

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra agroekologie a rostlinné produkce



Vliv příjmu vody semeny kukuřice a čiroku na klíčivost

Diplomová práce

Autor práce: Bc. Markéta Hnízdilová

Obor studia: Rozvoj venkovského prostoru

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

© 2019 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Vliv příjmu vody semeny kukuřice a čiroku na klíčivost" 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 neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 11.04.2019

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala Ing. Pavlu Fuksovi, Ph.D., za odborné rady, trpělivost a korekci mé práce.

Dále bych chtěla poděkovat mé rodině, přátelům a kolegům za projevené pochopení a pomoc.

Vliv příjmu vody semeny kukuřice a čiroku na klíčivost

Souhrn

Cílem diplomové práce bylo vyhodnotit klíčivost vybraných hybridů kukuřice a čiroku v závislosti na době namáčení semen. Dále byl sledován vliv hmotnosti semen a doby namáčení na dynamiku klíčení kukuřičného hybridu Koblens.

Všechny části pokusu probíhaly v laboratoři na České zemědělské univerzitě v Praze, v roce 2017. Byly vybrány čtyři hybridy u kukuřice – MAS 24.C, Koblens, Xxavi a Luxxida a čtyři hybridy u čiroku – Pampa Centurion BMR, Nutri Honey BMR, Nutri Honeys SxS a Sweet Suzana. Testovaná semena byla namáčena po 3, 5, 7, 8, 9, 12, 15, 18 a 24 hodinách v dostatečném množství destilované vody. Po uplynutí stanovené doby namáčení došlo k osušení semen na filtračním papíru a k umístění semen do klimaboxu (typ Binder KBWF 720). Klimatické podmínky byly nastaveny na 20 °C a na 75% vlhkost vzduchu (12 hodin světlo / 12 hodin tma). Zde pak byla po dobu 5 dnů sledována dynamika klíčení. Semena kukuřičného hybridu Koblens byla dále rozdělena na tři hmotnostní frakce (malá, velká, střední) a následně namáčena po dobu 12, 18 a 24 hodin v dostatečném množství destilované vody a stejným způsobem, jako u předešlé části pokusu, byla sledována dynamika klíčení.

V pokusu byl pozorován statisticky průkazný vliv doby namáčení semen na dynamiku klíčení a celkovou klíčivost u sledovaných hybridů kukuřice a čiroku. Nejvyšší dynamika klíčení a celková klíčivost byla pozorována u vybraných hybridů při době namáčení 24 hodin, kdy se celková klíčivost u kukuřice pohybovala kolem 96 % vyklíčených semen, u čiroku pak kolem 59,4 %. Naopak při době namáčení semen po dobu 3 hodin nebylo pozorováno žádné klíčení u vybraných hybridů.

V druhé části pokusu nebyl sledován statisticky průkazný vliv hmotnosti semen na klíčení kukuřičného hybridu Koblens v interakci s dobou namáčení. Nicméně se opět potvrdil vliv doby namáčení na klíčivost semen, kdy nejvyšší celková klíčivost byla pozorována po 18 a 24 hodinách namáčení.

Klíčová slova: kukuřice, čirok, semena, klíčivost

Influence of water intake by maize and sorghum seeds on germination

Summary

The deal of this thesis was to evaluate the germination of selected maize and sorghum hybrids depending on the seed soaking time and to monitor the influence of seed weight and time of soaking on the germination dynamics of the maize hybrid Koblens.

All parts of the experiment were done in a laboratory of Czech University of Agriculture in Prague during year 2017. Four hybrids were selected from maize - MAS 24.C, Xxavi, Luxxida and Koblens and four hybrids from sorghum - Pampa Centurion BMR, Nutri Honey BMR, Nutri Honeys SxS and Sweet Suzana. Tested seeds were dipped after 3, 5, 7, 8, 9, 12, 15, 18 and 24 hours in sufficient distilled water. After the established time of soaking, the seeds were dried on the filter paper and then placed in a climate box (type Binder KBWF 720). The climatic conditions were set on 20 °C and on 75% humidity (12 hours of light / 12 hours of dark). Then was dynamics of germination monitored for 5 days. The seeds of the maize hybrid Koblens were further subdivided into three mass fractions (small, large, medium) and subsequently soaked for 12, 18 and 24 hours in sufficient distilled water, and the dynamics of germination were monitored by the same way like in the previous section.

In the experiment, the effect of seed soaking time on dynamics of germination and on the overall germination of the observed maize and sorghum hybrids was confirmed. The best dynamics of germination and total germination were reached for observed hybrids at 24 hours soaking time, when the total germination rate for maize was about 96% germinated seeds, for sorghum about 59.4% germinated seeds. At the time of seed soaking 3 hours, any germination was not monitored of the observed hybrids.

In the next part of the experiment, there was not significant effect of seed weight on germination of the maize hybrid Koblens in interaction with soaking time. However, the effect of soaking time on seed germination was again confirmed, when the highest total germination was observed after 18 and 24 hours of soaking.

Keywords: maize, sorghum, seed, germination

Obsah

1	Úvod.....	1
2	Cíl práce	2
3	Literární rešerše	3
3.1	Taxonomická klasifikace kukuřice a čiroku.....	3
3.2	Struktura semen	3
3.3	Strukutra semen kukuřice.....	3
3.4	Struktura semen čiroku	5
3.5	Klíčení semen	6
3.6	Faktory ovlivňující klíčení.....	8
3.6.1	Voda.....	9
3.6.2	Teplota	9
3.6.3	Světlo	9
3.6.4	Kyslík.....	10
3.6.5	Velikost semen.....	10
3.6.6	Dormance semen.....	11
3.6.7	Další vnitřní faktory ovlivňující klíčení.....	12
3.7	Klíčení kukuřice	12
3.7.1	Vliv teploty na klíčení kukuřice.....	14
3.7.2	Klíčení kukuřice při vodním stresu.....	15
3.7.3	Velikost semen kukuřice jako další faktor ovlivňující klíčení	16
3.7.4	Vliv dalších faktorů na klíčení kukuřice.....	17
3.8	Klíčení čiroku	18
3.8.1	Vliv teploty na klíčení čiroku	18
3.8.2	Klíčení čiroku při vodním stresu	19
3.8.3	Vliv dalších faktorů na klíčení čiroku.....	19
4	Materiál a metodika.....	21
4.1	Charakteristika použitých hybridů	21
4.1.1	Kukuřice.....	21
4.1.2	Čirok	21
4.2	Metodika	22
4.2.1	Experiment A – vliv příjmu vody na klíčivost semen kukuřice a čiroku .	22
4.2.2	Experiment B – vliv hmotnosti semen kukuřice na dynamiku klíčení	22
4.3	Sledované ukazatele klíčení.....	23
4.3.1	Klíčivost v závislosti na době namáčení.....	23
4.3.2	Statistické vyhodnocení	24
5	Výsledky.....	25

5.1 Klíčivost semen kukuřice.....	25
5.1.1 Dynamika klíčení ve stanovených dobách namáčení	25
5.1.2 Dynamika klíčení hybridů ve stanovených dobách namáčení	26
5.1.3 Celková klíčivost ve stanovených dobách namáčení.....	29
5.1.4 Celková klíčivost hybridů ve stanovených dobách namáčení	30
5.2 Klíčivost semen čiroku	32
5.2.1 Dynamika klíčení ve stanovených dobách namáčení	32
5.2.2 Dynamika klíčení hybridů ve stanovených dobách namáčení	33
5.2.3 Celková klíčivost ve stanovených dobách namáčení.....	36
5.2.4 Celková klíčivost hybridů ve stanovených dobách namáčení	37
5.3 Vliv doby namáčení a hmotnosti semen na klíčivost kukuřice	39
5.3.1 Dynamika klíčení hmotnostních frakcí v interakci s dobou namáčení	39
5.3.2 Celková klíčivost hmotnostních frakcí v interakci s dobou namáčení	40
6 Diskuze	41
6.1 Vliv doby namáčení na klíčení kukuřice	41
6.2 Vliv doby namáčení na klíčení čiroku	42
6.3 Vliv hmotnosti semen a doby namáčení na klíčení kukuřice	45
7 Závěr.....	47
8 Literatura.....	49

1 Úvod

Klíčení semen je fyziologickým procesem, který dokazuje, že je semeno životaschopné. Samotný proces klíčení je ovlivněn celou řadou vnějších a vnitřních faktorů. Za vnitřní faktory označujeme hladinu fytohormonů, za vnější (abiotické) faktory řadíme zdroj světla, tepla, vodu, vzduch a půdu. Za nejdůležitější faktor, který ovlivňuje klíčení semen lze beze sporu označit vodu. Při dostatečném přísunu vody dochází k obnově metabolické aktivity semene, která vede k nastartování důležitých procesů uvnitř semene, jejichž finálním projevem je viditelné klíčení. Bez dostatečného přísunu vody tedy není možné pozorovat projevy klíčení semen. Tato skutečnost byla potvrzena i ve výsledkové části této práce.

Dynamika klíčení nebo celková klíčivost jsou důležité ukazatele, které mají schopnost vyjádřit kvalitu semene, životaschopnost embrya a vypovídají i o následné kvalitě dospělé populace rostlin. Tyto ukazatele je důležité sledovat, neboť nám hodně vypovídají o fyziologii a biologii semen, jejich životních pochodech jako je růst, vývoj, výživa, vodní režim, dýchání nebo fotosyntéza. Získané výsledky z takových pozorování jsou pak důležité pro semenáře, zejména pro správnou předseťovou přípravu semen, usnadnění založení porostu a použití následné agrotechniky v porostu. Výše uvedené projevy jsou důležité zejména proto, že jsou přímo spojeny s budoucím výnosem zemědělských plodin. Proto je důležité dosáhnout co nejvyšší možné klíčivosti semen.

2 Cíl práce

Cíl práce

Cílem diplomové práce je vyhodnotit klíčivost semen různých hybridů kukuřice a čiroku v závislosti na době namáčení. Dále bude sledován vliv hmotnosti semen na dynamiku klíčení kukuřice.

Hypotézy

Doba namáčení semen ovlivňuje dynamiku klíčení a celkovou klíčivost kukuřice a čiroku.

Hmotnost semen v interakci s dobou jejich namáčení má vliv na dynamiku klíčení kukuřice.

3 Literární rešerše

3.1 Taxonomická klasifikace kukuřice a čiroku

Kukuřice spadá do čeledi lipnicovitých (*Poaceae*), řádu lipnicokvětých (*Poales*), skupiny kukuřicovitých (*Maydeae*) (Hruška et al. 1962; Zimolka et al. 2008). V případě čiroku se nejčastěji používá klasifikace, která byla vypracována de Wett a Huckbay roku 1967. Podle této klasifikace všechny kulturní rody čiroku patří do jednoho polyformního druhu – *Sorghum bicolor*. Čirok řadíme tedy do čeledi lipnicovitých (*Poaceae*), řádu lipnicokvětých (*Poales*), skupiny voustakovitých (*Andropogoneae*). Již v roce 1753 však Linné určil skupiny kukuřicovitých a voustakovitých za nejbližší příbuzné (Valíček et al. 2002; Hermouth et al. 2012).

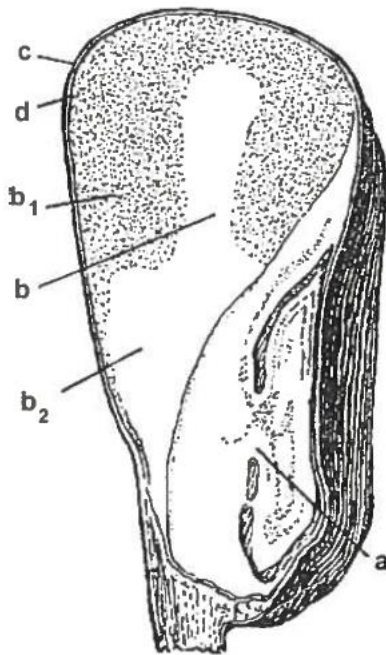
3.2 Struktura semen

Houba & Hosnedl (2002) uvádí, že semeno vzniká po oplození vajíčka, kdy dochází k mnohonásobnému dělení zárodečné buňky a následnému vytvoření klíčku. Semeno má tři hlavní části a to embryo, endosperm a perikarp. Perikarp vzniká přeměnou vaječných obalů a jeho tloušťka ovlivňuje míru propustnosti pro vodu a plyny. Tímto způsobem přímo ovlivňuje fyziologické pochody při klíčení. Endosperm je pletivo s omezenou dobou trvání, vzniká z jádra buňky zárodečného vaku po oplození a slouží k ukládání zásobních látek, později k vyživování embrya. U obilnin endosperm zaniká až během klíčení. Dle Valencia-Díaz et al. (2015), je hlavní funkcí endospermu translokace živin z mateřské rostliny do embrya a dále zajišťuje komunikaci s embryem, chrání ho a funguje jako zásobní tkáň. Embryo vzniká ze zygoty, která vznikla jako následek oplození oosféry spermatickou buňkou, nachází se uprostřed semene a je složeno z děloh. Dělohy obsahují různé živiny, např. chlorofyl, škrob, oleje a poskytují energii pro klíčení semene (Procházka et al. 2003).

3.3 Struktura semen kukuřice

Dle Hrušky et al. (1962) je plodem kukuřice suchá jednosemenná, nepukavá nažka, která má tenké oplodí. Tvar nažek je dán umístěním na klasu kukuřice a daným kultivarem. Tvar nažky kukuřici odlišuje od ostatních obilovin, přičemž nažka kukuřice patří mezi největší, její hmotnost se pohybuje v rozmezí 250–300 mg. Hustě uspořádaná semena jsou zploštělá, semena, která jsou uložena na klasu volněji, mohou mít až kulovitý tvar.

Nažka je složena ze čtyř částí a to ze špičky, embrya, endospermu a obalů, jejich poměr je 10 – 12 : 83 – 85 : 5 %. Špička připevňuje semeno ke klasu. Jednotlivé části semene kukuřice jsou znázorněny na Obrázku č. 1. Embryo je umístěno na boční straně, ve spodní části zrna a štítkem přiléhá k endospermu (Zimolka et al. 2008).



- a = zárodečná část s klíčkem a embryem,
- b = zásobní část (endosperm),
- b₁ = sklovitý endosperm,
- b₂ = moučný endosperm,
- c = perikarp,
- d = aleuronová vrstva.

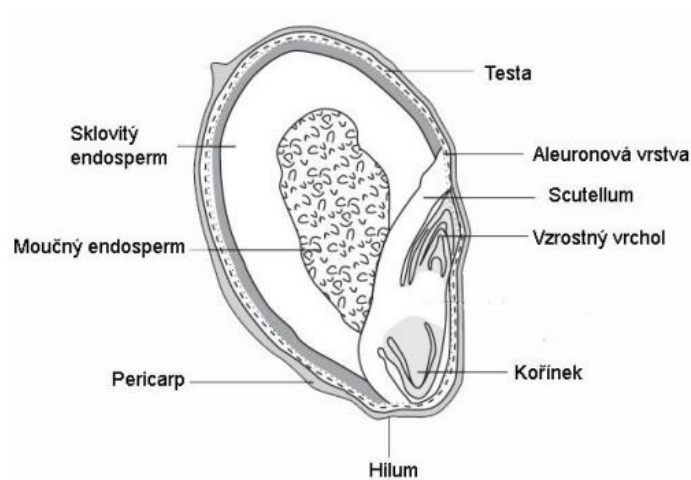
Obrázek č. 1 Příčný řez zárodkem kukuřice (Zimolka et al. 2008).

V embryu je nejvíce kukuřičného oleje, který je převážně tvořen nenasycenými mastnými kyselinami, nejvíce zastoupená je kyselina linolová (až 60 %). Endosperm je tvořen jednobuněčnou vrstvou, která obsahuje aleuronová zrna, což jsou drobné bílkovinné útvary. Mimo bílkovin obsahují i oleje. Dle struktury rozlišujeme různé typy endospermu, jednotlivé typy endospermu, jsou znázorněny na Obrázku č. 1. Endosperm obsahuje dále škrob, který slouží jako zásobní látka (Belej 1992). Perikarp chrání semeno před poškozením a má různé zbarvení, může být žluté, hnědé nebo červené (Chloupek et al. 2005).

3.4 Struktura semen čiroku

Semeno čiroku je obilka, kterou objímají pluchy, přičemž obilka může být úplně pluchatá nebo částečně obnažená a v některých případech i zcela nahá. Obilka může mít mnoho různých tvarů např. kulatý, vejčitý, srdcovitý nebo oválný (Hermouth et al. 2012).

Moudrý (2011) uvádí, že barva obilek se liší mezi jednotlivými odrůdami, semena mohou mít bílou, žlutou, růžovou, hnědou nebo fialovou barvu. Někdy se mohou vyskytovat i semena dvoubarevná. Barvu semen ovlivňují barvy perikarpu a přítomnost testy (Valíček 2002). Hermouth et al. (2012) uvádí, že nejčastěji pěstované odrůdy mají obilku dlouhou 4 mm a širokou 2 mm. Obsah a poměr bílkovin vůči škrobu udává, zda je endosperm sklovitý, poloskvovitý nebo moučný. Obilku rozdělujeme na tři hlavní části a to na perikarp, endosperm a embryo, v poměru 6 : 84 : 10 %. Perikarp dále rozdělujeme na epikarp, mesokarp a endokarp. Vnější vrstvu tedy tvoří epikarp, který je pokryt voskovou vrstvou, následuje mesokarp, jehož tloušťka se liší dle odrůdy a někdy může obsahovat škrobová zrna, poslední vrstvou je endokarp, který je nejdůležitější při klíčení obilky. Vnější endosperm, který přiléhá k aleuronové vrstvě, je tvořen z bílkovin a škrobových zrn (Hermuth et al. 2012). Aleuronová vrstva je složena převážně z bílkovin, enzymů, popelovin a tuků. Jednotlivé části semene čiroku jsou znázorněny na Obrázku č. 2. Semeno čiroku, stejně jako obilka kukuřice, obsahuje 60 – 70 % škrobu, přičemž nejvíce škrobu můžeme nalézt právě v endospermu. Samotný klíček obsahuje velké množství tuků, rozpustné cukry a bílkoviny, konkrétně albuminy a globuliny (Serna Saldivar 2010).



Obrázek č. 2 Příčný řez semenem čiroku (Hermuth et al. 2012).

3.5 Klíčení semen

Dle Procházky et al. (2003) lze klíčení rozlišit dle rodu rostlin a typu klíčení. U dvojděložných rostlin rozlišujeme klíčení epigeické neboli nadzemní a hypogeické jinak řečeno podzemní. U jednoděložných rostlin, kam spadají všechny rostliny z čeledi lipnicovitých (*Poaceae*), jedna děloha zakrněla v epiblast a za samotnou dělohu označujeme štítek neboli scutellum.

Dále lze rozlišit typ klíčnicích rostlin na ovesný typ a typ lupina. Rostliny z rodu jednoděložných jsou řazeny do klíčnicího ovesného typu, což znamená, že auxin je transportován z endospermu semene do štítu. Většina literárních pramenů nicméně uvádí, že nelze jednoznačně zařadit klíčnicí rostliny do ovesného nebo lupiného typu, jedná se spíše o kombinaci obou zmíněných typů (Procházka et al. 2003). Dle Pavlové (2005) je klíčení jednou z fenologických fází rostlin, přičemž fenologické fáze můžeme rozlišit na jednotlivé etapy. Pro tuto práci jsou nejdůležitější etapy embryonální, kdy dochází k vzniku zygoty a zformování embrya a juvenilní, kterou zahajuje klíčení semen. Klíčení můžeme definovat jako schopnost příjmu vody klidnými (suchými) semeny, které je zakončeno prodloužením embryonální osy. Následně dochází k tzv. viditelné klíčivosti, což je stav, kdy dojde k průniku kořínku obalem, který chrání embryo. Během klíčení dochází k obnovení metabolické aktivity, jejímž následkem je další vývoj embrya. Pro obnovení metabolické aktivity je nezbytná rehydratace (bobtnání semen) a dostatek kyslíku. Během respirace dochází k zisku energie ve formě ATP a dalších důležitých metabolitů (Bewley 1997). Bobtnání semen je tedy fyzikální proces příjmu vody semeny, kdy se hydratují polysacharidy a proteiny v buněčných stěnách, dochází k obnově membrán a k naředění a vyplavení inhibičních látek ze semene. Doba trvání všech metabolických jevů se liší podle druhu rostliny a podle podmínek potřebných pro klíčení. Přibližný průběh důležitých dějů, probíhajících v semeni během klíčení v jednotlivých fázích absorpce vody, je znázorněn na Obrázku č. 3 (Bewley 1997; Hejnák et al. 2005).

Semena přijímají vodu ve třech fázích. První fází je rychlé zachytávání vody, následuje druhá fáze, která spočívá v plošném zachytávání vody celým povrchem semene. Třetí fáze následuje až po dokončení klíčení, tedy až při prodloužení osy embrya, kdy dojde k narušení oplodí a k nárůstu příjmu vody semeny (Bewley 1997).

