



Zemědělská
fakulta
Faculty
of Agriculture

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Katedra Genetiky a speciální produkce rostlinné

Diplomová práce

Vliv vnějších faktorů na růst vybraného druhu z rodu (*Digitaria*)

Autorka práce: Bc. Natálie Paurová

Vedoucí práce: doc. Ing. Jana Pexová Kalinová, Ph.D.

České Budějovice
2021

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem autorem této kvalifikační práce a že jsem ji vypracovala pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu použitých zdrojů.

V Českých Budějovicích dne

.....
Podpis

Abstrakt

Fonio je možná nejstarší původní obilovina pěstovaná v západní Africe. Fonio má vysoký obsah vitamínů, minerály, vlákniny a sirných aminokyselin - metioninu a cysteinu. Cílem práce bylo zjistit optimální podmínky pro klíčení a růst semen vybraného zástupce z rodu *Digitaria* v laboratorních i polních podmínkách a zhodnotit tak možnost pěstování v ČR. V laboratorních podmínkách byl hodnocen vliv sucha, zasolení, přítomnosti hliníku, zamokření, intenzity světla, skladování a teploty na klíčivost semen fonia. Dále byla hodnocena laboratorní vzcházivost rostlin v různých substrátech a z různých hloubek setí a založen polní pokus s různým termínem výsevu. Jako nejvhodnější teplota pro klíčení semen fonia je 30°C za tmy. Semena fonia byla odolná vůči zasolení do koncentrace 200mM chloridu sodného. Přítomnost hliníku neměla průkazný vliv na klíčení. Fonio vykazuje velmi dobrou odolnost vůči zamokření. Klíčení semen fonia nebyla ovlivněna stresem sucha do koncentrace roztoku PEG 15%. Klíčivost nebyla snížena uložením při teplotě 21°C po dobu 3 měsíců. Vzcházivost semen fonia průkazně neovlivnil typ substrátu ani hloubka setí.

Klíčová slova: fonio, klíčivost, semena, *Digitaria*

Abstract

Fonio is native to West Africa and is one of the world's oldest grains. It is a great source of vitamins, minerals, fiber and sulfur amino acids - methionine and cysteine. The aim of the work was to determine the optimal conditions for germination and seed growth of a selected representative of the genus *Digitaria* in laboratory and field conditions, and to evaluate the possibility of cultivation in the Czech Republic. Under the laboratory conditions were evaluated the effect of drought, salinity, presence of aluminium, waterlogging, light intensity, and storage temperature on seed germination of fonio. Furthermore, laboratory emergence of plants in different substrates and from different sowing depths was also evaluated and a field experiment was performed with different sowing dates. The most suitable temperature for germination of fonio seeds is 30 ° C in the dark. Fonio seeds were resistant to salinity to a concentration of 200 mM sodium chloride. The presence of aluminum had no significant effect on germination. Fonio exhibits very good resistance to waterlogging. Seed germination of fonio was not affected by drought stress up to a PEG solution concentration of 15%. Germination was not reduced by storing the seeds at 21°C for 3 months. The germination of fonio seeds was not significantly affected by the type of substrate or the sowing depth.

Keywords: fonio, germination, seeds, *Digitaria*

Poděkování

Děkuji vedoucí práce doc. Ing. Janě Pexové Kalinové, Ph.D. za její odbornou pomoc, metodické vedení, cenné rady a připomínky, kterými mi pomohla při zpracování diplomové práce.

Obsah

Úvod.....	8
1 Literární přehled.....	9
1.1 Původ a biologická charakteristika rodu <i>Digitaria</i>	9
1.2 Rod <i>Digitaria</i> v České republice	10
1.3 Rod <i>Digitaria</i> v afrických zemích	11
1.3.1 Historie využití fonia	12
1.3.2 Biologická charakteristika fonia	12
1.3.3 Produkce fonia	14
1.3.4 Setí fonia	15
1.3.5 Choroby a škůdci	16
1.3.6 Sklizeň fonia	16
1.3.7 Manipulace po sklizni	16
1.3.8 Zpracování fonia	17
1.3.9 Zdravotní účinky fonia.....	18
1.3.10 Faktory ovlivňující růst fonia	20
2 Cíl diplomové práce	22
3 Metodika	23
3.1 Materiál.....	23
3.2 Hodnocení klíčivosti semen.....	23
3.3 Polní pokus	25
4 Výsledky	26
4.1 Vliv sucha na klíčivost semen fonia	26
4.2 Vliv zasolení na klíčivost semen fonia	28
4.3 Vliv hliníku na klíčivost fonia	30
4.4 Vliv zamokření na klíčivost fonia	31
4.5 Vliv intenzity světla na klíčení semen fonia.....	34

4.6	Vliv uskladnění na klíčivost semen fonia.....	35
4.7	Vliv teploty na klíčení semen fonia.....	36
4.8	Vzcházivost fonia v různých podmínkách.....	39
5	Diskuze	42
	Závěr.....	45
	Seznam použité literatury.....	47
	Seznam obrázků	52
	Seznam tabulek.....	53
	Seznam grafů	54

Úvod

V dnešním zrychleném a technologiemi propojeném světě, kde se klade důraz hlavně na výkon a na to jak člověk vypadá, je pro člověka velmi důležité přijímat co nejvíce vitamínů a aminokyselin podporujících zdravý životní styl. Do popředí zájmu se proto dostávají různé způsoby stravování (diety) jako například vegetariánství a veganství. Díky tomuto trendu se věnuje pozornost různým novým alternativním plodinám, které mohou pomoci řešit výživu lidí i při různých potravinových alergiích. Rostliny z rodu *Digitaria* se pyšní významnými nutraceutickými vlastnostmi, proto je jejich další výzkum perspektivní.

