo je rozděleno nody neboli kolínky na jednotlivá internodia. U každého nodu se vytváří pupen, který se nachází pod praporcovým listem a může z něj vyrůst nové stéblo. Rozvětvení se vytváří v řídkém porostu nebo na dobře vyhnojené půdě. Počet stébel v trsu je rozdílný, dle toho můžeme dělit čirok na slabě až silně odnožující. Síla stébla je od 1 do 3 i více cm. Hustota výsevu a prostředí ovlivňuje šířku stébla (Hermuth et al. 2012).

Listy mohou dosáhnout šířky až 10 cm, délka se pohybuje od 40 do 80 cm. Jsou šedo zelené barvy, což je způsobeno voskovou vrstvou na jejich povrchu. Aby nedocházelo k velkým ztrátám vody, za suchého počasí dochází ke stáčení listů (Hermuth et al. 2012). Průduchy jsou na svrchní i spodní straně listu (Oliver et al. 2005; Hermuth et al. 2012). Rozmístění listů na stéble je řízeno geneticky (Lim 2013). List, který se nachází nejvýše na stéble, se nazývá praporcový (Hermuth et al. 2012). Počet listů na rostlině je dán podmínkami pěstování, v lepších podmínkách je počet listů menší a naopak (Oliver et al. 2005; Hermuth et al. 2012).

1.3.3.3 Květenství a zrno

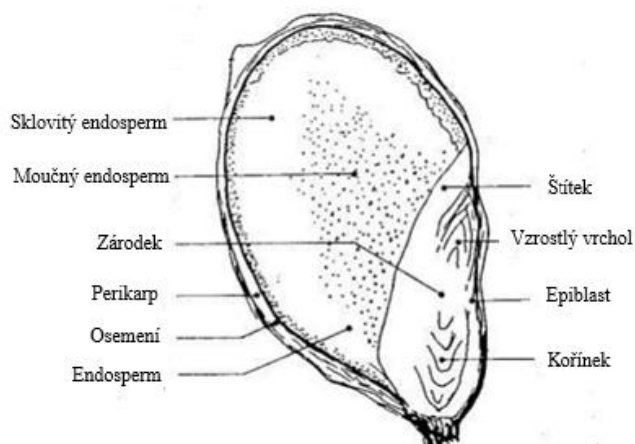
Květenstvím čiroku je lata, která může být shloučená nebo rozkladitá (Hermuth et al. 2012), jak je vidět na obrázku č. 1. Dle Venkateswara et al. (2018) je lata kompaktní, volná a otevřená. Autoři Pexová Kalinová & Moudrý (2011) popisují laty jako vzpřímené, nakloněné či ohnuté. Délka se pohybuje od 4 do 25 cm, šířka od 2 do 20 cm. Lata je složená z klásků, které vyrůstají v páru. V každém klásku je jeden fertlní a jeden sterilní květ, každý obsahuje 3 tyčinky a pestík. Zabarvení prašníků je spjato s barvou zrna. Rostlina je samosprašná, ideální teplota pro kvetení je 21-35 °C. Kvetení začíná na vrcholku laty a trvá 7-10 dní (Hermuth et al. 2012). Čirok patří mezi C4 rostliny (Kára et al. 2005).



Obrázek 1 Květ (lata) čiroku zrnového, odrůda Express (autorka)

Zrno se začíná vyvíjet hned po opylené a brzy nastává mléčná zralost zrna. Zrno zraje od vrcholku laty, spodní zrna často nedozrají. Dozrávání zrna trvá dlouho, jelikož stéblo je dlouhou dobu zelené (Hermuth et al. 2012). Obilka má kulovitý nebo vejcovitý tvar. Je buď zcela pluchaté, částečně obnažené či úplně nahé (Andert et al. 2014). Dle Pexové Kalinové & Moudrého (2011) je tvar zrna oválný a srdcovitý. Obilka je bílá, přes žlutou, růžovou až do hnědé a fialové barvy (Prugar 2008). Hermuth et al. (2012) uvádí, že HTZ (hmotnost tisíce zrn) je v rozmezí od 3 do 80 g, naopak Pexová Kalinová & Moudrý (2011) a Petříková & Weger (2015) uvádí rozmezí od 10 do 70 g. Prugar (2008) udává hodnoty HTZ mezi 20 a 30 g. Dle absolutní váhy se rozeznávají genotypy čiroku, jsou to drobnozrnné – HTZ je menší než 20 g, středně velké zrno – HTZ 20–30 g a velkozrnné – HTZ nad 30 g (Rooney & Serna Saldivar 2003).

Obilka se skládá ze tří částí: vnější vrstvy (perikarp), zásobní tkáně (endosperm) a klíčku (embryo), jak je znázorněno na obrázku č. 2. (Waniska 2000). Poměr těchto částí je 6: 84: 10 % (Rooney & Serna Saldivar 2003). Vnější vrstva se dělí na tři typy tkání: epikarp, mesokarp a endokarp. Epikarp, což je nejvrchnější část obilky, je pokryt tenkou vrstvou vosku. Tvoří ho



Obrázek 2 Zrno čiroku (Sautier & O'Deye 1989)

dvě až tři vrstvy buněk, které často obsahují pigment. Mesokarp obsahuje škrobové granule na rozdíl od většiny obilovin (Waniska 2000). Síla této vrstvy je ovlivněna odrůdou (Rooney & Serna Saldivar 2003). Endokarp je tvořen vrstvami křížových a zkumavkových buněk (Waniska 2000) a při klíčení hraje důležitou roli. Endosperm se skládá z aleuronové vrstvy, moučného a sklovitého endospermu. Aleuronová vrstva je tvořena velkým množstvím bílkovin, enzymů, popelovin a tuku (Rooney & Serna Saldivar 2003). Vnější endosperm ovlivňují zpracovatelnost a stravitelnost živin (Waniska 2000; Rooney & Serna Saldivar 2003). Moučný a sklovitý endosperm se skládá ze škrobových zrn, bílkovin, β -glukanu a hemicelulózy (Rooney & Serna Saldivar 2003)

1.3.4 Růstové fáze čiroku

Růstové fáze čiroku se dají rozdělit do deseti fází. Fáze 0 je v období, kdy obilka klíčí, což trvá od tří do deseti dní od doby výsevu. Délka klíčení se liší v závislosti na teplotě půdy, vlhkosti a hloubce výsevu osiva (Hermuth et al. 2012). Vlhké a chladné počasí je vhodné pro rozvoj a výskyt chorob, tudíž může být narušena další fáze růstu. Plánování výsevu je důležité proto, aby kvetení probíhalo v nejteplejší části vegetace (Vanderlip 1993). Fáze 1 neboli fáze prvních tří lístků zahrnuje přibližně 10 až 14 dní po vzcházení (Hermuth et al. 2012). V této době na rostlině dokážeme rozeznat pochvu a čepel listu. Při vzcházení má list kulatou špičku. Fáze 2, neboli fáze pěti pravých listů, se nachází v období 3 týdnů po vzcházení. V tomto období dochází k rychlému rozvoji rostliny a nárůstu kořenového systému. Rostlina je během této doby citlivější k zaplevelení, škůdcům či teplotě. V budoucnosti se může tento stres projevit na výnosu, který je pak nižší. Během fáze 3 rostlina potřebuje dostatečný příjem živin a vody, jelikož se zakládají generativní orgány, jako je květenství. Rostlina je již tak silná, že dokáže konkurovat plevelům. Tato fáze končí přibližně 30. dnem po vzcházení (Hermuth et al. 2012; Besancon et al. 2016). Ve fázi 4 je plně rozvinuto 80 % listů. Z pochvy listu, který vyrostl naposledy, se vyvíjí lata (Espinoza & Kelley 2004). V průběhu fáze 5 je rostlina plně vyvinuta a je znatelné květenství v listové pochvě. Díky vyvinutému listovému aparátu dokáže rostlina

přijímat velké množství světla. V tomto období je náchylná na nedostatek vody nebo na nevhodné aplikace herbicidů, což se projeví zamezením fáze vymetání a opylení lody. Do fáze 6 můžeme zahrnout období, kdy jedna polovina rostlin čiroku vysetých ve stejném termínu na pozemku kvete. Lata rozkvétá směrem shora dolů a kvete přibližně 4-9 dní. V tomto období je obsah sušiny v rostlině poloviční. Pokud bude mít porost nedostatek vláhy, může dojít k nižšímu nalévání zrn. Ve fázi 7 dochází k mléčné zralosti zrn, spodní listy rostliny odumírají a zbude 8 až 12 listů (Hermuth et al. 2012). Během fáze 8 se snižuje a končí příjem živin a zrno obsahuje $\frac{3}{4}$ sušiny (Vanderlip 1993). Fáze plné zralosti neboli fáze 9 se vyznačuje sušinou od 25 do 35 %. Období zralosti je závislé na několika faktorech, jako je odrůda, podmínky prostředí či hybrid (Hermuth et al. 2012).

1.3.5 Půdně-klimatické podmínky pěstování

1.3.5.1 Teplota

Teplota je důležitý ukazatel pro výběr vhodné odrůdy. Optimální teplota pro odrůdu s vysokou produkcí je nad 25 °C, některé odrůdy jsou šlechtěny pro nižší teploty a výnos tomu přijatelný (FAO 2020c). Čirok je teplomilná rostlina, semena klíčí při teplotě 10-12 °C (Kára et al. 2005). Špatně snáší pokles pod 10 °C, rostlina na to reaguje zežloutnutím listů a poklesem procenta opylených květů, proto musí vegetační doba probíhat co nejkratší dobu (Petr & Húska 1997). Celkově by se suma teplot měla pohybovat okolo hodnot 2500 °C, pokud je čirok pěstován na zrno. Při pěstování na biomasu, může být suma teplot i nižší (Kára et al. 2005). Pokud průměrná denní teplota během vegetačního období dosahuje více než 20 °C, odrůdy raného zrna zrají 90 až 110 dní a středního zrna zrají 110 až 140 dnů. Pokud se průměrné denní teploty sníží o 0,5 °C, dojde k prodloužení vegetačního období o 10 až 20 dní (FAO 2020c).

1.3.5.2 Dostupnost vody

Čirok se vyznačuje menší náročností na vodu, dokáže využít dešťové srážky během konce srpna, díky dlouhému vegetačnímu období (Kára et al. 2005) a velkému množství vlásečnic v kořenovém systému. Dále je zmenšen odpar povrchem listu pro lepší hospodaření s vodou obsaženou v rostlině (Hermuth et al. 2012). Má nízký koeficient transpirace okolo 200 litrů na 1 kg sušiny, což je méně než u kukuřice a je schopný i při vysokých teplotách dobře asimilovat CO₂ (Kára et al. 2005).

1.3.5.3 Půda

Čirok je s porovnáním s kukuřicí méně náročný na půdní podmínky. Pokud se pěstuje v propustných půdách, jeho kořeny sahají do hloubky více než 150 cm. Může být pěstován na písčito-hlinitých půdách až těžkých hlinitých půdách, avšak největšího pěstebního úspěchu lze dosáhnout na hluboké středně hlinité půdě zásobenou potřebnými živinami (Hermuth et al. 2012).

Rostliny se dokáží přizpůsobit pěstování na kyselých půdách a je možné, že jsou tomu uzpůsobeny díky přijímání a obsahu minerálních prvků. Pokud obsah hliníku je vyšší a způsobuje tzv. toxicitu, je to jeden z faktorů, který ovlivňuje růst rostliny na kyselé půdě. Způsobuje horší dostupnost, absorpci a vnitřní využití minerálů, jelikož s těmito prvky hliník

reaguje. Čirok pěstovaný na kyselé půdě však vykazoval vysoce variabilní výnos zrna (Clark et al. 1990). Čirok dokáže snášet i zasolené půdy s koncentrací sodíkových solí do 1 % (Kára et al. 2005). Pěstování je možné i na chudších půdách, které nejsou vhodné pro jiné polní plodiny (Petříková & Weger 2015).

1.3.6 Vodní stres

Každá rostlina reaguje na vodní stres rozdílně, hlavním důvodem je příchod sucha během vegetace. Jsou však známi reakce, které mají rostliny společné. Rostlina má určitý tlak v pletivech neboli rostlinný turgor a také určité množství vody. Při nedostatku vody se tlak v rostlině snižuje a první reakcí na toto snížení je omezení buněčného růstu a syntézy buněčné stěny. Poté dochází k uzavření průduchů a následnému snížení asimilace CO₂. Pokud uzavření průduchů trvá delší dobu, je ovlivněno dýchání rostliny, což způsobí poruchy metabolismu. Další vliv mají uzavřené průduchy na termoregulační systém rostliny. Tím vzniká teplotní vzplanutí a vznik radiačního stresu. Pokud je stále nízký obsah vody v pletivech, průduchy se uzavřou úplně a dochází ke ztrátě tlaku a následnému vadnutí rostliny (Rodriguez-Iturbe & Porporato 2009).

Rostliny čiroku dokáží velice dobře hospodařit s vodou. Stres způsobený z nedostatku vody, který působí po dobu 13-15 dní, nemá vliv na výnos zrna. Pokud stres působí 27-28 dnů ve fázi rozvoje květů, sníží se výnos zrna o 27 %. Při stejně dlouhém období působení stresu v období plnění zrna se snižuje výnos o 12 % (Eck & Musick 1979).

1.3.7 Teplotní stres

Když se denní a noční teplota zvyšuje, zpožďuje se vznik lavy. Při zvýšení denní teploty nad hodnotu 44 °C a noční teploty až k 34 °C se lavy nevyvíjí vůbec. Nejvyššího výnosu zrna je dosaženo při denních teplotách dosahující maximálně 32 °C a nočních teplotách okolo 34 °C. Při zvyšujících teplotách výnos zrna klesá, ale naopak je dosaženo nejvyšší hodnoty biomasy (Prasad 2008).

Při fázi vzcházení a kvetení je rostlina nejnáchylnější na nízkou teplotu. Při teplotě 0 °C není zrno schopné vyklíčit a není životaschopné. Pokud se teplota sníží pod 12 °C při vlhkosti nižší než 15 %, dokáže zrno v půdě přetrvat do vhodných podmínek pro klíčení (Peacock 1982).

1.3.8 Agrotechnika

1.3.8.1 Zařazení čiroku do osevního postupu

Zařazení čiroku je podobné jako u kukuřice. Při nízké intenzitě hnojení se zařazuje po předplodinách, které obohacují půdu (Kára et al. 2005). Takovými předplodinami mohou být luskoviny a okopaniny (Pexová Kalinová & Moudrý 2011). Lze jej zařadit i jako hlavní plodinu po ozimé pšenici. Pokud je kvalitní příprava půdy po sklizni, může se následně vysít ozimá pšenice. Čirok sám o sobě není vhodná předplodina, jelikož z půdy odčerpává hodně živin a vláhy (Kára et al. 2005). Pokud se intenzivně půda hnojí a jsou hojně používány herbicidy, může být čirok pěstován několik let po sobě na jednom pozemku (Petříková et al. 2006).

Čirok nelze pěstovat na půdách silně ohrožených vodní erozí. Na půdách mírně ohrožených vodní erozí je pěstování možné s použitím půdoochranných technologií (Adamčík & Tomášek 2016).

1.3.8.2 Příprava půdy

Příprava půdy je podobná jako u kukuřice a závisí na předplodině, které byla na poli. Jako první se provádí podzimní orba, pokud je čirok pěstován jako hlavní plodina. Při orbě se hluboko do půdy zapravují posklizňové zbytky či hnojiva, jak organická, tak anorganická. Pro zapravení všech zbytků se používá minimálně střední orba. Orba způsobí prokypření půdy. Na jaře je vhodné půdu zpracovat branami nebo smykem, dojde k urovnání povrchu, prokypření a vytvoření vhodných podmínek pro vzejití plevelů. Půda se zkypruje jen do hloubky setí (Kára et al. 2005).

1.3.8.3 Hnojení

Zpočátku čirok roste pomalu, a tudíž je vhodné používat hnojiva s pomalým uvolňováním látek. Využívá se chlévský hnůj a kejda k předplodině s dávkou chlévského hnoje 30-50 t.ha⁻¹ (Kára et al. 2005; Petříková et al. 2006). Vhodné je použití zeleného hnojení, kejdy či digestátu. Uskutečnění procesu hnojení je závislé na půdně-klimatických podmínkách (Petříková et al. 2006).

Intenzivní příjem živin začíná ve fázi 3-4 listů, což způsobí silný růst. Právě v době 3 až 4 listů až po vymetání má rostlina největší spotřebu dusíku a draslíku. Ze začátku růstu je spotřeba fosforu nízká, ale postupně se zvyšuje, nejvyšší příjem je v době kvetení. Vápník není zpočátku růstu využíván, nejvíce ho rostlina přijme ke konci vegetačního období. Dusíkem může být hnojeno ve větším množství, jelikož čirok nepoléhá. Vyšší dávkou se zvýší výnos zelené hmoty a obsah bílkovin, ale přehnojení dusíkem způsobí prodloužení vegetační doby. Hnojení draslíkem se podporuje odolnost proti chladu a mrazu, zvyšuje se podíl sacharózy a celkově se snižuje obsah dusíkatých látek a bílkovin. Dostatek draslíku také podporuje dobré hospodaření s vodou (Hermuth et al. 2012).

Při pěstování čiroku na zrno, je důležité hnojení draslíkem a fosforem, jejich dávky je nutné dodávat dle jejich zásob v půdě. Doporučené dávky živin v minerálních hnojivech pro čirok jsou 100-150 kg.ha⁻¹ N, 30-70 kg.ha⁻¹ P a 60-150 kg.ha⁻¹ K (Kára et al. 2005; Petříková & Weger 2015).

Nedostatek živin způsobuje různé deformace, změny barvení či tvaru rostlin. Nedostatek dusíku způsobuje u mladých rostlin světle zelenou barvu listů, u starších rostlin žloutnutí listů a následné stáčení do tvaru V. Půda chudá na fosfor se projeví na mladých listech změnou barvy na tmavě zelenou s červenofialovými fleky. Nedostatek draslíku se projeví nejdříve na spodních patrech listů tím, že okraje listů žloutnou a usychají, poté bude toto žloutnutí a osychání viditelné i v dalších listových patrech (Plessis 2008).