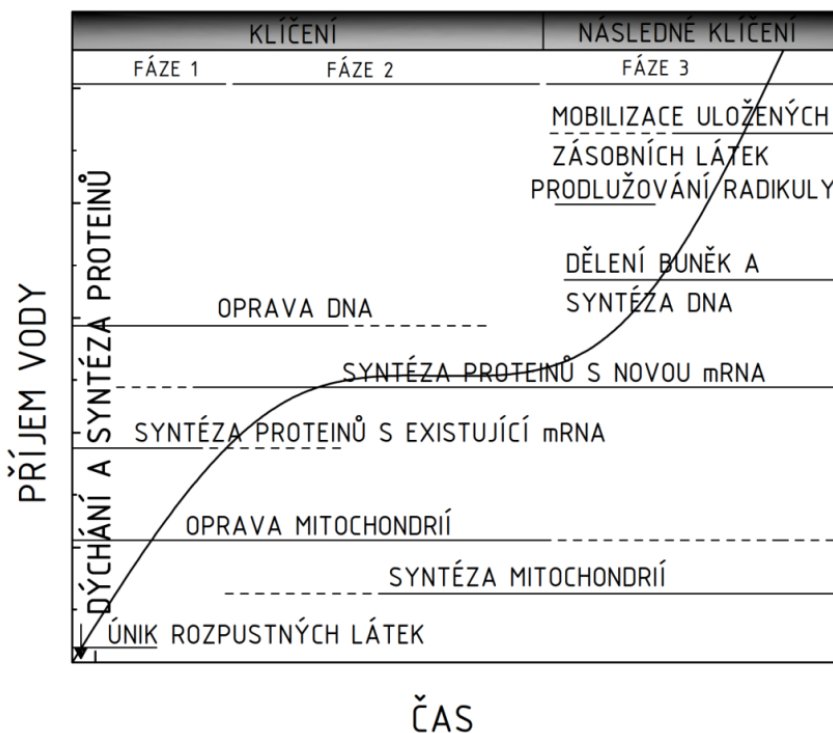
Během první fáze klíčení dochází k strukturálním poruchám na membránách, což vede k rychlému úniku rozpustných látek a metabolitů do okolního prostředí. Během krátké doby ale dojde k rehydrataci membrán a k jejich postupnému zacelení (Bewley 1997). V případě, že semeno obsahuje živé embryo, dojde během první fáze k aktivaci dýchání. K obnovení dýchání dochází během několika málo minut. Zároveň dochází k nárůstu enzymatické a hormonální aktivity. Po rychlé obnově dýchání a vysoké spotřebě kyslíku, během prvních několika minut, dojde k celkovému snížení spotřeby kyslíku, do doby, než se začne prodlužovat radícula (Procházka 2003; Finch-Savage & Leubner-Metzger 2006).

V další fázi dochází k nárůstu dýchání a spotřebě kyslíku kvůli spuštění Krebsova cyklu současně s pentázofosfátovým cyklem, při něm dochází k produkci NADPH a sacharidů. V tkáních zralého semene se nachází mitochondrie, které jsou sice poškozené dehydratací, ale po namočení dochází k jejich opravě, a tak jsou využity během Krebsova cyklu, během něhož vzniká dostatek ATP pro fungování metabolismu při začátku klíčení (Bewley 1997). Oprava a vznik nových mitochondrií závisí na povaze a typu zásobních látek v děloze. Pokud je hlavní zásobní látkou škrob, dochází k rychlé opravě a aktivaci již existujících mitochondrií a až v pozdější fázi klíčení dochází k vzniku nových mitochondrií. V případě, že se v děloze nacházejí převážně olejnaté zásobní látky, dochází již během první fáze klíčení k vytváření zcela nových mitochondrií (Bewley 1997).

Dle Bewley (1997) dochází v následující fázi klíčení k syntéze bílkovin, pro kterou se využívají převážně již existující ribozómy. Její součástí je i transkripce nové mRNA, ta v sobě nese nezbytné proteiny, které jsou potřebné pro normální fungování buněčného metabolismu. V současné době nebyl nalezen vyloženě „klíčivý protein“ ale nejbližší k tomuto označení má protein germin, který se nachází ve velkém množství i v obilninách. Až na několik výjimek se za ukončení procesu klíčení bere prodloužení radikuly.

V buňkách prodlužující radikuly dochází ke dvěma syntézám DNA. Při první syntéze, která začíná krátce po nabobtnání semen, dochází k opravě a rehydrataci již existující DNA. V druhé fázi probíhá syntéza nové DNA spojená s pokličovým dělením buněk. Samotný vývoj radikuly je řízen hlavně turgorem v buňkách embryonální kořenové osy, která se nachází mezi kořenovým uzávěrem a základnou hypokotylu (Bewley 1997).

Klíčivost semen lze vyjádřit např. koeficientem jednotnosti klíčení, koeficientem rychlosti klíčení nebo střední dobou klíčení. Informace získané pomocí těchto charakteristik využívají semenáři i agronomové, neboť předpovídají úspěšnost klíčení semen a následný vývoj dospělé populace rostlin (Ranal & Garcia de Santana 2006).



Obrázek č. 3 Časový průběh důležitých dějů spojených s klíčením semen a následným růstem (Bewley 1997).

3.6 Faktory ovlivňující klíčení

Abiotické faktory ovlivňují u semen biotické interakce, senescenci (neboli proces stárnutí) a klíčení. Mezi abiotické (neživé) faktory řadíme zdroj světelného záření, vodu, vzduch a půdu (Chambers & MacMahon 1994). Klíčení semen a rychlost procesů při klíčení dále ovlivňuje obsah zásobních látek v semeni, a to zejména obsah lipidů, škrobů a dalších bílkovin a dále např. obsah vápníku v aleuronové vrstvě (Bláha 2005). Dalším faktorem, který je rozhodující pro klíčení semen, je jejich klidové stádium neboli dormance (Gottwaldová & Bláha 2009). Dormance může být způsobena nepříznivými podmínkami v prostředí nebo vnitřními pochody v semeni, např. nedostatek fytohormonů (Houba & Hosnedl 2002). Zpravidla nelze rozlišit dormantní semeno od neživého (Kincl 2003).

3.6.1 Voda

Ze všech rostlinných částí obsahují semena nejméně vody, kolem 5 – 15 %, proto musí absorbovat co největší množství vody pro zahájení klíčení (Procházka et al. 2003). Příjem vody probíhá přes perikarp a následně přes endosperm. Čím tvrdší je perikarp, tím hůře semeno přijímá vodu. Samotný endosperm mimo jiné ovlivňuje efektivnost využití vody (Procházka et al. 2003). Absorbce vody vede k zbobtnání semen, po kterém následuje samotné klíčení. Během bobtnání dojde (po hydrataci embrya nad 60 %) k obnovení metabolických procesů v zárodku, včetně dýchání. Voda také aktivuje enzymy, které následně štěpí na jednodušší látky, čímž vzniká energie potřebná pro klíčení (Bláha 2006; Zábranský et al. 2012).

Dle Schittenhelm & Schroetter (2014) se v prostředí, které je náchylné k nedostatku srážek, nahrazuje kukuřice čirokem nebo hybridy čiroku a súdánské trávy. Pro potvrzení tohoto tvrzení vystavili tyto tři plodiny působení sucha a následně po dosažení plného vzrůstu zvážili po vysušení nadzemní a kořenové části rostlin. Největší hmotnosti v nadzemní i kořenové části dosáhl čirok, což bylo zřejmě způsobeno hlubším pronikáním kořenového systému čiroku a tím možnost získávání vody z větších hloubek. Vijaya et al. (2010) uvádějí, že právě díky kořenovému systému má čirok adaptační výhodu při růstu v podmínkách s nízkým úhrnem srážek oproti kukuřici.

3.6.2 Teplota

Semena, pocházející z našeho vegetačního pásma mají optimální teplotu pro klíčení v rozmezí od 16 °C do 24 °C. Pokud jsou teploty příliš nízké, nedochází k vyžráním semen, zhoršuje se schopnost klíčit atd., pokud jsou naopak teploty příliš vysoké, může dojít ke ztrátě zásobních látek v semenech v důsledku zvýšeného dýchání (Hnilička et al. 2003). Ercoli et al. (2004) uvádí, že působení chladu na rostliny a semena je v určité míře zvrátitelný proces. Záleží na množství zásobních látek v semeni a v případě rostliny záleží na obsahu dusíku a fosforu v půdě. Pokud ovšem nízké teploty trvají příliš dlouho, stává se tento jev nezvratný a vede k odumření buněk až k odumření celé rostliny. Obecně platí, že pokud jsou semena ve stádiu dormance, jsou proti výkyvům teplot imunní (Chloupek 2008).

3.6.3 Světlo

Procházka et al. (2003) uvádí, že světlo je při klíčení nepodstatné, ovšem některé rostlinné druhy, např. vysokohorské, klíčí lépe za světla než za tmy.

Taková semena označujeme jako fotoblastická, kdy jsou světelné signály přijímány fytochromem a kryptochromem, ovšem fungují až při určité hladině hydratace. Pokud jsou taková semena dehydratovaná, jsou ke světlu necitlivá (Pavlová 2005).

3.6.4 Kyslík

Při klíčení je velmi potřebný vzdušný kyslík, neboť klíčící semena intenzivně dýchají, hlavně v počáteční fázi (Hruška 1958).

3.6.5 Velikost semen

Velikost semen se mezi druhy velmi liší, přičemž hlavním faktorem, který ovlivňuje velikost semen, je životní strategie rostliny (Moles et al. 2004). V případě rostlin se rozlišují dvě životní strategie a to R-strategie a K-strategie. R-strategové tvoří velmi mnoho malých semen. K-strategové naopak tvoří málo semen, ale daleko větších, které mají více zásobních látek, a proto jsou i lépe vybavena pro přežití (Lord & Westoby 2012). Dalším faktorem, který ovlivňuje velikost semen, je množství živin obsažených uvnitř semene. Toto množství se řídí podle množství živin potřebných pro růst klíčku do doby, než se stane absolutně autotrofní. Mezi hlavní zásobní látky řadíme polysacharidy, proteiny a tuky (Votrubová 2010).

Valencia-Díaz et al. (2015) uvádějí, že velikost semen úzce souvisí s velikostí zásobovacích orgánů, jako jsou endosperm a dělohy, přičemž jejich velikost ovlivňuje množství uložených zásobních látek. Z tohoto důvodu je možné očekávat, že větší semena by měla lépe klíčit než semena malá. Velikost semen dále ovlivňuje raná stádia ontogeneze, výši sklizně ale hlavně dobu do vyklíčení, celkovou dobu klíčení apod (Leishman & Westoby 1994; Ottová & Zámečník 1999).

Dle Ambika et al. (2014) obecně platí, že větší semena dosahují lepších výsledků v otázkách klíčení a následného vývoje než semena malá. Vliv velikosti semen na klíčení a následný vývoj byl např. pozorován u slunečnice. Za velká semena byla označena ta s velikostí 3 mm a za malá semena ta s velikostí 2 mm. Velkých semen vyklíčilo 93,95 %, sazenice pocházející z velkých semen dosáhla hmotnosti 97,83 g a s počtem listů 7,58 na sazenici. Malých semen vyklíčilo 87,16 % a sazenice pocházející z těchto semen dosáhla hmotnosti 90,50 g, s počtem listů na sazenici 6,53.

Vyskytují se ale i opačné případy, např. u různých kultivarů hrachu bylo prokázáno, že lépe klíčí semena s menší hmotností. U sóji bylo zjištěno, že malá semena lépe a vyrovnaněji klíčí v zasolených půdách než velká semena, zřejmě proto, že malá semena lépe a rychleji využívají dostupné zásoby v půdě (Ambika et al. 2014).

3.6.6 Dormance semen

Mnoho semen má klidové stádium neboli dormanci. Obecně platí, že rostliny během svého života vystřídají tři fyziologická období – vegetační, reprodukční a dormantní. Délka dormantního období se odvíjí od doby působení negativních vlivů, které semeno vnímá ze svého okolí (Baskin 2003).

Pro podrobnější rozdělení je možné rozlišit tři typy dormance. Ekodormance je způsobena přímým nedostatkem nějakého faktoru, např. vody, tepla. Dormanci obalového typu, kterou způsobuje tvrdost obalu semene a tím zároveň neprostupnost osemení a dormanci embryonálního typu, což je hluboká dormance embrya (Šetlík et al. 2009). Leishman & Westoby (1998) tvrdí, že dormanci také ovlivňuje velikost semen. Menší semena mohou dosáhnout hlubší dormance než větší semena. Důvodem je pravděpodobně větší možnost predace a parazitismu u větších semen, pro které tedy není vhodné dobu dormance prodlužovat. Houba & Hosnedl (2002) uvádí, že může docházet i k sekundární dormanci, kdy dojde k pozastavení již probíhajícího klíčení. Příčinou může být nedostatek vody, nízká teplota nebo v případě fotoblastických semen nedostatek světla.

Dle Pavlové (2005) potřebují některá semena k překonání dormance delší působení vnějšího faktoru. Dlouhodobé působení nízkých teplot, v rozmezí od 2 — 5 °C příznivě ovlivňuje klíčení nabobtnaných semen čiroku, čímž dojde i k adaptaci na sezónní charakter klimatu mírného pásma. Střídání teplot, jako nástroj pro přerušování dormance semen u rostliny z čeledi lipnicovitých (*Poaceae*), jako jsou právě čirok a kukuřice, uvádí i Krenchinski et al. (2015).

3.6.7 Další vnitřní faktory ovlivňující klíčení

Dle Pavlové (2005) vnitřně ovlivňuje klíčení hladina fytohormonů, což jsou nízkomolekulární, endogenní signální látky. Vyskytují se v rostlinách ve velmi slabých koncentracích a přenášejí informace mezi orgány a pletivy rostlin. Obecně rozlišujeme pět základních skupin fytohormonů – auxiny, cytokininy, gibbereliny, kyselinu abscisovou a etylén. Všechny výše uvedené fytohormony významně ovlivňují klíčení semen, pouze etylén ovlivňuje klíčení jen u některých druhů rostlin, ve kterých je přítomen, jako např. u podzemnice olejné. Auxiny ovlivňují růst plodu, nacházejí se ve vyvíjejícím se oplodí, v endospermu a následně v samotném embryu. Dle Adamčíka et al. (2016) se po aplikaci auxinů na semena kořenové zeleniny výrazně zlepšila jejich celková klíčivost. Cytokininy ovlivňují mimo jiné dělení buněk, mohou porušovat dormanci semen, přičemž první objevený cytokinin (zeatin) byl objeven v roce 1964 v endospermu nezralých obilek kukuřice. Gibbereliny ovlivňují ukončení juvenilní fáze a následný přechod do fáze generativní, dále ovlivňují prodlužování buněk, mobilizují zásobní látky uložené v endospermu a ruší dormanci nejen u semen, ale i u pupenů. Kyselina abscisová reguluje nástup a dobu trvání dormance semen a následné klíčení semen začíná až v okamžiku, kdy obsah kyseliny abscisové klesne pod hraniční hodnotu (Hejtník et al. 2005).

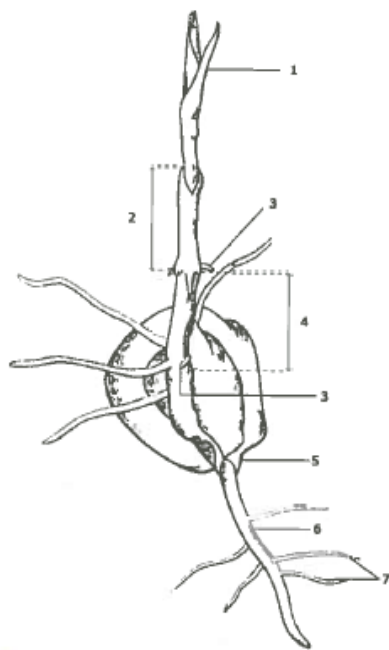
3.7 Klíčení kukuřice

Anatomická stavba semene výrazně ovlivňuje příjem a ztrátu vody obaly semene. Semeno kukuřice je schopné přijímat vodu přes osemení, klíček a celým povrchem zrna. Nejsnadněji proniká voda do zrna na rovných a zploštělých plochách, naopak na zaoblených místech, kde je silnější oplodí, proniká voda do zrna pomaleji (Hruška et al. 1962). Bylo také zjištěno, že pletiva klíčků pohlucují vodu rychleji, než ostatní pletiva zrna (Bláha 2005). Samotnému klíčení předchází zbobtnání zrna, přičemž k tomuto jevu je nezbytný přísun vody (Procházka 2003).

Při dosažení vhodných podmínek v laboratorním prostředí, vyklíčí kukuřice do 5 až 6 dnů, v polních podmínkách ovlivňuje rychlost klíčení teplota půdy (čím teplejší půda, tím rychleji kukuřice vyklíčí), obecně se udává období od 7 do 10 dnů (Zimolka et al. 2008).

Nízké teploty a nízká teplota půdy jsou příčinami špatného klíčení i pomalého následného vývoje (Hund et al. 2008). Procházka et al. (2003) uvádí, že je pro zlepšení celkové klíčivosti kukuřice vhodné nechat nejprve semena vyschnout.

Dle Kollárové (2004) trvá proces od nabobtnání semen po začátek prodlužování radicle 24 – 72 hodin. Za optimální teplotu pro klíčení lze považovat 32 °C, ale klíčení lze již u nových hybridů pozorovat při 5,5 °C. Maximální teplota pro klíčení kukuřice se pohybuje v rozmezí od 44 °C do 55 °C. Pro klíčení je důležitý obsah vody v zrna, při teplotě 30 °C musí být obsah vody minimálně 57 %, při teplotě 12 °C musí být obsah vody minimálně 75 %. Jako první se začnou nejdříve prodlužovat buňky koleorhizy, její růst se zastaví po proniknutí oplodím. Současně s koleorhizou se aktivuje primární radícula a začíná se vyvíjet. Na protější straně embrya vyrůstá nahoru koleoptile, která má stejně jako koleorhiza omezenou dobu růstu. Na jejím vrcholu se nachází otvor, skrz který později proroste první asimulující list. Rostlina se stává plně autotrofní až ve stádiu 4 – 5 listů. Popis klíčící obilky kukuřice je znázorněn na Obrázku č. 4 (Zimolka et al. 2008).



1. První zárodečný list,
2. koleoptile,
3. adventní kořeny,
4. mezokotyl,
5. koleorhiza,
6. prvotní kořínek,
7. postranní kořínky.

Obrázek č. 4 Klíčící obilka kukuřice (Zimolka et al. 2008).

Na 12 etap organogeneze lze rozdělit vývoj kukuřice dle diferenciacie vzrostlého vrcholu od vyklíčení do zralosti rostlin. Přesné definování růstových fází je důležité při určování vhodných agrotechnických zásahů v porostu. Toto zjištění vedlo k vytvoření stupnic s desetinným kódem - DC a BBCH, které určují fyziologické fáze jednotlivých druhů rostlin a tím zjednodušují kvantifikaci fyziologických dat. Charakteristika růstových fází kukuřice dle stupnice BBCH, týkající se klíčení, jsou znázorněny v Tabulce č. 1. Růstové fáze uvedené v Tabulce č. 1 jsou stejné pro všechny obiloviny, tudíž i pro čirok. Dalším důležitým ukazatelem při pěstování kukuřice je číslo FAO, které vyjadřuje ranost daného hybridu. Vypočítá se na základě středního obsahu sušiny v palici v době, kdy je kukuřice zralá pro sklizeň na siláž. V České republice se nejčastěji pěstují hybridy s FAO 180–400 (Zimolka et al. 2008).

Tabulka č. 1 Charakteristika růstových fází kukuřice, zaměřených na proces klíčení semen (Zimolka et al. 2008).

Kód BBCH	Popis
00	suché semeno
01	počátek bobtnání
03	konec bobtnání (imbibice)
05	objevení se kořínku
07	objevení se koleoptile ze semene

Vashisth & Nagarajan (2010) zjistili, že pro zlepšení celkové klíčivosti semen kukuřice lze použít jako předseťovou přípravu semen vliv magnetických pole. Když byla testovaná semena vystavena statickému působení magnetického pole, přijímala rychleji vodu v první a druhé fázi klíčení. Tím došlo k rychlejší hydrataci membrán, k větší a rychlejší aktivaci enzymů, což mělo za následek rychlejší klíčení a vyšší celkovou klíčivost.

3.7.1 Vliv teploty na klíčení kukuřice

Deng et al. (2015) zjišťovali nejvhodnější teplotu pro klíčení semen kukuřice. Testování teplot probíhalo po dobu 10 dní, přičemž za vyklíčená semena byla považována ta, jejichž zárodečný kořínek dorostl délky 1 mm. Nejvhodnější teplotou pro klíčení bylo stanoveno 30 °C, kdy bylo dosaženo největší celkové klíčivosti. Při 15 °C a 40 °C docházelo k pozastavení klíčení.