Fonio, které v západní Africe hrálo a hraje velice důležitou roli v zajišťování potravy pro domorodé obyvatele, se v posledních letech těší díky svému složení velkému zájmu nejen v Africe, ale i ve zbytku světa. Jedinou nevýhodou je jeho náročné zpracování. S vzrůstající poptávkou ovšem můžeme v budoucnu očekávat zlepšení i těchto technologií.

Pro založení porostů zemědělských plodin je základem úspěchu pěstování, aby semena dané rostliny vyklíčila a vzešla. Klíčivost semen ovlivňuje mnoho faktorů, mezi něž patří například půda, vzduch, teplota, voda, uskladnění, vlhkost, světlo, stanoviště apod. Od vysoké klíčivosti se odvíjí i budoucí vysoký výnos dané plodiny. Je tedy velice důležité vybrat kvalitní osivo a rostlinám připravit vyhovující podmínky ke klíčení. Ve své práci se proto zabývala shromážděním dostupných informací o rodu *Digitaria* s důrazem na fonio, ale především vhodnými podmínkami pro klíčení respektive vzcházení fonia.

1 Literární přehled

1.1 Původ a biologická charakteristika rodu *Digitaria*

Kosmopolitní rod *Digitaria* (*Gramineae*, *Poaceae*) (Hawksworth et al., 2006) je morfologicky velice rozmanitý a nachází se na různých stanovištích v tropických a teplých oblastech a odhaduje se, že zahrnuje 170 až 230 druhů (Pitman et al., 2016). Někteří autoři uvádějí rozsah až 300 druhů (Rys, 2010). Jedná se o volně rostoucí C4 rostliny (Pitman et al., 2016).

Na základě nedávné studie fylogeneze v kmeni *Paniceae* od Morrone et al. (2012) se rod *Digitaria* jeví jako monofyletický. Základní čísla chromozomů rodu *Digitaria* jsou $x = 9, 15$ a 17 , přičemž nejčastější počet chromozomů je $2n = 18, 36, 54$ a 72 , ale varianty s $24, 27, 30, 34, 35, 40, 45, 60, 68, 70$ a 76 byly také popsány, stejně jako intraspecifická variabilita počtu chromozomů (Sinhg et al., 2016).

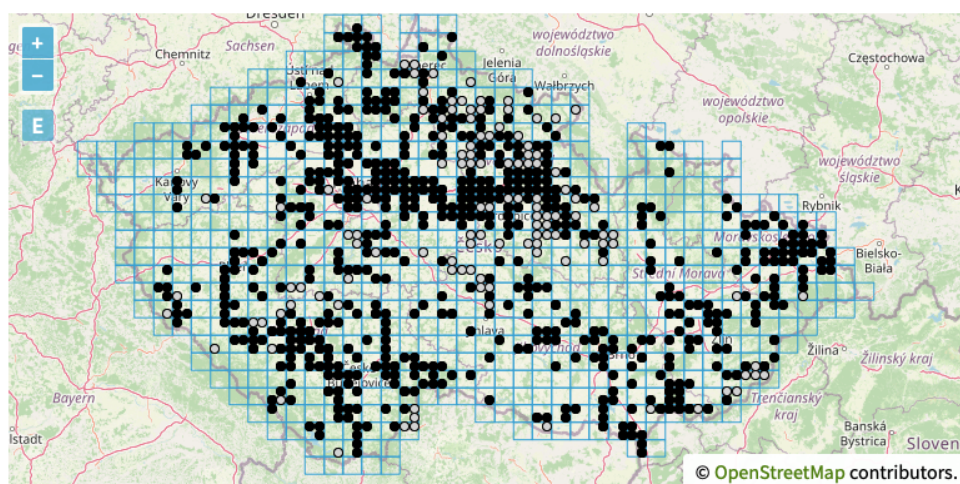
Rod *Digitaria* je nechvalně známý druhy rosiček, které jsou každoročními plevelely na trávnících a v zemědělských oblastech (Small, 2009). Rod přesto obsahuje krmné a chutné traviny z nich jsou některé pěstované jako obiloviny. Velmi významné jsou z tohoto pohledu hlavně 2 druhy, a to *Digitaria iburua*, která je označována jako černé fonio, a *Digitaria exilis* označována jako bílé fonio (Paurová, 2019).

Trávy rodu *Digitaria* mají oblé jednokvěté klásky, které jsou obojetné. Klásky jsou klasovitě seřazené. Jeden z obou klásků je zpravidla vždy kratičce stopkatý a druhý déle stopkatý. Mají tři zatvrdlé plevy, které jsou bezosinné a nejdolnější pleva bývá sotva patrná. Druhou plevou bývají skoro zcela zakryté dvě pluchy (Kumpošt., 1894). Květy mají tři tyčinky a semeník se dvěma pérovitými bliznami, které vyčuhují z vrcholku klásku (Polívka, 1902).

Květenství těchto trav je prstnatě dělené (Kumpošt., 1894). Druhy z rodu *Digitaria* mají typicky květenství složené z hroznů. Existuje však několik druhů s panikulárními květenstvími například indický druh *Digitaria tomentosa* a čínský druh *Digitaria fujianensis* (Boonsuk et al., 2016).