Největší odčerpávání živin probíhá v červenci a srpnu (Petříková et al. 2006).

1.3.8.4 Setí

Vhodný termín setí se určuje dle teploty půdy v hloubce 10 cm. Neoptimálnější teplota je 12 °C (Petr & Húska 1997). Termín výsevu je také ovlivněn jarními mrazíky, které ničí vzešlé rostliny (Moudrý 2011). Pokud je čirok vysetý předčasně, rostliny vzcházejí pomalu a nevyrovnaně. Dalším negativem je náchylnost porostu k zaplevelení (Petr & Húska 1997).

Pokud se čirok pěstuje na biomasu je výsev proveden do užších řádků, což je 15 až 40 cm. Při setí se používá výsevek 30 až 50 kg.ha⁻¹, na 1 m² se nachází 20 až 30 rostlin (Kára et al. 2005). Podrábský (2019) udává výsevek u zrnového čiroku od 9 do 13 kg.ha⁻¹. U hybridních odrůd se výsevek pohybuje okolo 7 až 8 kg.ha⁻¹, což je přibližně 22 rostlin na 1m² (Petr & Húska 1997). Výsev provádíme do hloubky 3-5 cm do půdy (Kára et al. 2005). Řádky jsou široké 25 až 90 cm, při pěstování na zeleno jsou řádky široké 15 až 40 cm. Po zasetí je nutné pole uválet (Pexová Kalinová & Moudrý 2011). Při výsevu do širokých řádků je možné plečkovat a tím se zbavit plevelů. Rozestup mezi řádky je volen v závislosti na seté odrůdě, délce vegetační doby a jiným parametrům (Kára et al. 2005). Osivo má mít klíčivost nejméně 80 %. Po vysetí je vhodné rozrušovat půdní škraloup, který je způsobený dešťovými přeháňkami. K setí je vhodné používat mořené osivo, které je odolné vůči sněti čirokové (Hermuth et al. 2012).

Čirok zrnový se využívá k setí s podplodinou či pěstování více plodin na jedné ploše. Společnost Seed service s.r.o. nabízí fumigační směsku, která je složena z 60 % hořčicí bílou, z 30 % antinematodní ředkvi olejnou a z 10 % čirokem zrnovým. Tato směs omezuje háďátka a další patogeny, poskytuje velké množství organické hmoty a kořeny ředkve prokypří zhutnělé podorničí, čímž je umožněn průsak vody do hloubky. Dále jsou nabízeny směsky čiroku se svazenkou. Tato směs má zlepšovat strukturu půdy a čirok má fumigační účinky, je složena z 80 % čirokem Ruzrok a z 20 % svazenkou vratičolistou. Doporučený výsevek je 15 kg.ha⁻¹ a setí je doporučeno do 10. srpna. Ve směsi čiroku Ruzroku a béru italském je doporučený výsevek 20 kg.ha⁻¹ s termínem setí do 10. srpna (Seed service 2019).

V ekologickém zemědělství není povoleno používat k setí mořené osivo dle zákona č. 242/2000 Sb. o ekologickém zemědělství a Nařízení Komise (ES) č. 889/2008. Mořené osivo lze použít pouze, pokud dodavatel, který dodává osivo, není schopen ho dodat (Nařízení rady 2008).

1.3.8.5 Regulace plevelů

Na začátku vegetace je potřeba udržovat povrch půdy kyprý, bez škraloupu a bez plevele (Pexová Kalinová & Moudrý 2011; Petříková & Weger 2015). Petříková (2006) uvádí, že bezplevelný porost je nutné udržet prvních 40-50 dní po vzejití. V prvních měsících po vzejití čiroku jsou plevely velkou konkurencí, jelikož rostliny čiroku nepokrývají celý pozemek. Mezi hlavní plevely patří laskavec, merlík, svlačec, pcháč a další druhy (Kuthan 2010). K odplevelení pozemku je vhodné vláčení mladého porostu a později i plečkování (Pexová Kalinová & Moudrý 2011; Petříková & Weger 2015). Plečkování musí být provedeno opatrně a mělce, aby nedošlo k poškození mělké kořenové soustavy. (Kuthan 2010).

Optimální hustota porostu je velmi důležitá. Řídký porost má předpoklad k zaplevelení (Kováč 2011). Pro ekologické zemědělství je vhodnější výsev do širokých řádků, jelikož je možné provádět mechanickou regulaci plevelů jako je plečkování (Kára et al. 2005).

Pokud se čirok pěstuje v intenzivnějším systému pěstování, je možné využít několik herbicidů. Preemergentní herbicid Gardoprim Plus Gold musí mít načasovanou aplikaci ve fázi 3 listů, aby byl přípravek přijat přes hypokotyl a ne listy. Tento přípravek je však v České republice registrován pouze na kukuřici. Postemergentní herbicidi mohou být používány po překročení třetího listu, jelikož riziko poškození rostliny je malé (Kuthan 2010).

1.3.8.6 Choroby a škůdci čiroku

Ve střední Evropě se nevyskytuje mnoho škodlivých organismů, avšak jsou sem zavlečeny s osivem, které pochází z teplejších krajín. Antraknóza je způsobena napadením houbou *Colletotrichum sublineolum* a *Ascochyta sorghi*. Nákaza se projevuje skvrnami na listech a stéblech v různých velikostech. Dále se na stéble objevují tmavé lineární pruhy s červeným až černým okrajem. Napadená stébla jsou často křehká a lámou se. Tato nákaza se nejvíce šíří během vlhkého a větrného počasí (Kuthan 2012).

Šedou skvrnitost listů způsobuje houba *Cercospora sorghi*. Projevuje se červenými skvrnami. V období dozrávání se může vyskytovat rez čiroková *Puccinia pirpirea*, která se objevuje jen u některých odrůd. Rez se projevuje malými červenými až žlutohnědými skvrnami.

Malé vzcházející rostliny mohou být napadeny houbami *Pythium* spp., *Fusarium* spp., *Aspergillus* spp., *Rhizoctonia solani*, *Phoma sorghina* a *Phoma terrestris*. K přenosu těchto hub napomáhá chladná a vlhká půda, jelikož v těchto podmínkách čirok vzchází velice pomalu (Kuthan 2012).

Mezi virová onemocnění patří například virová zakrslá mozaika čiroku (*Maize dwarf mosaic virus*). Toto onemocnění napadá všechny druhy a hybridy čiroku. Projevem jsou barevné změny na listech s charakterem mozaiky či pruhovitosti.

Stejně tak napadá všechny čiroky bakteriální čárkovitost čiroku (*Xanthomonas campestris* pv. *holcicola*), která je přinášena mšicemi. Další bakteriální onemocnění je bakteriální pruhovitost čiroku (*Pseudomonas andropogonis*) či bakteriální okrouhlá skvrnitost (*Pseudomonas syringae* pv. *syringae*). U čiroků se často objevují sněti, jako je krytá snětlivost čiroku (*Sporisorium sorghi*) či prašná snětlivost čiroku (*Sphacelotheca reiliana*, *S. cruenta*) (Povolný 2019).

Z říše hmyzu čirok často napadá mšice střemchová (*Rhopalosiphum padi*), kyjatka osenní (*Sitobion avenae*) a kyjatka travní (*Metopolophium dirhodum*). Napadají všechny nadzemní části rostliny tím, že je sají způsobují deformaci listů, vegetačních vrcholů, lat a také druhotně přenáší bakteriální onemocnění.

Dále rostliny napadají drátovci, což jsou larvy kovaříků (*Agriotes lineatus*, *Agriotes obscurus*). Larvy napadají kořeny, které překousají a rostliny následně vadnou a hynou.

Do klíčících obilí se zavrtávají larvy květilky žravé (*Delia platura*), tím dochází k odumírání vzcházející rostliny.

Další larvy, které napadají čirok, chroustů a chroustíků (*Melolontha* spp., *Rhizotrogus* spp., *Amphimallon* spp.). Napadají podzemní části rostliny a okusují je. Žírem na kořenech škodí larvy muchnic (*Bibio* spp.).

Škůdcem čiroku je i zavíječ kukuřičný, který vykusuje otvory ve stéblech a listech, čímž se rostlina stává křehkou a láme se (Povolný 2019).

1.3.8.7 Regulace chorob a škůdců

Důležitou roli v regulaci chorob a škůdců hraje preventivní opatření a přímá ochrana rostlin. Mezi preventivní opatření spadá zdravotní nezávadnost rozmnožovacího materiálu, oseední postup, výživa rostliny a vhodné zpracování půdy, jako je příprava půdy před výsevem, založení porostu, kultivace půdy během pěstování a zpracování půdy po sklizni. Dalším preventivním opatřením je výživa rostlin, jelikož zdravá rostlina je méně náchylná na choroby a škůdce. Oseední postup je rozhodujícím faktorem pro rozvoj či potlačení patogenů a škůdců. Vhodné je zařazení meziplodin a dodržení izolační vzdálenosti u jednoletých plodin. Přímá ochrana rostlin zahrnuje fyzikální způsob ochrany rostlin, která využívá lepových desek a pásů, tepelná asanace půdy apod (Hrudová 2015).

Ochrana čiroku proti choroboplodným zárodkům houbového původu se provádí mořením osiva. K tomuto účelu jsou používány kombinace účinných látek triticonazol, metalaxyl, azoxystrobin, fludioxonil, mefanoxam, captan nebo thiram. U zrnového čiroku se ošetřují rostliny foliárně proti chorobám laty. Ochrana listů proti chorobám není zatím rozšířena. Prevence chorob listů je zatím ve fázi výzkumu, ve kterých se vědci orientují na využití azoxystrobinu s kombinací s jinými chemickými látkami. Avšak výsledky zkoumání zatím nejsou spolehlivým základem pro praktické a ekonomické využití (Kuthan 2012).

Proti chorobám a škůdcům je možné využít biologickou ochranu rostlin, která se provádí introdukcí organismu do prostředí nebo podporování užitečného organismu již se vyskytujícího v prostředí (Proklnová 2017). V registru přípravků na ochranu rostlin jsou registrovány přípravky pro ekologické zemědělství (eAGRI 2020). Přípravek Serenade ASO je možné použít v systému ekologického zemědělství, jeho účinnou látkou je *Bacillus amyloliquefaciens*. Cílové patogeny jsou antraknóza (*Colletotrichum spp.*), kořenomorky (*Rhizoctonia solani*), houby rodů *Fusarium spp.*, *Pythium spp.* (Kuthan 2020). Na zavíječe kukuřičného jsou v registru zapsané tyto přípravky pod obchodním názvem Lepinox Plus, Sacharóza, TrichoLet, Trichoplus, TrichoTop. TrichoLet, Trichoplus a TrichoTop využívají parazitoida drobenku rodu *Trichogramma*. Všechny tyto přípravky je možné využívat v systému ekologického zemědělství, ale nejsou registrovány po čirok (eAGRI 2020).

1.3.8.8 Sklizeň

Termín sklizně čiroku se nedá pevně stanovit. Sklizeň je ovlivněna například délkou vegetace či vzdáleností mezi řádky. Hlavním kritériem je obsah sušiny v rostlině, který musí být vyšší než 20 % (Caravetta et al. 1990).

Na siláž či senáž je sečen v období tzv. mléčné voskové zralosti. V této době je biomasa dostatečně produkovaná a je velice kvalitní (Moudrý et al. 2011). Lze provádět dvě seče, první koncem června a druhou v druhé polovině září. Pokud by se sečení provedlo déle, vzroste obsah glykosidů a kyseliny kyanovodíkové (Kára et al. 2005). Při silážování se využívá čirok, který má obsah sušiny 28-35 % (Hermuth et al. 2012).

Čirok pěstovaný na zrno se sklízí mlátičkou, která je upravená na vysoký řez. Sklizeň se provádí, pokud jsou zrna vybarvena a lesklá, jelikož čirok dozrává nerovnoměrně (Kára et

al. 2005). Sklízet se může i v úplné zralosti, jelikož nedochází k výdrolu během sklizně. Sklizeň je doporučena za suchého počasí, aby se nezvyšovala vlhkost zrna (Hermuth et al. 2012).

1.3.8.9 Posklizňové zpracování

Vymláčené zrno se musí dočistit a dosušit na 15 % vlhkosti (Kára et al. 2005; Hermuth et al. 2012). Dosušuje se při teplotě 45-50 °C (Hermuth et al. 2012). Semeno je potřeba uskladnit pečlivě z důvodu napadení plísní (Kára et al. 2005). Výnos čiroku zrnového se pohybuje okolo 5 až 6 t.ha⁻¹ (Hermuth et al. 2012).

Nejčastějším konzervováním biomasy je silážování. Pokud se biomasa nezakonzervuje, dochází k anaerobnímu odbourání organické hmoty a narůstání obsahu bakterií a plísní. Principem silážování je rychlé snížení pH na hodnotu 3,8-4,2. Této hodnoty je dosaženo díky kyselině mléčné, která vzniká kvašením cukrů obsažených v biomase za nepřístupu vzduchu. Vzduch je vytlačován tlakem (Hermuth et al. 2012). Fermentace neboli kvašení pomocí kyseliny mléčné způsobí dostupnost některých minerálů v rostlinné potravě díky obsahu antinutrientů. Konzumací fermentovaných obilnin by mohlo zmírnit minerální nedostatek v těle konzumenta. Dále se kvašením zvýšilo celkové a extrahované množství Ca, P a Fe (Abdelseed et al. 2011).

1.3.8.10 Meziplodina a zelené hnojení

Meziplodiny se staly součástí rostlinné výroby a jejich význam stoupá. Jejich pěstování má pozitivní vliv na půdu, zvyšují výnos a kvalitu produkce. Meziplodiny mají i další významy, jako je rezerva krmiva (Vach 2009). Pokud je druh meziplodiny dobře zvolen, může zabránit zaplevelení, přerušit rozmnožovací cyklus chorob a škůdců. Vhodné plodiny dokáží zabránit vodní erozi a napomohou k vytvoření biomasy (Kohout 2017). Další přínosem pěstování je omezení znečištění ionty dusíku podzemních vod a jiných vodních zdrojů či jako přerušovač obilních sledů (Vach 2009).

Setí meziplodin se posouvá již do července či srpna, tudíž vznikají vhodné podmínky pro pěstování strniskových meziplodin. Posunutím výsevu je zajištěno prodloužení období, po které je možné využívat slunečního záření (Venclová 2019).

Meziplodiny, které se pěstují na zelené hnojení, mají zúrodnovací efekt. Obohacují půdu a zadržují v půdě mobilní živiny, jako jsou N a Ca v organické hmotě. Při zaorání strništních zbytků se omezí ztráty živin vyplavením a dochází k mobilizaci prvků, které jsou v nedostupné či velmi obtížně dostupné formě v půdě (Vach & Javůrek 2007). Výběr druhu plodiny na zelené hnojení je závislý na hodnotách, které se mají jeho pěstováním zlepšit (Berner 2013). Pěstování rostlin v meziorostním období působí pozitivně na strukturu ornice, jelikož prokypřuje i spodní vrstvy, a tudíž snižují riziko zhutňování půdy (Brant et al. 2008; Haberle et al. 2009).

Pěstování meziplodin má i negativní dopady, jako je snížení zásoby vody v půdě. Pokud se zvolí nevhodná meziplodina, může dojít k podpoření rozvoje chorob a škůdců či ke zvýšenému zaplevelení porostu. V některých případech může dojít při zapravení posklizňových zbytků do půdy k negativnímu fyto toxickému vlivu meziproductů rozkladu. Pokud je biomasa meziplodiny nevhodně zapravena do půdy, zhoršuje to podmínky a kvalitu předseťové přípravy půdy a setí následné plodiny (Neubauer 2004).

V rámci ekologického zemědělství je nutné dodržovat střídání plodin širokolisté-úzkolité, rané-pozdní, ozimé-jarní, hluboce-měle kořenící atd. V osevním postupu je vhodné zařadit i meziplodiny, které se používají jako organické hnojivo v podobě zeleného hnojení (Urban & Šarapatka 2003).

Z ekonomického hlediska je přínos strniskových meziplodin s pozitivním vlivem na snížení ztrát dusíku a pro bilanci organické hmoty v půdě vyrovnaný nákladům. Pokud se do tohoto zhodnocení zahrne i vliv na snížení rizika eroze půdy, omezení ztrát dalších živin a ostatní přínosy, jejich pěstování převyšuje náklady (Vach 2009). Strniskové meziplodiny získaly svůj název od způsobu setí, jelikož jejich výsev probíhá do podmítnutého strniště obilnin (Brant et al. 2008). Mezi strniskové meziplodiny patří Srha laločnatá (*Dactylis glomerata*), jilek vytrvalý (*Lilium perenne L.*), Hořčice bílá (*Sinapis alba L.*), Svazenka vratičolistá (*Phacelia tanacetifolia Benth.*), lnička setá (*Camelina sativa L. Crantz.*), proso seté (*Panicum miliaceum L.*) a mnoho jiných (Vach 2009).

1.4 Využití čiroku

Čirok lze využít v mnoha odvětvích, například v potravinářském průmyslu (Hermuth 2010). Čirok neobsahuje lepek, obsahuje fenolické kyseliny a látky, které snižují cholesterol (Taylor et al. 2006). Z cukrového čiroku se vyrábí sirup, líh lihové nápoje, pivo či bonbony. Další produkt z čiroku je mouka a kroupy (Hermuth 2010). Avšak mouka nemá pekařské vlastnosti (Taylor et al. 2006).

Čirok patří mezi rostliny vhodné jako krmná plodina. Je to kvalitní plodina, jelikož obsahuje velké množství cukrů. Další výhodou je dobrá stravitelnost a výnos zelené silážní hmoty (Podrábský 2008). Díky vhodnému obsahu cukru se provádí silážování čiroku. Oproti siláži z kukuřice obsahuje méně energie a lysinu, ale více stravitelné vlákniny. Pokud se do krmnou dávku tvoří čiroková siláž, mléko dojníc je tučnější než při kukuřičné a vojtěškové siláži (Třináctý 2013).