Paucar-Menacho et al. (2016) zjišťovali optimální teplotu pro klíčení fialové kukuřice s cílem maximalizovat obsah kyseliny γ -aminomáslové v semenech. Tímto testováním bylo zjištěno, že optimální teplota pro klíčení kukuřice a zároveň k nejvyššímu obsahu kyseliny γ -aminomáslové v semenech je 26 °C. Teplotní podmínky pro klíčení semen silně ovlivňují obsah látek v semeni, proto je důležité nalézt ideální teplotu pro klíčení i pro obsah látek v semeni.

Sbrussi & Zucareli (2014) zkoumali klíčivost semen kukuřice s různou energií klíčení při různých teplotách. Stanoveny byly teploty v rozsahu od 16 °C do 40 °C. Bylo zjištěno, že nízké teploty výrazně zpomalují klíčení a v testovaných vzorcích při 16 °C nedocházelo ke klíčení vůbec. U vysokých teplot docházelo ke zpomalení klíčení a celkový počet semen se snížil. Za optimální teploty ke klíčení lze v této studii označit teploty 25 °C a 28 °C.

3.7.2 Klíčení kukuřice při vodním stresu

Queiroz et al. (2019) testovali vliv sucha na klíčení kukuřice a čiroku, kdy byla semena obou druhů vystavena vlivu látky polyethylenglykol. Výsledky bylo zjištěno, že sucho negativně ovlivňuje dynamiku klíčení, celkovou klíčivost i délku primárních kořínků obou druhů. V porovnání obou druhů bylo ale zjištěno, že kukuřice byla citlivější k vlivu sucha na klíčení, přičemž vliv sucha u kukuřice negativně ovlivnil i časný růst sazenic.

Radić et al. (2007) sledovali vliv sucha na různé hybridy kukuřice a jejich klíčení, kdy sucho bylo opět simulováno látkou polyethylenglykol. Výsledky studie ukázaly, že kukuřice byla do určitého bodu schopna tolerovat sucho, nicméně se všechny testované hybridy ukázaly jako citlivé pro vliv abiotických faktorů, hlavně sucha. Negativními projevy byla snížená životaschopnost semen, nižší celková klíčivost a slabý vývoj sazenic.

Batool et al. (2014) testovali vliv sucha na hybridy kukuřice a jejich klíčení a následný vývoj sazenic. Po vyklíčení nechali semena vystavit vlivu sucha pomocí 20% roztoku $MgSO_4$ (síran hořečnatý). I z jejich sledování bylo možné hodnotit negativní vliv sucha na klíčení kukuřice. Došlo k poklesu celkové klíčivosti a u sazenic došlo k poklesu suché hmotnosti. Dále byl pozorován negativní vliv na růst rostlin, kdy došlo k vlivem sucha k pozastavení růstu. Nicméně i přes nedostatek vody byl pozorován nárůst délky kořínku.

3.7.3 Velikost semen kukuřice jako další faktor ovlivňující klíčení

Dle Monsanto Technology Development (2012) je velikost semen u kukuřice ovlivněna umístěním jednotlivých semen na klasu. Dále tuto velikost ovlivňuje charakteristika použitého hybridu, vliv mateřské rostliny a klimatické podmínky při růstu rostliny, zejména při opylování a plnění zrn. Dle systému třídění rozdělujeme semena kukuřice na velká, nacházející se u základny klasu, střední semena, která se nacházejí ve středové části klasu a malá semena, která se nacházejí na špičce klasu, znázorněno na Obrázku č. 5. Jelikož spotřeba vody při klíčení je úměrná velikosti semene, je možné předpokládat, že velká semena kukuřice by měla problém při klíčení v suchých půdách.

Malá semena mohou mít naopak problém s klíčením za chladnějších teplot nebo v hrubozrných půdách, neboť potřebná energie pro klíčení by mohla přesahovat množství uložené energie v endospermu (Monsanto Technology Development 2012). Molatudi & Mariga (2009), uvádějí, že větší semena zaručují jistější procento klíčivosti semen a jsou schopna poskytnout odolnější rostliny. Rostliny, jež pocházejí z velkých semen, mají více energie pro růst na začátku vzcházení i po celou dobu vegetace. Dále uvádějí, že dospělé rostliny kukuřice, které pocházejí z větších semen, dorůstají větší výšky než rostliny z malých semen a jsou také odolnější proti plevelům a škůdcům. Byl proveden pokus s vyséváním velkých a malých semen, jehož výsledkem bylo zjištěno, že velká semena vyklíčila dříve než malá.

Mohammadi & Koohi (2015) testovali vliv velikosti semen u kukuřice a jejich klíčivost a následný růst rostlin při různých světelných podmínkách. Sledovanými faktory byla celková klíčivost, průměrná rychlost klíčení, délka radikuly a délka plumuly. Ve všech sledovaných faktorech dosahovali nejlepších výsledků semena z kategorie velká bez ohledu na světelné podmínky.



Obrázek č. 5 Znázornění hmotnostních frakcí semen na klasu kukuřice. Zleva velká semena, střední semena, malá semena (Monsanto Technology Development 2012).

3.7.4 Vliv dalších faktorů na klíčení kukuřice

Wahid & Khaliq (2015) testovali, jak kadmium ovlivňuje klíčení, biochemii, histologii a morfologii semen kukuřice. Vyšlo najevo, že nejvíce kadmia se ukládá v koleorhíze a radikule. Kadmium výrazně snižovalo velikost buněk a deformovalo xylém a floém. Oproti proběhnuté kontrole došlo ke snížení klíčivosti (nejnižší klíčivost byla při vystavení 1600 μM kadmia) a to hlavně díky tomu, že kadmium zastavilo růst koleorhízy a koleoptile. Tím docházelo k oxidačnímu stresu a dalším fyziologickým změnám.

Sozharajan & Natarajan (2014) zkoumali vliv chloridu sodného na klíčení kukuřice a na následný vývoj semenáčků kukuřice. Výsledky inhibice ukázaly, že NaCl ovlivňuje celkovou klíčivost, schopnost semen absorbovat vodu, dále došlo ke snížení osmotického potenciálu a ke spuštění oxidačního stresu a následnému velmi nízkému přírůstku biomasy u semenáčků. Při nejvyšší podané koncentraci došlo nakonec k zastavení růstu vzrostného vrcholu a radikuly.

Achakzai (2009) simuloval vliv vodního stresu na klíčení a následný růst sazenic u různých kultivarů kukuřice pomocí látky Mannitol. Vodní stres způsobil, že se výrazně snížila klíčivost semen a zhoršila se jejich schopnost přijímat vodu. Dále se zpomalil růst kořenů a snížila se hmotnost biomasy u sazenic vypěstovaných ze semen vystavených látce Mannitol.

3.8 Klíčení čiroku

Po skončení bobtnání začíná čirok v polních podmínkách klíčit do 3 až 6 dnů, v případě nepříznivých podmínek do 10 dnů. V případě pěstování čiroku, hlavně při klíčení a vzházení porostu, je nejdůležitějším faktorem teplota půdy. Čím větší teplotu má půda, tím dříve se objeví koleoptile. Jako optimální se udává teplota od 20 °C do 30 °C. Nicméně lze pozorovat klíčení čiroku při teplotě 15 °C, kdy klíčivost dosahuje kolem 80 %, minimální teplota pro klíčení je 12 °C (Hermouth et al. 2012).

Proces klíčení včetně fází BBCH je téměř identický jako u kukuřice. Jakmile dojde k protržení osemení, vyrůstá nejprve radícula, která se později vyvine do primárního kořene, přičemž postranní kořínky se objevují až ve fázi 4 – 5 listů. Postranní kořínky vyrůstají z nódu, který vzniká na bázi koleoptile. Pod koleoptilí se nachází plumula, která tvoří základ prvních listů (House 1985; Singh et al. 2010).

3.8.1 Vliv teploty na klíčení čiroku

Dle Ercoli et al. (2004) je čirok citlivý vůči nízkým teplotám. Při dlouhodobějším vystavení nízkým teplotám dochází u čiroku ke snížení celkové klíčivosti, ke snížení fotosyntetické kapacity nebo např. ke snížení výnosu semen.

Yu et al. (2004) zkoušeli v laboratorních i polních podmínkách toleranci čiroku vůči nízkým teplotám. Zjistili, že k nezvratnému poškození buněk dochází již při 10 – 15 °C.

Gill et al. (2003) testovali změny v klíčení čiroku při různých stresových podmínkách a následnou změnu v obsahu rozpustného cukru v semenech. Semena byla vystavena nízkým i vysokým teplotám a působení chloridu sodného. Při všech uvedených stresových podmínkách výrazně klesla celková klíčivost, snížil se obsah vodního potenciálu a obsah vody v tkáních. Tím došlo ke snížení celkové hmotnosti embrya a endospermu. V důsledku stresu se zvýšil obsah rozpustného cukru v embryu i endospermu, přičemž převažoval obsah fruktózy nad obsahem sacharózy.

Patané et al. (2006) testovali vliv teploty na klíčení čiroku. Semena dvou testovaných hybridů byla podrobena osmoprimingu, což je proces, ve kterém jsou semena namočena v roztoku s polyethyleglykenolem nebo jemu podobné látce.

Postupné snižování teploty zpomalovalo klíčení semen čiroku ale i při nejnižší teplotě vyklíčilo více než 50 % testovaných semen, tento výsledek se přisuzuje proběhnutému osmoprimingu (Patané et al. 2006).

3.8.2 Klíčení čiroku při vodním stresu

Patané et al. (2009) zkoumali klíčení a růst radikuly při snížení vodního potenciálu, způsobeném chloridem sodným a při vystavení různým teplotám. Bylo zjištěno, že vhodná teplota dokáže semenům čiroku pomoci vyrovnat se se snížením vodního potenciálu. V této studii byla optimální teplota pro klíčení semen čiroku 25 °C a při této teplotě nedošlo ke snížení počtu celkově vyklíčených semen oproti kontrolní variantě. Čím nižší byla teplota, tím hůře se semena vyrovnávala se snížením vodního potenciálu, snižovala se jejich schopnost klíčit a celkově se proces klíčení zpomalil. Při nejnižší teplotě nevyklíčila semena vůbec. Oproti klíčení semen byl růst radikuly vůči zasolení citlivější a zvýšená koncentrace NaCl negativně ovlivnila růst radikuly při všech teplotách.

Brant et al. (2011) testovali klíčivost čiroku a kukuřice při různých teplotách a při různé dostupnosti vody. Bylo zjištěno, že čirok při zhoršených podmínkách klíčí lépe než kukuřice, nicméně při nejnižší teplotě (10 °C) nevyklíčila semena obou druhů.

3.8.3 Vliv dalších faktorů na klíčení čiroku

Adamčík & Pulkrábek (2012) testovali klíčení několika hybridů čiroku, při vystavení různým teplotám. Semena vybraných hybridů byla ošetřena přípravky Lexin a M-Sunagreen, což jsou biologicky aktivní přípravky, které obsahují auxiny a používají se jako stimulanty růstu. Oba přípravky měli pozitivní vliv na celkovou klíčivost, energii klíčení a střední dobu klíčení. Použití výše uvedených přípravků lze na základě tohoto pokusu také doporučit pro klíčení semen v nepříznivých teplotních podmínkách. Při nejnižší teplotě 12 °C klíčila neošetřená semena o 5 dní déle, než semena ošetřená přípravky Lexin a M-Sunagreen.

Adamčík et al. (2016) opět testovali zlepšení klíčení čiroku při použití přípravků Lexin a M-Sunagreen. Zjistili, že optimální teplotou pro klíčení čiroku je 20 °C, ale klíčení bylo možné pozorovat již při 12 °C.

Bishonoi et al. (1997) testovali vliv různé hladiny pH na klíčení několika kultivarů čiroku. Bylo zjištěno, že semena čiroku při klíčení hůře snášejí nízké hodnoty pH než vysoké hodnoty pH, přičemž všechny testované kultivary byly tolerantní k hodnotě pH 6 – 8.

4 Materiál a metodika

Pokus s příjmem vody semeny kukuřice a čiroku a jeho vliv na klíčivost probíhal v laboratorních podmínkách. Dané podmínky byly řízeny v klimaboxu (typ Binder KBWF 720). V klimaboxu bylo nastaveno střídání světla a tmy po 12 hodinách. Klimatické podmínky byly nastaveny na teplotu 20 °C a vlhkost vzduchu byla nastavena na 75 %. V případě kukuřice byly vybrány čtyři hybridy, MAS 24.C, Koblens, Xxavi a Luxxida, s rozdílnými čísly FAO. U čiroku byly vybrány hybridy Pampa Centurion BMR, Nutri Honey BMR, Nutri Honey SxS a Sweet Suzana.

4.1 Charakteristika použitých hybridů

4.1.1 Kukuřice

- MAS 24.C – typ zrna mezizub až zub, FAO 260, lze pěstovat na zrno, siláž i bioplyn, jedná se o silný hybrid, který má vysoký výnos zrna i siláže, a to i v nepříznivých klimatických podmínkách, produkuje zdravé zrno, neboť má vysokou odolnost proti fuzariózám palic (Soufflet-agro 2015),
- Koblens – typ zrna koňský zub, FAO 280, značí se rychlým počátečním vývojem a dobrou odolností vůči chladu, zrno má vysokou nutriční hodnotu, z tohoto důvodu se využívá převážně na výrobu siláže pro vysokoprodukční dojnice, rostliny se vyznačují stay green efektem (Venclová 2012; KWS 2016),
- Xxavi – typ zrna koňský zub, FAO 300, používá se na siláž i na výrobu bioplynu, má dobře opylovatelné palice, hybrid má dobrou odolnost vůči chladu i vůči lámání stébla (Ragt-osivo 2018),
- Luxxida – typ zrna koňský zub, FAO 320, používá se na zrno, siláž i na výrobu bioplynu, rostlina má pevné stéblo, má vysoké výnosy jak zelené, tak suché hmoty na hektar, dobře odolává chladu (Ragt-osivo 2018).

4.1.2 Čirok

- Pampa Centurion BMR – hybrid s nízkým obsahem ligninu, řadí se mezi rané odrůdy s vysokým výnosem a vynikající kvalitou hmoty (Štěpánek 2018),
- Nutri Honey BMR – hybrid súdánské trávy a čiroku má o 40 — 60 % snížený obsah ligninu, čímž má zvýšenou hodnotu stravitelnosti (Seedservice 2018),

- Nutri Honey SxS – vyznačuje se rychlým počátečním vývojem i dobrým obrůstáním po sklizni, jedná se o kvalitní odrůdu, která byla zařazena do seznamu doporučených odrůd Evropské unie (Seedservice 2018),
- Sweet Suzana – dorůstá až 160 cm s výraznou latou, z čehož vyplývá zajištění dobrého výnosu zelené hmoty s vysokým obsahem zrna (Seedservice 2018; Štěpánek 2018).

4.2 Metodika

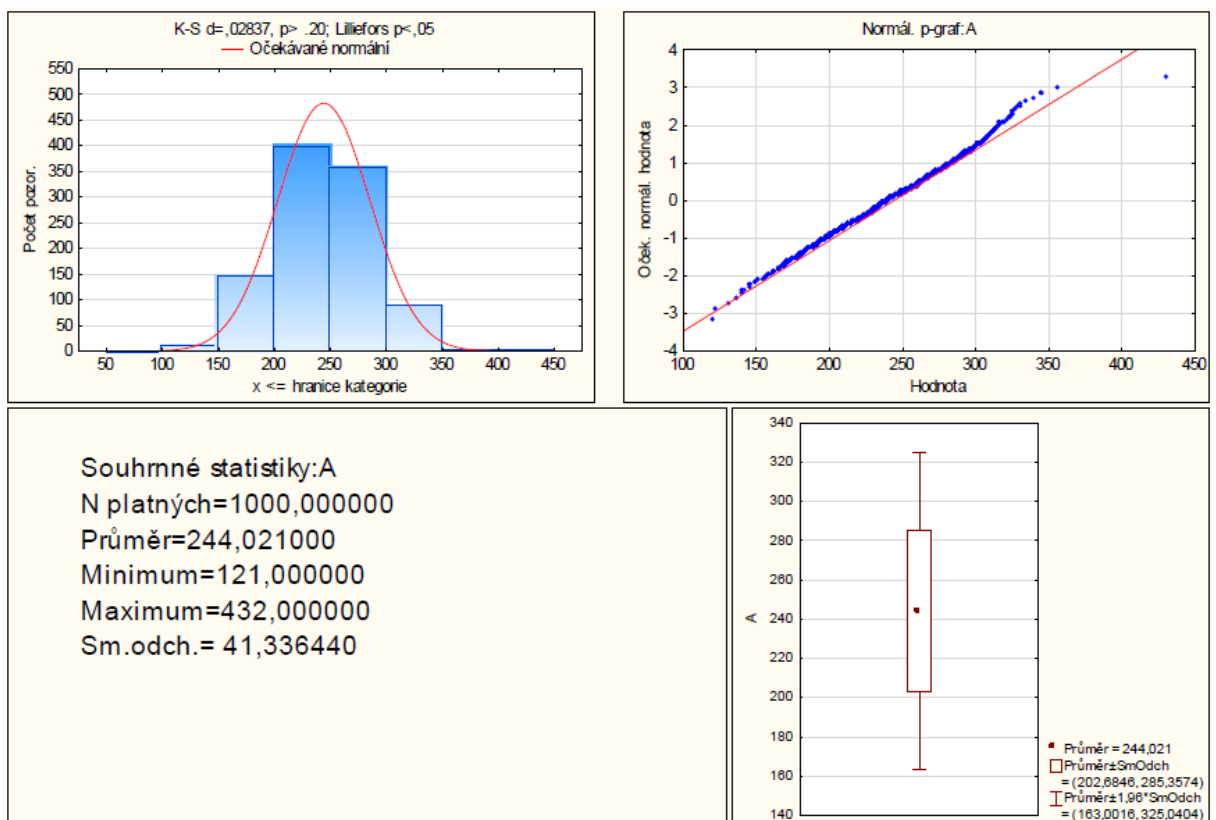
4.2.1 Experiment A – vliv příjmu vody na klíčivost semen kukuřice a čiroku

Pokus, ve kterém se sledoval vliv příjmu vody na klíčivost u jednotlivých hybridů kukuřice a čiroku začal napočítáním jednotlivých vzorků. U každého hybridu kukuřice a čiroku byly stanoveny čtyři vzorky po 100 semenech. Jednotlivé vzorky byly ručně napočítány a poté došlo k jejich ponoření do destilované vody, po stanovenou dobu expozice – 3, 5, 7, 8, 9, 12, 15, 18 a 24 hodin. Po uplynutí stanovené doby expozice došlo k vyjmutí semen z destilované vody a semena byla povrchově osušena na filtračním papíru. Následně byla semena v Petriho miskách umístěna do klimaboxu, kde byla sledována jejich klíčivost. Kontrola klíčivosti probíhala každý den přibližně ve stejný čas, po dobu pěti dnů. Naklíčená semena, která měla kořínek minimálně 2 mm, byla z misek odstraněna, přepočítána a zbylá semena se opět vrátila do klimaboxu. Kontrolní varianta probíhala s dostatečným množstvím destilované vody, kdy semena byla umístěna na filtračním papíře, po dobu 21 dní.

4.2.2 Experiment B – vliv hmotnosti semen kukuřice na dynamiku klíčení

V další části pokusu byl sledován vliv hmotnosti semen na dynamiku klíčení. Tyto parametry byly zkoumány na hybridu kukuřice Koblenz. Semena byla rozdělena do tří hmotnostních frakcí na malá semena (hmotnost semene do 0,202 g), střední semena (hmotnost semen v rozmezí od 0,203 g do 0,285 g) a velká semena (hmotnost semene od 0,286 g). Váhová hranice hmotnostních frakcí byla převzata od Harantové (2017), která stanovení frakcí provedla nejprve zvážením tisíce semen, následným zvážením jednotlivých semen ze vzorku a vyhodnocením získaných údajů v programu Statistica 12 (znázorněno v Grafu č. 1).

Rozřazení semen do jednotlivých hmotnostních frakcí probíhalo ručním zvážením semen a následného zařazení do příslušné hmotnostní frakce. Byly stanoveny tři doby namáčení v dostatečném množství destilované vody a to 12, 18 a 24 hodin. Stejně jako v předchozí části pokusu bylo 4 x 100 semen z každého vzorku namočeno v destilované vodě a po uplynutí stanovené doby namáčení povrchově osušeno na filtračním papíru. Následně byla semena na Petriho miskách umístěna do klimaboxu, kde se po dobu pěti dní, za stejných podmínek jako v experimentu A, sledovala jejich klíčivost. Výsledky byly srovnány s kontrolní variantou, kterou realizovala Harantová (2017).