1.2 Rod *Digitaria* v České republice

Rosička lysá (*Digitaria ischaemum*) (Dostál, 1989) též označována jako rosička holá je jednoletý druh s vystoupavými nebo položenými stébly, jež jsou 1-3 dm vysoké. V dolní části jsou objaty pochvami, které jsou poměrně krátké, lysé a ploché. Ústí pochev mývá řídce chlupaté listy. Na vrcholku jsou nejčastěji tři, řidčeji čtyři nebo pět štíhlých minimálně zprohýbaných, prstnatě rozpražených klasů. Jednokvěté, vejčité klásky jsou po dvou sestavené po jedné straně klasových větven. (Polívka, 1902) Rosička lysá pro svůj pomalý vývoj a nízký vzrůst není nebezpečným polním plevelem. Z hlediska pícninářského je také bezvýznamná. Kvalita píce je sice uspokojivá, ale je zde příliš nízká výnosová schopnost. Ovšem na pozemcích ladem ležících ji ovce při příležitostné pastvě s chutí spásají. (Regal, 1970). Rozšíření rosičky lysé v ČR uvádí obr.1.1. (Danihelka, Ducháček, 2021).



Obrázek 1.1: Rozšíření rosičky lysé v České republice

Zdroj: (Danihelka, Ducháček 2021)

Rosička krvavá (*Digitaria sanguinalis*) je jednoletý volně trsnatý druh. Výška rostliny se pohybuje v rozmezí 20 – 80 cm. Stébla rosičky krvavé jsou poléhavá, rozvětvená a kořenující. Kolénka jsou lysá nebo chlupatá. Čepele na okrajích listů jsou chlupaté, drsné nebo téměř lysé. Pochvy jsou zpravidla hustě nebo řídce chlupaté. Jazyček je tupý, uťatý. Květenství tvoří hroznovité lichoklasy po 4 – 10 na koncích stébel ve svazcích. Jsou 5 – 10 cm dlouhé tenké a rozprostřené. Plodem rosičky krvavé je obilka, která je drobná a zašpičatělá. Plucha bývá bezosinná a rýhovaná, stopečka se nevyskytuje. Rosička krvavá se řadí mezi plevelné rostliny. Její obilky jsou významný zdroj potravy pro ptáky. (Straková et al., 2007). Na orných půdách

1.3.1 Historie využití fonia

Fonio je možná nejstarší původní obilovina pěstovaná v západní Africe. Jeho domestikace proběhla pravděpodobně před 7 000 lety, ale první zmínky o foniu jako o pokrmu pocházejí ze 14. století. Původní obyvatelé Mali označovali semena fonia jako “ zárodek světa “. Věřili, že celý vesmír vznikl z nejmenšího známého objektu, semen fonia (Cruz, 2004). Během koloniálních časů byl však vytvořen mýtus, který tvrdil, že původní plodiny Afriky nebyly tak výživné jako ty dovážené. Tento mýtus vedl k přemístění původních plodin jako k druhořadým, což vedlo k tomu, že tradiční potravinářské plodiny jako fonio, byly považovány za “rolnické jídlo“, proto fonio téměř vymizelo z městské stravy, ale stále se konzumovalo v jihovýchodních oblastech Senegalu (Levinson, 2018). V angličtině se fonio označuje termínem „hladová rýže“, tento termín pochází od Evropanů, kteří věděli jen málo o úrodě nebo životech těch, kteří ji používali. Místní obyvatelé však sklízeli fonio ne proto, že měli hlad, ale proto, že fonio je velice chutné. Fonio je zde stále tolik důležité, některé komunity ho nadále používají k uctívání předků. (NRC, 1996)

1.3.2 Biologická charakteristika fonia

Fonio má vysoký obsah vitamínů, minerály, vlákniny a sírných aminokyselin - metioninu a cysteinu. Jedná se o jednoleté rostliny dorůstající do výšky 80 cm (*Digitaria exilis*) (obr.1.3) nebo 150 cm (*Digitaria iburua*) (obr.1.4), štíhlými a lými stébly a životním cyklem 70 – 150 dnů (Abdul et. al., 2019). Listy bývají lým proximálním směrem v úpatí plodolistů a mají distální řemínkovitou čepel. Jejich květenství je ve tvaru prstu 2-5 (*Digitaria exilis*) nebo 4 – 10 (*Digitaria iburua*). Klásek obsahuje dva bisexuální kvítky, kde je spodní neplodný a horní plodný se třemi tyčinkami a žlutými prašníky, dvěma lodikulami a růžovým nebo purpurovým stigmatem. Watson a Dallwitz (1992) a Sarker et al., (1993) považují fonio pravděpodobně za samosprašné plodiny. Fogg (1976) a Hilu et. al. (1997), však potvrzují i možné křížení druhů. Zrna jsou mimořádně drobná (průměr 0,5 – 1mm, délka 0,75 – 2mm). Hmotnost tisíce zrn činí 0,5 – 0,6 g. Obilky jsou pevně uzavřeny ve dvou hnědých slupkách. U *Digitaria iburua* jsou plevy intenzivně tmavě hnědé, proto se běžně nazývá černé fonio v kontrastu s *Digitaria exilis* známé jako bílé fonio. U každého druhu farmáři rozeznávají odrůdy (Adoukonou-Sagbadja, 2010). Ploidie u fonia byla dlouho nejasná. Ve 20. století se předpokládalo, že *Digitaria exilis* má 2n

= 54 chromozomů. Přijetím základního počtu chromozomů $x=9$ jako u jiných druhů z rodu *Paniceae* se dospělo k závěru, že fonio je hexaploidní, s $2n = 6x = 54$. Nedávný výzkum fonia provedený v roce 2006 na 94 západoafrických odrůdách dospěl k závěru, že fonio je tetraploidní, i když by mohla existovat diploidie nebo hexaploidie s relativně nízkým výskytem (Cruz et. al., 2016).