Z technického čiroku se vyrábí košťata, kartáče a štětky (Podrábský 2008).

1.4.1 Využití biomasy na bioplyn

V dnešní době se využívá čirok k výrobě bioplynu jak v České republice, tak i v Německu a Rakousku. Běžně se k výrobě bioplynu používá kukuřice, ale s ohledem na biodiverzitu pěstovaných zemědělských plodin a střídání plodin na pozemku, se začíná využívat čirok (Bolsen et al. 2013). Pro výrobu bioplynu se využívá siláž z čiroku (Bonardi et al. 2007). Čirok je ovšem méně výtěžný než kukuřice, ale má vyšší obsah sušiny (Hermuth et al. 2012). Cukrový čirok se pro vysoký obsah biomasy a cukrů stává potenciální surovinou pro obnovitelný průmysl, dle výpočtů může být ze stonku cukrového čiroku vyprodukováno 10 000 l ethanolu.ha⁻¹.(Propherter et al. 2010). Ve Spojených státech se 30 % zrna čiroku spotřebuje na výrobu ethanolu (Rao et al. 2009).

Čirok není vhodný k přímému spalování, jelikož během vegetace i po ní, má vysoký obsah vody (Hermuth et al. 2012). Kukuřice poskytuje o 15 až 20 % více methanu než čirok (Bonardi et al. 2007). Jednotlivé odrůdy se liší jak v chemickém složení, tak i v produkci bioplynu (Amon et al. 2007). Proces silážování a fermentace je má u čiroku delší náběh a je

pomalejší než u kukuřice z důvod vyššího obsahu taninu. Jejich obsah inhibuje činnost mikroorganismů a zpomaluje proces fermentace (Waniska et al. 1988). Metanogenní mikroorganismy se musí na čirokovou siláž adaptovat, toho se docílí postupným přidáváním čirokové siláže s kukuřičnou směsí. Poté již není potřeba žádné podpory fermentace.

Při anaerobní fermentaci vzniká bioplyn a zbytek hmoty zůstává ve formě fermentačního zbytku neboli digestátu. Množství digestátu odpovídá přibližně stejnému množství hmoty, která byla určena k anaerobní fermentaci. Digestát je možné využít jako organické hnojivo (Hermuth et al. 2012).

1.4.2 Polysacharidy

Rostlinné polysacharidy se používají pro výrobu produktů jako jsou léčiva, potraviny, kosmetika a jiné spotřební produkty. Polysacharidy, které byly extrahované z rostlin, se používají jako masti na popáleniny a rány k zrychlení jejich hojení (Sirine et al. 2019). Struktura a složení polysacharidů v čiroku jsou podobné polysacharidům kukuřice (Taylor & Emmambux 2010).

Používá se i polysacharid z čiroku (SWSP), který je rozpustný ve vodě. Konzumování čiroku dokonce dokáže snížit vznik chronických onemocnění, jako je cukrovka, hypertenze, obezita či onemocnění kardiovaskulárního systému. Proběhl výzkum na aplikaci hydrogelu SWSP na popálení druhého stupně u potkanů. Bylo prokázáno, že aplikace hydrogelu SWSP zrychluje vznik nových epitelových buněk, zrychluje uzavření rány a přestavbu extracelulární matrice spálené tkáně (Sirine et al. 2019).

1.4.3 Supersorbant

Zrna čiroku, která nejsou určena pro lidskou spotřebu, například z důvodu dlouhodobého skladování či nevhodných podmínek, se využívají pro výrobu nejdých výrobků. Ze zrna se extrahuje škrob, který je tvořen z 97-98 % v suché hmotnosti amylopektinem a amylózou. Zrno čiroku obsahuje 68-75 % škrobu.

Amylopektin a amylázou jsou polymery. Superabsorbční polymer je složen z jednoho nebo více hydrofilních polymerů a dokáže zadržet větší množství vody. Polymery jsou nerozpustné ve vodě a dokáže udržet uvnitř nabobtnané struktury neboli hydrogelu. Hydrogel může být nazýván superabsorbentem, pokud je jeho retenční kapacita 100krát větší, než je jeho hmotnost v suchém stavu. Superabsorbční polymery (SAP) mají velice dobré vlastnosti jako je vysoká absorpce vody a následné pomalé a řízené uvolňování kapaliny. Superabsorbant je připravován z kyseliny akrylové a akrylamidu. S touto směsí dále reagoval hydrogenuhličitan sodný, výsledná směs je velice porézní. Při absorpci vody, umělé krve a moči se projevila vysoká míra bobtnání. Tento superabsorbant je možné využívat v plenkách a hygienických vložkách (Teli & Mallick 2017).

1.5 Kvalita a složení zrna

1.5.1 Kvalita zrna

Požadavky na kvalitu obilnin jsou různé, záleží na druhu využití. Kvalita zrna je souhrn několika ukazatelů. Kvalita je vnitřní a vnější.

Vnitřní kvalita zrna je dána biochemickým složením. Účelu použití zrna odpovídá vnitřní jakost. Mezi ukazatele, kterými se hodnotí vnitřní kvalita zrna, patří klíčivost, množství a pružnost mokrého lepku či číslem viskozity. Vnitřní jakost je dána třemi veličinami: vlhkostí, teplotou zrna, dobou působení a skladování. Nejsledovanějším parametrem při skladování je teplota a vlhkost zrn.

Vnější kvalita zrna se vyznačuje fyzikálně-mechanickými vlastnostmi. Mezi tyto vlastnosti patří čistota, objemová hmotnost, hmotnost 1 000 semen a granulometrické složení směsí. Vnější jakost bývá nejčastěji ovlivňována nevhodným posklizňovým ošetřováním a skladováním. Během manipulace se zrnem dochází k mnoha mechanickým poškozením. Hlavní funkcí skladů je rychlé a efektivní udržení maximální kvality obilovin. Je potřeba dosáhnout optimální vlhkosti, aby nedošlo k zamoření hmyzem a mikroorganismy. Dalším cílem je zabránění klíčení (Malat'ák & Branda 2012).

1.5.2 Složení zrna

Zrno čiroku má obdobné chemické složení a výživové hodnoty jako rýže, kukuřice či pšenice. Energetická hodnota 100 g zrn čiroku kolísá mezi 296,1 a 356,0 kcal (Martino et al. 2012).

Jednou z hlavních složek jsou sacharidy v podobě škrobu. Čirok obsahuje 69,5 % škrobu, který se skládá z amylozy a amylopektinu (Kulamarva et al. 2009). Amylóza tvoří okolo 20-35 % škrobu a amylopektin okolo 65-80 % (Petr 2004). Stravitelnost škrobu udává energetickou hodnotu zrna a je závislá na hydrolýze pankreatických enzymů. Můžeme ji zvýšit zpracovatelskými metodami, jako je vločkování, napařování nafukování či vločkové vaření (Harbers 1975). Zralé zrno obsahuje 3,8 % rozpustných cukrů (Bhatia et al. 1972). Rozpustné cukry jsou z 75 % tvořeny sacharózou (Subramanian et al. 1980). Na rozdíl od ostatních obilovin jsou obsaženy škroby a cukry čiroku uvolňovány organismem pomaleji, tudíž jsou vhodné ke konzumaci pro osoby s diabetem (Dahir et al. 2014). Nerozpustná vláknina tvoří až 86 % celkové vlákniny, působí preventivně před vznikem gastrointestinálních problémů, jelikož doba průchodu tráveniny je zkracována (Léder 2004).

Obsahuje 3,1 g tuku, což je vyšší obsah než u rýže či pšenice. Nejvíce tuku se nachází v zárodečné vrstvě, kde klíček obsahuje 80 % celkových tuků (Kulamarva et al. 2009). Mastné kyseliny se skládají z linolové kyseliny (49 %), kyseliny olejové (31 %) a kyseliny palmitové (14 %) (Léder 2004).

Bílkoviny jsou druhou hlavní složkou zrna čiroku (Kulamarva et al. 2009). Obsah dusíkatých látek není stálý, ale kolísá od 6,5 do 12 % (Brestenský et al. 2006.) Složení aminokyselin je rozmanité a závisí na druhu čiroku, genotypu či pěstitelských podmínkách (Petr 2004). Dalším rozhodujícím faktorem je dostupnost vody a teplota (Léder 2004). Limitující aminokyselinou je lysin a threonin (Salunkhe et al. 1977).

Čirok obsahuje 1,30 až 3,30 % popelovin a minerálů. Mezi hlavní minerály patří fosfor, draslík a hořčík (Chan et al. 2007). Minerální složení zrna je variabilní, zastoupení prvků je následující: fosfor 352 mg%, hořčík 171 mg%, vápník 15 mg%, železo 4,2 mg%, zinek 2,5 mg%, měď 0,44 mg%, mangan 1,15 mg%, molybden 0,06 mg%, chrom 0,017 mg%.

Zrno obsahuje vitamíny rozpustné v tucích, jako je D, E a K (Kulamarva et al. 2009). V čiroku se vyskytují i vitamíny rozpustné ve vodě, jako jsou vitamíny skupiny B, kromě

vitaminu B12 (Léder 2004). Koncentrace thiaminu, riboflavinu a niacinu jsou srovnatelné s kukuřicí. Obsah thiaminu je 0,38 mg, riboflavinu 0,15 mg a niacinu 4,3 mg (Kulamarva et al. 2009).

V čiroku se nachází antinutriční látky v zrně a v klíčících semenech. Antinutriční látky snižují výživovou hodnotu, tudíž jejich obsah ovlivňuje výživovou kvalitu. V zrně se vyskytují fenolické sloučeniny, v klíčících semenech a listech se nachází kyanogenní glykosid dhurrin (Etuk et al. 2012). Fenolické sloučeniny jsou produkty sekundárního metabolismu, které jsou rostlinou produkovány jako reakce na stresové stavy, mezi které patří infekce, poranění či UV záření. Fenolické sloučeniny zahrnují jednoduché fenoly, fenolické kyseliny, kumariny, flavonoidy, stilbeny, taniny, lignany a ligniny (Naczka & Shadidi 2004). Čirok obsahuje hlavně fenolické kyseliny, flavonoidy a taniny (Chandrashekar et al. 2006).

Tatiny neboli třísloviny jsou chemické látky, které se běžně vyskytují v ovoci jako jsou hrozny či borůvky, dále v čaji, kukuřici a čiroku (Prakash & Sharma 2014). Taniny jsou sekundární sloučeniny syntetizované prostřednictvím sekundárního metabolismu rostlin (Monterio et al. 2005). Základní vlastností taninů je kombinovatelnost s jinými chemickými látkami, jako je například protein a jiné polymery, například s polysacharidem pektinem. Jsou to fenolické sloučeniny, které jsou rozpustné ve vodě (Ramakrishnan & Krishnan 1994). Třísloviny dávají jídlu a pití hořkou chuť, působí jako sekundární antioxidant (Prakash & Sharma 2014), dále působí antivirově a diuretický (Grassmann et al. 2002).

Všechny třísloviny dokáží srážet bílkoviny a lze je rozdělit na dvě skupiny: hydrolyzovatelné a kondenzované třísloviny (Babička 2017). Hydrolyzovatelné taniny můžeme dále dělit na galotaniny a elagotaniny (Babička 2017, Falcão & Araújo 2011). Mezi největší negativní účinky taninů patří snížení využitelnosti železa a vitaminu B1 v těle konzumenta, dále snižuje potenciální schopnost enzymů v zažívacím traktu. Ve větším množství způsobuje retardaci růstu, poškození jaterních buněk (Babička 2017).

Tyto chemické sloučeniny jsou využívány ve farmaceutickém průmyslu, kde slouží při léčbě hemeroidů, zánětů, průjmů či zánětech žaludeční a střevní sliznice. Při větším využití na rozsáhlé popáleniny působí toxicky a způsobuje poškození jaterních buněk. (Spilková 2016). Dále jsou využívány i v lidovém léčitelství, například odvar z garnátového jablka léčí úplavici. Indičtí léčitelé využívají zředěný tanin na zastavení krvácení, který aplikují přímo do malé otevřené rány. V Číně se využívá jako oční tonikum. Dále se využívá v kožedělném průmyslu, kdy se používá v prvním procesu zpracování kůže. Taniny se používají při výrobě inkoustů, barviv, plastů a lepidel. Každá rostlina obsahuje třísloviny s jinou povahou a složením (Ramakrishnan & Krishnan 1994).

Výskyt taninů působí jako ochranný faktor před mikrobiálními patogeny, škodlivým hmyzem a býložravci. Proti býložravcům rostlina využívá spíše kondenzované taniny. Látky, které znečišťují ovzduší mohou změnit morfologii rostlin, fyziologii, biochemii a rychlost růstu rostlin. Dále může vyvolat kvalitativní a kvantitativní změny ve složení sekundárních metabolitů, tudíž i ve složení taninů. U rostlin vyskytujících se ve vysokých nadmořských výškách, při vysokých teplotách, většímu vystavení UV-B záření či při nedostatku vody je zvýšený nárůst obsahu taninů v rostlinných částech (Petridis 2011).

Dhurrin může dosahovat 3-4 % celkové hmotnosti sušiny sazenice a během zpracování klíčivých semen může dojít k uvolnění kyanidu. Při běžném zpracování potravin tudíž i čiroku, jako je sušení a sladování, dochází ke snížení hladiny kyanidu pod mez, které působí toxicky

(Léder 2004). Dalším významným antinutričním prvkem je kyselina fytová (Ratnavathi & Patil 2013), která omezuje dostupnost bílkovin, vitamínů a minerálů v potravě. Kyselina fytová představuje skladovací formu fytátu, je v rostlinách distribuována ve všech částech, především v zrna (Elkhalil et al. 2001).

1.5.2.1 Taniny v čiroku

Vzhled zrna nemusí souviset s obsahem taninů, jelikož čirok obsahující taniny je nazýván jako hnědý čirok, avšak barva vnější obal může mít žlutou, bílou či červenou barvu (Sereme et al. 1993).

Všechny druhy čiroků obsahují fenoly a většina z nich i flavonoidy. Flavonoidy jsou obsaženy ve šlechtěných odrůdách čiroku, které mají pigmentované testum neboli osemení. Čirok můžeme rozdělit do tří skupin. Typ I bez taninů, typ II s taniny přítomnými v pigmentovaném testu, typ III taniny v testu a perikarpu (Hagerman et al. 1998).

V perikarpu a pláštích listů je vyšší hladina taninů a felenických sloučenin než v endospermu (Sereme et al. 1993). Hnědý čirok obsahuje nejvíce volných fenolových kyselin (Hahn et al 1983), je také odolný proti povětrnostním vlivům (Waniska 2010). Kultivary čiroků, které jsou odolné vůči plísním obsahují větší množství volných fenolových kyselin (Hahn et al 1983). Čirok s bílým zrnem bez pigmentovaného osemení obsahuje nejnižší množství fenolových kyselin (Waniska 2010).

Sedghi et al. (2012) stanovil množství taninů v bělozrném čiroku v rozmezí 0,02 – 0,4 % a u červenozrných čiroků 0,25 – 0,6 %. Vyšší hodnoty uvádí Boren & Waniska (1992), kteří stanovili množství taninů u bílého zrna 0,05 – 0,22 % a u červeného zrna 0,64 – 3,67 %.

4. Materiál a metodika

1.6 Materiál

Pokus byl založen na ploše Výzkumné stanice Červeném Újezdě, okres Praha-západ. Byl navržen tak, aby bylo možné porovnávat tři odrůdy nízkotaninového čiroku na stanovišti, které reprezentuje oblast s možným rozšířením pěstování čiroku. Dále byl navržen tak, aby bylo možné stanovit přesný termín výsevu a popsat podmínky pro dozrávání čiroku v této modelové oblasti.

Pokus byl založen ve čtyřech opakování, každá parcelka měla plochu 15 m². Jako základní hnojení bylo použito organické hnojivo PRP-SOL v dávce 300 kg.ha⁻¹. Setí proběhlo 20. dubna 2019 a 10. května 2019 přesnou maloparcelkovou sečkou. Vysety byly tři odrůdy – Tonkawa, Express a Arsenio. Čírok byl vyplečkován dvakrát během vegetace.

Během vegetační doby byly uskutečněny čtyři termíny měření výšky rostlin, a to 17. července 2019, 25. července 2019, 11. srpna 2019 a 23. srpna 2019. První část sklizně proběhla 11. října 2019, druhá část proběhla 21. října 2019. Při každé sklizni se ručně ořezala lata každého opakování z plochy 2,5 m². Čírok bylo následně po dobu 12 hodin dosoušen při teplotě 45 °C na požadovanou vlhkost 15 %. Vážení čiroku proběhlo hned po sklizni a následně po dosušení. Vyhodnocení pokusu proběhlo v říjnu, zjištěn byl obsah sušiny a výnos lat.

Tonkawa

Odrůda Tonkawa je velmi raná odrůda pocházející z USA. Výnos zrna se pohybuje okolo 6 t.ha⁻¹. Zrno má červenou barvu a je beztaninové. Tato odrůda je vhodná do kukuřičné výrobní oblasti a do řepařské výrobní oblasti (Štěpánek 2018).

Express

Odrůda Express je ranná bělozrná odrůda pocházející z USA dorůstající až 120 cm. Rostliny jsou vhodné i na siláž. Zrno je také beztaninové. Pěstování této odrůdy je vhodné v kukuřičné výrobní oblasti. Tato odrůda má prokazatelnou odolnost vůči povětrnostním vlivům a chladu (Štěpánek 2018).

Arsenio

Tato odrůda je nová, na trhu ji nabízí firma KWS. Poskytuje bílé zrno a je beztaninové (KWS 2020). Další podrobnosti nejsou dostupné.

1.6.1 Charakteristika lokality pěstování

Výzkumná stanice Fakulty agrobiologie, přírodních a potravinových zdrojů České zemědělské univerzity se nachází v obci Červený Újezd, okres Praha – západ. Tato obec se nachází v průměrné nadmořské výšce 400 m. n. m. Jedná se o rovinu až úplnou rovinu se všesměrnou expozicí. Sklonitost je rovna 0-3, skeletovitost půdy je 0 s celkovým obsahem skeletu do 10 %. Půda je hluboká více než 60 cm. Půdní typ je hnědozem. Mezi hlavní půdotvorný substrát patří spraše a sprašové hlíny.