Graf č. 1 Stanovení hmotnostních frakcí semen u hybridu kukuřice Koblens (Harantová 2017).

4.3 Sledované ukazatele klíčení

4.3.1 Klíčivost v závislosti na době namáčení

U kukuřice i čiroku byla sledována dynamika klíčení, která je vyjádřena v procentech za sumu denních hodnot, vzešlých z aritmetického průměru za čtyři opakování pro jednotlivé hybridy. Celková klíčivost byla vyjádřena jako suma vyklíčených semen poslední den pokusu.

4.3.2 Statistické vyhodnocení

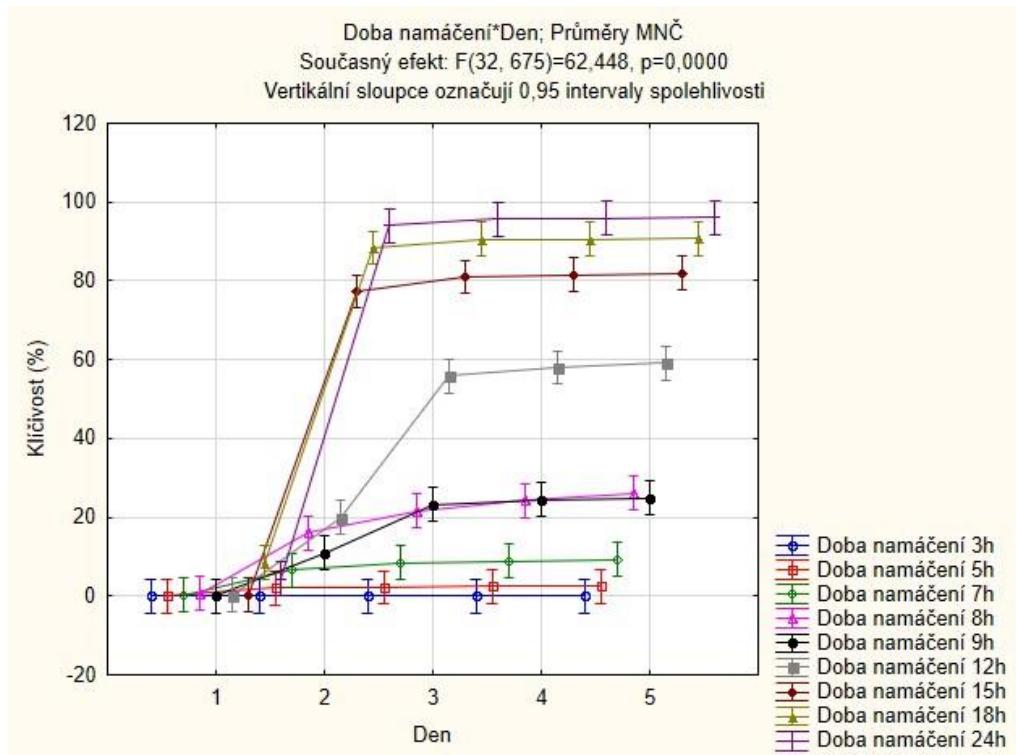
Výsledky byly vyhodnoceny jedno- a dvoufaktorovou analýzou rozptylu s interakcí, v programu Statistica 12 (Tukey HSD test, $\alpha = 0,05$).

5 Výsledky

5.1 Klíčivost semen kukuřice

5.1.1 Dynamika klíčení ve stanovených dobách namáčení

V Grafu č. 2 je znázorněna dynamika klíčení v průměru za všechny sledované hybridy kukuřice, v jednotlivých dnech pokusu dle doby namáčení. Získané výsledky se statisticky významně lišily. První den bylo nejvyšší klíčení sledováno u doby namáčení 18 hodin s 8,4 % vyklíčených semen, v případě dob namáčení 3 a 5 hodin nebylo pozorováno žádné klíčení, přičemž pro dobu namáčení 3 hodiny trvala tato skutečnost až do konce pokusu. Nejnížší sledovaná klíčivost byla první den sledována u 9 hodin namáčení, kdy první den vyklíčilo 0,1 % semen.



Graf č. 2 Souhrnný graf pro dynamiku klíčení, v průměru za všechny sledované hybridy u kukuřice.

Druhý den byla nejvyšší klíčivost sledována u doby namáčení 24 hodin s 94,1 % vyklíčených semen, naopak nejnížší byla druhý den u doby namáčení 5 hodin s 2 % vyklíčených semen. Statisticky významně se druhý den liší klíčivost u dob namáčení 15, 18 a 24 hodin proti zbylým dobám namáčení.

Třetí den vyklíčilo nejvíce semen u 24 hodin namáčení a to 95,8 % semen, nejméně pak u 5 hodin namáčení a to 2,2 % semen. Třetí den se statisticky významně lišila klíčivost u doby namáčení 12 hodin oproti dobám namáčení 15, 18 a 24 hodin. Dále se pak významně statisticky odlišovaly doby namáčení 8 a 9 hodin oproti vyšším i nižším dobám namáčení.

Čtvrtý a pátý den nejvíce klíčila semena po 24 hodinách namáčení, 95,9 % a 96 %, nejméně pak semena s dobou namáčení 5 hodin s 2,5 % vyklíčených semen v obou dnech. Statisticky významně se v posledních dvou dnech odlišovala klíčivost v dobách namáčení 3, 5 a 7 hodin oproti vyšším dobám namáčení, dále pak 8 a 9 hodin oproti vyšším dobám namáčení. Dále se statisticky významně odlišovala doba namáčení 12 hodin oproti nižším dobám namáčení a oproti klíčivosti po 15, 18 a 24 hodinách.

5.1.2 Dynamika klíčení hybridů ve stanovených dobách namáčení

Dynamika klíčení sledovaných hybridů kukuřice byla sledována po dobu pěti dnů a její grafické vyjádření je v přílohové části této práce. Při době namáčení 3 hodiny, nebyla pozorována žádná klíčivost u sledovaných hybridů kukuřice, z tohoto důvodu nejsou v přílohové části výsledky graficky vyjádřeny.

Graf č. 3 znázorňuje dynamiku klíčení vybraných hybridů kukuřice po 5 hodinách namáčení. Výsledky se statisticky významně lišily pátý den sledování dynamiky klíčení. První den nebylo sledováno žádné klíčení. Druhý den bylo zaznamenáno nejvíce vyklíčených semen u hybridu MAS 24.C s 4 % vyklíčených semen, naopak u hybridu Koblens nebyla zaznamenána žádná vyklíčená semena, přičemž tento jev trval po celou dobu trvání pokusu. Třetí den opět bylo nejvíce vyklíčených semen zaznamenáno u hybridu MAS 24.C s 4,7 % vyklíčených semen. Čtvrtý a pátý den bylo znovu nejvíce vyklíčených semen zaznamenáno u hybridu MAS 24.C s 5,1 % a 5,5 % vyklíčených semen. Pátý den se statisticky významně lišily výsledky hybridů MAS 24.C, Xxavi a Luxxida (5,5 %, 2,9 % a 1,9 % vyklíčených semen) oproti hybridu Koblens u kterého nebyla zaznamenána žádná vyklíčená semena.

Graf č. 4 znázorňuje dynamiku klíčení vybraných hybridů kukuřice po 7 hodinách namáčení. První den bylo sledováno klíčení pouze u hybridu Luxxida s 0,8 % vyklíčených semen. Druhý den byla nevyšší klíčivost pozorována u hybridu MAS 24.C s 8 % vyklíčených semen a u hybridu Luxxida s 8,3 % vyklíčených semen.

Třetí den byl pozorován výrazný nárůst klíčivosti u hybridu Xxavi na 13,5 % vyklíčených semen, naopak u hybridu Koblens byla opět pozorována nejnižší klíčivost s 2 % vyklíčených semen a statisticky významně se jeho klíčivost lišila od klíčivosti hybridů MAS 24.C, Xxavi a Luxxida. Čtvrtý den byla sledována nejvyšší klíčivost u hybridu Xxavi s 14,3 % vyklíčených semen, kdy se tento sledovaný výsledek statisticky významně lišil od sledované nejnižší klíčivosti hybridu Koblens (2,5 % vyklíčených semen). Pátý den byla sledována nejvyšší klíčivost opět u hybridu Xxavi s 15,8 % vyklíčených semen, přičemž tento sledovaný výsledek se opět statisticky významně lišil od nejnižší sledované klíčivosti u hybridu Koblens (2,5 %).

Vliv doby namáčení 8 hodin na dynamiku klíčení vybraných hybridů kukuřice je znázorněn v Grafu č. 5. První den nebylo pozorováno klíčení u hybridů MAS 24.C a Koblens, nejvyšší klíčivost byla pozorována u hybridu Xxavi s 2 % vyklíčených semen. V druhém dni byla nejvyšší klíčivost sledována u hybridu Xxavi s 23,5 % vyklíčených semen a u hybridu MAS 24.C s 22,8 % vyklíčených semen, kdy se tyto sledované výsledky statisticky významně lišily od klíčivosti hybridu Koblens s 2,3 % vyklíčených semen. Třetí den se statisticky významně lišila klíčivost hybridu Koblens vůči hybridům MAS 24.C a Xxavi. U hybridu Koblens byla pozorována nejnižší klíčivost s 3,8 % vyklíčených semen, naopak nejvyšší klíčivost byla pozorována u hybridu MAS 24.C s 33,5 % vyklíčených semen. Čtvrtý den se znovu staticky významně odlišovala klíčivost hybridu Koblens (3,8 % vyklíčených semen) od hybridů MAS 24.C a Xxavi (35,5 % a 36,5 % vyklíčených semen). Pátý den se opět statisticky významně odlišoval hybrid Koblens s nejnižší klíčivostí 4,8 % vyklíčených semen od hybridů MAS 24.C a Xxavi, přičemž u hybridu Xxavi byla pozorována průkazně nejvyšší klíčivost s 38,8 % vyklíčených semen.

V Grafu č. 6 je znázorněna dynamika klíčení vybraných hybridů kukuřice po 9 hodinách namáčení. První den nebylo pozorováno žádné klíčení u sledovaných hybridů. Druhý den bylo pozorováno klíčení u všech sledovaných hybridů, kdy nejvyšší klíčivost byla sledována u hybridu Xxavi s 18,5 % vyklíčených semen, naopak nejnižší klíčivost byla sledována u hybridu Koblens s 2,5 % vyklíčených semen. Třetí den se statisticky významně lišila klíčivost hybridu Koblens s 8 % vyklíčených semen a klíčivost hybridu Xxavi s 38 % vyklíčených semen. Tato skutečnost byla pozorována po zbývající dobu pokusu. U hybridu Xxavi byla sledována nejvyšší klíčivost čtvrtý i patý den s 40,8 % vyklíčených semen, naopak nejnižší klíčivost byla sledována u hybridu Koblens s 8,5 % a 8,8 % vyklíčených semen.

Graf č. 7 znázorňuje dynamiku klíčení vybraných hybridů kukuřice po 12 hodinách namáčení, přičemž výsledky mezi jednotlivými hybridy se statisticky významně lišily od druhého dne pokusu. První den nebylo pozorováno žádné klíčení. Druhý den byla pozorována nejvyšší klíčivost u hybridu Xxavi s 36,3 % vyklíčených semen a hybridu Luxxida s 27 % vyklíčených semen, přičemž klíčivost hybridu Xxavi se statisticky významně lišila od klíčivosti hybridu MAS 24.C (8,3 % vyklíčených semen) a hybridu Koblens (8,5 %). Třetí den došlo k vyrovnání klíčivosti u hybridů MAS 24.C, Xxavi a Luxxida (64,5 %, 65,3 % a 55 %). Naopak hybrid Koblens statisticky významně zaostával ve sledované klíčivosti s 38,8 % vyklíčených semen. Čtvrtý a pátý den se klíčivost všech sledovaných hybridů již téměř neměnila, přičemž nejvyšší klíčivost byla sledována u hybridu MAS 24.C (69,5 % a 73 %), statisticky významně se odlišoval pouze hybrid Koblens, u kterého byla sledována nejnižší klíčivosti kolem 39 %.

V Grafu č. 8 je znázorněna dynamika klíčení vybraných hybridů kukuřice po 15 hodinách namáčení i v tomto případě se výsledky statisticky významně lišily. První den nebylo pozorováno žádné klíčení. Druhý den se od sebe statisticky významně odlišovaly hybridy MAS 24.C a Xxavi vůči hybridům Luxxida a Koblens. Nejvyšší klíčivost byla druhý den pozorována u hybridu MAS 24.C s 89,8 % vyklíčených semen, nejnižší klíčivost pak u hybridu Koblens s 62,5 % vyklíčených semen. Třetí den se od sebe statisticky významně odlišovaly hybridy MAS 24.C s 92,8 % vyklíčených semen, hybrid Luxxida s 77,3 % vyklíčených semen a hybrid Koblens s 65,3 % vyklíčených semen. Hybrid Xxavi s 88,8 % vyklíčených semen se statisticky významně odlišoval pouze od hybridu Koblens. Tato statisticky významná odlišnost zůstala stejná až do konce sledování pokusu. V průběhu čtvrtého a pátého dne byla stále sledována nejvyšší klíčivost u hybridu MAS 24.C, jehož klíčivost se pátý den zastavila na 93 % vyklíčených semen. Nejnižší klíčivost v průběhu posledních dvou dnů byla sledována u hybridu Koblens, kdy počet vyklíčených semen pátý den dosáhl 66,5 %.

Graf č. 9 znázorňuje dynamiku klíčení vybraných hybridů kukuřice po 18 hodinách namáčení. V tomto grafu můžeme také pozorovat, že klíčení probíhalo pouze v prvních třech dnech, přičemž získané výsledky mezi jednotlivými hybridy se statisticky významně neliší. První den byla nejvyšší klíčivost pozorována u hybridu Xxavi s 12,5 % vyklíčených semen, nejnižší klíčivost byla pozorována u hybridu Koblens s 9,5 % vyklíčených semen.

Druhý den byla sledována nejvyšší klíčivost u hybridu MAS 24.C s 93,3 % vyklíčených semen, nejnižší klíčivost byla sledována u hybridu Koblens s 87,5 % vyklíčených semen. Třetí den byla pozorována nejvyšší klíčivost u hybridu MAS 24.C s 95,8 % vyklíčených semen, nejnižší opět u hybridu Koblens s 89,3 % vyklíčených semen. Ve zbývajících dvou dnech pokusu nebylo pozorováno další klíčení.

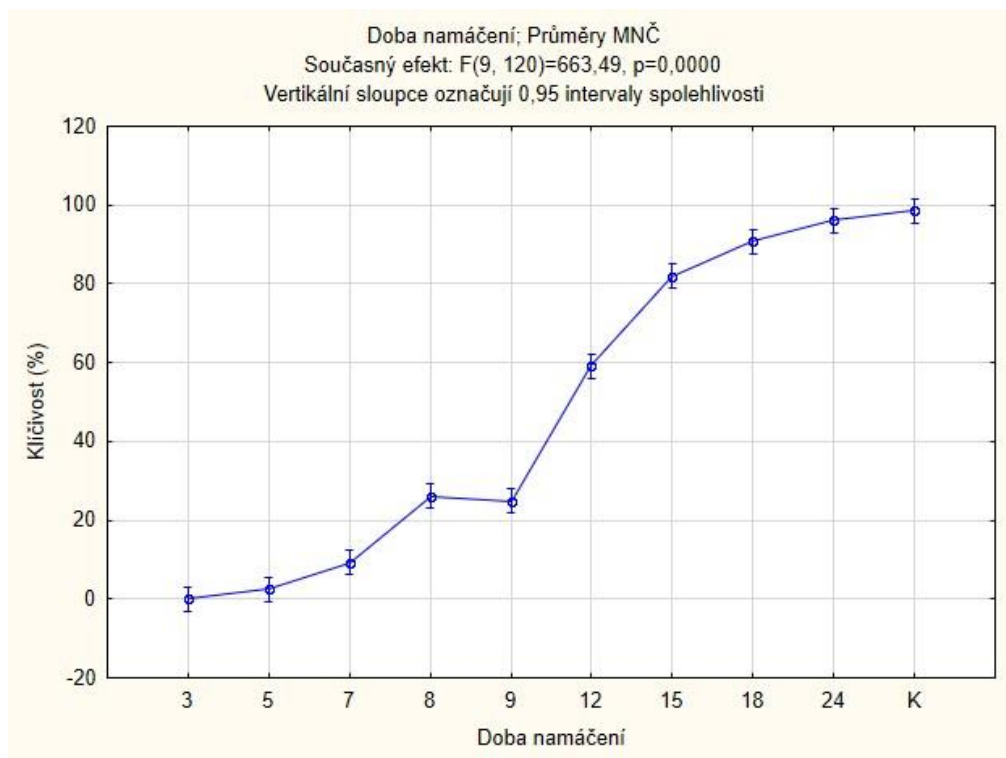
Graf č. 10 znázorňuje dynamiku klíčení vybraných hybridů kukuřice po 24 hodinách namáčení. Získané výsledky v tomto sledování se statisticky významně neliší mezi sledovanými hybridy, a i zde lze pozorovat největší nárůst v klíčivosti po dobu prvních tří dnů. První den byla sledována nejvyšší klíčivost u hybridu Koblens s 8 % vyklíčených semen, naopak nejnižší klíčivost pak u hybridu MAS 24.C s 0,8 % vyklíčených semen. Druhý den byla pozorována nejvyšší klíčivost u hybridu Luxxida s 98 % vyklíčených semen, nejnižší pak opět hybrid MAS 24.C s 91 % vyklíčených semen. Třetí den byla pozorována nejvyšší klíčivost znovu u hybridu Luxxida s 98,8 % vyklíčených semen, nejnižší klíčivost pak u hybridu Koblens s 93,8 % vyklíčených semen. Získané výsledky, zůstaly po zbývajících dva dny beze změn.

5.1.3 Celková klíčivost ve stanovených dobách namáčení

Celková klíčivost v průměru za všechny sledované hybridy kukuřice ve stanovených dobách namáčení je graficky znázorněna v souhrnném Grafu č. 11. Celková klíčivost je zde porovnávána s celkovou klíčivostí kontrolní varianty, která probíhala s dostatečným přísunem destilované vody. Konkrétní hodnoty jsou znázorněny v Tabulce č. 2 v přílohové části práce.

V případě namáčení po dobu 3 hodin nebylo pozorováno žádné klíčení u sledovaných hybridů kukuřice. Doby namáčení 3, 5 a 7 hodin se významně statisticky liší oproti zbylým dobám namáčení. Během prvních třech časových expozicích byla také zaznamenána nejnižší celková klíčivost. Další významná statistická odlišnost byla pozorována mezi dobami 8 a 9 hodin namáčení vůči 12, 15, 18 a 24 hodinami namáčení a také vůči kontrolní variantě. Doba namáčení 12 hodin se významně statisticky odlišovala od 15, 18, 24 hodin a od kontrolní varianty. Další odlišnost byla pozorována u doby namáčení 15 hodin vůči 18 a 24 hodinám a kontrolní variantě. Doba namáčení 18 hodin se statisticky významně lišila od kontrolní varianty, přičemž doba namáčení 24 hodin se statisticky významně od kontrolní varianty nelišila.

Nejnižší zaznamatelná celková klíčivost byla sledována po době namáčení 5 hodin s 2,5 % celkově vyklíčených semen. Nejvyšší celková klíčivost byla sledována po době namáčení 24 hodin s 96 % celkově vyklíčených semen a v kontrolní variantě s 98,6 % celkově vyklíčených semen (v Grafu č. 11).



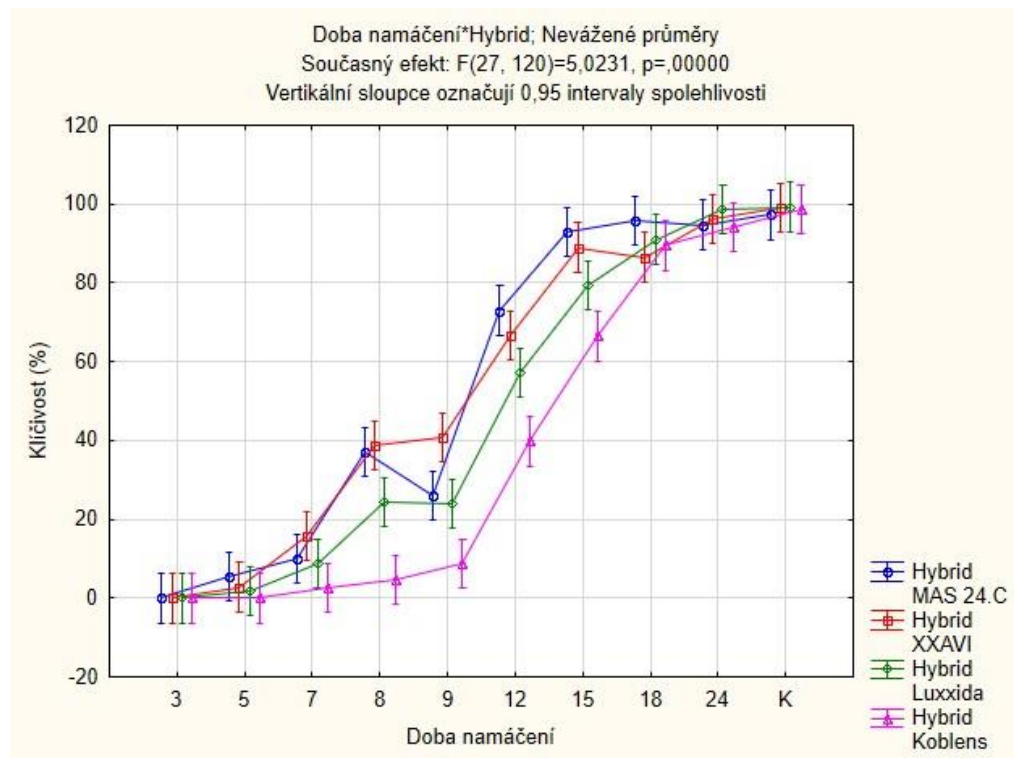
Graf č. 11 Souhrnný graf pro celkovou klíčivost v průměru za všechny sledované hybridy kukuřice, ve stanovených dobách namáčení, v porovnání s kontrolní variantou.