Obrázek 1.3: Bílé fonio (*Digitaria exilis*)

Zdroj: (Small, 2009)



Obrázek 1.4: Černé fonio (*Digitaria iburua*)

Zdroj: (Small, 2009)

1.3.3 Produkce fonia

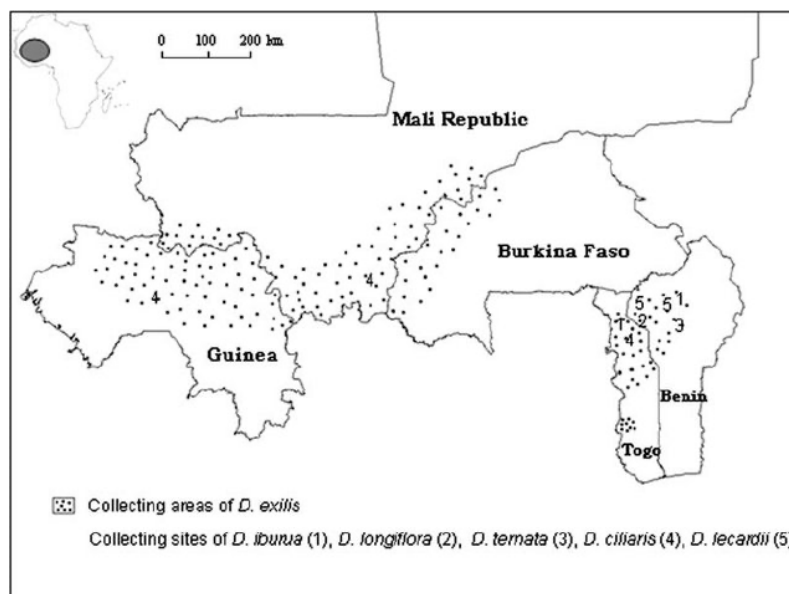
Fonio se pěstuje napříč západoafrickou Savannah od Čadského jezera po Senegal (obr.1.5), kde slouží několika milionům domorodých obyvatel jako základní strategická plodina pro zajištění potravy v chudých obdobích. Guinea je údajně největším producentem všech zemí pěstující fonio s pěstitelskou plochou asi 459 563ha a produkcí 479 985t, což představuje přibližně 75% z celkové produkce fonia. V polosuchých oblastech se fonio pěstuje hlavně jako doplněk nedostatku potravin v chudých obdobích, zatímco v subhumidních oblastech těchto zemí se fonio pěstuje hlavně pro diverzifikaci plodin. Široká přizpůsobivost fonia mu dává vysoký potenciál pro zajištění potravinové bezpečnosti, a to nejen v západní Africe, ale také v jiných částech Afriky, kde se daří zcela jiným obilninám. (Ayenan et. al., 2018).

Fonio se pěstuje hlavně na okrajových půdách a půdách obsahujících hliník. Pěstování fonia většinou probíhá v nadmořské výšce 400 – 1500m, při 25 – 30 ° a ročních srážkách 150 – 3000mm (Abdul et. al., 2019).

Fonio se dobře přizpůsobuje půdním a klimatickým podmínkám a roste v písčitéch, kamenitých až v chudých, degradovaných půdách. Vykazuje lepší výsledky než jiné obiloviny v suchých oblastech, a i v půdách s nízkou úrodností. Snižuje vliv eroze vytvářením půdního krytu. V období dešťů je fonio schopno přežít, pokud jsou půdy dobře odvodněné (FRI, 2019).

Fonio lze rozdělit do několika různých druhů odrůd:

- velmi rané odrůdy s 70 – 90 dny vegetace
- rané odrůdy s 90 – 110 dny vegetace
- přechodné odrůdy s 110 – 130 dny vegetace
- pozdní odrůdy s dny vegetace více než 130 dnů. (FRI, 2019)



Obrázek 1.5: Produkce fonia v západní Africe

Zdroj: (Adoukonou-Sagbadja 2007)

1.3.4 Setí fonia

Na malých plochách se příprava půdy provádí ručně pomocí daba (tradiční motyka), zatímco na větších pozemcích se oře. Fonio není příliš náročné a dokáže se vyrovnat se špatnými půdami nebo okrajovými oblastmi, zejména v případě pozdních odrůd. Pro rané odrůdy se používají půdy bohatší. V osevních postupech často navazuje na rýži, čirok nebo na podzemnici olejnou. (Cirad, 2004). Podle znalostí zemědělců hraje podzemnice olejná důležitou roli při řízení úrodnosti půdy a kontrole plevelů. Kvůli kořenové symbióze s rhizobními bakteriemi, podzemnice olejná fixuje atmosférický dusík a zvyšuje absorpci živin při absenci oplodnění (Hall et.al. 2016).

Fonio se množí semeny a je obvykle zaseto na začátku období dešťů. Při prvních deštích se semena vysévají na povrchově uvolněnou půdu v množství 10 až 30 kg osiva/ha. Někteří farmáři sejí hustěji (>50 kg/ha), aby snížili konkurenci plevelů v době vzejití (Cirad, 2004). Příprava půdy bývá minimální. Semena smíchaná se stejným množstvím písku nebo popela jsou obvykle pokryta půdou lehkým okopáváním nebo “kartáčováním“ větvemi stromů. Fonio bývá také někdy předpěstováno a až poté vysazeno na poli. Většinou se pěstuje jako jediná plodina, avšak někdy také dohromady s čirokem nebo prosem. Zemědělci v Guinei běžně zasévají různé druhy fonia dohromady (Brink et. al., 2006). Semena zpravidla vzcházejí jeden týden po výsadbě (FRI, 2019).