Tato oblast patří do čtvrtého klimatického regionu, což je mírně teplý a suchý region. Průměrný úhrn srážek se pohybuje od 450 do 550 mm (Ministerstvo zemědělství ČR 2020). V průběhu dubna, kdy proběhl časný výsev, byl průměr nejvyšších denních teplot 16,2 °C,

nejnižších nočních teplot 3,4 °C a úhrn srážek byl 21,6 mm. V květnu, kdy byl uskutečněn druhý výsev, byl průměr nejvyšších denních teplot 16,6 °C, průměr nočních teplot byl 5,4 °C a úhrn srážek byl 53 mm (Meteo Červený Újezd 2019). Průměrnou denní teplotu a úhrn srážek je zobrazena v tabulce č. 2.

Měsíc	Průměrná nejvyšší denní teplota (°C)	Průměrná nejnižší noční teplota (°C)	Úhrn srážek (mm)
Červen	28,2	13,9	32,6
Červenec	26,4	13,2	34,4
Srpen	25,9	13,5	148,8
Září	20,5	9,0	64,6
Říjen	15,8	5,5	40,0

Tabulka 1 Přehled průměrných denních teplot, průměrných nočních teplot a úhrnu srážek v období vegetace (Meteo Červený Újezd 2019)

1.7 Metodika

1.7.1 Stanovení výnosu zrna

Stanovení výnosu probíhalo zvážení jednotlivých vzorků z opakování z prvního i druhého výsevu, poté byla hodnota přepočítána na výnos zrna v jednotkách t.ha⁻¹.

1.7.2 Test klíčivosti

Klíčivost semen byla testována z odrůd Arsenio, Express a Tonkawa ze dvou termínů výsevů. První výsev proběhl 20. dubna 2019 a 10. května 2019.

Klíčení semen probíhalo v řízených podmínkách laboratoře FAPPZ při 20 °C po dobu 7 dnů, přičemž bylo hodnoceno po 4 a po 7 dnech od založení pokusu.

1.7.3 Stanovení obsahu taninů v čiroku spektrofotometricky

Dle ČSN (2003):

1.7.3.1 Příprava vzorku

Laboratorní vzorek se po odstranění nečistot důkladně promíchá a kvartací se připraví zkušební vzorek, který se pomele na mlýnku při 1400 ot/min. Použije se síto s velikostí ok 0,5 mm. Namletý vzorek se převede do vhodné uzavíratelné nádoby. Vzhledem k rychlé oxidaci taninů v rozemletém zrně se ihned po pomletí vzorku přistupuje k vlastnímu stanovení.

1.7.3.2 Extrakce

Do 50ml centrifugační zkumavky se naváží 1 g zkušební vzorku s přesností na 0,001 g. Pipetou se ke vzorku přidá 20 ml dimethylformamidu, zkumavka se uzavře víčkem. Vzorek se extrahuje 1 h na třepačce při laboratorní teplotě. Poté se extrakt odstředuje 10 min při odstředivém zrychlení 3000 g. Pro další stanovení se použije připravený supernatan.

1.7.3.3 Spektrofotometrické stanovení

Příprava slepého pokusu: Do 20ml zkumavek se nadávkuje ve dvou paralelních stanoveních 1 ml připraveného supernatanu vzorku. Poté se do každé zkumavky přidá 6 ml vody a 1 ml amoniaku a obsah zkumavky se několik sekund protřepává na minitřepačce. Vše je nutné provést během první minuty stanovení.

Příprava vzorku: Do dalších dvou 20ml zkumavek se opět ve dvou paralelních stanoveních nadávkuje 1 ml připraveného supernatanu vzorku. Poté se do každé zkumavky přidá 5 ml vody a 1 ml roztoku citronanu amonno-železitého a obsah zkumavky se několik sekund protřepává na minitřepačce. Pak se do obou zkumavek přidá 1 ml amoniaku a zkumavky se znovu protřepou na minitřepačce. Vše je nutné provést během dalších dvou minut stanovení.

Absorbance takto připravených vzorků a příslušných slepých pokusů se změří na spektrofotometru při vlnového délce 525 nm proti vodě. Výsledkem stanovení je absorbance (A) daná rozdílem mezi absorbancí roztoku vzorku a absorbancí slepého pokusu.

1.7.3.4 Příprava kalibrační křivky

Ke stanovení obsahu taninů se použije kalibrační křivka získaná proměřením kalibračních roztoků kyseliny taninové. Kalibrační křivka se připravuje vždy v den vlastního stanovení. Do sady 10 ml odměrných baněk se pipetuje (0; 0,5; 1,0; 1,5; 2; 2,5; 3,0) ml roztoku kyseliny taninové a poté se doplní dimethylformamidem po značku. Získají se tak kalibrační roztoky o koncentraci kyseliny taninové (0; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6) mg/ml.

Do 20ml zkumavek označených 0–6 se pipetuje vždy 1 ml z každého z kalibračních roztoků. Poté se do první zkumavky (označené 0) pipetou postupně přidá 5 ml vody a 1 ml citronanu amonno-železitého. Obsah zkumavky se několik sekund protřepává na minitřepačce. Pak se přidá 1 ml amoniaku a zkumavka se znovu několik sekund protřepává. Uvedené operace je nutné zvládnout v průběhu jedné minuty. Poté se roztok nechá stát 10 min. V průběhu druhé minuty se celý postup zopakuje s další zkumavkou (označenou 1) a následně i se zkumavkami 2-6. Absorbance připravených kalibračních roztoků se změří při 525 nm proti vodě. Z naměřených výsledků se sestrojí kalibrační křivka.

1.7.3.5 Výpočet a vyjádření výsledků

Obsah taninů, vyjádřený jako hmotnostní procento kyseliny taninové, se vypočítá podle vztahu

$$X = \frac{V \times c \times 10^{-3}}{V_1 \times m} \times 100$$

Kde V je celkový objem extraktu v ml, V₁ objem extraktu pipetovaný pro spektrofotometrické stanovení, c je koncentrace kyseliny taninové ve zkušební vzorku zjištěná z kalibrační závislosti v mg/ml, m je hmotnost zkušebního vzorku v g a 10⁻³ je konverzní faktor pro přepočítání z mg na g.

Výsledek se získává jako průměr minimálně dvou paralelních stanovení za předpokladu, že je splněn požadavek na hodnotu opakovatelnosti.

5. Výsledky

1.8 Měření výšky rostlin

Měření rostlin probíhalo ve 4 termínech 17.07.2019, 25.07.2019, 11.08.2019 a 23.08.2019.

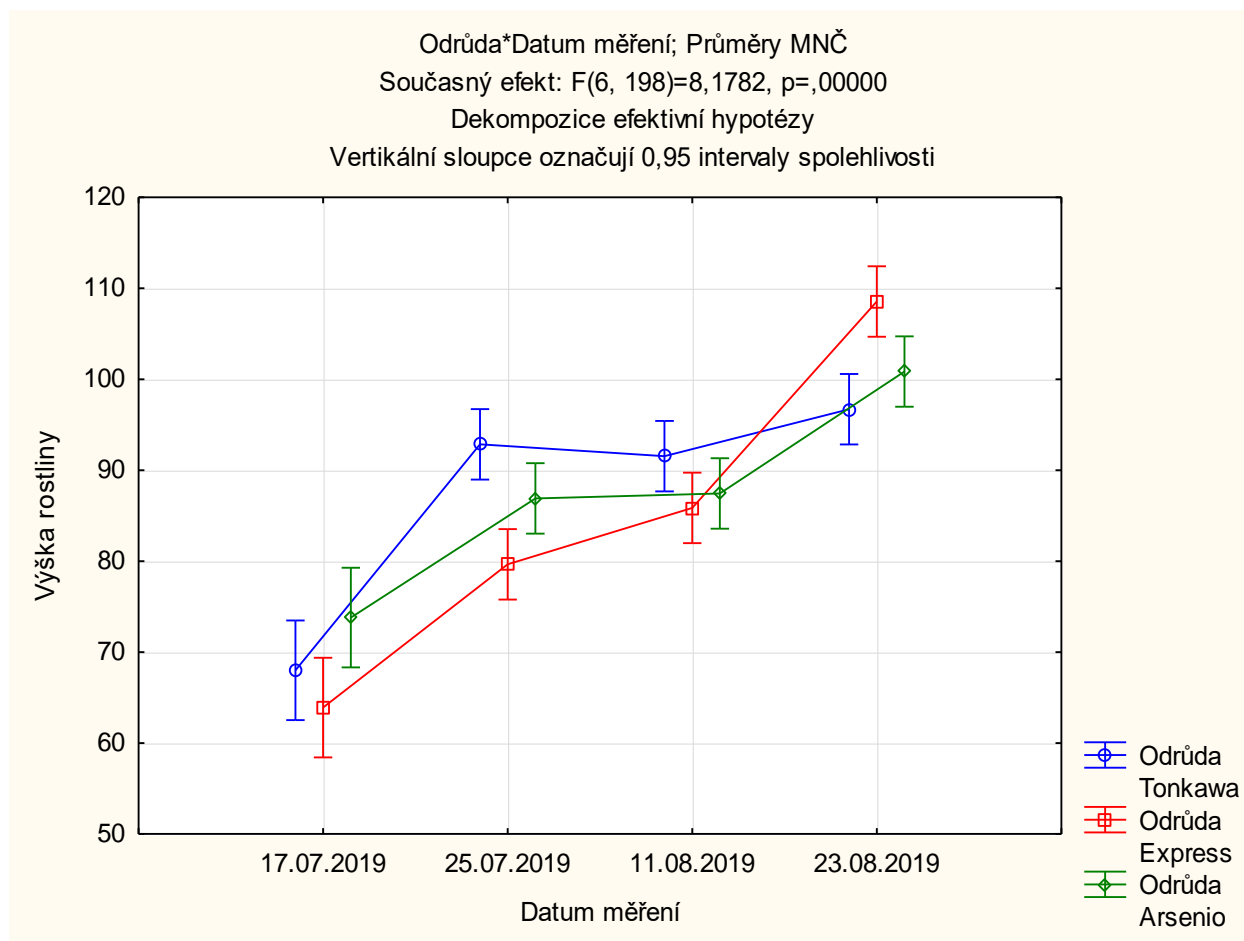
1.8.1 Vliv odrůdy na výšku rostlin z 1. termínu výsevu

Měření prvního výsevu probíhalo ve čtyřech termínech 17. července 2019, 25. července 2019, 11. srpna 2019 a 23. srpna 2019. V tabulce č. 1 je zobrazen přehled naměřených hodnot u jednotlivých odrůd. V časném výsevu při posledním měření měla nejvyšší průměrnou výšku odrůda Express, a to 108,55 cm.

Tabulka 1 Přehled naměřených hodnot výšky rostlin u jednotlivých odrůd

Odrůda	Průměrná výška (cm)	Minimální výška (cm)	Maximální výška (cm)
17.07.2019			
Tonkawa	68,00	53,00	81,00
Express	63,90	52,00	77,00
Arsenio	73,80	57,00	86,00
25.07.2019			
Tonkawa	92,85	74,00	109,98
Express	79,65	57,00	98,00
Arsenio	86,90	66,00	105,00
11.08.2019			
Tonkawa	91,55	73,00	100,00
Express	85,85	68,00	102,00
Arsenio	87,45	74,00	98,00
23.08.2019			
Tonkawa	96,70	82,00	120,00
Express	108,55	97,00	114,00
Arsenio	100,85	81,00	120,00

V grafu č. 3 jsou znázorněny průměrné výšky rostlin, které byly měřeny ve čtyřech termínech. Z grafu vyplývá, že nejstrmější nárůst měla odrůda Express mezi třetím a čtvrtým měřením. Statistickým vyhodnocením byl zjištěn statistický rozdíl mezi odrůdou Tonkawa a Express a mezi odrůdou Express a Arsenio (tabulka č. 2).



Graf 3 Výška rostlin z výsevu 20.4.2019

Tabulka 2 Statistické vyhodnocení výšky rostlin z výsevu 20.04.2019

Odrůda	Tukeyův HSD test; proměn.:Výška (cm) (mereni cirok) Označ. rozdíly jsou významné na hlad. $p < ,05000$		
	{1} M=96,700	{2} M=108,55	{3} M=100,85
Tonkawa {1}		0,000178	0,247200
Express {2}	0,000178		0,011123
Arsenio {3}	0,247200	0,011123	

1.8.2 Vliv odrůdy na výšku rostlin z 2. termínu výsevu

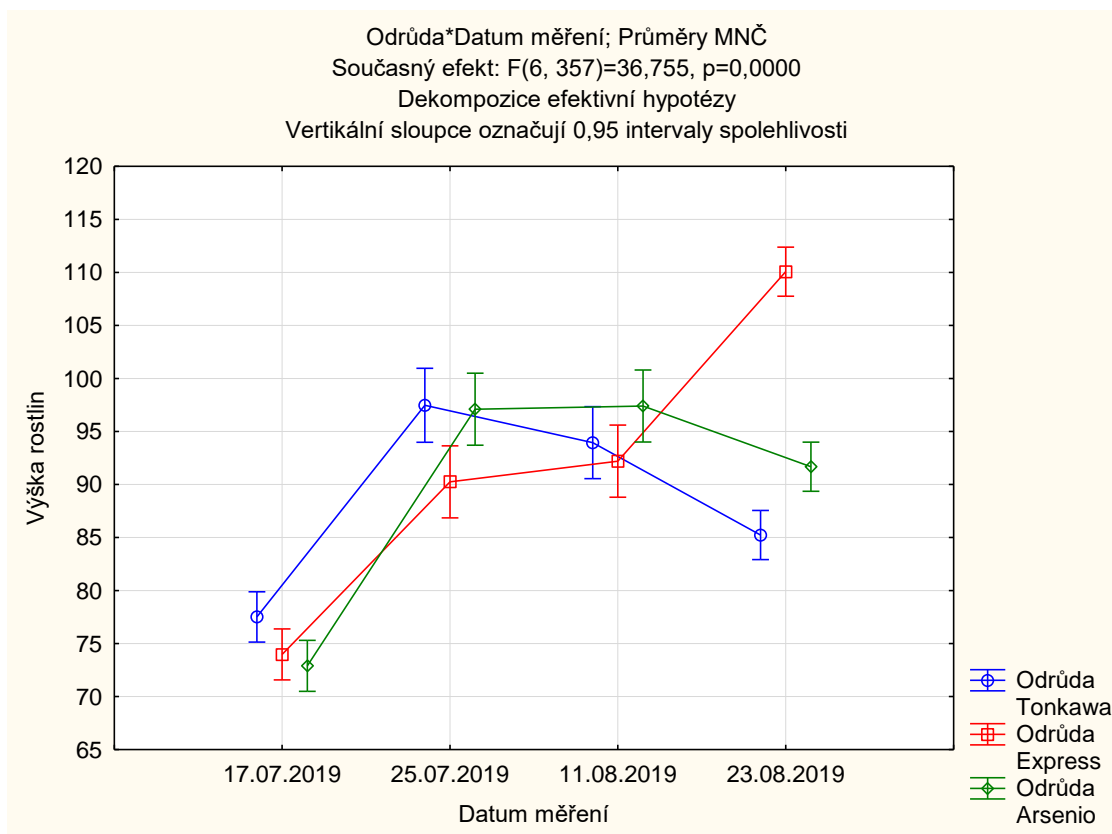
Měření výšky rostlin z druhého výsevu probíhalo ve čtyřech termínech 17. července 2019, 25. července 2019, 11. srpna 2019 a 23. srpna 2019. V tabulce č. 3 je zobrazen přehled

naměřených hodnot u jednotlivých odrůd. V druhém výsevu při posledním měření měla nejvyšší průměrnou výšku odrůda Express, a to 110,07 cm.

Tabulka 3 Přehled naměřených hodnot výšky rostlin u jednotlivých odrůd

Odrůda	Průměrná výška (cm)	Minimální výška (cm)	Maximální výška (cm)
17.07.2019			
Tonkawa	77,48	61,00	90,00
Express	73,98	52,00	87,00
Arsenio	72,90	44,00	86,00
25.07.2019			
Tonkawa	96,55	79,00	105,00
Express	90,25	75,00	101,00
Arsenio	97,10	79,00	112,00
11.08.2019			
Tonkawa	93,95	75,00	107,00
Express	92,20	81,00	102,00
Arsenio	97,40	79,00	114,00
23.08.2019			
Tonkawa	85,23	51,00	108,00
Express	110,07	98,00	120,00
Arsenio	91,67	78,00	106,00

V grafu č. 4 jsou znázorněny průměrné výšky rostlin, které byly měřeny ve čtyřech termínech. Z grafu vyplývá, že nejstrmější nárůst měla odrůda Express mezi třetím a čtvrtým měřením. Statistickým vyhodnocením byl zjištěn statisticky průkazný rozdíl ve výšce rostlin mezi všemi odrůdami (tabulka č. 4).