5.1.4 Celková klíčivost hybridů ve stanovených dobách namáčení

Celková klíčivost pro jednotlivé hybridy kukuřice, ve stanovených dobách namáčení je znázorněna v Grafu č. 12. Po 3 hodinách namáčení nebylo pozorováno žádné klíčení. Po 5 hodinách namáčení byla pozorována nejvyšší celková klíčivost u hybridu MAS 24.C s 5,5 % celkově vyklíčených semen, naopak u hybridu Koblens nebylo pozorováno žádné klíčení.

Po 7 hodinovém namáčení byla sledována nejvyšší celková klíčivost u hybridu Xxavi s 24 % celkově vyklíčených semen, přičemž statisticky významně se lišila od celkové klíčivosti hybridu Koblens (klíčivost 2,5 %).

Po 8 hodinovém namáčení byla pozorována nejvyšší celková klíčivost u hybridu Xxavi s 38,8 % celkově vyklíčených semen. Statisticky významně se při této době namáčení lišily výsledky celkové klíčivosti mezi hybridy Luxxida a Koblens. Dále se po 8 hodinovém namáčení významně lišila celková klíčivost mezi hybridy Luxxida, Xxavi a MAS 24.C vůči hybridu Koblens. U hybridu Koblens byla opět po 8 hodinovém namáčení pozorována nejnižší celková klíčivost a to 4,8 %.



Graf č. 12 Celková klíčivost vybraných hybridů kukuřice v jednotlivých dobách namáčení, ve srovnání s kontrolní variantou.

Po 9 hodinovém namáčení byla sledována nejvyšší celková klíčivost u hybridu Xxavi s 40,8 % celkově vyklíčených semen, nejnižší klíčivost opět u hybridu Koblens s 8,8 %. Statisticky významně se liší pouze výsledky celkové klíčivosti hybridu Koblens vůči hybridům MAS 24.C a Xxavi.

Po 12 hodinovém namáčení byla pozorována nejvyšší celková klíčivost u hybridu MAS 24.C s 73 % celkově vyklíčených semen, nejnižší celková klíčivost pak opět u hybridu Koblens s 39,8 %. Statisticky významně se lišila celková klíčivost hybridu Koblens od celkové klíčivosti hybridů MAS 24.C a Xxavi.

Po 15 hodinovém namáčení byla sledována nejvyšší celková klíčivost opět u hybridu MAS 24.C s 93% celkově vyklíčených semen, nejnižší celkovou klíčivost pak opět hybrid Koblens s 66,5 %. Statisticky významně se lišila celková klíčivost hybridu Koblens od celkové klíčivosti hybridů MAS 24.C a Xxavi.

V dobách namáčení 18 a 24 hodin i v kontrolní variantě se sledované hybridy přestaly významně statisticky lišit v otázce celkové klíčivosti. Nejnižší celkovou klíčivost v dobách namáčení 18 a 24 hodin, i v kontrolní variantě, byla sledována u hybridu Koblens s výsledky 89,5 %, 94,3 % a 98,8 % celkově vyklíčených semen. Nejvyšší celková klíčivost byla po 18 hodinách namáčení sledována u hybridu MAS 24.C s 95,8 %. Při době namáčení 24 hodin a v kontrolní variantě byla pozorována nejvyšší celková klíčivost u hybridu Luxxida s 98,8 % a 99,3 %.

5.2 Klíčivost semen čiroku

5.2.1 Dynamika klíčení ve stanovených dobách namáčení

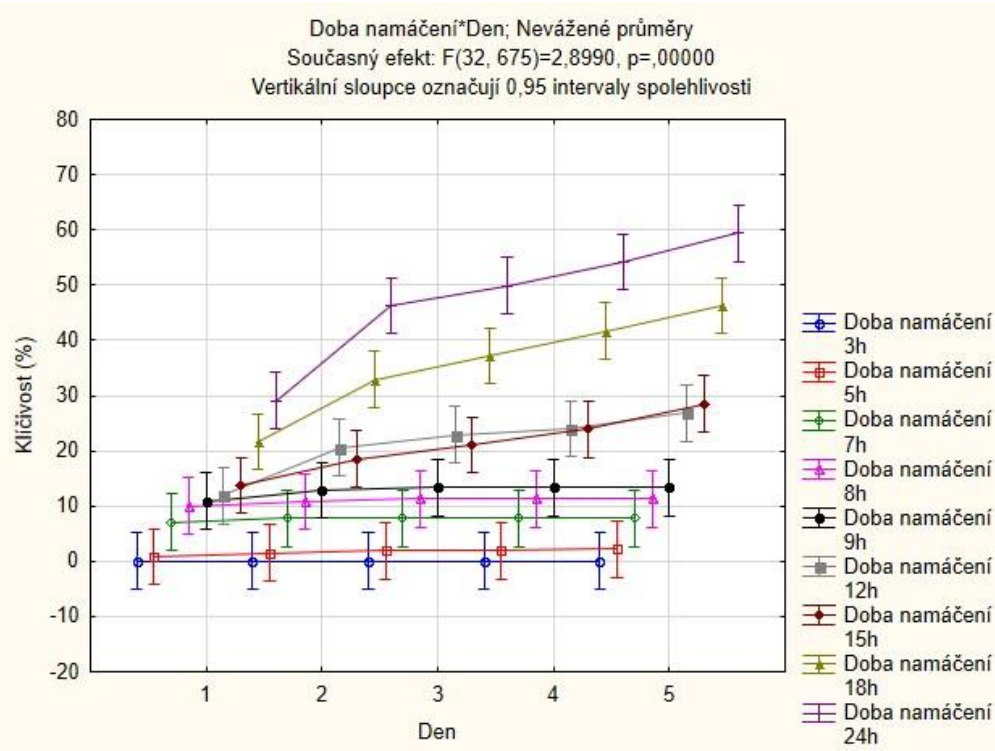
V Grafu č. 13 je znázorněna dynamika klíčení v průměru za všechny sledované hybridy čiroku ve stanovených dobách namáčení. Získané výsledky se statisticky významně lišily. Stejně jako u kukuřice nebylo během doby namáčení 3 hodiny pozorováno žádné klíčení. Po celou dobu pokusu, tedy po dobu pěti dní byla pozorována nejnižší klíčivost semen čiroku v době namáčení 5 hodin, kdy první den vyklíčilo 0,9 % semen a v průběhu pozorování se jejich klíčení takřka neměnilo (pátý den vyklíčilo 2,2 % semen).

Během celého pokusu byla naopak pozorována nejvyšší klíčivost semen čiroku v době namáčení 24 hodin, kdy první den vyklíčilo 29,1 % semen, jejich klíčení vzrůstalo a pátý den vyklíčilo celkem 59,4 % semen. První den byla pozorována statisticky významná odlišnost klíčivosti u semen namáčených po 18 a 24 hodin oproti zbylým dobám namáčení.

Druhý den byla pozorována statisticky významná odlišnost v klíčivosti při dobách namáčení 3, 5, 7, 8 a 9 hodin oproti době namáčení 18 a 24 hodin. Doby namáčení 12, 15 a 18 hodin se od sebe statisticky významně neodlišovaly ani doby namáčení 18 a 24 hodin se statisticky významně neodlišovaly.

Třetí den se od sebe statisticky významně lišily doby namáčení 3, 5, 7, 8 a 9 hodin oproti 18 a 24 hodinám. Doba namáčení 12 hodin se statisticky významně lišila oproti době namáčení 24 hodin a doba namáčení 15 hodin se statisticky významně lišila od dob namáčení 18 a 24 hodin.

Čtvrtý den byla statisticky významná odlišnost pozorována mezi hodinami 3, 5, 7, 8, 9 hodin a 18 a 24 hodin. Doby namáčení 12 a 15 hodin se statisticky významně lišily od dob namáčení 3, 5, 7, 18 a 24 hodin. Příčemž obdobným způsobem lze popsat sledované výsledky i pro pátý den.



Graf č. 13 Souhrnný graf pro dynamiku klíčení, v průměru za všechny sledované hybridy u čiroku.

5.2.2 Dynamika klíčení hybridů ve stanovených dobách namáčení

Sledování dynamiky klíčení vybraných hybridů čiroku ve stanovených dobách namáčení probíhala stejným způsobem jako u vybraných hybridů kukuřice a stejně jako v předchozí kapitole jsou grafy v přílohové části práce. Při době namáčení 3 hodiny nebylo pozorováno žádné klíčení u sledovaných hybridů čiroku, z tohoto důvodu pro tuto dobu namáčení chybí grafické znázornění výsledků.

V Grafu č. 14 je znázorněna dynamika klíčení vybraných hybridů čiroku po 5 hodinách namáčení. První až pátý den nebyla pozorována klíčivost u hybridů Pampa Centruion BMR a Nutri Honey BMR. U hybridu Nutri Honey SxS byla po celou dobu pozorována nízká klíčivost (1 % – 1,5 % vyklíčených semen). Hybrid Sweet Suzana postupně zvyšoval klíčivost, kdy první den bylo pozorováno 2,5 % vyklíčených semen, přičemž nejvyšší klíčivost byla zaznamenána 5 den s 7,3 % vyklíčených semen. Klíčivost hybridu Sweet Suzana se statisticky významně odlišovala od klíčivosti ostatních sledovaných hybridů.

Graf č. 15 znázorňuje dynamiku klíčení vybraných hybridů čiroku po 7 hodinách namáčení. Po dobu sledování nebyla opět pozorována klíčivost u hybridu Pampa Centurion BMR. Klíčení u zbývajících hybridů bylo pozorováno během prvního a druhého dne. V dalších dnech sledování zůstalo klíčení sledovaných hybridů beze změn. Nejvyšší klíčivost byla pozorována u hybridu Sweet Suzana s 12,8 % vyklíčených semen pátý den pokusu. Statisticky významně se po celou dobu pokusu odlišovaly výsledky klíčivosti mezi dvěma skupinami hybridů – Pampa Centurion BMR a Nutri Honey BMR oproti Nutri Honey SxS a Sweet Suzana.

V Grafu č. 16 je znázorněna dynamika klíčení vybraných hybridů čiroku po 8 hodinách namáčení. U hybridu Pampa Centurion BMR nebylo opět pozorováno žádné klíčení. U ostatních hybridů bylo pozorováno klíčení pouze první den, kdy nejvyšší klíčivost byla pozorována u hybridu Nutri Honey SxS s 20,5 % vyklíčených semen. V následujících čtyřech dnech nebyly pozorovány žádné změny v klíčení. Statisticky významně se opět lišily stejné skupiny hybridů jako u doby namáčení 7 hodin.

Graf č. 17 znázorňuje dynamiku klíčení vybraných hybridů čiroku po 9 hodinách namáčení. Výsledky se statisticky významně lišily mezi hybridy Pampa Centurion BMR a Nutri Honey BMR vůči hybridům Nutri Honey SxS a Sweet Suzana. U hybridu Pampa Centurion opět nebylo pozorováno klíčení po celou dobu pokusu. První den pokusu byla pozorována nejvyšší klíčivost u hybridu Nutri Honey SxS s 20,8 % vyklíčených semen ale během zbývajících dnů pokusu u něj další klíčení nebylo pozorováno. První den bylo pozorováno klíčení i u hybridu Nutri Honey BMR s 5,8 % vyklíčených semen, přičemž po zbývajících čtyři dny nebylo u tohoto hybridu další klíčení pozorováno. U hybridu Sweet Suzana byla pozorována postupně se zvyšující klíčivost, která se zastavila čtvrtý den na 27 % vyklíčených semen.

V Grafu č. 18 je znázorněna dynamika klíčení vybraných hybridů čiroku po 12 hodinovém namáčení. Během této doby namáčení se výsledky klíčivosti statisticky významně nelišily. První den byla nejvyšší klíčivost pozorována u hybridu Nutri Honey SxS s 15 % vyklíčených semen, nejnižší pak u hybridu Pampa Centurion BMR s 8,8 % vyklíčených semen, přičemž u tohoto hybridu byla pozorována nejnižší klíčivost po celou dobu pokusu, kdy poslední den vyklíčilo 15 % semen. Druhý den byla sledována nejvyšší klíčivost u hybridu Sweet Suzana s 33,3 % vyklíčených semen. U tohoto hybridu byla po celou dobu sledování nejvyšší klíčivost, přičemž pátého dne byla sledovaná klíčivost 39,5 % vyklíčených semen.

Graf č. 19 znázorňuje dynamiku klíčení vybraných hybridů čiroku po 15 hodinách namáčení. První den bylo pozorováno klíčení u všech hybridů, přičemž nejvyšší klíčivost byla pozorována u hybridu Nutri Honey SxS s 16,8 % vyklíčených semen, nejnižší klíčivost pak u hybridu Pampa Centurion BMR s 6,5 % vyklíčených semen. Druhý den byla pozorována nejvyšší klíčivost u hybridu Sweet Suzana s 23,5 % vyklíčených semen, nejnižší klíčivost pak opět u hybridu Pampa Centurion BMR s 9 % vyklíčených semen. Statisticky významně se druhý den lišila klíčivost u hybridu Pampa Centurion BMR oproti zbývajícím sledovaným hybridům. Třetí den se staticky významně odlišovala sledovaná klíčivost hybridu Pampa Centurion BMR (10,3 % vyklíčených semen) od hybridu Nutri Honey BMR (24,3 %) a od hybridu Sweet Suzana (26,5 %). Čtvrtý den se již hybrid Pampa Centurion BMR s 11,5 % vyklíčených semen statisticky významně odlišoval od zbylých sledovaných hybridů, to platilo i pro získané výsledky pátý den. Čtvrtý a pátý den byla pozorována nejvyšší klíčivost u hybridu Nutri Honey BMR, jehož klíčivost se pátý den zastavila na 34,8 % vyklíčených semen.

V Grafu č. 20 je znázorněna dynamika klíčení vybraných hybridů čiroku po 18 hodinách namáčení, nicméně v této době namáčení nebyly zjištěné výsledky statisticky významně odlišné. První den byla nejnižší klíčivost zaznamenána u hybridu Nutri Honey SxS s 16,75 % vyklíčených semen, nejvyšší klíčivosti pak u hybridu Nutri Honey BMR s 26 % vyklíčených semen. Druhý den byla sledována nejvyšší klíčivost opět u hybridu Nutri Honey BMR s 41,75 % vyklíčených semen, nejnižší klíčivost pak u hybridu Nutri Honey SxS s 25,7 % vyklíčených semen. Stejně pořadí bylo i třetí a čtvrtý den pokusu. Pátý den byla nejvyšší klíčivost sledována u hybridu Nutri Honey BMR 60,50 % vyklíčených semen a nejnižší u hybridu Pampa Centurion BMR 37,75 %.

Graf č. 21 znázorňuje dynamiku klíčení vybraných hybridů čiroku po 24 hodinách namáčení. První den byla nejvyšší klíčivost pozorována u hybridu Nutri Honey SxS s 38,8 % vyklíčených semen, nejnižší klíčivost pak u hybridu Nutri Honey BMR s 18,3 % vyklíčených semen.

Druhý den byla pozorována nejnižší klíčivost u hybridu Nutri Honey BMR s 26,5 % vyklíčených semen, přičemž se tato klíčivost statisticky významně odlišovala od klíčivosti hybridů Nutri Honey SxS (54,3 % vyklíčených semen) a Sweet Suzana (58,8 %). Druhý den se dále statisticky významně lišila klíčivost hybridu Pampa Centurion BMR s 45,5 % vyklíčených semen oproti klíčivosti hybridů Nutri Honey SxS a Sweet Suzana.

Třetí den byla nejvyšší klíčivost sledována u hybridu Sweet Suzana s 62,8 % vyklíčených semen, nejnižší pak u hybridu Nutri Honey BMR s 30,3 % vyklíčených semen. Přičemž třetí den se statisticky významně lišily klíčivosti u hybridu Nutri Honey SxS oproti hybridům Nutri Honey BMR a Sweet Suzana.

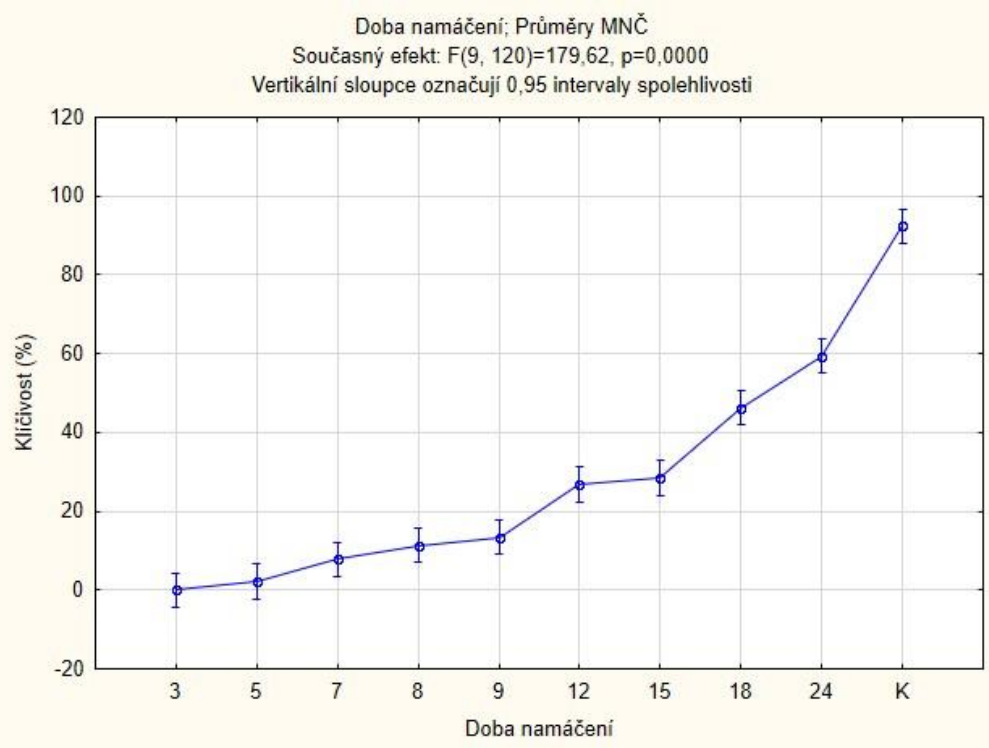
Čtvrtý den byla pozorována nejvyšší klíčivost u hybridu Sweet Suzana s 65,8 % vyklíčených semen, nejnižší klíčivost pak byla pozorována u hybridu Nutri Honey BMR s 37 % vyklíčených semen. Čtvrtý den se statisticky významně lišila klíčivost hybridu Sweet Suzana oproti hybridu Nutri Honey BMR.

Pátý den byla nejvyšší klíčivost pozorována u hybridu Sweet Suzana s 70,5 % vyklíčených semen, nejnižší klíčivost pak u hybridu Nutri Honey BMR s 42,3 % vyklíčených semen. Pátý den se statisticky významně odlišovala klíčivost hybridu Sweet Suzana oproti klíčivosti hybridu Nutri Honey BMR.

5.2.3 Celková klíčivost ve stanovených dobách namáčení

V souhrnném Grafu č. 22 je znázorněna celková klíčivost v průměru za všechny sledované hybridy čiroku ve stanovených dobách namáčení v porovnání s kontrolní variantou. Celková klíčivost čiroku se v jednotlivých dobách namáčení statisticky významně lišila. Při době namáčení 3 hodiny nebylo pozorováno žádné klíčení. Celková klíčivost v dobách namáčení 3 a 5 hodin se statisticky významně lišila od dob namáčení 8, 9, 12, 15, 18, 24 hodin a od kontrolní varianty. Dále se statisticky významně lišila celková klíčivost v dobách namáčení 7, 8 a 9 hodin oproti vyšším dobám namáčení. Celková klíčivost v dobách namáčení 12 a 15 hodin se statisticky významně lišila oproti celkové klíčivosti v dobách namáčení 18 a 24 hodin a kontrolní variantě. Zároveň se od sebe vzájemně statisticky významně lišily doby namáčení 18 hodin a 24 hodin a kontrolní varianta.