1.3.5 Choroby a škůdci

Citlivost fonia na choroby a škůdce je nízká. Některé houby však jsou schopny ovlivnit rostoucí plodinu. Fonio bývá náchylné ke rzi (*Puccinia oahuensis*). Rezistence fonia k háďátkům *Meloidogyne incognita* a *Meloidogyne javanica* byla zaznamenána v půdách, kde ostatní druhy rostlin byly infikovány. Také ptáci mohou způsobovat závažné škody, proto je většinou nutné plašení (Brink et. al., 2006).

Parazitický plevel *Striga*, zejména *Striga rowlandi*, o níž je známo, že se hojně vyskytuje v západní Africe, může způsobit vážné poškození úrody. (FiBL, 2013).

1.3.6 Sklizeň fonia

Fonio se sklízí tradičními způsoby. Rostliny jsou obvykle koseny nožem nebo srpem, vázány do snopů, sušeny a skladovány pod přikrytím. Za dobré výnosy obilek se považuje 600 – 800 kg / ha, ale byly zaznamenány i výnosy vyšší než 1000 kg / ha. V okrajových oblastech mohou výnosy klesnout pod 500 kg /ha a na extrémně chudých půdách to může být pouze 150 - 200 kg / ha. Semena se skladují dobře protože fonio dobře odolává skladištním škůdcům (NRC, 1996, Brink et. al., 2006).

1.3.7 Manipulace po sklizni

Fonio je obvykle mláceno asi 8 dní po sklizni. Slupky zůstávají na zrnech, která si z tohoto důvodu zachovávají vlhkost a musí být dále sušeny. Zrna jsou dostatečně suchá, pokud jdou snadno promnou prsty. Produkt po mlácení („fonio paddy“ nebo „raw fonio“) se dále zpracovává ve dvou fázích: loupání (odstranění slupek ze zrn) a bělení (odstranění klíčků). Loupání a bělení se provádí ručně a vyžaduje 4 -5 bití paličkou střídaných s prořezáváním. Pro získání kvalitního produktu je nutné nečistoty a písek odstranit opakovaným promýváním. Malé podniky na zpracování fonia lze nalézt v městech jako je např. Mali a Burkina Faso, tyto podniky jsou většinou zaměřeny na městské a exportní trhy (Vodouhè et. al., 2006). Semena fonia se skladují dobře (NRC, 1996).

Pěstování *Digitaria exilis* je obecně ziskové, ale mezi nejvýznamnější problémy patří nedostatek kvalitního osiva, nedostatečné finanční prostředky a zpracovatelské možnosti, jakož i moderní technologie ke snížení ruční práce při s jejím pěstování (Kaka, Gindi 2012)

1.3.8 Zpracování fonia

Zpracování fonia je náročné. Ve všech výrobních zónách v západní Africe je stále zpracováváno tradičními technikami. Také se často mísí s čirokem, prosem nebo pšeničnou moukou, aby se mohl být upečen směsný chléb. Vyšší teplotou jsou zrna schopna pukat a poté jsou využita ke konzumaci. Z fonia se také v menším množství vaří místní pivo – tchapalo, které se vyrábí v Togu a pito – burujuto, které se vyrábí v Nigérii. Fonio je díky vysokému obsahu metioninu také cenným krmivem pro monogastrická zvířata (prasata a drůbež). Je také považováno za dobrou náhražku semoliny, může být tedy využito k výrobě špaget a ostatních těstovin. Ve studiích ke stanovení pivovarského potenciálu fonia - sladu ve srovnání s čirokem a prosem bylo zjištěno, že kyselina giberelová inhibovala proteázu u všech druhů, ale inhibovala aktivitu amylázy ve foniu. Ke zlepšení technologií zpracování fonia je nutné zlepšit podvědomí o tomto obilí (Belton et. al., 2002).

Foniové mouky (*Digitaria exilis* a *Digitaria iburua*) měly základní složení podobné ostatním obilovinám. Mouka z bílého fonia měla vyšší obsah prolaminů ve srovnání s moukou z černého fonia. Opak byl zjištěn u glutelinů. Koncentrace celkových volných aminokyselin mouky z černého fonia byla vyšší než koncentrace mouky z bílého fonia (1348 ± 34 vs. 100 ± 20 mg/kg). Při výrobě chleba byla v obou moukách dominantním druhem gram negativní bakterie *Pediococcus pentosaceus*. Kynuté chleby z bílého a černého fonia vykazovaly nižší měrný objem a vyšší hustotu než chleby z pšeničného kvásku. Ze sensorických vlastností byly tyto chleby oceněny pro barvu, kyselou chuť a chuť a celkovou přijatelnost (Coda et.al., 2010).

Embyro fonia je v poměru k obilce větší než u jiných obilných zrn. Buňky embrya a scutellum jsou bohaté na lipidy (Ballogou et.al., 2013). Černé fonio mělo výnos oleje 3,14%, zatímco bílé fonio mělo výtěžnost oleje jen 2,67%. Výtěžnost oleje ze semen fonia se pohybuje v rozmezí 2-9%. Tento výnos je nízký ve srovnání s jinými semeny, jako je sója (14,51%), arašíd (10,54%) a kukuřice (6,63%) (Ladan et, al., 2018). Olej je bohatý na polynenasycené mastné kyseliny, vitamíny A (6.15 mg/ml v černém a 5.07 mg/ml v bílém foniu) a E (Ladan et, al., 2018).