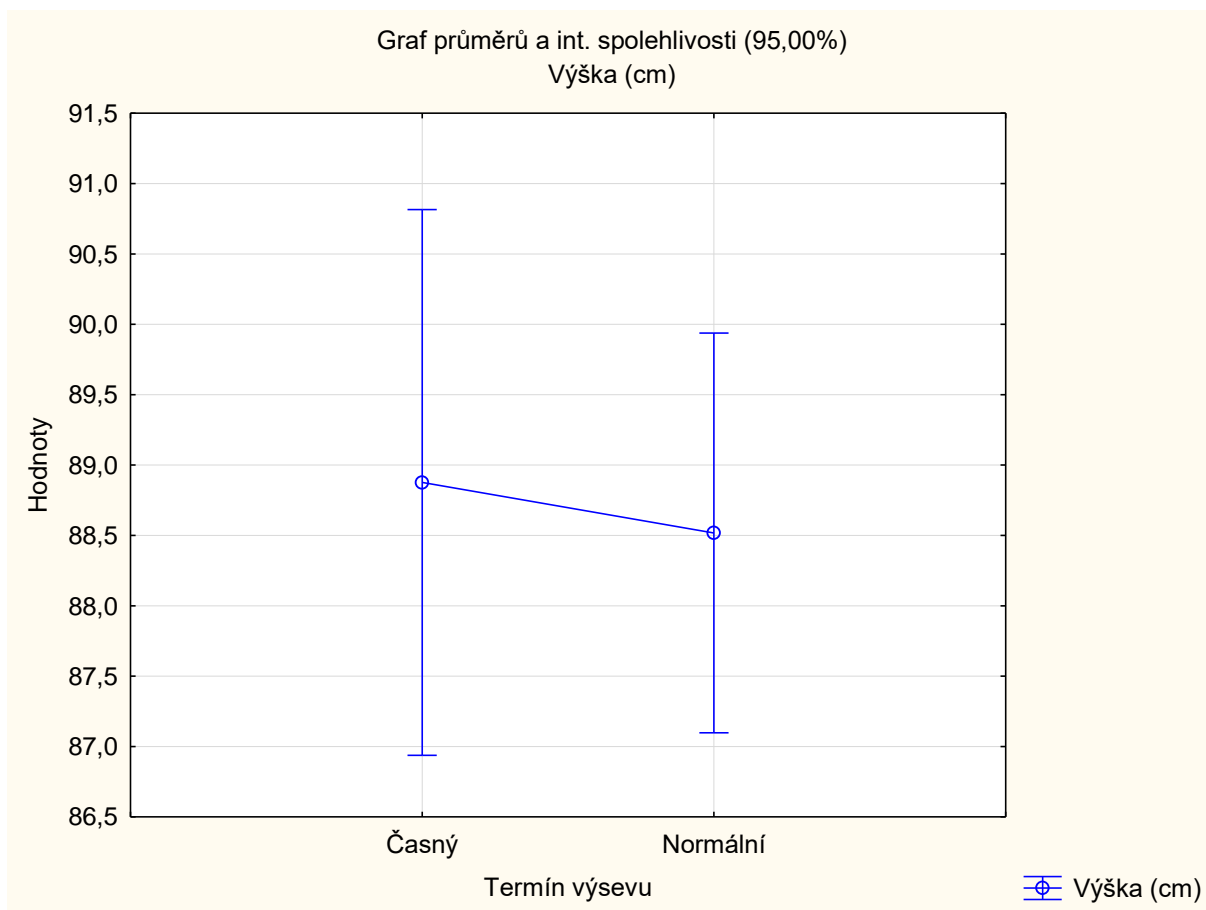


Graf 4 Výška rostlin z výsevu 10.5.2019

Tabulka 4 Statistické vyhodnocení výšky rostlin jednotlivých odrůd

Odrůda	Tukeyův HSD test; proměn.: Výška (cm) (mereni cirok) Označ. rozdíly jsou významné na hlad. $p < ,05000$		
	{1} M=85,233	{2} M=110,07	{3} M=91,674
Tonkawa {1}		0,000022	0,000340
Express {2}	0,000022		0,000022
Arsenio {3}	0,000340	0,000022	

Statickým porovnáváním nebyl zjištěn statistický rozdíl ve výškách rostlin časného (20. dubna) a normálního (10. května) výsevu. Průměrná výška rostlin vyšetřovaných 20. dubna byla 88,87 cm a průměrná výška rostlin vyšetřovaných 10. května byla 88,52 cm (graf č. 5 a tabulka č. 5).



Graf 5 Porovnání časného a normálního výsevu

Tabulka 5 Statistické vyhodnocení výšky rostlin dvou termínů výsevu

Tukeyův HSD test; proměn.: Výška (cm) (mereni cirok) Označ. rozdíly jsou významné na hlad. $p < ,05000$		
Termín výsevu	{1} M=88,876	{2} M=88,518
Časný {1}		0,767229
Normální {2}	0,767229	

1.9 Stanovení výnosu zrna

1.9.1 Porovnání výnosu jednotlivých odrůd čiroku z 1. termínu výsevu

Mezi jednotlivými odrůdami, které byly vysety 20. dubna nebyl zjištěn statisticky průkazný rozdíl (tabulka č. 6). Výnos odrůdy Tonkawy byl $2,44 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, u odrůdy Arsenio $1,44 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ a u odrůdy Express $1,39 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$.

Tabulka 6 Statistické vyhodnocení výnosu odrůd z 1. termínu výsevu

Odrůda	Tukeyův HSD test; proměn.:Výnos (Tabulka14) Označ. rozdíly jsou významné na hlad. p < ,05000		
	{1} M=2,4400	{2} M=1,3900	{3} M=1,4350
Tonkawa {1}		0,406491	0,430651
Express {2}	0,406491		0,997803
Arsenio {3}	0,430651	0,997803	

1.9.2 Porovnání výnosu jednotlivých odrůd čiroku z 2. termínu výsevu

Mezi odrůdami vyšetými 10. května nebyl zjištěn statisticky průkazný rozdíl ve výnosu (tabulka č. 7). Výnos odrůdy Tonkawa byl 1,15 t.ha⁻¹, odrůdy Arsenio 2,30 t.ha⁻¹ a odrůdy Express 2,58 t.ha⁻¹. Odrůda Tonkawa má oproti ostatním odrůdám přibližně o 50 % nižší výnos, ale statistika tento rozdíl nepotvrdila z důvodu nízkého počtu opakování.

Tabulka 7 Statistické vyhodnocení výnosu odrůd z 2. termínu výsevu

Odrůda	Tukeyův HSD test; proměn.:Výnos (Tabulka17) Označ. rozdíly jsou významné na hlad. p < ,05000		
	{1} M=1,1537	{2} M=2,3012	{3} M=2,5750
Tonkawa {1}		0,232072	0,115292
Arsenio {2}	0,232072		0,914649
Express {3}	0,115292	0,914649	

1.9.3 Porovnání souhrnného výnosu dle data výsevu

Mezi jednotlivými výsevy 20.04. a 10.05. nebyl zjištěn statisticky průkazný rozdíl (tabulka č.8). Průměrný výnos zrna z výsevu 20.04. byl 1,75 t.ha⁻¹ a z výsevu 10.05. byl průměrný výnos 2,01 t.ha⁻¹.

Tabulka 8 Statistické vyhodnocení ve výnosu mezi termíny výsevu

Datum výsevu	Tukeyův HSD test; proměn.:Výnos (Tabulka21) Označ. rozdíly jsou významné na hlad. p < ,05000	
	{1} M=1,7550	{2} M=2,0100
20.04. {1}		0,681192
10.05. {2}	0,681192	

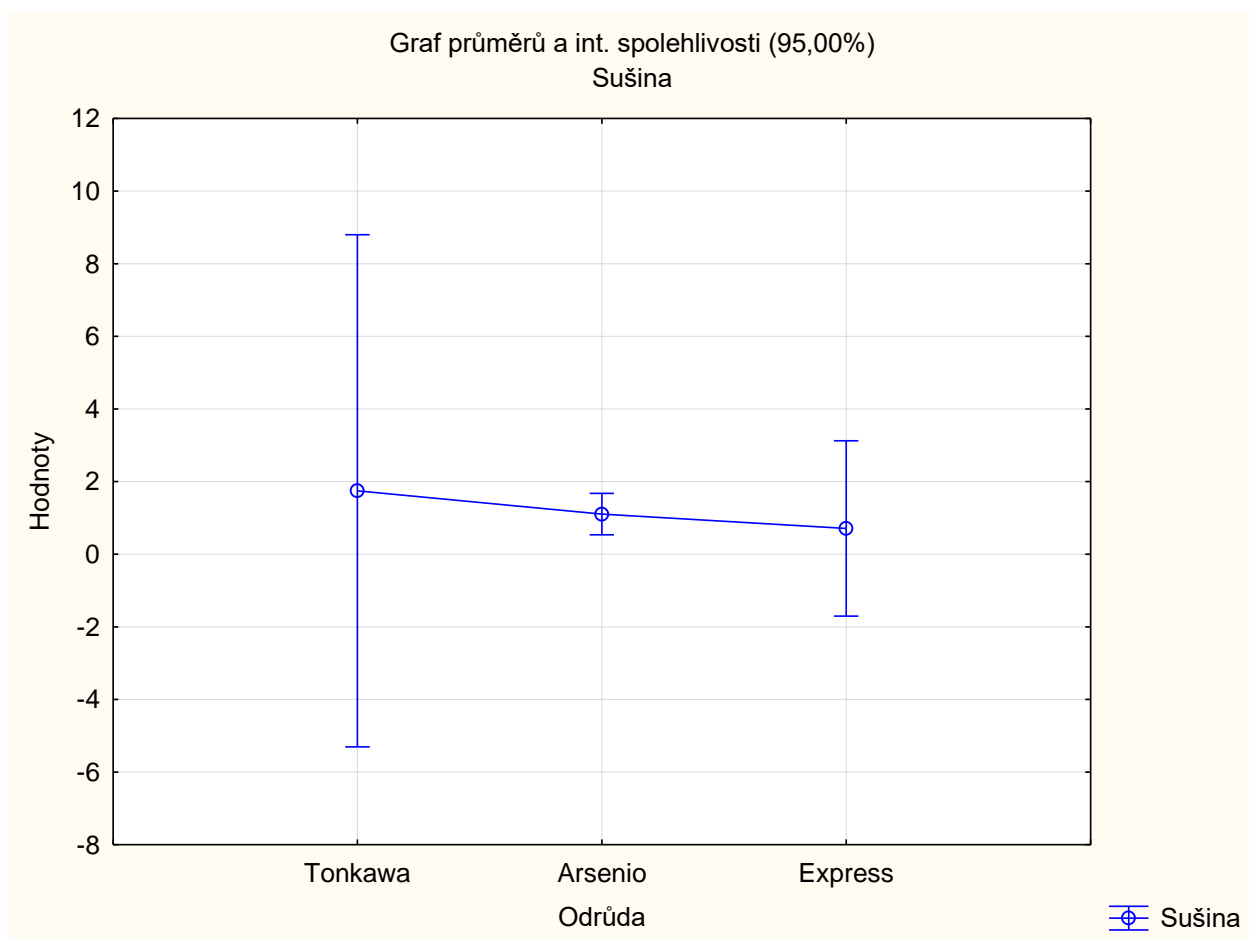
1.10 Objem sušiny zrna

1.10.1 Porovnání obsahu sušiny jednotlivých odrůd čiroku z 1. termínu výsevu

Mezi jednotlivými odrůdami, které byly vysety 20. dubna nebyl zjištěn statisticky průkazný rozdíl (tabulka č. 9, graf č.6). Výnos odrůdy Tonkawy byl $1,75 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, u odrůdy Arsenio $1,11 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ a u odrůdy Express byl výnos $0,71 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$.

Tabulka 9 Statistické vyhodnocení obsahu sušiny z 1. termínu výsevu

Odrůda	Tukeyův HSD test; proměn.:Sušina (Tabulka25) Označ. rozdíly jsou významné na hlad. p < ,05000		
	{1} M=1,7450	{2} M=1,1050	{3} M=,71000
Tonkawa {1}		0,471925	0,225958
Arsenio {2}	0,471925		0,717339
Express {3}	0,225958	0,717339	



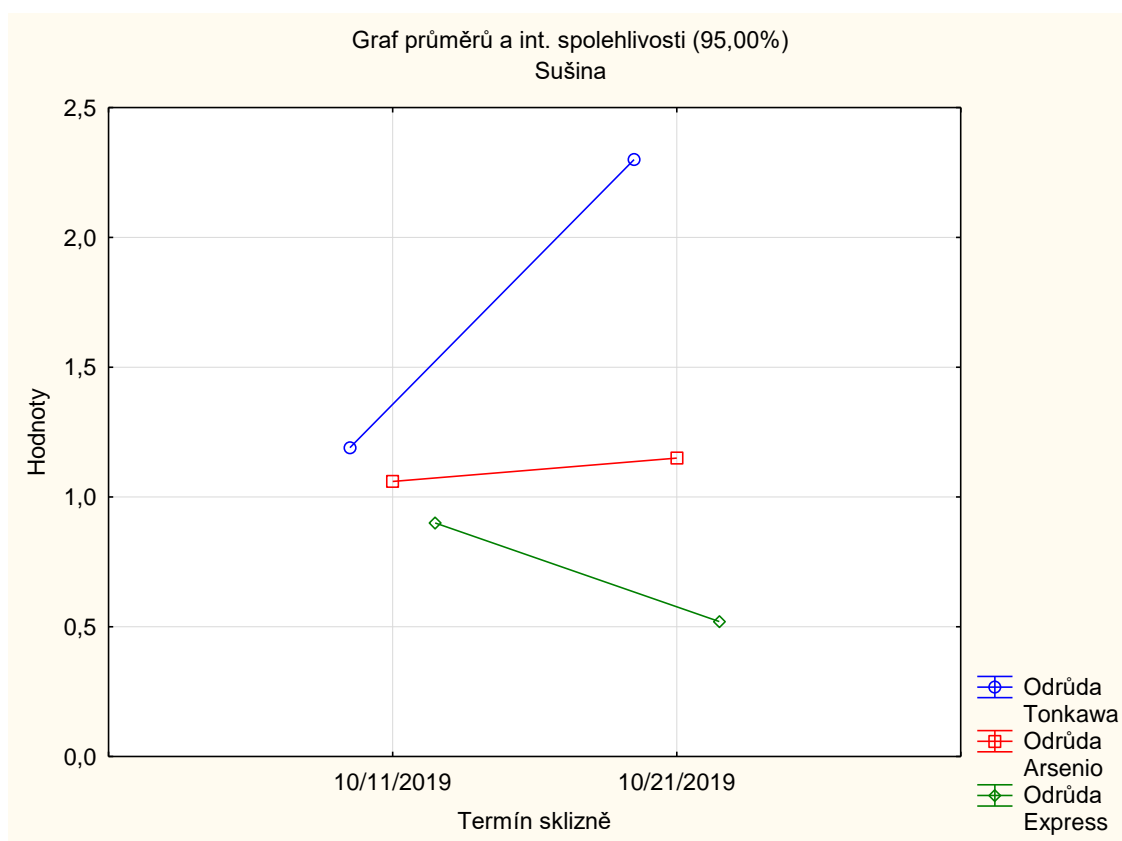
Graf 6 Statistické vyhodnocení obsahu sušiny u odrůd z 1. termínu výsevu

1.10.2 Porovnání obsahu sušiny jednotlivých odrůd čiroku z 1. termínu výsevu při různých termínech sklizně

Z grafu č. 7 vyplývá, že při pozdější sklizni došlo u odrůdy Tonkawa k nárůstu obsahu sušiny, oproti ostatním odrůdám. U odrůdy Express došlo k výraznému úbytku sušiny. Ale statisticky nebyl zjištěn žádný průkazný rozdíl (tabulka 10).

Tabulka 10 Statistické vyhodnocení obsahu sušiny z 1. termínu výsevu při různých termínech sklizně

Termín sklizně	Tukeyův HSD test; proměn.:Sušina (Tabulka40) Označ. rozdíly jsou významné na hlad. $p < ,05000$	
	{1} M=2,1367	{2} M=1,3733
43749 {1}		0,257605
43759 {2}	0,257605	



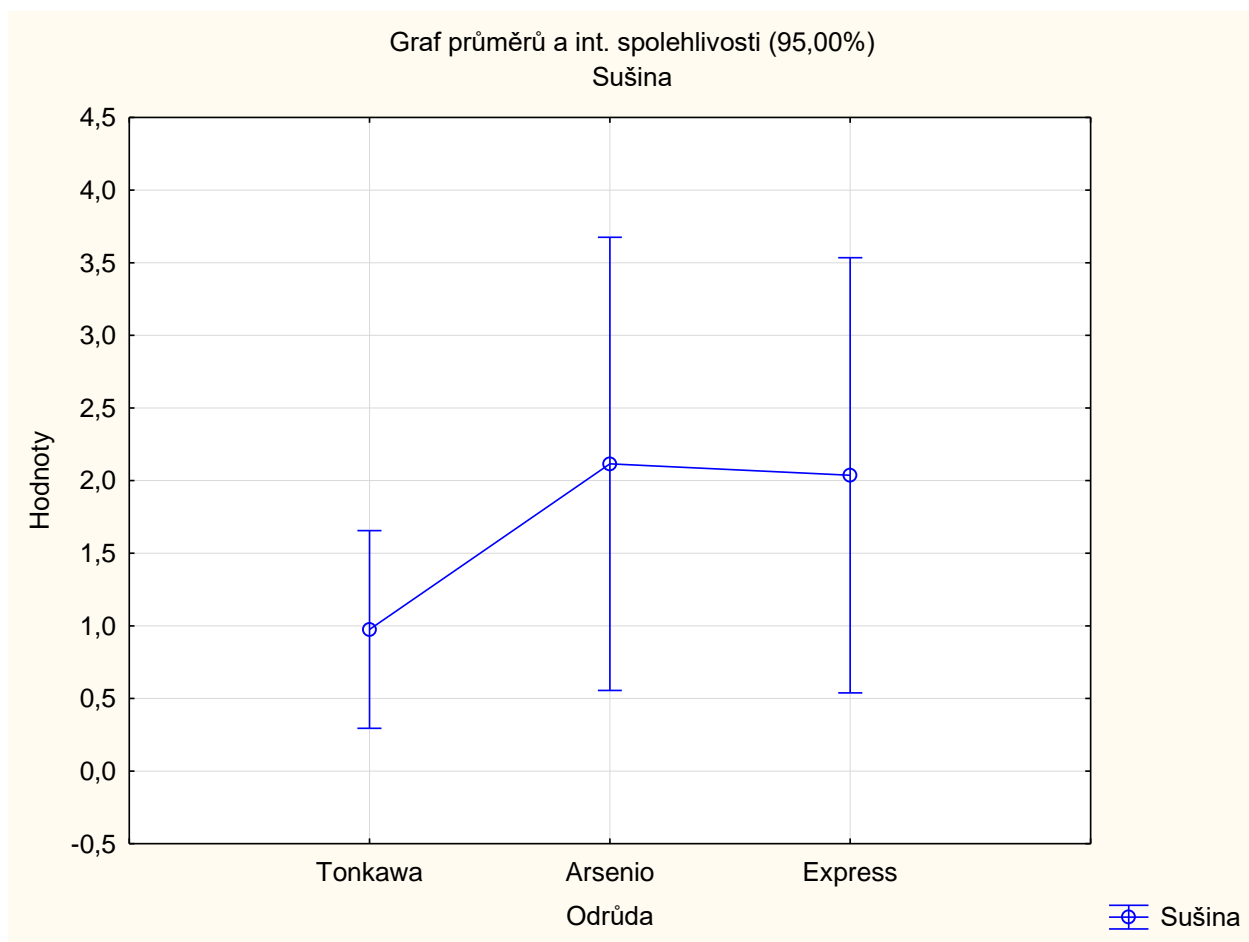
Graf 7 Statistické vyhodnocení obsahu sušiny u odrůd v různých termínech sklizně

1.10.3 Porovnání obsahu sušiny jednotlivých odrůd čiroku z 2. termínu výsevu

Mezi odrůdami vyšetými 10. května nebyl zjištěn statistický rozdíl v obsahu sušiny (tabulka č. 11). Obsah sušiny odrůdy Tonkawa byl $0,96 \text{ t.ha}^{-1}$, odrůdy Arsenio $2,12 \text{ t.ha}^{-1}$ a odrůdy Express $2,12 \text{ t.ha}^{-1}$. V grafu č. 8 je znázorněno, že odrůda Tonkawa měla nejnížší obsah sušiny, ale z důvodu nízkého počtu opakování nebyl zjištěn statisticky průkazný rozdíl.