Nejvyšší klíčivost byla sledována při době namáčení 24 hodin, kdy vyklíčilo 59,4 % semen a v kontrolní variantě, kdy vyklíčilo 92,4 % semen. Nejnižší pozorovatelná celková klíčivost byla v době namáčení 5 hodin s 2,2 % vyklíčených semen. Konkrétní hodnoty jsou uvedeny v Tabulce č. 2 v přílohouvé části práce.



Graf č. 22 Souhrnný graf pro celkovou klíčivost v průměru za všechny sledované hybridy čiroku, ve stanovených dobách namáčení, v porovnání s kontrolní variantou.

5.2.4 Celková klíčivost hybridů ve stanovených dobách namáčení

Celková klíčivost v průměru pro jednotlivé hybridy čiroku ve stanovených dobách namáčení je znázorněna v Grafu č. 23. Při době namáčení 3 hodiny nebyla pozorována žádná klíčivost semen u sledovaných hybridů čiroku.

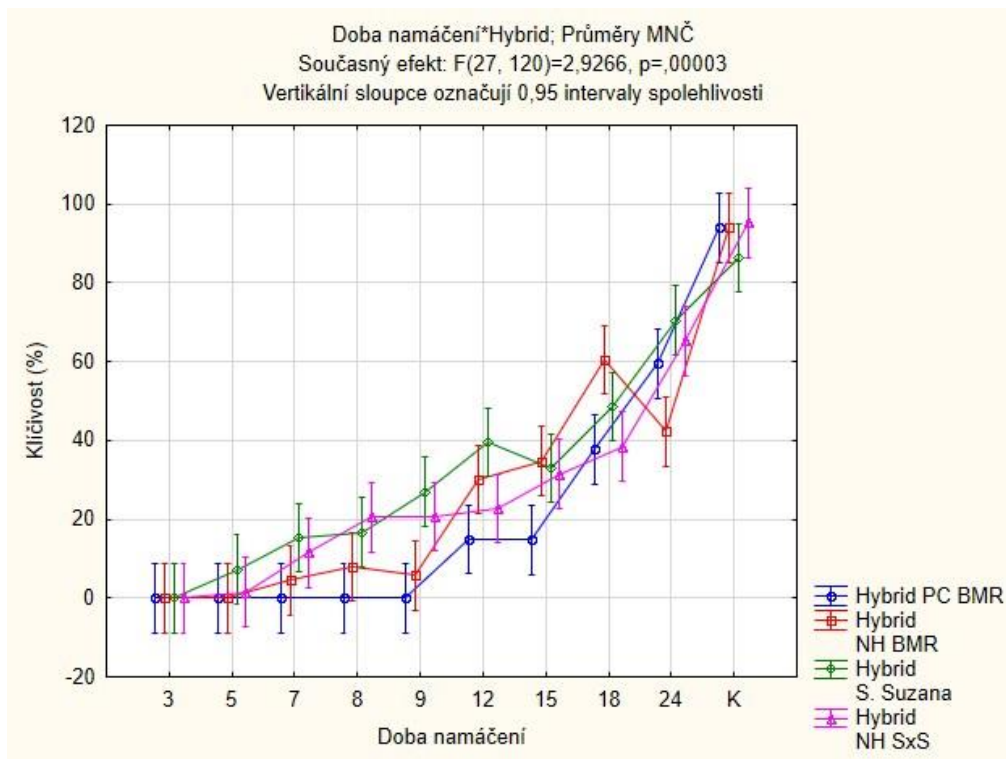
Po 5 hodinách namáčení bylo pozorováno klíčení pouze u hybridu Nutri Honey SxS s 1,5 % celkově vyklíčených semen a u hybridu Sweet Suzana s 7,3 % celkově vyklíčených semen. Po 5 hodinové době namáčení se statisticky významně odlišovala celková klíčivost hybridu Sweet Suzana oproti celkové klíčivosti hybridu Pampa Centurion BMR a hybridu Nutri Honey BMR.

Po 7 hodinovém namáčení nebylo pozorováno klíčení u hybridu Pampa Centruion BMR, nejvyšší celková klíčivost byla pozorována u hybridu Sweet Suzana s 15,3 % celkově vyklíčených semen.

Po 8 hodinovém namáčení byla sledována nejvyšší celková klíčivost u hybridu Nutri Honey SxS s 20,5 % celkově vyklíčených semen, přičemž u hybridu Pampa Centurion BMR nebylo opět pozorováno žádné klíčení. Statisticky významně se lišila celková klíčivost hybridu Pampa Centurion BMR oproti hybridu Sweet Suzana (18,5 %).

Nejvyšší celková klíčivost po 9 hodinovém namáčení byla sledována u hybridu Sweet Suzana s 27 % celkově vyklíčených semen, hybrid Pampa Centruion BMR opět nevyklíčil a jejich sledované výsledky celkové klíčivosti se statisticky významně lišily.

Po 12 hodinovém namáčení bylo poprvé pozorováno klíčení u hybridu Pampa Centurion BMR, jehož celková klíčivost dosáhla 15 %, nejvyšší celková klíčivost byla v tomto případě opět pozorována u hybridu Sweet Suzana s 39,5 %. Celková klíčivost těchto dvou hybridů se statisticky významně lišila.



Graf č. 23 Celková klíčivost vybraných hybridů čiroku v jednotlivých dobách namáčení, ve srovnání s kontrolní variantou.

Po 15 hodinovém namáčení byla nejnižší celková klíčivost pozorována u hybridu Pampa Centurion BMR s 14,8 % celkově vyklíčených semen, nejvyšší celková klíčivost byla pozorována u hybridu Nutri Honey BMR s 34,8 % celkově vyklíčených semen. Statisticky významně se lišila celková klíčivost uvedených dvou hybridů.

U hybridu Nutri Honey BMR byla pozorována nejvyšší celková klíčivost (60,5 % celkově vyklíčených semen) i po 18 hodinách namáčení. Nejnižší celková klíčivost byla opět v tomto případě pozorována u hybridu Pampa Centurion BMR s 37,8 % celkově vyklíčených semen. Statisticky významně se opět lišila celková klíčivost těchto dvou hybridů.

Po době namáčení 24 hodin byla pozorována nejvyšší celková klíčivost u hybridu Sweet Suzana s 70,5 % celkově vyklíčených semen, nejnižší pak u hybridu Nutri Honey BMR s 42,3 % celkově vyklíčených semen. Statisticky významně se lišila celková klíčivost u hybridu Sweet Suzana a hybridu Nutri Honey BMR.

V provedené kontrolní variantě byla pozorována nejvyšší celková klíčivost u hybridu Nutri Honey SxS s 95,3 % celkově vyklíčených semen, nejnižší celková klíčivost v kontrolní variantě byla pozorována u hybridu Sweet Suzana s 86,3 % celkově vyklíčených semen. V kontrolní variantě se výsledky celkové klíčivosti statisticky významně nelišily, nicméně se statisticky významně lišily od všech stanovených dob namáčení.

5.3 Vliv doby namáčení a hmotnosti semen na klíčivost kukuřice

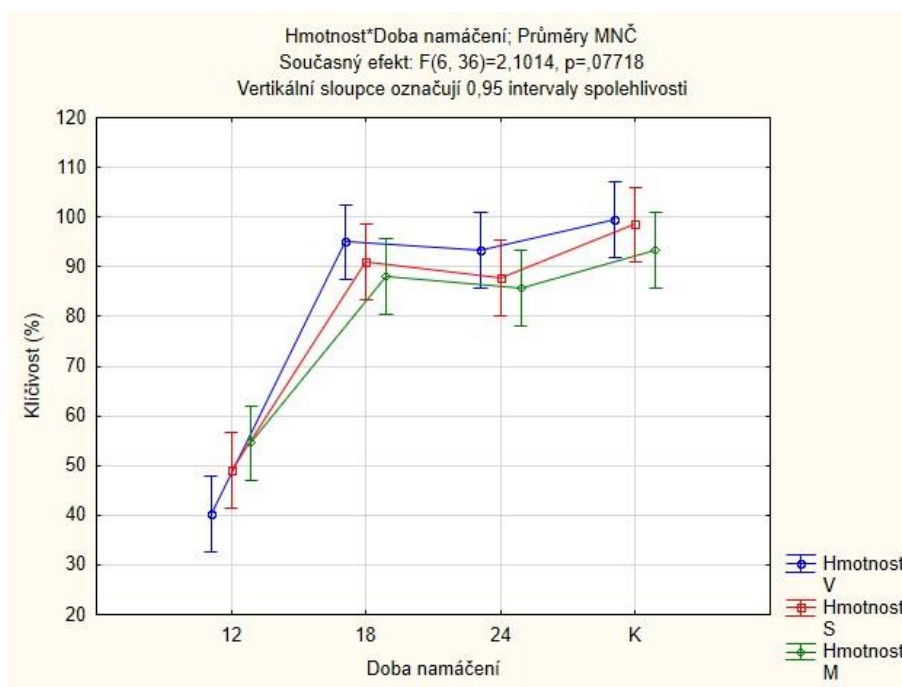
5.3.1 Dynamika klíčení hmotnostních frakcí v interakci s dobou namáčení

Konkrétní hodnoty získané při sledování dynamiky klíčení hmotnostních frakcí semen u hybridu kukuřice Koblens, v závislosti na době namáčení jsou uvedeny v Tabulce č. 3 v přílohové části práce. V rámci 12 a 18 hodinové doby namáčení nebyl ani v jeden den pokus zjištěn statisticky průkazný vliv velikosti semen na klíčivost. Po 24 hodinovém namáčení byla energie klíčení průkazně vyšší druhý den u velkých a středních semen (85 % a 82,5 % vyklíčených semen) oproti malým semenům (57,8 % vyklíčených semen).

5.3.2 Celková klíčivost hmotnostních frakcí v interakci s dobou namáčení

V Grafu č. 24 je znázorněna celková klíčivost hmotnostních frakcí v jednotlivých dobách namáčení, v porovnání s kontrolní variantou. Po 12 hodinách namáčení byla sledována nejvyšší celková klíčivost u semen z malé hmotnostní frakce s 54,5 % celkově vyklíčených semen.

Po 18 hodinách namáčení byla sledována nejvyšší celková klíčivost semen z velké hmotnostní frakce s 95 % celkově vyklíčených semen, nejvyšší klíčivost byla sledována u velkých semen i po 24 hodinách namáčení (93,3 % celkově vyklíčených semen). Nejnižší celková klíčivost v dobách namáčení 18 a 24 hodin byla pozorována u malých semen (88 % a 85 % celkově vyklíčených semen). V kontrolní variantě byla nejvyšší celková klíčivost opět pozorována u velkých semen s 99,5 % celkově vyklíčených semen, nejnižší pak u malých semen s 93,3 % celkově vyklíčených semen. Statisticky významně nižší celková klíčivost byla zjištěna po 12 hodinách namáčení v porovnání s celkovou klíčivostí po 18 a 24 hodinách namáčení a kontrolní variantou. Statisticky průkazný vliv hmotnosti na celkovou klíčivost však nebyl zjištěn.



Graf č. 24 Celková klíčivost hmotnostních frakcí dle dob namáčení ve srovnání s kontrolní variantou.

6 Diskuze

V první části této práce byla vyhodnocena klíčivost semen různých hybridů kukuřice a čiroku v závislosti na době namáčení semen.

6.1 Vliv doby namáčení na klíčení kukuřice

Byla sledována dynamika celkové klíčivosti v jednotlivých dobách namáčení, v průměru za všechny sledované hybridy kukuřice (Graf č. 2). Ve všech dobách namáčení byly pozorovány projevy klíčení, pouze u doby namáčení 3 hodiny, nebylo pozorováno žádné klíčení u sledovaných hybridů. Dle Procházky (2003) předchází samotnému klíčení zbobtnání zrn, v důsledku dostatečného přísunu vody. Lze tedy tvrdit, že za neklíčivost semen může nedostatečná doba namáčení (3 hodiny), při které nedošlo k potřebnému zbobtnání semen. Tento fakt beze sporu ovlivnil výsledky celkové klíčivosti semen sledovaných hybridů kukuřice i čiroku, neboť čím vyšší byla doba namáčení, tím vyšší byla pozorována celková klíčivost. Pro potvrzení tohoto tvrzení můžeme porovnat výsledky celkové klíčivosti v průměru za sledované hybridy kukuřice při době namáčení 5 hodin – 2,5 % a při době namáčení 24 hodin – 96 % celkově vyklíčených semen.

Ve výsledkové části této diplomové práce byla také hodnocena dynamika klíčení jednotlivých hybridů kukuřice ve stanovených dobách namáčení (Grafy č. 3 — 10). Z výsledků lze opět potvrdit, že čím delší doba namáčení semen, tím vyšší byla sledovaná energie klíčení. Z pohledu dynamiky klíčení lze za nejvhodnější doby namáčení označit 18 a 24 hodin. Při těchto dobách namáčení bylo sledováno klíčení již první den pokusu u všech sledovaných hybridů kukuřice. Pro příklad uvedeme hybrid Xxavi, kdy při době namáčení 5 hodin nebylo první den pozorováno žádné klíčení, naopak po době namáčení 18 hodin bylo pozorováno 12,5 % vyklíčených semen. Nejnižší dynamika klíčení sledovaných hybridů kukuřice byla po době namáčení 5 hodin, což bylo jistě způsobeno hladinou vodního stresu. Achakzai (2009) simuloval vliv vodního stresu na klíčení různých kultivarů kukuřice pomocí látky Mannitol, přičemž i z jeho výsledků vyplývá, pokles energie klíčení i celkové klíčivosti u semen vystavených působením této látky.

V případě hodnocení celkové klíčivosti v průměru za všechny sledované hybridy kukuřice ve stanovených dobách namáčení, v porovnání s kontrolní variantou (Graf č. 11), lze za nejvhodnější doby namáčení také označit 18 a 24 hodin, kdy bylo dosaženo nejvyšší celkové klíčivosti (90,7 % a 96 % celkově vyklíčených semen). Vliv doby namáčení semen na celkovou klíčivost pozorovali i Martinek et al. (2011) u tří hybridů kostřavy rákosovité. V jejich pokusu bylo zjištěno, že doba namáčení (bobtnání) spolu s hybridem průkazně ovlivnila celkovou klíčivost.

Byla porovnáována i celková klíčivost vybraných hybridů kukuřice ve stanovených dobách namáčení (Graf č. 12). U hybridu Koblens ve většině dob namáčení byla sledována nejnižší klíčivost a jeho výsledky se statisticky významně lišily oproti ostatním sledovaným hybridům. Z jeho výsledků je možné předpokládat, že by to nebyl vhodný hybrid pro pěstování kukuřice v sušších půdách. K vyrovnání s ostatními hybridy došlo až po 18 a 24 hodinách namáčení a v kontrolní variantě. Hybridy kukuřice, u kterých byla sledována nejvyšší klíčivost lze označit hybrid Xxavi a hybrid MAS 24.C. U hybridu Xxavi byla pozorována nejvyšší celková klíčivost v dobách namáčení 7, 8, 9 a 24 hodin. U hybridu MAS 24.C byla pozorována nejvyšší celková klíčivost v dobách namáčení 5, 12, 15 a 18 hodin. Posledním ze sledovaných hybridů je hybrid Luxxida, u kterého byla pozorována nejvyšší celková klíčivost v době namáčení 24 hodin a v kontrolní variantě.

6.2 Vliv doby namáčení na klíčení čiroku

Byla sledována dynamika celkové klíčivosti v jednotlivých dobách namáčení, v průměru za všechny sledované hybridy čiroku (Graf č. 13). I v případě čiroku platí, že byly pozorovány projevy klíčení ve všech dobách namáčení, pouze u doby namáčení 3 hodiny nebylo pozorováno žádné klíčení. Hermouth et al. (2012) uvádí, že v polních podmínkách vyklíčí čirok do 3 až 6 dnů, naopak kukuřice vyklíčí v polních podmínkách do 7 až 10 dnů (Zimolka et al. 2008). Na základě těchto tvrzení lze říci, že čirok má oproti kukuřici nepatrně rychlejší počáteční vývoj v příznivých podmínkách. Uvedené tvrzení lze potvrdit i při vzájemném hodnocení dynamiky klíčení v jednotlivých dobách namáčení, např. první den při době namáčení 24 hodin vyklíčilo u kukuřice 4,4 % semen, naopak u čiroku vyklíčilo 29,1 % semen. I zde lze navíc pozorovat nedostatečné zbobtnání semen, jak uvádí Procházka (2003), neboť po 5 hodinové době namáčení bylo u čiroku pozorováno pouze 2,2 % vyklíčených semen, naopak po 24 hodinové době namáčení bylo pozorováno 59,4 % vyklíčených semen.

Dále byla ve výsledkové části práce hodnocena dynamika klíčení sledovaných hybridů čiroku ve stanovených dobách namáčení (Grafy č. 14 – 21). I přesto, že první den byla dynamika klíčení u sledovaných hybridů čiroku vyšší než u sledovaných hybridů kukuřice, na celkovou klíčivost tento jev neměl vliv. Z hlediska dynamiky klíčení bylo pozorováno klíčení první den skoro u všech sledovaných hybridů čiroku (krom hybridu Pampa Centurion BMR) již po 7 hodinové době namáčení. Po době namáčení 12 hodin bylo klíčení první den pozorováno už u všech sledovaných hybridů čiroku. Pro porovnání uvedeme první den po 7 hodinovém namáčení u hybridu Pampa Centurion BMR, kdy nebylo pozorováno žádné klíčení a klíčení první den po 24 hodinovém namáčení, kdy bylo pozorováno 25 % vyklíčených semen. Dle Assefa et al. (2010) jsou semena čiroku odolná proti vysychání, nicméně pokud jsou již klíčící semena vystavena vlivu sucha jsou k němu velmi náchylná a může to značně ovlivnit jejich dynamiku klíčení i celkovou klíčivost. Dle získaných výsledků v této práci lze toto tvrzení potvrdit, neboť v případě nízkých dob namáčení již klíčící semena rychle vysychala a ztrácela energii klíčení. Pro příklad uveďme dynamiku klíčení hybridu Nutri Honey SxS po 5 hodinách namáčení, kdy byla pozorováno klíčení s následujícími výsledky: 1 % (první a druhý den), 1,3 % (třetí den) a 1,5 % (čtvrtý a pátý den).

Hodnocena byla i celková klíčivost v průměru za sledované hybridy čiroku ve stanovených dobách namáčení, v porovnání s kontrolní variantou (Graf č. 22). Nejvyšší celková klíčivost byla pozorována v době namáčení 24 hodin a byla to také jediná stanovená doba namáčení, kdy počet vyklíčených semen přesáhl více než polovinu z testovaných vzorků. Ovšem i tato celková klíčivost se statisticky významně lišila od kontrolní varianty s 92,4 % celkově vyklíčených semen. Schittenhelm & Schroetter (2014) tvrdí, že v oblastech, kde hrozí nedostatek srážek se nahrazuje kukuřice čirokem, popřípadě hybridem čiroku a súdanské trávy. Nicméně dle získaných výsledků nelze toto tvrzení potvrdit. Pro srovnání lze uvést celkovou klíčivost v průměru za sledované hybridy kukuřice a čiroku po 5 hodinách namáčení, kdy u kukuřice bylo pozorováno 2,5 % vyklíčených semen, u čiroku bylo pozorováno 2,2 % vyklíčených semen. Nelze tedy jednoznačně potvrdit, že by sledované hybridy čiroku z hlediska klíčení byly vhodnější do oblastí s velmi nízkým úhrnem srážek.

V rámci hodnocení celkové klíčivosti sledovaných hybridů čiroku (Graf č. 23) lze říci, že nejčastěji byla nejnižší celková klíčivosti pozorována u hybridů Pampa Centurion BMR a Nutri Honey BMR. Oba tyto hybridy jsou v důsledku svého využití pro pícní účely vyšlechtěny ke sníženému obsahu ligninu (Štěpánek 2018, SeedService 2018). Zřejmě i z tohoto důvodu dosahovaly nízké klíčivosti a pro vyrovnání s ostatními hybridy potřebovaly dlouhodobé doby namáčení. Hybrid čiroku, u kterého byla nejčastěji pozorována nejvyšší celková klíčivost je hybrid Sweet Suzana, který dosáhl nejvyšší celkové klíčivosti v pěti dobách namáčení – 5, 7, 9, 12 a 24 hodin. Posledním ze sledovaných hybridů čiroku je Nutri Honey SxS u kterého byla nejvyšší celkové klíčivost pozorována v době namáčení 8 hodin a v kontrolní variantě.