Absorpce vody bílého fonia (*Digitaria exilis*) byla zkoumána při teplotách 40,60,80 a 100°C. Absorpční kapacita vody a hydratační rovnovážný obsah v zrně se zvyšovaly se zvyšující se teplotou hydratace. Teplota želatince bílého fonia byla 600

stupňů°C a aktivační energie byla 0,35 kJ mol (-1) nad a 2,00 kJ mol (-1) pod touto teplotou. (Tunde - Akintunde, 2010).

Nízké hodnoty peroxidového čísla (u černého fonia 8,10 meqH₂O₂ a bílého fonia 9,30 meqH₂O₂) naznačují, že oba oleje jsou stabilní vůči oxidaci (Ladan et, al., 2018).

Hodnoty zmýdelnění pro zrna černého a bílého fonia jsou 191,1 mgKOH/g a 170,1 mgKOH/g. Tyto hodnoty jsou v rámci akceptovatelných hodnot, které jsou 150mgKOH/g – 350mgKOH/g pro oleje používané při výrobě mýdla. To znamená, že je zde dobrá příležitost na výrobu mýdla. Hodnoty čísla kyselosti pro černé a bílé olej z černého a bílého fonia jsou 3,0 mgKOH/g a 4,1 mgKOH/g. To naznačuje, že oleje jsou stabilní při pokojové teplotě, takže nejsou náchylné k žluknutí. (Ladan et, al., 2018)

Absorpce vody oběma obilovinami dosáhla maxima po 24 hodinách máčení. Škrob z obou obilovin vykazoval bobtnavost a rozpustnost podobnou jiným nevoskovitým obilným škrobům. Škrob z *Digitaria exilis* nabobtnal méně (7,3) než škrob z *Digitaria iburua* (7,8) (Jideani et. al., 1993).

1.3.9 Zdravotní účinky fonia

Černé fonio obsahuje 8,75% hrubého proteinu, 4% tuku, 1,03% hrubé vlákniny, 76,91% sacharidů, 2,21% popela, a 7,00% vlhkosti. Množství hrubého proteinu u bílého fonia je 7,11%, 3% tuku, 0,79% hrubé vlákniny, 79,72% sacharidů, 2,13% popela a 7,00% vlhkosti. Černé fonio se tedy jeví jako výživnější než bílé fonio (Sadiq et. all., 2015).

Fonio může skvěle doplnit řadu diet, a to zejména veganských, protože má obzvláště vysoký obsah metioninu, cystinu, valinu, leucinu a isoleucinu (tab.1.1). Obsah metioninu a cystinu (aminokyseliny obsahující síru) je vyšší než u zrna pšenice, rýže, kukuřice, čiroku, ječmene a žita. Tyto aminokyseliny mohou přispívat ke zdravé funkci svalů, regeneraci po cvičení, zdraví kostí, detoxikaci organismu, zdraví pokožky a zdravému metabolismu. Celkově fonio obsahuje dvakrát až třikrát více bílkovin než hnědá rýže (Levy, 2020).

Tabulka 1.1: Profil aminokyselin v zrnú fonia

AMINOKYSELINA	g/16gN
Arginin	1,29
Lysin	1,96
Isoleucin	1,39
Leucin	4,26
Fenylalanin	2,34
Histidin	1,35
Valin	4,11
Tryptofan	0,98
Threonin	1,91
Methionin	5,19
Alanin	4,16
Glycin	1,96
Prolin	3,18
Kys. glutamová	5,63
Cystein	2,85
Tyrosin	0,87
Serin	2,14

Zdroj: (Ukim et.al., 2012)

Fonio má velmi nízký glykemický index. Obsahuje také síru, chrom a aminokyseliny, které pomáhají zamezovat vzniku cukrovky a studie naznačují, že konzumace fonia může být velmi dobrý způsob, jak kontrolovat hladinu cukru v krvi u diabetiků. (Obá, 2018).

Fonio neobsahuje lepek, takže je velice vhodnou potravínou při celiakii (Obá, 2018).

Další výhodou fonia je jeho přísun minerálních látek, jako železa, zinku a fosforu. Tyto živiny jsou důležité pro usnadnění kognitivních funkcí, zdraví kostí, vysoké hladiny energie a mnoho dalších funkcí. Dále obsahuje určité množství vápníku, hořčíku, draslíku a kyseliny listové (Levy, 2020). Obsah sodíku v černém foniu je 30mg/100g, vápníku 30,00mg/100g, draslíku 8,45mg/100g, železa 2,75mg/100g, zinku 0,75mg/100g, oproti tomu v bílém foniu je surového sodíku 20,00mg/100g,

vápníku 20,00mg/100g, draslíku 5,40mg/100g, železa 1,10mg/100g, zinku 0,65mg/100g. (Sadiq et. al., 2015).

Ve foniu se nachází především vitamíny ze skupiny B, včetně thiaminu, riboflavinu, folátu a niacinu, které podporují přeměnu živin na využitelnou energii, metabolismus glukózy a hrají klíčovou roli ve zdravých svalových, nervových, srdečních a mozkových funkcích (Levy, 2020). Vitamíny patří mezi antioxidanty, které pomáhají chránit buňky před poškozením (oxidačním stresem), ale schopnost fonia neutralizovat volné radikály ve srovnání s listovou zeleninou byla špatná (Glew et. al., 2013).