Tabulka 11 Statistické vyhodnocení obsahu sušiny z 2. termínu výsevu

Odrůda	Tukeyův HSD test; proměn.:Sušina (Tabulka32) Označ. rozdíly jsou významné na hlad. p < ,05000		
	{1} M=,97500	{2} M=2,1150	{3} M=2,1237
Tonkawa {1}		0,316912	0,311667
Arsenio {2}	0,316912		0,999937
Express {3}	0,311667	0,999937	



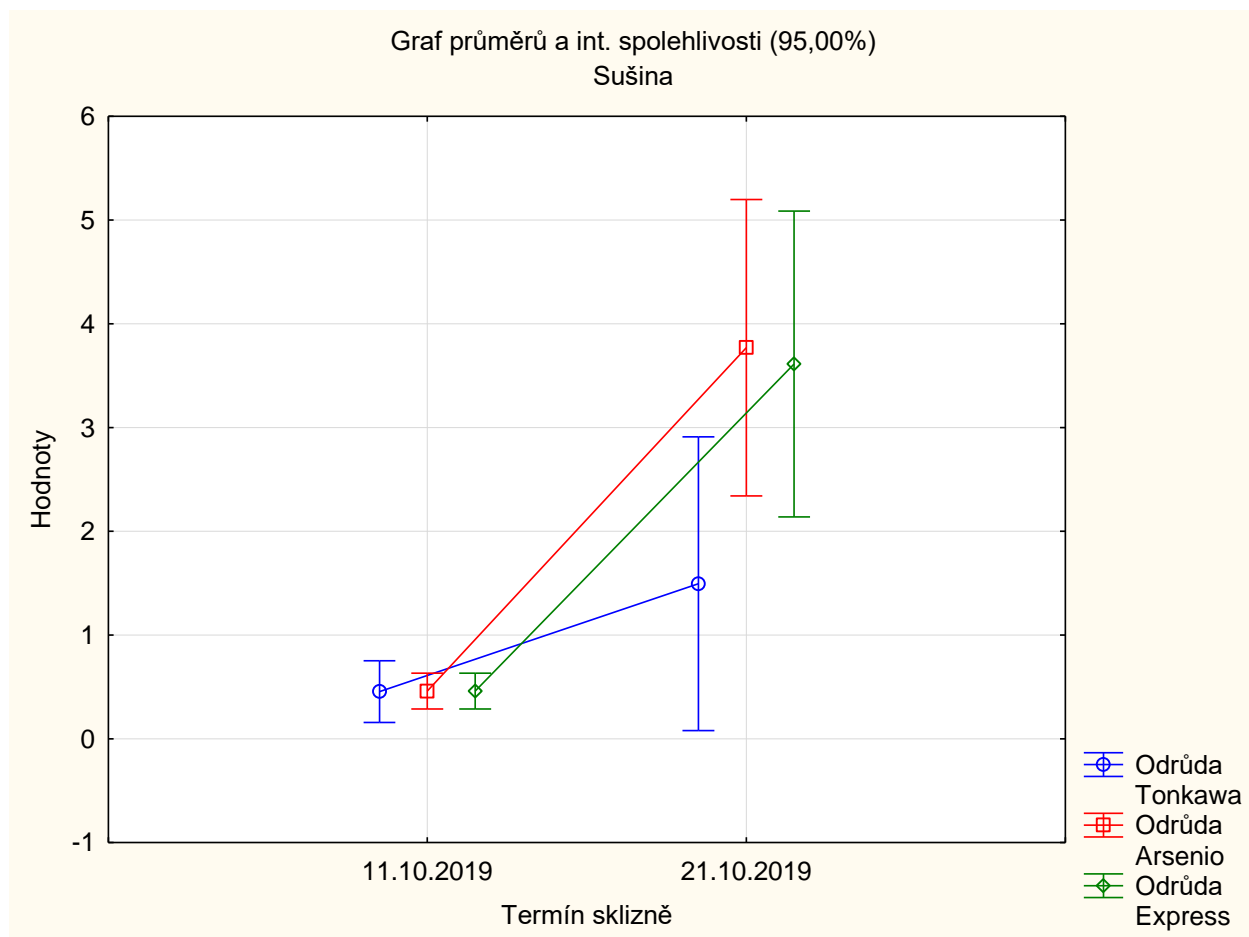
Graf 8 Statistické vyhodnocení obsahu sušiny odrůd z 2. termínu výsevu

1.10.4 Porovnání obsahu sušiny jednotlivých odrůd čiroku z 2. termínu výsevu při různých termínech sklizně

Z tabulky č. 12 a z grafu č. 9 lze pozorovat statisticky průkazný rozdíl obsahu sušiny mezi jednotlivými termíny sklizně. Při prvním termínu sklizně byl průměrný obsah sušiny $0,46 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ a při druhém termínu sklizně $2,96 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$.

Tabulka 12 Statistické vyhodnocení obsahu sušiny v 2. termínu výsevu při různých termínech sklizně

Termín sklizně	Tukeyův HSD test; proměň.:Sušina (Tabulka32) Označ. rozdíly jsou významné na hlad. $p < ,05000$	
	{1} M=,51667	{2} M=2,9592
11.10.2019 {1}		0,000146
21.10.2019 {2}	0,000146	



Graf 9 Statistické vyhodnocení obsahu sušiny u odrůd v různých termínech sklizně

1.11 Test klíčivosti

Nebyl zjištěn statistický rozdíl v klíčivosti odrůdy Tonkawa a při použití Lexinu, stejně jako u odrůdy Express a Arsenio. Při porovnávání jednotlivých odrůd mezi sebou bez použití Lexinu nebyl zjištěn statisticky průkazný rozdíl (tabulka 13).

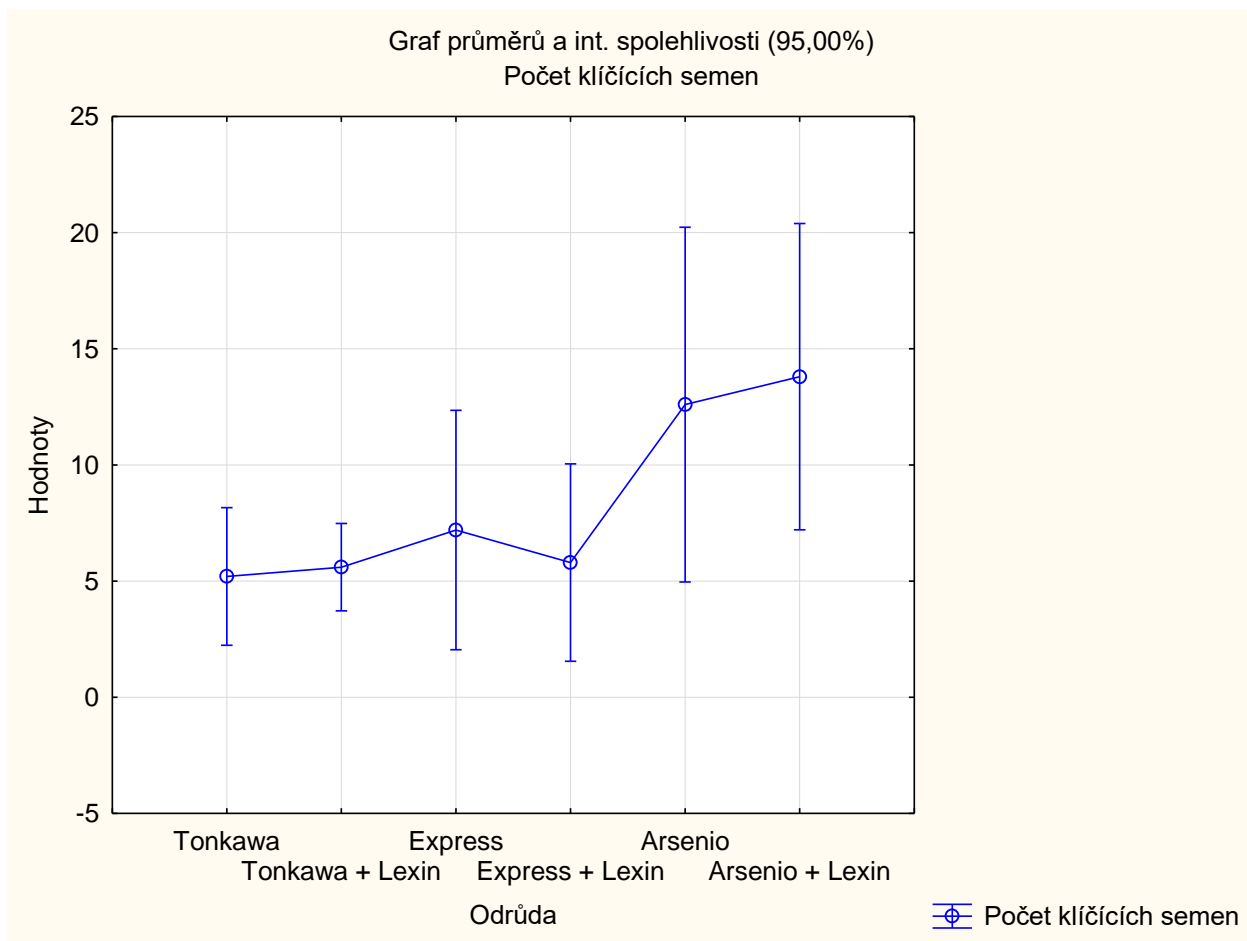
Tabulka 13 Statistické vyhodnocení počtu klíčících rostlin mezi odrůdami

Odrůda	Tukeyův HSD test; proměn.:Počet klíčících rostlin (Tabulka1) Označ. rozdíly jsou významné na hlad. $p < ,05000$		
	{1} M=5,2000	{2} M=7,2000	{3} M=12,600
Tonkawa {1}		0,766413	0,056334
Express {2}	0,766413		0,181667
Arsenio {3}	0,056334	0,181667	

Statistickým porovnáváním počtu klíčivých semen jednotlivých odrůd s přípravkem Lexin bylo zjištěno, že mezi odrůdami Tonkawa a Arsenio a mezi odrůdami Express a Arsenio byl statisticky významný rozdíl (tabulka 14). Odrůda Express měla největší počet klíčících semen.

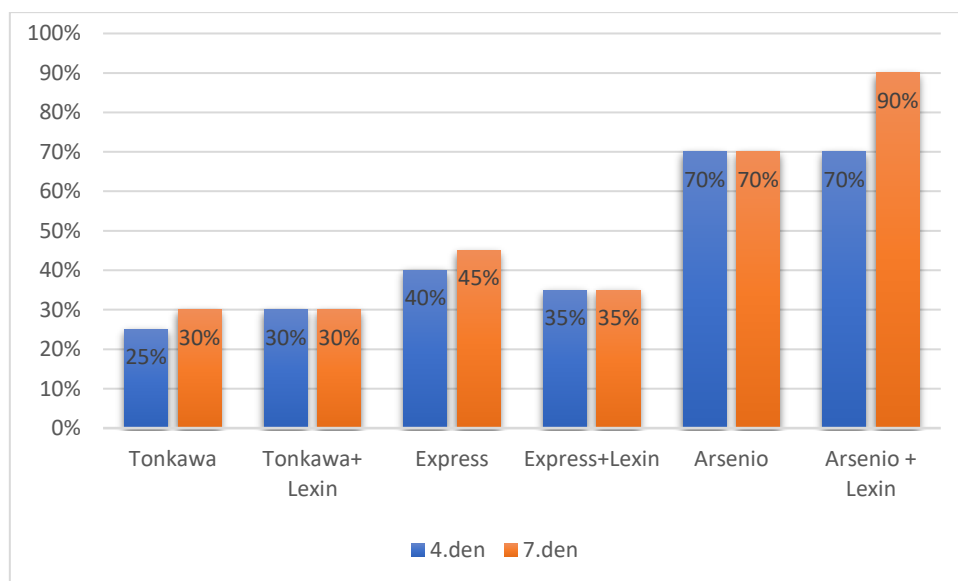
Tabulka 14 Statistické vyhodnocení počtu klíčících rostlin mezi odrůdami s použitím přípravku Lexin

Odrůda	Tukeyův HSD test; proměn.:Počet klíčících rostlin (Tabulka1) Označ. rozdíly jsou významné na hlad. $p < ,05000$		
	{1} M=5,6000	{2} M=5,8000	{3} M=13,800
Tonkawa + Lexin {1}		0,996175	0,012330
Express + Lexin {2}	0,996175		0,014330
Arsenio + Lexin {3}	0,012330	0,014330	



Graf 10 Statistické porovnání všech odrůd

V grafu č. 10 jsou znázorněny jednotlivé odrůdy bez použití přípravku Lexin a s přípravkem Lexin. Jednotlivé rozdíly v rámci odrůdy jsou viditelné, ale statisticky neprůkazné. Z tabulky lze vyčíst, že nejlepší klíčivost má odrůda Arsenio.



Graf 11 Grafické znázornění klíčivosti (%) odrůd s/bez použití přípravku Lexin

V grafu č. 11 je znázorněna procentuální klíčivost odrůd bez použití přípravku Lexin a s použitím přípravku Lexin. Z tabulky vyplývá, že nejvyšší klíčivost měla odrůda Arsenio, její

klíčivost se s přípravkem Lexin zvedla o 20 %. U odrůdy Tonkawa a Express neměl přípravek v 7 dni měření vliv na klíčivost.

1.12 Obsah taninů v čiroku

V tabulce č. 15 je znázorněn statisticky průkazný rozdíl v obsahu taninu mezi odrůdami Arsenio a Tonkawa a mezi Express a Tonkawa. Průměrný obsah taninů u odrůdy Arsenio je 0,09 %, Express 0,095 % a Tonkawa 0,16 %.

Tabulka 15 Statistické vyhodnocení obsahu taninů mezi odrůdami

Odrůda	Tukeyův HSD test; proměn.:Obsah taninů % (Tabulka1) Označ. rozdíly jsou významné na hlad. $p < ,05000$		
	{1} M=,09714	{2} M=,09510	{3} M=,16132
Arsenio {1}		0,989013	0,000254
Expres {2}	0,989013		0,000796
Tonkawa {3}	0,000254	0,000796	

Tabulka 16 Statistické vyhodnocení obsahu taninů v různých termínech výsevu bez ohledu na odrůdu

Termín výsevu	Tukeyův HSD test; proměn.:Obsah taninů % (Tabulka1) Označ. rozdíly jsou významné na hlad. $p < ,05000$	
	{1} M=,11310	{2} M=,13636
1 {1}		0,204187
2 {2}	0,204187	

V tabulce č. 16 je statisticky znázorněno, že mezi obsahem taninů a termínem výsevu není statisticky významný rozdíl. Průměrný obsah taninů odrůd z prvního termínu výsevu je 0,11 %, z druhého termínu výsevu 0,13 %.

6. Diskuze

Rostlinná výroba, jako tradiční lidská činnost, se rychle mění, avšak stále je nejdůležitější částí rostlinné výroby pěstování obilnin. S měnícím se klimatem se mění i podmínky pěstování, tudíž je nutné vyhledávat alternativní plodiny, které jsou přirozeně adaptabilnější vůči suchu, vysokým teplotám a nepravidelným srážkám. Čirok dokáže vyprodukovat vysoké množství biomasy a přiměřený výnos zrna v oblastech s horšími pěstebními podmínkami.

V porovnání s kukuřicí je čirok méně náročnou plodinou na půdní podmínky a pravidelnost srážek. Kořenový systém dosahuje až do hloubky 140–170 cm a do šířky 60–120 cm a díky velkému množství kořenového vlášení je schopný přijímat živiny a vodu z hlubších vrstev půdy. Při dostatečném prostoru má čirok dvoubarevný schopnost odnožování, čímž dochází k zapojení porostu, eliminaci plevelu a udržení optimálního výnosu.