Z uvedených výsledků je patrný rozdíl v dynamice klíčení a celkové klíčivosti mezi jednotlivými hybridy kukuřice a čiroku. Při hodnocení energie klíčení u sledovaných hybridů kukuřice byly průkazné rozdíly zaznamenány hlavně u kratších dob namáčení (po 5 – 15 hodinách). Za hybridy kukuřice s nejvyšší energií klíčení lze označit hybridy MAS 24.C a Xxavi, naopak u hybridů Luxxida a Koblens byla pozorována nižší energie klíčení. Při hodnocení rozdílů v dynamice klíčení u sledovaných hybridů čiroku byly průkazné rozdíly patrné i při nejdelších dobách namáčení, pouze v kontrolní variantě nebyly rozdíly zjištěny. Nejvyšší klíčivost byla pozorována u hybridu čiroku Sweet Suzana, naopak nejnižší u hybridu Nutri Honey BMR.

Z výše uvedených výsledků je dále zřejmé, že u kukuřice byla pozorována daleko vyšší energie klíčení i vyšší celková klíčivost ve všech dobách namáčení. Dle Bewley (1997) dochází ve druhé fázi klíčení k zachytávání vody celým povrchem semene. Vzhledem k tomu, že semeno kukuřice je daleko větší než semeno čiroku, lze i toto označit jak důvod nižší klíčivosti čiroku.

6.3 Vliv hmotnosti semen a doby namáčení na klíčení kukuřice

Druhou částí této diplomové práce bylo vyhodnotit dynamiku klíčení a celkovou klíčivost kukuřice v interakci s dobou namáčení a hmotností semen.

Molatudi & Mariga (2009) uvádějí, že během jejich pokusu vyklíčila velká semena kukuřice rychleji než malá. Toto tvrzení lze potvrdit z výsledků uvedených v Tabulce č. 3, kdy první den bylo nejvíce vyklíčených semen, bez ohledu na dobu namáčení, pozorováno u semen z velké hmotnostní frakce. Z pohledu dynamiky klíčení v jednotlivých dobách namáčení se však statisticky významně lišily pouze výsledky získané druhý den pokusu. To jistě ovlivnilo vyhodnocení celkové klíčivosti v případě namáčení po dobu 12 hodin. Druhý den bylo sledováno nejvyšší klíčení u doby namáčení 12 hodin u malých semen, kterých druhý den vyklíčilo 49,3 %, naopak velkých semen vyklíčilo 31,5 %.

V případě druhého dne klíčení probíhající po 24 hodinách namáčení, se statisticky významně lišilo klíčení u malých semen s 57,8 % vyklíčených semen oproti semen z velké a střední hmotnostní frakce, kdy jejich klíčení bylo na 85 % a 82,5 %. Tvrzení, že velká semena klíčí rychleji a v celkovém hodnocení klíčivosti v prvních stádiích vývoje jsou daleko výkonnější, potvrzuje i Patel et al. (2016).

Po době namáčení 12 hodin byla vyšší celková klíčivost pozorována u semen z malé hmotnostní kategorie, které dosáhly celkové klíčivosti 54,5 %, nicméně uvedený výsledek nebyl statisticky průkazný (Graf č. 24). Podobný případ uvádí i Ambika et al. (2014), kdy bylo u sóji zjištěno, že malá semena lépe klíčí v zasolených půdách. Jako důvod byl uveden předpoklad, že malá semena lépe a rychleji využívají dostupné látky. Je tedy možné, že kdyby se pokus rozšířil o další nižší hodnoty namáčení, mohla by být pozorována lepší celková klíčivost u malých semen. Toto lze předpokládat i proto, že u semen ze střední hmotnostní kategorie při namáčení po dobu 12 hodin byla pozorována vyšší celková klíčivost (49 %) než u semen z velké hmotnostní kategorie (40,3 %). Ovšem je třeba uvést, že výsledky se statisticky významně nelišily.

Po době namáčení 18 hodin už byla pozorována nejlepší celková klíčivost u semen z velké hmotnostní kategorie (95 %), na druhém místě se v celkové klíčivosti umístila semena ze střední hmotnostní kategorie, nejnižší celkovou klíčivost (88 %) měla semena z malé hmotnostní kategorie. Ani v tomto případě se získané výsledky statisticky významně nelišily.

U velkých semen bylo po 24 hodinovém namáčení pozorováno 93,3 % vyklíčených semen a u semen z malé hmotnostní frakce 85,8 % vyklíčených semen. Ani v tomto případě se získané výsledky statisticky významně nelišily. Mohammadi & Koohi (2015) sledovali vliv velikosti semen na celkovou klíčivost při různých světelných podmínkách. I v případě jejich pokusu byla nejvyšší celková klíčivost sledována vždy u velkých semen.

Po vyhodnocení celkové klíčivosti ve stanovených dobách namáčení lze za nejlepší dobu namáčení, při níž byla dosažena nejvyšší celková klíčivost, označit dobu namáčení 18 hodin. V této době dosáhly všechny sledované hmotnostní frakce nejvyšší celkové klíčivosti, je tedy možné tvrdit, že doba namáčení má vliv na celkovou klíčivost všech sledovaných hmotnostních frakcí u kukuřice.

Z důvodu, že se v jednotlivých dobách namáčení statisticky významně nelišila celková klíčivost hmotnostních frakcí, není možné tvrdit, že velikost semen má vliv na celkovou klíčivost. Ambika et al. (2014) tvrdí, že větší semena dosahují v otázkách klíčení lepších výsledků než semena malá a dále se z nich vyvíjejí kvalitnější a odolnější dospělé rostliny. Bylo by tedy zajímavé dále sledovat, jestli by se vliv doby namáčení a vliv hmotnostních frakcí projevil i při pokračování pokusu až do plného (autotrofního) vývinu rostlin.

7 Závěr

Cílem diplomové práce bylo v první části vyhodnotit klíčivost vybraných hybridů kukuřice a čiroku v závislosti na době namáčení semen. V druhé části práce bylo cílem vyhodnotit vliv hmotnosti semen (kategorie: velká, střední a malá semena) v interakci s dobou namáčení na jejich klíčivost u kukuřice. Sledovanými výstupy klíčení byla celková klíčivost semen a dynamika klíčení.

Ze získaných výsledků v první části pokusu vyplývá, že doba namáčení statisticky průkazně ovlivnila jak dynamiku klíčení, tak celkovou klíčivost sledovaných hybridů kukuřice a čiroku. Výsledky získané v druhé části pokusu nepotvrdily průkazný vliv hmotnosti semen na klíčivost, nicméně se opět potvrdil vliv doby namáčení na klíčivost.

Zadanou hypotézou pro první část práce bylo, že doba namáčení ovlivňuje dynamiku klíčení kukuřice a čiroku. Ze získaných výsledků vyplývá, že doba namáčení statisticky průkazně ovlivňuje dynamiku klíčení i celkovou klíčivost semen. Při době namáčení 24 hodin byla sledována nejvyšší dynamika klíčení u vybraných hybridů kukuřice (96 % celkově vyklíčených semen v průměru za sledované hybridy), naopak nejnižší celková klíčivost byla pozorována u doby namáčení 5 hodin (24,9 %). To bylo potvrzeno i u sledovaných hybridů čiroku, kdy nejvyšší celková klíčivost byla pozorována v době namáčení 24 hodin (59,4 %), nejnižší pak opět u doby namáčení 5 hodin (2,2 %).

Z výsledku jsou dále patrné rozdíly v dynamice klíčení a celkové klíčivosti sledovaných hybridů kukuřice a čiroku. U kukuřice byly výraznější rozdíly mezi hybridy zaznamenány především u kratší doby namáčení (po 5 – 15 hodinách), kdy vyšší energii klíčení vykazovaly hybridy MAS 24.C a Xxavi oproti hybridům Luxxida a Koblenz. Po namáčení 18 a 24 hodin a kontrolní varianty nebyly rozdíly v celkové klíčivosti mezi hybridy již statisticky významné. Naopak u čiroku byly průkazné rozdíly mezi hybridy patrné i při nejdelších sledovaných dobách namáčení (nejvyšší klíčivost: Sweet Suzana, nejnižší klíčivost Nutri Honey BMR), avšak v kontrolní variantě rozdíly zjištěny nebyly.

Pro druhou část práce bylo zadanou hypotézou, že hmotnost semen v interakci s dobou jejich namáčení má vliv na dynamiku klíčení kukuřice. Statisticky průkazný vliv hmotnosti semen na jejich dynamiku klíčení byl prokázán pouze druhý den pokusu, kdy se lišila po 24 hodinovém namáčení energie klíčení u velkých a středních semen (85 % a 82,5 % vyklíčených semen) oproti malým semenům (57,8 %). V celkové klíčivosti se mezi sebou statisticky průkazně neodlišovaly hmotnostní frakce, ale doby namáčení, respektive se statisticky průkazně odlišovala celková klíčivost hmotnostních frakcí po 12 hodinovém namáčení oproti 18 a 24 hodinovém namáčení a kontrolní variantě.

Z výše uvedených výsledků jasně vyplývá, že nejdůležitějším faktorem pro klíčení semen je dostatečný přísun vody, přičemž vliv velikosti semen nebyl prokázán. Během pokusu bylo také zjištěno, že hybridy kukuřice měly v daných podmínkách lepší dynamiku klíčení i celkovou klíčivost než hybridy čiroku. Současně byl pozorován i rozdíl v dynamice klíčení a celkové klíčivosti mezi sledovanými hybridy kukuřice a čiroku v závislosti na době namáčení semen.

8 Literatura

- Adamčík J, Pazderů K, Pulkrábek J, 2012. Vlastnosti semen a osiva čiroku. *Agromanuál* **7**: 81–83.
- Adamčík J, Tomášek J, Pulkrábek J, Pazderů K, Dvořák P. 2016. Stimulation sorghum seed leading to enlargement of optimum conditions during germination and emergence. *Plant Soil Environmental* **12**: 547-551.
- Adamčík J, Pulkrábek J. 2012. Stimulation of sorghum seed increase its vitality. Mendelova univerzita v Brně. Brno. Available from: https://mnet.mendelu.cz/mendelnet2012/articles/32_adamcik_710.pdf?id=710&file=32_adamcik_710.pdf (accessed February 2019).
- Achakzai AKK. 2009. Effect of water stress on imbibition, germination and seedling growth of maize cultivars. *Sarhad Journal of Agriculture* **2**: 165-172.
- Ambika S, Manonmani V, Somasundaram G. 2014. Review on Effect of Seed Size on Seedling Vigour and Seed Yield. *Research Journal of Seed Science* **7**: 31–38.
- Assefa Y, Staggenborg SA, Prasad VPV. 2010. Grain Sorghum Water Requirement and Responses to Drought Stress: A Review. Kansas State University. Manhattan. Available from: https://www.researchgate.net/publication/260421900_Grain_Sorghum_Water_Requirement_and_Responses_to_Drought_Stress_A_Review (accessed March 2019).
- Baskin CC. 2003. Breaking physical dormancy in seeds – focussing on the lens. *New Phytologist* **158**. 229–231.
- Batool N, Ilyas N, Noor T, Saeed M, Mazhar R, Bibi F, Shahzad A. 2014. Evaluation of drought stress effects on germination and seedling growth of *Zea mays* L. *International Journal of Biosciences* **4**: 203-209.
- Belej J. 1992. *Kukurica*. Priroda, Bratislava.
- Bewley JD. 1997. Seed germination and dormancy. *The Plant Cell* **9**: 1055-1066.
- Bishonoi UR, Garton S, Maiga A. 1997. Germination of Sorghum cultivars at different pH levels and moisture potentials. *Annals of Arid Zone* **36**: 31-36.
- Bláha L. 2005. Důvody rozdílu mezi laboratorní klíčivostí a polní vzcházivostí. Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i. Praha. Available from: http://www.agris.cz/Content/files/main_files/64/142102/bla.pdf (accessed February 2019).
- Bláha L, Hnilička F. 2006. Význam vlastností kořenů a semen pro odolnost roslin vůči abiotickým stresorům. Pages 1-9 in Hnilička F, editor. *Vliv abiotických a biotických stresorů na vlastnosti rostlin*. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.
- Brant V, Zábranský P, Hamouzová K, Fuksa P. 2011. Klíčivost semen čiroku obecného v podmínkách snížené dostupnosti vody. Pages 130-134 in Pazderů K, editor. *Osivo a sadba*. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.

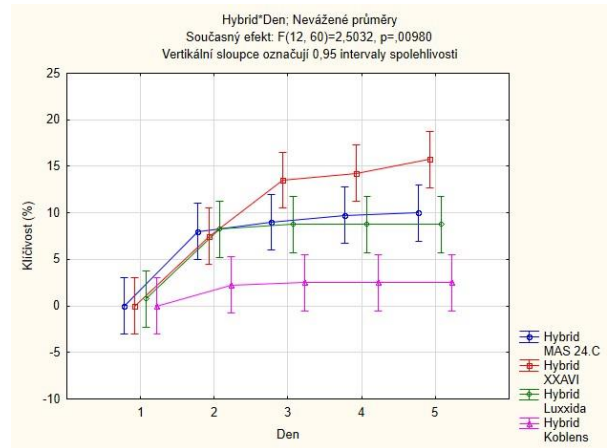
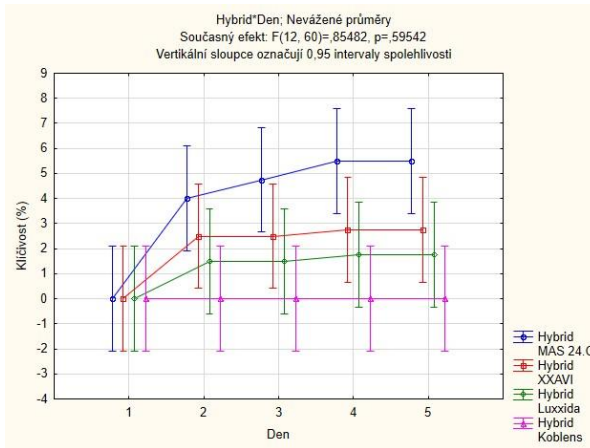
- Deng B, Yang K, Zhang Y, Zuotong L. 2015. The effects of temperature on the germination behavior of white, yellow, red and purple maize plant seeds. *Acta Physiologiae Plantarum* **8**: 1–11.
- Ercoli L, Mariotti M, Masoni A, Arduini I. 2004. Growth responses of sorghum plants to chilling temperature and duration of exposure. *European Journal of Agronomy* **21**: 93–103.
- Finch-Savage WE, Leubner-Metzger G. 2006. Seed dormancy and the control of germination. *New Phytologist* **171**: 501–523.
- Gottwaldová P, Bláha L. 2009. Klíčivost semen – změny v průběhu roku. Pages 85-88 in Pazderů K, editor. *Osivo a sadba*. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.
- Gill PK, Sharma AD, Singh P, Bhullar SS. 2003. Changes in germination, growth and soluble sugar contents of *Sorghum bicolor* (L.) Moench seeds under various abiotic stress. *Plant Growth Regulation* **40**: 157-162.
- Harantová L. 2017. Vliv hmotnosti semen kukuřice na klíčivost [MSc. Thesis]. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.
- Hejnák V, Zámečnicková B, Zámečník J, Hnilička F. 2005. *Fyziologie rostlin*. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.
- Hermouth J, Janovská D, Stražil Z, Ust'ak S, Hýsek J. 2012. Čirok obecný – *Sorghum bicolor* (L.) MOENCH. Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., Praha.
- Hnilička F, Hnilíčková H, Bláha L. 2003. Působení vnějších negativních faktorů na rostliny, biotické faktory. Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., Praha.
- Houba M, Hosnedl V. 2002. *Osivo a sadba: Praktické semenářství*. Sedláček, Praha.
- House LR. 1985. A guide to sorghum breeding. International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics. ICRISAT. India. Available from: <http://oar.icrisat.org/2736/1/53726.pdf> (accessed February 2019).
- Hruška L. 1958. *Osivo a sadba*. Státní zemědělské nakladatelství, Praha.
- Hruška J, Dlabola J, Hron F, Kutina J, Pozděna J, Verner P, Voždová G, Vrbenský V. 1962. *MONOGRAFIE O KUKUŘICI*. Praha.
- Hund A, Fracheboud Y, Soldati A, Stamp P. 2008. Cold tolerance of maize seedlings as determined by root morphology and photosynthetic traits. *European Journal of Agronomy* **28**: 178-185.
- Chambers JC, MacMahon JA. 1994. A DAY IN THE LIFE OF A SEED: Movements and Fates of Seeds and Their Implications for Natural and Managed Systems. *Annual Review of Ecology and Systematics* **25**: 263-292.
- Chloupek O. 2008. *Genetická diverzita, šlechtění a semenářství*. Academia, Praha.

- Chloupek O, Procházková B, Hrudová E. 2005. Pěstování a kvalita rostlin. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Brno.
- Kincl L. 2003. Biologie rostlin. Fortuna, Praha.
- Kollárová M. 2004. Vliv abiotických faktorů na klíčení kukuřice. *Úroda* **4**: 32.
- Krenchinski FH, Albrecht AJP, Albrecht LP, Villetti HL, Orso G, Barraoso AAM, Victoria Filho R. 2015. Germination and dormancy in seeds of *Sorghum halepense* and *Sorghum arundinaceum*. *Planta Daninha* **2**: 223–230.
- KWS. 2016. Sortiment hybridů kukuřice 2016. KWS osiva s.r.o. Velké Meziříčí. Available from: http://www.kws.cz/global/show_document.asp?id=aaaaaaaaaaukbzy&hi=2016 (accessed January 2019).
- Leishman M, Westoby M. 1994. The Role of Seed Size in Seedling Establishment in Dry Soil Conditions --Experimental Evidence from Semi-Arid Species. *The Journal of Ecology* **2**: 249–258.
- Leishman M, Westoby M. 1998. Seed size and shape are not related to persistence in soil in Australia in the same way as in Britain. *Functional Ecology* **12**: 480–485.
- Lord J, Westoby M. 2012. Accessory costs of seed production. *Oecologia* **150**: 310–317.
- Martinek J, Svobodová M, Králičková T. 2011. Stres suchem a dynamika klíčení vybraných odrůd kostřavy rákosovité (*Festuca Arundinacea* Schreb.). Pages 78-81 in Pazderů, editor. Osivo a sadba. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.
- Mohammadi G, Koohi Y. 2015. Seed size and priming improve germination and initial seedling growth in corn (*Zea mays* L.) under different light conditions. *Philippine Agricultural Scientist* **4**: 362-367.
- Monsanto Technology Development. 2012. Seed size nad Shape Issues in Corn. Monsanto Company. Available from: <http://www.aganytime.com/Documents/ArticlePDFs/agSpotlight-SeedSizeandShapeIssuesinCorn.pdf> (accessed February 2019).
- Molatudí RL, Mariga IK. 2009. The effect of maize side size and depth of planting on seedling emergence and seedling vigour. *Journal of Applied Sciences Research* **12**: 2234–2237.
- Moles A, Warton D, Stevens R, Westoby M. 2004. Does a latitudinal gradient in seedling survival favour larger seeds in the tropics? *Ecology Letters* **7**: 911–914.
- Moudrý J et al. 2011. Alternativní plodiny. Profi Press, Ostrava.
- Ottová M, Zámečník J. 1999. Je odolnost klíčících rostlin k suchu ovlivněna velikostí zrn? Výzkumný ústav rostlinné výroby. Praha. Available from: <http://www.agris.cz/clanek/111115> (accessed January 2019).