Fonio může mít antityroidní vlastnosti. Flavonoidy ve foniu mohou ovlivnit mnoho parametrů rakoviny štítné žlázy, včetně buněčné proliferace, invazivity a diferenciaci. Autoři došli k závěru, že bude zapotřebí více studií, které se budou zabírat potenciální toxicitou flavonoidů fonia pro štítnou žlázu (Del Coro, 2020).

1.3.10 Faktory ovlivňující růst fonia

Klíčení semen souvisí s teplotou půdy. Když teplota půdy na povrchu dosáhne 55°F (13°C) po dobu čtyř nebo pěti po sobě jdoucích dnů, rosička začne klíčit. Semena klíčí od časného jara až do pozdního léta. Rosičky nadále rostou až do léta, kdy se dny zkracují. Vegetativní růst se zpomaluje a rostliny vstupují do reprodukčního stadia. Rostliny, které se objevují brzy v sezóně a mají dlouhou dobu vegetativního růstu, jsou mnohem větší než rostliny, které klíčí později (UMass, 2011).

Testy klíčivosti u *Digitaria ciliaris*, *Digitaria horizontalis* a *Digitaria insularis* byly prováděny každý měsíc s obilkami skladovanými v suché místnosti nebo vystavené přirozenému stárnutí po dobu 360 dnů. Rychlost klíčení semen byla inhibována obalovými vrstvami semen. Avšak u nahých obilek také přetrvávala inhibice v procesu klíčení, což naznačuje období dormance (Barbosa et.al. 1989). Obecně jsou semena rostlin z rodu *Digitaria* dormantní jenom krátkou dobu po opadu z mateřské rostliny (UMass, 2011)

Jedním z faktorů, který ovlivňuje vývoj rostlin je fotoperiodická reakce. Fotoperioda ovlivnila nejvíce klíčivost *Digitaria iburua*. Tento druh měl 30% klíčivost při délce dne 6,8,10 a 12 hodin po dobu 21 dnů, zatímco *Digitaria exilis* a *Digitaria barbinodis* měla 80% klíčivost bez ohledu na délku fotoperiody (Nyam et. al., 2007). U tří odrůd *Digitaria exilis*, a to bílá Mbulus, Jakashale a červená Dapys byl zkoumán vliv fotoperiody (délka dne jedenáct, dvanáct a třináct hodin) na kvetení. Byly

zaznamenány průkazné rozdíly ($p < 0,01$) v počtu dnů do kvetení. Výsledky ukázaly, že bílé fonio *Mbulus* je rostlina krátkého dne, zatímco odrůda *Jakashale* je neutrální k délce dne. Odrůda *Jakashale* by proto mohla být zdrojem genů pro vylepšení fonia, které by bylo použitelné pro celoroční produkci (Aliero, Morakinyo, 2005).

Nejlepší vzcházivost byla zjištěna u semen, která byla vyseta na povrch nebo do 2 cm hloubky. To potvrzuje potřebu světla pro klíčení (Barbosa et.al. 1989)

Účinek fytohormonů, tj. thiomocoviny, gibberelinu, kyselina 1-naftyl-octová a kyselina indol - máselná na klíčení byl sledován u *Digitaria exilis*. Nejvyšší procento klíčivosti (78%) bylo zaznamenáno u semen ošetřených thiomocovinou ($0,01 \text{ mg L}^{-1}$) po dobu 15 minut a $0,0001 \text{ mg L}^{-1}$ po dobu 60 minut za nepřetržitého tmavého prostředí, zatímco nejnižší procento klíčení (25%) bylo zaznamenáno u semen ošetřených kyselinou 1-naftyl - octovou ($0,001 \text{ mg L}^{-1}$) po dobu 60 minut za stálého osvětlení. (Idu et. al., 2008).

Semena *Digitaria exilis* byla vystavena záření gama (20 Gy, 40 Gy, 80 Gy a 100 Gy) ze zdroje ^{60}Co . Ozářená semena byla posléze vyseta pro vyhodnocení. Účinky ozařovacích dávek byly studovány na klíčivost, znaky sazenic, růst a parametry výnosu v dospělosti. Dny do vzejití a procento klíčivosti byly zvýšeny při nízkých dávkách ozařování s optimální produkcí 80 Gy. Výška rostlin, odnožování a počet listů byly významně ovlivněny ozařováním gama. Hmotnost 100 zrn byla nejvyšší při 80 Gy. (Animasaun et. al., 2014)

Semena fonia (*Digitaria exilis*). byla ošetřena pěti různými koncentracemi kolchicinu (0,1mM, 0,5mM, 1,0mM, 2,0mM a 0,0mM jako kontrola) namočením s cílem vyvolání variability, kterou lze využít při zlepšování plodiny. Kolchicin produkoval vyšší mutanty (79-83,93) cm s mnoha listy (10-14 listů), které mají větší plochu (11,35 - 13,15cm²) Také HTS mutantů byla vyšší než u kontroly (Nura et. al., 2017).

2 Cíl diplomové práce

Cílem práce je zjistit optimální podmínky pro klíčení a růst semen vybraného zástupce z rodu *Digitaria* v laboratorních i polních podmínkách a zhodnotit tak možnost pěstování v ČR.

3 Metodika

3.1 Materiál

Ke zkouškám klíčivosti byla použita semena fonia (*Digitaria exilis*), česky rosička útlá, získané od firmy "FLORALIA" původem z Ugandy.