V prvním termínu výsevu dosáhla největšího výnosu odrůda Tonkawa, a to 2,44 t.ha⁻¹. V druhém termínu výsevu dosáhla nejvyššího výnosu odrůda Express, a to 2,58 t.ha⁻¹. Statistika však nevyhodnotila rozdíl výnosu jako průkazný, jelikož počet opakování byl nízký. V porovnání s literaturou, která uvádí výnos zrnového čiroku pěstovaného v systému konvenčního zemědělství 3-8 t.ha⁻¹ (Hermuth et al. 2012), je výnos podprůměrný. Štěpánek (2018) uvádí, že odrůda Tonkawa má předpokládaný výnos zrna 6 t.ha⁻¹ a odrůda Arsenio 4,17 t.ha⁻¹ při pěstování v systému konvenčního zemědělství. Dle výzkumu byl výnos zrna odrůdy Arsenio v prvním termínu výsevu výnos 1,39 t.ha⁻¹ a v druhém termínu výsevu byl výnos 2,30 t.ha⁻¹. Časný výsev je rizikový z hlediska nízkých teplot, čirok vzchází nerovnoměrně a jeho růst je zpožděný. Nízké teploty brání klíčení. Dalším ovlivněním mohl být způsob pěstování rostlin, jelikož pokus byl založen s minimální dávkou živin, a nepravidelné přívalové deště, se kterými je spojená vodní eroze, která odplavila potřebné živiny rostlin. I přes přívalové deště byl roční úhrn srážek v Červeném Újezdě 516,6 ml, při nedostatku vody déle než 27-28 dní ve fázi rozvoje květu či kvetení dochází ke snižování výnosu dle Eck & Musick (1979). Vhodnější a v krajině lépe využitelné jsou mírné a dlouhé srážky oproti krátkým a intenzivním. Koubová (2009) uvádí, že má čirok velké rozdíly ve výnosu zrna v závislosti na srážkách. V Itálii byl výnos 5,5 t.ha⁻¹, v USA 3,5 t.ha⁻¹ a v Nigérii 1,4 t.ha⁻¹. Bez zavlažování je dosahováno u čiroku výnosu 5,5 až 6,5 t.ha⁻¹ a se zavlažováním až 7,5 t.ha⁻¹.

Množství taninů v bělozrném čiroku bylo stanoveno v rozmezí 0,02 – 0,4 % a u červenozrných čiroků 0,25 – 0,6 % (Sedghi et al. 2012). Vyšší hodnoty uvádí Boren & Waniska (1992), kteří stanovili množství taninů u bílého zrna 0,05 – 0,22 % a u červeného zrna 0,64 – 3,67 %. Bělozrná odrůda Arsenio z našeho experimentu obsahovala 0,09 % a odrůda Express obsahovala 0,095 % taninů. Červenozrná odrůda Tonkawa obsahovala 0,16 % taninů. U odrůdy Tonkawa byl zjištěn průkazný rozdíl v obsahu taninů mezi prvním a druhým termínem výsevu, kdy zrno z druhého termínu výsevu vykazovalo vyšší obsah taninů než zrno z prvního termínu výsevu. Pro porovnání v odrůdě Ruzrok, která je vhodná pro potravinářské účely, bylo stanoveno v čirokové mouce 1,00 % obsahu taninů a v čirokovém zrně 1,00 % obsahu taninů (Hermuth et al. 2018). Odrůdy s bílým zrnem se obsahem taninů shodují s rozmezím, které uvádí Boren & Waniska (1992) a Sedghi et al. (2012). Červenozrná odrůda vykazovala nižší obsah taninů, než uvádějí oba literární prameny. Bylo potvrzeno, že zrno bez pigmentu obsahuje nejnižší množství taninů, jak uvádí Waniska (2010). Ve svém výzkumu Rogler & Ser (1984)

uvádí, že u nízkotaninových čiroků nebyl tanin detekován v žádném stupni zralosti, což neovlivnilo nutriční kvalitu zrna. Naopak u nezralého vysokotaninového čiroku bylo zjištěno větší zastoupení taninů a horší nutriční kvalita než u zrna zralého vysokotaninového čiroku. Pokles taninů nemusí být spojený s jejich skutečnou ztrátou, ale změnou jeho chemické reaktivity či rozpustnosti a nemusí být detekován testovacím způsobem. Tanin může vytvořit nerozpustný komplex s jinou buněčnou složkou (Goldstein & Swein 1963).

Z pokusu vyplývá, že na klíčivost semen má pozitivní vliv stimulace přípravkem Lexin. Při použití Lexinu byl zjištěn prokazatelný rozdíl v klíčivosti semen na rozdíl od semen, které tímto přípravkem nebyly stimulovány. Nejvyšší klíčivost vykázala odrůda Arsenio, a to 70 %, po použití přípravku Lexin se klíčivost zvýšila o 20 %. Odrůda Tonkawa pouze 30 % a odrůda Express 45 %. Zjištěná klíčivost bez použití stimulačního přípravku je nižší, než uvádí Kára et al. (2005). Dle Kára et al. (2005) má být minimální klíčivost osiva 80 %. Fuksa et al. (2013) zkoumali klíčivost pěti hybridů pícních čiroků a zjistili, že celková klíčivost se v průměru za všechny hybridy pohybovala v rozpětí 88,7–91,5 % při teplotním rozmezí 15–35 °C. Mírný pokles klíčivosti zaznamenali při teplotě 35 °C, kdy klíčivost klesla na 88,7 %. Významně nižší hodnoty byly zjištěny při teplotách 10, 40 a 45 °C. Námi zjištěné hodnoty se mohou lišit z důvodu rozdílné výživy rostlin, která se odráží i v klíčivosti osiva.

Na obsah sušiny zrna neměl vliv termín výsevu, ani odrůda. Odlišnosti byly prokázány v termínu sklizně, odrůdy, které byly sklizené v pozdější sklizni měly vyšší obsah sušiny. Nejvíce pozorované změny byly u odrůdy Tonkawa, naopak nejméně u odrůdy Express. Největší hodnotu sušiny měla odrůda Tonkawa z prvního termínu výsevu. V druhém termínu výsevu měla odrůda Arsenio a Express stejné množství sušiny.

Odrůdy, které byly v experimentu vysety, patří mezi nízké čiroky a dosahují výšky 100–120 cm (Seed service 2019). Rostliny, které byly vysety v prvním termínu setí, dosáhly průměrné výšky u odrůdy Tonkawa 96,7 cm, Express 108,55 cm a Arsenio 100,85 cm. Rostliny z druhého výsevu měly průměrnou výšku u odrůdy Tonkawa 85,23 cm, Express 110,07 cm a Arsenio 91,67 cm. Odchylka od rozmezí výšky, která je udávána společností Seed service (2019), může být způsobena rozdílnými podmínkami pěstování. Z pokusu bylo zjištěno, že na výšku rostlin nemá vliv termín výsevu, ale odrůda. Odrůda Express prokazatelně dorůstala nejvyšších hodnot. První termín výsevu měl vliv větší rozptýl výšky rostlin u všech odrůd oproti druhému termínu výsevu.

Při porovnání výsledků, se jeví pěstování čiroku zrnového jako vhodné pro podmínky České republiky. Jelikož průměrné teploty na našem území stále stoupají a úhrn srážek se snižuje, lze předpokládat, že v budoucnosti bude čirok alternativní plodinou nejen ke kukuřici, ale také k obilovinám. Pro určení vhodného termínu výsevu je v podmínkách naší krajiny rozhodující teplota půdy. Avšak termín výsevu nemá prokázaný vliv na produkci, jako vhodná odrůda pro podmínky pěstování. Z výzkumu vychází, že pěstování čiroku je vhodné i pro systém ekologického zemědělství. Avšak není zaručen stabilní výnos zrna, jelikož průběh počasí je v různých letech rozdílný.

7. Závěr

Cílem práce bylo ověřit v podmínkách České republiky možnosti pěstování čiroku zrnového. Pokus probíhal v simulovaném ekologickém hospodaření s nízkým vstupem hnojiv.

Bylo zjištěno, že termín výsevu nemá statisticky průkazný vliv na výnos. Zatímco výnos odrůd z prvního výsevu byl u odrůd Arsenio 1,44 t.ha⁻¹, Tonkawa 2,44 t.ha⁻¹ a Express 1,39 t.ha⁻¹. Odrůdy z druhého výsevu měly výnos 2,30 t.ha⁻¹ (Arsenio), 1,15 t.ha⁻¹ (Tonkawa) a 2,58 t.ha⁻¹ (Express). Při porovnání průměrného výnosu z prvního a druhého termínu výsevu rostliny vyseté v druhém termínu měly průměrný výnos vyšší o 0,25 t.ha⁻¹, ale vzhledem k malému počtu opakování statistika nevyhodnotila rozdíl výnosu jako průkazný. Při porovnávání obsahu sušiny u hybridů, nebyl zjištěn statistický rozdíl, tudíž na obsah sušiny nemá odrůda vliv. Odrůdy z prvního termínu výsevu měly obsah sušiny 1,17 t.ha⁻¹ (Tonkawa), 1,11 t.ha⁻¹ (Arsenio) a 0,71 t.ha⁻¹ (Express), odrůdy z druhého výsevu měly obsah sušiny 0,96 t.ha⁻¹ (Tonkawa) 2,12 t.ha⁻¹ (Arsenio) a 2,12 t.ha⁻¹ (Express). Statistickým vyhodnocením bylo zjištěno, že na obsah sušiny má vliv termín sklizně. Průměrný obsah sušiny u rostlin z druhého termínu výsevu byl díky pozdnímu termínu sklizně vyšší o 2,5 t.ha⁻¹.

Dále bylo zjištěno, že odrůda má vliv na obsah taninů, což bylo potvrzeno i statistickým vyhodnocením. Odrůda Tonkawa měla vyšší podíl taninů (0,16 %) než odrůda Arsenio (0,09 %) a odrůda Express (0,095 %). Vliv termínu výsevu bez ohledu na odrůdu nebyl statisticky prokázán. Vyšší průměrnou výšku rostliny v obou termínech výsevu měla odrůda Express. U rostlin z prvního výsevu byla průměrná výška při posledním měření u odrůdy Tonkawa 96,70 cm, Express 1108,55 cm a Arsenio 100,85 cm. Odrůdy z druhého termínu výsevu měly průměrnou výšku při posledním měření 85,23 cm (Tonkawa), 110,07 cm (Express) a 91,67 cm (Arsenio). Statistickým vyhodnocením byl potvrzen vliv termínu výsevu na výšku rostlin, při časném výsevu byly rostliny prokazatelně nižší. Při testování klíčivosti bylo zjištěno, že klíčivost hybridů je odlišná. Odrůda Tonkawa měla klíčivost 30 %, Express 45 % a Arsenio 70 %. Mezi klíčivostí zkoumaných hybridů bez použití přípravku Lexin nebyl zaznamenán statisticky významný rozdíl, odrůda Arsenio měla nejvyšší klíčivost (70 %), tudíž se jeví jako nejvhodnější z testovaných odrůd pro pěstování v našich podmínkách.

Hypotéza č. 1, že nejvyšší výnos zrna bude dosažen při druhém termínu výsevu, byla zamítnuta, jelikož termín výsevu nemá statisticky průkazný vliv na výnos.

Druhá hypotéza, že dozrávání čiroku zrnového v podmínkách České republiky je možné, jednotlivé odrůdy vykáží dostatečný výnos i v systému nízkého vstupu hnojiv a nízký obsah taninů v zrna, nebyla vyvrácena. Všechny sledované odrůdy (Express, Arsenio a Tonkawa) v podmínkách České republiky dozrály i v systému s nízkým vstupem hnojiv a prokázaly nízký obsah taninů, který se pohyboval od 0,09 % do 0,16 %.

Čirok je plodinou v České republice zatím ne hodně rozšířenou, ale s měnícími klimatickými podmínkami vznikají pro jeho pěstování vhodné předpoklady nejen v systému ekologického zemědělství, ale také i v konvenčním zemědělství. Výběr správné odrůdy pro určité zařazené do osevního postupu je základem pro kvalitní porost s přiměřeným výnosem.

V oblasti výzkumu a statistických přehledech není čirok veden jako samostatná plodina, ale spadá do kategorie ostatní obiloviny. Proto některé údaje nejsou k dispozici či jsou nepřesné. Do budoucna by bylo dobré tyto plodiny rozdělit, aby byly jasně zřetelné výsledky, kterých je dosahováno.

8. Seznam literatury

Abdelseed BH, Abdalla AH, Yagoub AEA, Mohamed Ahmed IA, Babiker EE. 2011. Some nutritional attributes of selected newly developed lines of sorghum (*Sorghum bicolor*) after fermentation. *J Agric Sci Technol* **13**: 399–409.

Adamčík J, Tomášek J: 2016. Stimulace osiva čiroku pro praktické využití. *Biom*, Praha. Available from <https://biom.cz/cz/odborne-clanky/stimulace-osiva-ciroku-pro-praktickevyuziti> (accessed February 2019).

Amon T, Amon B, Kryvoruchko V, Zollitsch W, Mayer K, Gruber L. 2007. Biogas production from maize and dairy cattle manure-influence of biomass composition on the methane yield. *Agric. Ecosyst. Environ* **118**: 173–182.

Andert D, Frydrych J, Abraham Z, Gerndtová I, Herout M. 2014. Energetické využití trav. Výzkumný ústav zemědělské techniky, v.v.i., Praha, Praha.

Babička L. 2017. Toxicky významné látky v potravinách. Potravinářská komora České republiky, Česká technologická platforma pro potraviny. Praha. ISBN: 978-80-88019-28-2.

Ben Slima S, Trabelsi I, Ktari N, Bardaa S, Elkaroui K, Mouaziz M, Abdeslam A, Ben Salah R. 2019. Novel *Sorghum bicolor* (L.) seed polysaccharide structure, hemolytic and antioxidant activities, and laser burn wound healing effect. *International Journal of Biological Macromolecules*. **132**: 87-96. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2019.03.192. ISSN 01418130.

Berner A. 2013. Základy půdní úrodnosti: utváření vztahu k půdě. Bioinstitut. Praktická příručka (Bioinstitut). Olomouc. ISBN 978-80-87371-22-0.

Besancon T, Heiniger R, Weisz R, Everman W. 2017. Weed Response to Agronomic Practices and Herbicide Strategies in Grain Sorghum. *Agronomy Journal* **109(4)**: 1642-1650. DOI: 10.2134/agronj2016.06.0363. ISSN 00021962.

Bhatia IS, Singh R, Dua S. 1972. Changes in carbohydrates during growth and development of Bajra (*Pennisetum typhoides*), Jowar (*Sorghum vulgare*) and Kangni (*Setaria italica*). *Journal of Science of Food and Agriculture* **23**: 429-440.

Bolsen KK, Moore KJ, Coblenz WK, Siefers MK, White JS. 2003. Sorghum silage. In: *Silage science and technology*. American Society of Agronomy Inc., Crop Science Society of America Inc, Soil Science Society of America Inc., 609-32.

Bonardi P, Lorenzoni C, Amaducci S. 2007. Sorghum may overtake maize for biogas production. *Informatore Agrario* **63**: 13, 37-40.

Brant V. a kol. 2008. Meziplodiny. FAPPZ ČZU v Praze. Kurent. České Budějovice.

- Boren B, Waniska RD. 1992. Sorghum Seed Color as an Indicator of Tannin Content. *The Journal of Applied Poultry Research* **1**: 117-12.
- Caravetta GJ, Cherney JH, Johnson KD. 1990. Within – Row Spacing Influences on Diverse Sorghum Genotypes: II. Dry Matter Yield and Forage Quality, Purdue Univ. Agric. Exp. Stn., West Lafayette, IN 47907. *Agronomy Journal* **82**: 210-215.
- Clark RB, Flores CI, Gourley LM, Duncan RR. 1990. Mineral element concentrations and grain yield of sorghum (*Sorghum bicolor*) and pearl millet (*Pennisetum glaucum*) grown on acid soil. *Plant Nutrition — Physiology and Applications*. Dordrecht: Springer Netherlands. DOI: 10.1007/978-94-009-0585-6_64.
- Dahir M, Zhu K, Guo X, Aboshora W, Peng W. 2014. Possibility to Utilize Sorghum Flour in a Modern Bread Making Industry. *Journal of Academia and Industrial Research* **4**: 126-135.
- Eck HV, Musick JT. 1979. Plant Water Stress Effects on Irrigated Grain Sorghum. I. Effects on Yield. *Crop Science* **19(5)**: 589-592. DOI: 10.2135/cropsci1979.0011183X001900050009x. ISSN 0011-183x.
- Elkhalil EA, El Tinay A, Mohamed B, Elsheikh EA. 2001. Effect of malt pretreatment on phytic acid and in vitro protein digestibility of sorghum flour. *Food Chemistry* **72**: 29-32.
- Espinoza L, Kelley J. 2004. Grain sorghum production handbook. Arkansas. University of Arkansas Printing Services.
- Etuk EB, Okeudo NJ, Esonu BO, Udedibie ABI. 2012. Antinutritional Factors in Sorghum: chemistry, Mode of action and Effects on livestock and poultry. *Online Journal of Animal and Feed Research* **2**: 113-119.
- Falcão L, Araújo MEM. 2011. Tannins characterisation in new and historic vegetable tanned leathers fibres by spot tests. *Journal of Cultural Heritage* **12(2)**: 149-156. DOI: 10.1016/j.culher.2010.10.005. ISSN 12962074.
- FAO. 2020a. FAOSTAT: Area Harvested-Sorghum. FAO, Rome. Available from <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> (accessed July 2020).
- FAO. 2020b. Crops. FAO, Rome. Available from <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize> (accessed July 2020).
- FAO. 2020c. Sorghum. FAO, Rome. Available from <http://www.fao.org/land-water/databases-and-software/crop-information/sorghum/en/> (accessed July 2020).
- FiBL. 2017. FiBL Statistic: Data on organic area in worldwide. FiBL. Available from https://statistics.fibl.org/world/area-world.html?tx_statisticdata_pi1%5Bcontroller%5D=Element2Item&cHash=f367262839ab9ca2e7ac1f333fbb1ca2 (accessed July 2019).