- Patané C, Cavallaro V, Cosentino SL. 2009. Germination and radicale growth in unprimed and primed seeds of sweet sorghum as affected by reduced water potential in NaCl at different temperatures. *Industrial Crops and Products* **30**: 1-8.
- Patané C, Cavallaro V, Avola G, D'Agosta G. 2006. Seed respiration of sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] during germination as affected by temperature and osmoconditioning. *Seed Science Reseach* **4**: 251-260.
- Patel JB, Bhatiya VJ, Babariya CA, Sondarva J. 2016. Effect of seed size on seedling vigour, plant growth, seed yield and its parameters: A review. *Research in Environmental and Life Sciences* **9**: 859-864.
- Paucar-Menacho LM, Martínez-Villaluenga C, Dueñas M, Frias J, Peñas E. 2016. Optimization of germination time and temperature to maximize the content of bioactive compounds and the antioxidant activity of purple corn (*Zea mays* L.) by response surface methodology. *LWT – Food Science and Technology* **73**: 236–244.
- Pavlová L. 2005. Fyziologie rostlin. Univerzita Karlova v Praze, Praha.
- Procházka S, Macháčková I, Krekule J. 2003. Fyzilogie rostlin. Academia, Praha.
- Queiroz MS, Oliveira CES, Steiner F, Zuffo AM, Zoz T, Vendruscolo EP, Silva MV, Mello BFFR, Cabral RC, Menis FT. 2019. Drought Stresses on Seed Germination and Early Growth of Maize and Sorghum. *Journal of Agricultural Sciences* **2**: 310-318.
- Radić V, Vujaković M, Jeromela AM. 2007. Influence of drought on seedling development in different corn genotypes (*Zea mays* L.). *Journal of Agricultural Sciences* **2**: 131-136.
- Ragt-osivo. 2018. Sortiment hybridů kukuřice RGT Xxavi. R-A-G-T OSIVO. Available from: <https://ragt-osivo.cz/cs-CZ/nos-varietes/rgt-xxavi-kuku%C5%99ice> (accessed January 2019).
- Ragt-osivo. 2018. Sortiment hybridů kukuřice RGT Luxxida. R-A-G-T OSIVO. Available from: <https://ragt-osivo.cz/cs-CZ/nos-varietes/rgt-luxxida-kuku%C5%99ice> (accessed January 2019).
- Ranal MA, Garcia de Santana D. 2006. How and why to measure the germination proces? *Revisita Brasileira de Botanica* **1**: 1-11.
- Sbrussi CAG, Zucareli C. 2014. Germination of corn seeds with different levels of vigor in response to differents temperatures. *Semina: Ciencias Agrárias* **1**: 215–226.
- Seed Service. 2018. Čirok. Seed Service s.r.o. Vysoké Mýto. Available from: <https://seedservice.cz/cirok> (accessed January 2019).
- Serna – Saldivar S. 2010. Cereal grains: Properties, processing and nutritional attributes. CRC Press. Mexico. p. 752.
- Schittenhelm S, Schroetter S. 2014. Comparison of drought tolerance of maize, sweet sorghum and sorghum-sudangrass hybrids. *Journal of Agronomy and Crop Science* **200**: 46-53.

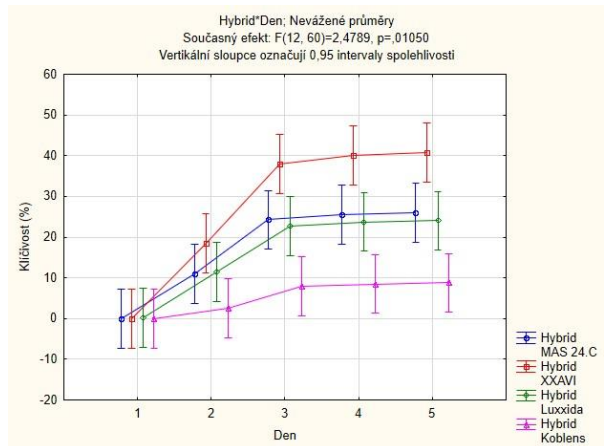
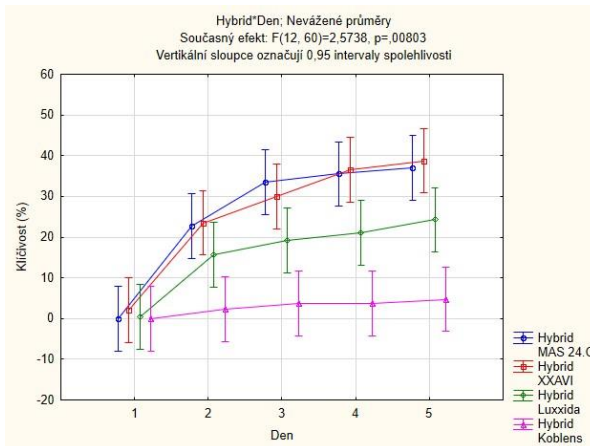
- Singh H, Sodhi NS, Singh N. 2010. Characterisation of starches separated from sorghum cultivars grown in India. *Food Chemistry* **119**: 95-100.
- Soufflet-agro. 2015. Sortiment hybridů kukuřice. Soufflet Group. Prostějov. Available from: <http://www.soufflet-agro.cz/cs/osiva/kukurice> (accessed January 2019).
- Sozharajan R, Natarajan S. 2014. Germination and seedling growth of *Zea mays* L. under different levels of sodium chloride stress. *International Letters of Natural Sciences* **7**: 5-15.
- Šetlík, Seidlová, Šantrůček. 2009. 11. Ontogeneze I: Vegetativní fáze, fotomorfogeneze. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. České Budějovice. Available from: <https://web.natur.cuni.cz/biochem/kucera/rostliny/is/kap11.pdf> (accessed January 2019).
- Štěpánek P. 2018. Nabídka čiroku pro rok 2018. Agromanuál. České Budějovice. Available from: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/osivo-a-sadba-1/nabidka-ciroku-pro-rok-2018> (accessed January 2019).
- Valencia-Díaz S, Flores-Morales A, Flores-Palacios A, Perea-Arango I. 2015. How does the presence of endosperm affect seed size and germination?. *Botanical Sciences* **4**: 783–789.
- Valíček P. 2002. Užitéčné rostliny tropů a subtropů. Academia, Praha.
- Vashisth A, Nagarajan S. 2010. Characterization of water distribution and activities of enzymes during germination in magnetically-exposed maize (*Zea mays* L) seeds. *Indian Journal of Biochemistry & Biophysics* **47**: 311-318.
- Venclová B. 2013. Den kdy kukuřice slavila. Úroda. Přestěnice. Available from: <https://uroda.cz/den-kdy-kukurice-slavila/> (accessed January 2019).
- Vijaya S, J. van Ooesterom E, Jordan DR, Messina CD, Cooper M, Hammer GL. 2010. Morphological and architectural development of root systems in sorghum and maize. *Plant Soil* **333**: 287-299.
- Votrubová O. 2010. Anatomie rostlin. Karolinum, Praha.
- Wahid A, Khaliq S. 2015. Architectural and biochemical changes in embryonic tissues of maize under cadmium toxicity. *Plant Biology* **5**: 1005–1012.
- Yu J, Tuinstra MR, Claassen MM, Gordon WB, Witt MD. 2004. Analysis of cold tolerance in sorghum under controlled environment conditions. *Field Crops Research* **85**: 21-30.
- Zábranský P, Brant V, Hamouzová K, Pivec J, Fuksa P. 2012. Čirok (3) Vliv dostupnosti vody a teploty na klíčivost čiroku obecného. *Agromanuál* **7**: 84–86.
- Zimolka J, et al. 2008. Kukuřice – hlavní a alternativní užitéčné směry. Profi Press, Praha.

Přílohy



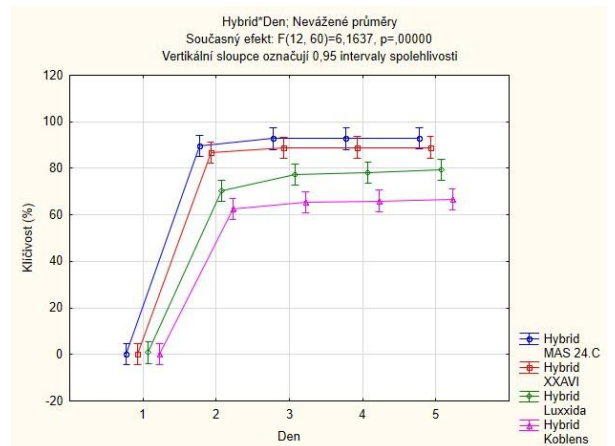
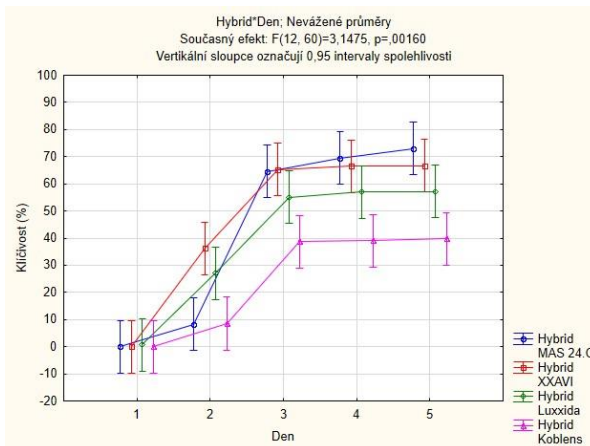
Graf č. 3 Dynamika klíčení vybraných hybridů kukuřice po 5 hodinách namáčení.

Graf č. 4 Dynamika klíčení vybraných hybridů kukuřice po 7 hodinách namáčení.



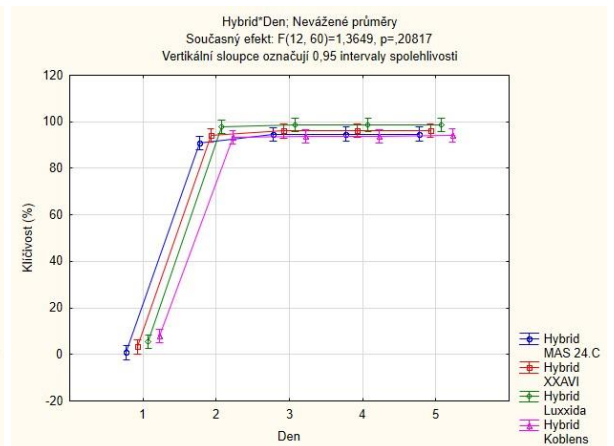
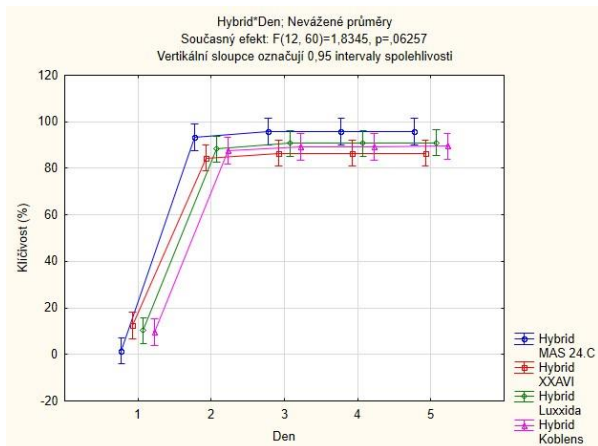
Graf č. 5 Dynamika klíčení vybraných hybridů kukuřice po 8 hodinách namáčení.

Graf č. 6 Dynamika klíčení vybraných hybridů kukuřice po 9 hodinách namáčení.



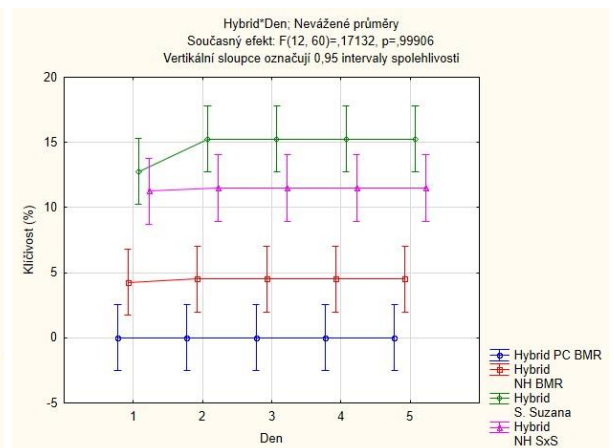
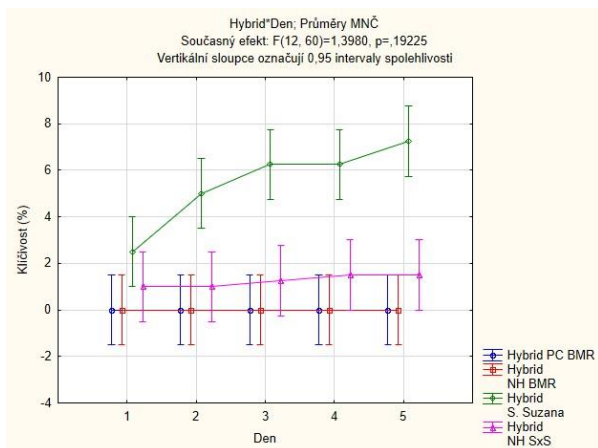
Graf č. 7 Dynamika klíčení vybraných hybridů kukuřice po 12 hodinách namáčení.

Graf č. 8 Dynamika klíčení vybraných hybridů kukuřice po 15 hodinách namáčení.



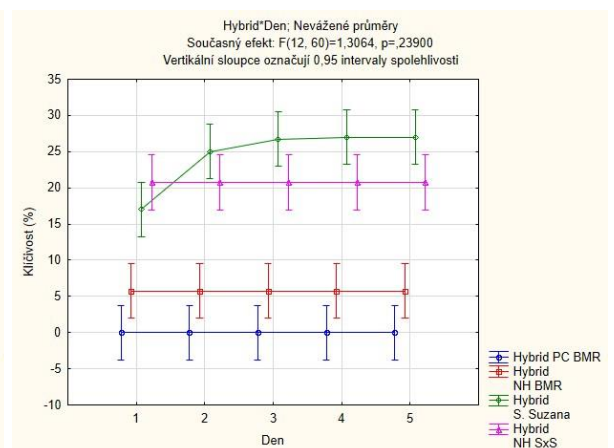
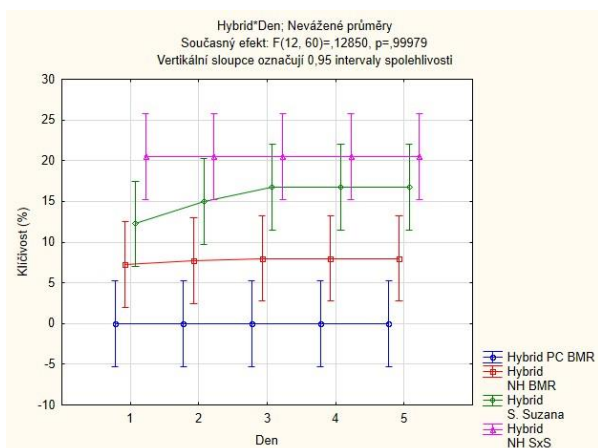
Graf č. 9 Dynamika klíčení vybraných hybridů kukuřice po 18 hodinách namáčení.

Graf č. 10 Dynamika klíčení vybraných hybridů kukuřice po 24 hodinách namáčení.



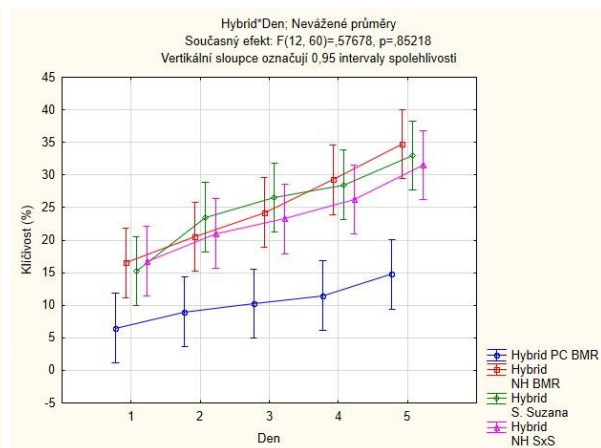
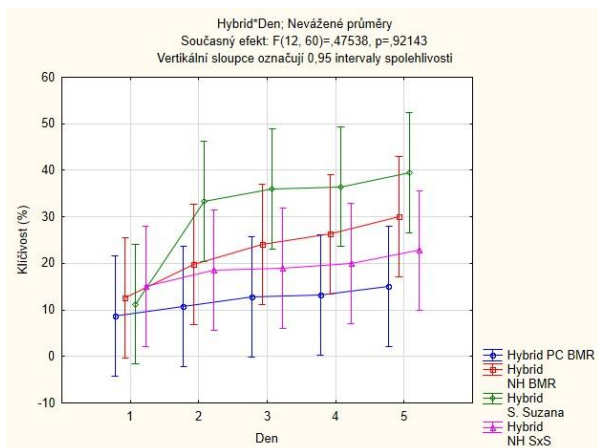
Graf č. 14 Dynamika klíčení vybraných hybridů čiroku po 5 hodinách namáčení.

Graf č. 15 Dynamika klíčení vybraných hybridů čiroku po 7 hodinách namáčení.



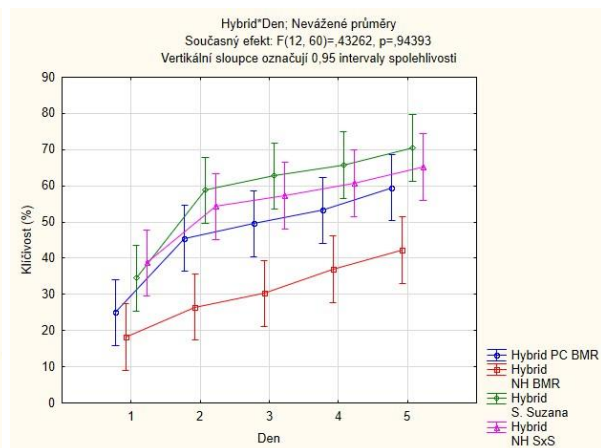
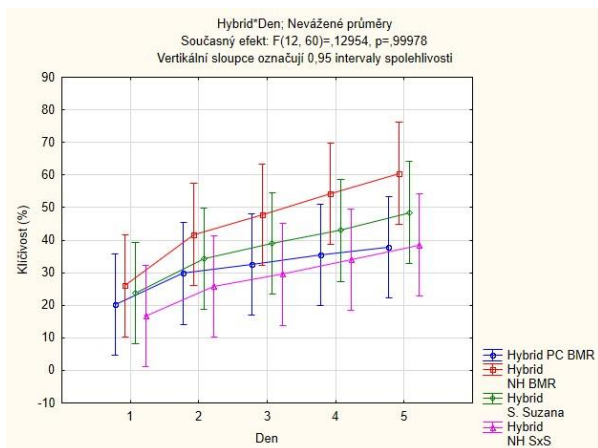
Graf č. 16 Dynamika klíčení vybraných hybridů čiroku po 8 hodinách namáčení.

Graf č. 17 Dynamika klíčení vybraných hybridů čiroku po 9 hodinách namáčení.



Graf č. 18 Dynamika klíčení vybraných hybridů čiroku po 12 hodinách namáčení.

Graf č. 19 Dynamika klíčení vybraných hybridů čiroku po 15 hodinách namáčení.



Graf č. 20 Dynamika klíčení vybraných hybridů čiroku po 18 hodinách namáčení.

Graf č. 21 Dynamika klíčení vybraných hybridů čiroku po 24 hodinách namáčení.

Tabulka č. 2 Celková klíčivost, v průměru za sledované hybridy kukuřice a čiroku dle dob namáčení, ve srovnání s kontrolní variantou.

Doba namáčení	Kukuřice	Čirok
3 hodiny	0,0 ^a	0,0 ^a
5 hodin	2,5 ^{ab}	2,2 ^{ab}
7 hodin	9,3 ^b	7,8 ^{abc}
8 hodin	26,2 ^c	11,3 ^{bc}
9 hodin	24,9 ^c	13,4 ^c
12 hodin	59,2 ^d	26,8 ^d
15 hodin	81,9 ^e	28,5 ^d
18 hodin	90,7 ^f	46,3 ^e
24 hodin	96,0 ^{fg}	59,4 ^f
Kontrola	98,6 ^g	92,4 ^g
<i>p-value</i>	0,000	0,000

Hodnoty v Tabulce č. 2 jsou vyjádřeny v procentech, horní indexy u čísel udávají významné odlišnosti. (Jednofaktorová analýza rozptylu, Tukey HSD test, $\alpha = 0,05$).

Tabulka č. 3 Dynamika klíčení hmotnostních frakcí dle jednotlivých dob namáčení.

Doba namáčení	den				
	1	2	3	4	5
12 hodin					
V	5,0 ^c	31,5 ^b	39,0 ^b	39,3 ^b	40,3 ^b
S	3,5 ^{bc}	41,0 ^{bc}	48,5 ^b	48,8 ^b	49,0 ^b
M	2,5 ^{abc}	49,3 ^{bc}	53,3 ^b	54,3 ^b	54,5 ^b
18 hodin					
V	0,8 ^a	94,5 ^a	95,0 ^a	95,0 ^a	95,0 ^a
S	0,5 ^a	89,8 ^a	91,0 ^a	91,0 ^a	91,0 ^a
M	0,5 ^a	84,0 ^a	88,0 ^a	88,0 ^a	88,0 ^a
24 hodin					
V	1,0 ^{ab}	85,0 ^a	92,5 ^a	93,0 ^a	93,3 ^a
S	0,5 ^a	82,5 ^a	87,0 ^a	87,5 ^a	87,8 ^a
M	0,5 ^a	57,8 ^c	83,3 ^a	85,5 ^a	85,8
<i>p-value</i>	<i>0,31</i>	<i>0,001</i>	<i>0,075</i>	<i>0,076</i>	<i>0,102</i>

Hodnoty v Tabulce č. 3 jsou vyjádřeny v procentech, horní indexy u čísel udávají významné odlišnosti. (Dvoufaktorová analýza rozptylu s interakcí, Tukey HSD test, $\alpha = 0,05$).