- Fuksa P, Hrevušová Z, Šantrůček J, Brant V. 2013. Vliv teploty na klíčivost semen píce široků. *Osivo a satba*. 42-47.
- Goldstein JL, Swein T. 1963. Changes in tannins in ripening fruits. *Phytochemistry* **2**: 371-383.
- Grassmann J, Hippeli S, Elstner EF. 2002. Plant's defence and its benefits for animals and medicine: role of phenolics and terpenoids in avoiding oxygen stress. *Plant Physiology and Biochemistry* **40**: 471-478.
- Haberle J, Kusá H, Svoboda P, Klír J. 2009. The changes of soil mineral nitrogen observed on farms between autumn and spring and modelled with a simple leaching equation. *Soil and Water* **4(4)**: 159-167.
- Hagerman AE, Reidl KM, Jones GA, Sovik KN, Ritchard NT, Hartzfield PW, Tiechel TL. 1998. High molecular weight plant polyphenolics (tannins) as biological antioxidants. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **46**: 1887-1892.
- Harbers LH. 1975. Starch granule structural changes and amyolytic patterns in processed sorghum grain. *Journal of Animal Science* **41**: 1496-1501.
- Hermuth J. 2010. Čirok-znovu vzkříšená plodina ČR. *Agromanuál* **5**: 62–65.
- Hermuth J, Janovská D, Stražil Z, Ušák S, Hýsek J. 2012. Čirok obecný – *Sorghum bicolor* (L.) MOENCH: možnosti využití v podmínkách České republiky: metodika pro praxi. Výzkumný ústav rostlinné výroby. Praha. ISBN: 978-80-7427-093-2.
- Hermuth J, Kosová K, Podrábský M, Trávníček P, Frydrych J, Hladík J, Král L. 2018. Pěstební technologie znového čiroku odrůdy Ruzrok. Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha
- Hrudová E. 2015. Ochrana rostlin v ekologickém zemědělství. Brno: Mendelova univerzita v Brně. ISBN 978-80-7509-268-7.
- Chan SS, Ferguson EL, Bailey K, Fahmida U, Harpe TB, Gibson RS. 2007. The concentration of iron, calcium, zinc and phytate in cereals and legumes habitually consumed by infants living in East Lombok, Indones. *Journal of Food Composition and Analysis*.
- Chandrashekar A, Satyanarayana KV. 2006. Disease and pest resistance in grains of sorghum and millets. *Journal of Cereal Science* **44**: 287-304.
- Kára J, Stražil Z, Hutla P, Ušák S. 2005. Energetické rostliny: technologie pro pěstování a využití. Výzkumný ústav zemědělské techniky. Praha. ISBN: 80-868-8406-6.

Kerry RG, Mahapatra GP, Patra S, Sahoo SL, Pradhan Ch, Padhi BK, Rout JR. 2018. Proteomic and genomic responses of plants to nutritional stress. *BioMetals* **31(2)**: 161-187. DOI: 10.1007/s10534-018-0083-9. ISSN 0966-0844.

Kohout V. 2017. Proč (ne)pěstovat strništní meziplodiny? *Agromanuál*. Available from: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/proc-ne-pestovat-strnistni-meziplodiny> (accessed April 2020).

Komatsu S, Hossain Z. 2017. Preface-plant proteomic research. *Int J Mol Sci* **18**:1-3.

Kosová K, Hermuth J. 2018. Pěstování a využití čiroku v Severní Americe. *Agromanual*. Available from <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/pestovani-a-vyuziti-cirokuv-severni-americe> (accessed June 2020).

Kováč L. 2011. Možnosti využitia cirokov na Východoslovenskej nížine. *Agroinštitút Nitra*. Available from <http://old.agroporadenstvo.sk/rv/obilniny/cirokek.htm> (accessed June 2020).

Kulamarva AG, Venkatesh RS, Raghavan GSV. 2009. Nutritional and Rheological Properties of Sorghum. *International Journal of Food Properties* **12(1)**: 55-69. DOI: 10.1080/10942910802252148. ISSN 1094-2912.

Kuthan A. 2010. Ochrana čiroku proti škodlivým činitelům: Plevel, choroby a ochrana. *Kukuřičné listy* **4**: 3.

Kuthan A. 2012. Choroby čiroku. *Agromanuál, České Budějovice*. Available from: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/choroby/choroby-ciroku> (accessed September 2019).

Kuthan A. 2020. Co je nového v biologické ochraně polních plodin? *Agromanuál, České Budějovice*. Available from: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/ochrana-obecne/co-je-noveho-v-biologicke-ochrane-polnich-plodin> (accessed May 2020).

KWS. 2020. Arsenio. Available from <https://www.kws.com/hu/hu/termekek/cirokek/arsenio/> (accessed May 2020).

Léder E. 2004. Sorghum and millets. *Cultivated Plants, Primarily As Food Sources* **1**: 1-7.

Lim TK. 2013. *Sorghum bicolor*. *Edible Medicinal And Non-Medicinal Plants*. Springer Netherlands, Dordrecht 359-384.

Maláček J, Branda J. 2012. Udržitelnost požadované kvality zrna. *Zemědělec* **3**.

Martino HSD, Tomaz PA, Moraes EA, Conceição LL, Oliveira DS, Queiroz VAV, Rodrigues JAS, Pirozi MR, Pinheiro-Sant'Ana HM, Ribeiro MR. 2012. Chemical characterization and size distribution of sorghum genotypes for human consumption. *Rev. Inst. Adolfo Lutz* **71**: 337-344.

Meteo Červený Újezd. 2019. Available from <http://www.meteocervenujujezd.cz/> (Accessed June 2020)

Ministerstvo zemědělství České republiky. 2020. Katalog BPEJ. Available from <https://bpej.vumop.cz/40900> (Accessed May 2020)

Monteiro JM, Albuquerque UP, Araujo EL, Amorim ELC. 2005. Taninos: uma abordagem da química à ecologia. *Química Nova* **28**: 892-896.

Moudrý J. 2011. Alternativní plodiny: Obecná biologie. Mikrobiologie. Botanika. Mykologie. Ekologie. Genetika. VÚRV. Praha. ISBN 978-80-86726-40-3.

Mundia CW, Secchi S, Akamani K, Wang G. 2019. A Regional Comparison of Factors Affecting Global Sorghum Production: The Case of North America, Asia and Africa's Sahel. *Sustainability*. **11(7)**: 1911-1917. DOI: 10.3390/su11072135. ISSN 2071-1050.

Naczka M, Shadidi F. 2004. Extraction and analysis of phenolics in food. *Journal of Chromatography A* **1054**: 95-111.

Nařízení Komise (ES) č. 889/2008 ze dne 5. září 2008, kterým se stanoví pravidla k nařízení Rady (ES) č. 834/2007 o ekologické produkci a označování ekologických produktů, pokud jde o ekologickou produkci, označování a kontrolu, Úř. věst. L250/1, pages 1-23.

Nařízení Rady (ES) č. 834/2007 ze dne 28. června 2007 o ekologické produkci a označování ekologických produktů a o zrušení nařízení (EHS) č. 2092/91, Úř. věst. L 189, s. 1-23. Dostupné také z: <http://data.europa.eu/eli/reg/2007/834/oj>

Nazir M, Pandey R, Siddiqi TO, Ibrahim MM, Qureshi MI, Abraham G, Vengavasi K, Ahmad A. 2016. Nitrogen-deficiency stress induces protein expression differentially in low-N tolerant and low-N sensitive maize genotypes. *Front Plant Sci* **7**: 1-16.

Neubauer W. 2004. Kartoffeln brauchen vinen Pflug! *Landwirtschaft ohne Pflug* **3**: 19-22.

Oliver AL, Pedersen JF, Grant RJ, Klopfenstein TJ. 2005. Comparative Effects of the Sorghum -6 and -12 Genes. *Crop Science* **45**.

Parlament České republiky. 2000. Zákon č. 242/200 Sb., o ekologickém zemědělství a o změně zákona č. 368/1992 Sb., o správních poplatcích, ve znění pozdějších předpisů. Pages 3499-3519 in *Sbírka zákonů České republiky, 2000, částka 73*. Česká republika.

Peacock JM. 1982. Response and Tolerance of Sorghum to Temperature Stress. In: Sorghum in the Eighties: Proceedings of the International Symposium on Sorghum, 2-7, Patancheru. A.P. India.

Petr J, Húska J. 1997. Speciální produkce rostlinná. Česká zemědělská univerzita. Praha. ISBN 80-213-0152-X.

Petr J. 2004. Čirok zrnový pro bezlepkovou dietu. Výživa a potraviny **59**: 58-59.

Petridis GK. 2011. Tannins: types, foods containing, and nutrition. Nova Science Publishers. Hauppauge, N.Y. ISBN: 978-1-61761-127-8.

Petříková V, Sladký V, Stražil Z, Šafařík M, Uš'ak S, Váňa J. 2006. Energetické plodiny. Profi Press, Praha.

Petříková V, Weger J. 2015. Pěstování rostlin pro energetické a technické využití: biomasa, bioplyn, krmiva. Profi Press, Praha

Pexová Kalinová J, Moudrý J. 2011. Čirok – Sorghum Adams. Alternativní plodiny 36-37.

Plessis Jd. 2008. Sorghum production. Republic of South Africa: Department of Agriculture in cooperation with the ArC-Grain Crops Institute.

Podrábský M. 2008. Nový hybrid čiroku se súdánskou trávou. Agromanuál **3**: 36-37.

Podrábský M. 2019. Čirok. SEED SERVICE. Available from <https://seedservice.cz/cirok> (accessed February 2019).

Povolný M. 2019. Metodika zkoušek užitné hodnoty: Čirok. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský. Available from: http://eagri.cz/public/web/file/112403/Priloha_07_ZUH7_2019_Cirok.pdf (accessed November 2019).

Prakash D, Sharma G. 2014. Phytochemicals of nutraceutical importance. CABI/CAB International. Boston, MA. ISBN: 978-178-0643-632.

Prasad PV, Pisipati SR, Mutava RN, Tuinstra MR. 2008. Sensitivity of Grain Sorghum to High Temperature Stress during Reproductive Development. Crop Science **48(5)**: 1911-1917. DOI: 10.2135/cropsci2008.01.0036. ISSN 1435-0653.

Proklnová E. 2017. Využití biologické ochrany rostlin v systému ekologického pěstování plodin. Agromanuál, České Budějovice. Available from: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/ochrana-obecne/vyuziti-biologicke-ochrany-rostlin-v-systemu-ekologickeho-pestovani-plodin> (accessed May 2020).

- Propheter JL, Staggenborg SA, Wu X, Wang D. 2010. Performance of annual and perennial biofuel crops: yield during the first two years. *Agronomy J* **102**: 806–814.
- Prugar J. 2008. Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí. Výzkumný ústav pivovarský a sladařský ve spolupráci s komisí jakosti rostlinných produktů ČAZV, Praha.
- Ramakrishnan K, Krishnan MRV. 1994. Tannin – classification, analysis and applications. Department of Chemical Engineering, Alagappa College of Technology, Anna University **13**: 232-238.
- Rao SP, Rao SS, Seetharama N et al. 2009. Sweet sorghum for biofuel and strategies for its improvement. Information Bulletin No. 77. International Crops Research Institute for Semi-Arid Tropics, Andhra Pradesh, India.
- Ratnavathi CV, Patil JV. 2013. Sorghum Utilization as Food. *Journal of Nutrition and Food Science* **4**: 247.
- Rodriguez-Iturbe I, Porporato A. 2009. Plant water stress. *Ecology of Water-Controlled Ecosystems*, Cambridge University Press. ISBN 9780521819435.
- Rogler JC, Ser DL. 1984. Effects of stage of maturity on the tannin content and nutritional quality of low and high tannin sorghum. *Nutrition Reports International* **29**: 1281-1287.
- Rooney W, Serna-Saldivar S. 2003. Food use of whole corn and dry-milled fractions. In: *Corn Chemistry and Technology*. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN, 495-535.
- Salunkhale DK, Kadam SS, Chavan JK. 1977. Nutritional Quality of Proteins in Grain Sorghum. *Qualitas Plantarum* **27**: 187-205.
- Sautier D, O'Deye M. 1989. *Mil, Mais, Sorgho - Techniques et alimentation au Sahel*. Harmattan. Paris. France.
- Sedghi M, Golian A, Soleimani-Roodi P, Ahmadi A, Aami-Azghadi M. 2012. Relationship between color and tannin content in sorghum grain: application of image analysis and artificial neural network. *Revista Brasileira de Ciência Avícola* **14**: 57-62.
- Seed service s.r.o. 2019. Katalog Osiv a směsí. Vysoké Mýto. Available from: https://seedservice.cz/data/filecache/27/SEEDSERVICE_katalog2019_RGB150dpi-10.jpg (accessed April 2020).
- Sereme A, Koudabonafos M, Nacro M. 1993. Phenolic-compounds in sorghum-caudatum tissues during plant development. *Biomass Bioenergy* **4**: 69-71.

Spilková J. 2016. Farmakognozie. Univerzita Karlova v Praze, nakladatelství Karolinum. Praha. Publikace České technologické platformy pro potraviny. ISBN: 978-80-246-3264-3.

Subramanian B, Jambunathan R, Suuryaprakash S. 1980. Note on the soluble sugars of sorghum. *Cereal Chemistry* **57**: 440-441.

Šejnohová H. 2018. Ústav zemědělské ekonomiky a informací. Statistická šetření ekologického zemědělství. Základní statistické údaje (2017).

Štěpánek P. 2018. Nabídka čiroku pro rok 2018. Agromanuál. Available from <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/osivo-a-sadba1/nabidka-ciroku-pro-rok-2018> (accessed May 2020).

Taylor JRN, Emmambux MN. 2010. Developments in Our Understanding of Sorghum Polysaccharides and Their Health Benefits. *Cereal Chemistry Journal* **87(4)**: 263-271.

Taylor JRN, Schobert TJ, Beans SR. 2006. Novel food and non-food uses for sorghum and millets. *Journal of Cereal Science* **44(3)**: 252-271. DOI: 10.1016/j.jcs.2006.06.009.

Teli MD, Mallick A, Ktari N, Bardaa S, Elkaroui K, Bouaziz M, Abdeslam A, Ben Salah R. 2018. Utilization of Waste Sorghum Grain for Producing Superabsorbent for Personal Care Products. *Journal of Polymers and the Environment*. **26(4)**: 1393-1404. DOI: 10.1007/s10924-017-1044-z. ISSN 1566-2543.

Třináctý J. 2013. Hodnocení krmiv pro dojnice. AgroDigest. Pohořelice. ISBN 978-80-260-2516-6.

Urban J, Šarapata B a kol. 2003. Ekologické zemědělství. MŽP a PRO-BIO, Bonn s.r.o. Praha.

Vach M, Javůrek M. 2007. Ve struktuře rostlinné výroby je prospěšné využívat meziplodiny. *Úroda* **55 (6)**: 58-60.

Vach M. 2009. Pěstování strniskových meziplodin. Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby. ISBN 978-80-7427-009-3.

Vanderlip R. 1993. How a Grain Sorghum Plant Develops, Kansas State University.

Varma A, Shrivastava N. 2008. The role of plant genomics in biotechnology. *Biotechnology Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS)* **8**: 1-12.

Venclová B. 2019. Čiroky a béry jako strniskové meziplodiny. *Úroda*. Available from: <https://www.uroda.cz/ciroky-a-bery-jako-strniskove-meziplodiny/> (Accessed April 2020).

Venkateswaran K, Elangovan M, Sivaraj N. 2018. Chapter 2 Origin, Domestication and Diffusion of Sorghum bicolor. 15-31 in Breeding Sorghum for Diverse End Uses. Elsevier, Woodhead Publishing. Available from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780081018798000024> (accessed March 2019).

Waniska RD, Ring AS, Doherty CA, Poe JH, Rooney LW. 1988. Inhibitors in Sorghum biomass during growth and processing into fuel. *Biomass* **15(3)**: 155-164

Waniska RD. 2000. Structure, phenolic compounds, and antifungal proteins of sorghum caryopses. Pages 72-106 in Technical and institutional options for sorghum grain mold management: proceedings of an international consultation, ICRISAT, Patancheru, India.

9. Seznam obrázků

Obrázek 1 Květ (lata) čiroku zrnového, odrůda Express (autorka)

Obrázek 2 Zrno čiroku (Sautier & O'Deye 1989)

10. Seznam tabulek a grafů

Graf 1 Podíl světové produkce čiroku v roce 2018 v % (FAO 2020b)

Graf 2 10 největších producentů čiroku v roce 2018 (FAO 2020b)

Graf 3 Výška rostlin z výsevu 20.4.2019

Graf 4 Výška rostlin z výsevu 10.5.2019

Graf 5 Porovnání časného a normálního výsevu

Graf 6 Statistické vyhodnocení obsahu sušiny u odrůd z 1. termínu výsevu

Graf 7 Statistické vyhodnocení obsahu sušiny u odrůd v různých termínech sklizně

Graf 8 Statistické vyhodnocení obsahu sušiny odrůd z 2. termínu výsevu

Graf 9 Statistické vyhodnocení obsahu sušiny u odrůd v různých termínech sklizně

Graf 10 Statistické porovnání všech odrůd

Graf 11 Grafické znázornění klíčivosti (%) odrůd s/bez použití přípravku Lexin

Tabulka 1 Přehled naměřených hodnot výšky rostlin u jednotlivých odrůd

Tabulka 2 Statistické vyhodnocení výšky rostlin z výsevu 20.04.2019

Tabulka 3 Přehled naměřených hodnot výšky rostlin u jednotlivých odrůd

Tabulka 4 Statistické vyhodnocení výšky rostlin jednotlivých odrůd

Tabulka 5 Statistické vyhodnocení výšky rostlin dvou termínů výsevu

Tabulka 6 Statistické vyhodnocení výnosu odrůd z 1. termínu výsevu

Tabulka 7 Statistické vyhodnocení výnosu odrůd z 2. termínu výsevu

Tabulka 8 Statistické vyhodnocení ve výnosu mezi termíny výsevu

Tabulka 9 Statistické vyhodnocení obsahu sušiny z 1. termínu výsevu

Tabulka 10 Statistické vyhodnocení obsahu sušiny z 1. termínu výsevu při různých termínech sklizně

Tabulka 11 Statistické vyhodnocení obsahu sušiny z 2. termínu výsevu

Tabulka 12 Statistické vyhodnocení obsahu sušiny v 2. termínu výsevu při různých termínech sklizně

Tabulka 13 Statistické vyhodnocení počtu klíčících rostlin mezi odrůdami

Tabulka 14 Statistické vyhodnocení počtu klíčících rostlin mezi odrůdami s použitím přípravku Lexin

Tabulka 15 Statistické vyhodnocení obsahu taninů mezi odrůdami

Tabulka 16 Statistické vyhodnocení obsahu taninů v různých termínech výsevu bez ohledu na odrůdu