3.2 Hodnocení klíčivosti semen

Při testu klíčivosti se vycházelo z Metodiky zkoušení osiva a sadby (2014), která uvádí pro prosovitě hodnocení klíčivosti po 3-7 dnech, při teplotě 25-30 °C. Zkouška klíčivosti probíhala na filtračním papíře v Petriho miskách při základní teplotě 25°C. Na začátku zkoušky se do každé misky přidalo 2,5 ml destilované vody a výpar se minimalizoval těsně přiléhajícím víčkem, které bylo obaleno parafilmem a nádoby se uzavřely do plastických sáčků. Klíčící rostliny se z lůžka při každém počítání odstraňovaly. Abnormální a nedostatečně vyvinuté rostliny byly na lůžku ponechány až do konečného vybírání. Plesnivá semena se při každém počítání z lůžka odstranila, aby se snížilo nebezpečí sekundární infekce u zbylých klíčících rostlin. U každého laboratorního pokusu bylo použito na každou Petriho misku 50 semen po 5 opakováních, které byly uloženy do termostatů. Za klíčivé semeno bylo považováno každé semeno s kořínkem o délce minimálně 2 mm. Na základě zkušební ověření rychlosti klíčení bylo hodnocení prováděno 1., 2., a 5. den klíčení. Pro vyhodnocení byly použit výpočet následujících parametrů podle (Šerá, Bláha, 2014).

- **klíčivost semen (SEED GERMINATION)**
 - $(SG \text{ v } \%) = G_f / S * 100$
 - G_f ... počet vyklíčených semen na konci kultivace (7 den)
 - S ... celkový počet testovaných semen
 - Klíčivost vyjadřuje procentuální množství vyklíčených semen daného vzorku za optimálních podmínek v čase vymezeném pro klíčení (období, kdy je klíčení ukončeno).
- **energie klíčení (GERMINATION ENERGY)**
 - $(GE \text{ v } \%) = G_t / S * 100$
 - G_t ... počet vyklíčených semen ve dne t

-
- Procentuální vyjádření množství vyklíčených semen daného vzorku v daném čase (období před ukončením klíčení), vypovídá o intenzitě a vyrovnanosti klíčení.
 - **rychlost klíčení (SPEED OF GERMINATION)**
 - $(SG * v \%) = G_t / G_f * 100$
 - Poměr počtu vyklíčených semen na začátku a na konci stanovené doby, která se vyjadřuje v procentech.

Data byla testována pomocí analýzy rozptylu (ANOVA) v programu STATISTICA 13. V případě průkaznosti vlivu na základě analýzy rozptylu byly porovnány všechny dvojice skupin pomocí Tukeyho testu. Hladina významnosti byla zvolena 0,05 %.

- 1) **Hodnocení vlivu sucha na klíčivost semen:** Rozpuštěním požadovaného množství polyethylenglykolu (PEG) v destilované vodě vznikl roztok požadované koncentrace (udávaný v procentech). Zkouška klíčivosti byla prováděná v 6 variantách roztoků, konkrétně: 5% roztok, 10% roztok, 15% roztok, 20% roztok, 25% roztok a 30% roztok + kontrola v destilované vodě při teplotě 25°C.
- 2) **Vliv zasolení na klíčivost semen:** Semena se nechala klíčit v 5 variantách roztoků chloridu sodného s destilovanou vodou při teplotě 25°C. Konkrétně: 50mM, 100mM, 150mM, 200mM, 250mM roztok + kontrola v destilované vodě.
- 3) **Vliv přítomnosti hliníku na klíčivost semen:** Semena se nechala klíčit ve 4 variantách roztoků chloridu hlinitého s destilovanou vodou při teplotě 25°C. Konkrétně: 0,05mg/l, 0,5mg/l, 5mg/l, 50mg/l + kontrola v destilované vodě.
- 4) **Vliv zamokření na klíčivost semen dle Bláha, Vyvadilová (2012):** Semena byla nejprve máčena v destilované vodě a to po dobu 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 11 a 12 dnů. Po namočení byla semena přendána na Petriho misky a uloženy do termostatu do teploty 25°C.
- 5) **Vliv světla na klíčivost semen:** Při teplotě 21°C byl založen pokus tma/světlo. U varianty tma byly Petriho misky zabaleny do alobalu, aby se zabránilo vniknutí světla.

-
- 6) Vliv skladování na klíčivost semen:** Část semen při tomto pokusu byla uložena ve tmě při teplotě 4°C a část byla uložena do tmy při 21°C. Klíčivost byla vyhodnocena po 3 měsících skladování. Jako kontrola byla použita semena s 0 počtem dní skladování.
- 7) Vliv teploty na klíčivost semen:** Vliv teploty na klíčivost byl pozorován v teplotách: 8°C, 12°C, 21°C, 25°C, 30°C, 35°C, 40°C a 45°C. Všechny vzorky byly po založení pokusu dány do termostatů na Zemědělské fakultě.
- 8) Hodnocení laboratorní vzcházivosti rostlin v různých substrátech a z různých hloubek setí:** Pokus probíhal dle Bláha, Vyvadilová (2012) v klícidlech naplněných použita hlinitopísčítá půda z českobudějovického parku Háječek. Písek byl odebrán z pískárny ve Veselí nad Lužnicí a rašelina – substrát s vysokým podílem organických látek (Agro a.s.) byla zakoupena. Semena byla zasetá celkem 3 způsoby. Pod 2 cm vrstvu daného substrátu, do cca 1cm hloubky nebo na povrch substrátu zvlhčený destilovanou vodou ve stejném množství vody jako byla aplikována při klíčivosti tedy 2,5 ml na 50 semen. Do každého lůžka bylo vyseto celkem 50 semen vedle sebe v 5 opakováních. Vzcházivost byla vyhodnocována průběžně 3. a 5. den po dobu 5 dnů. Semena se nechala klíčit při teplotě 21 ± 1 °C. U laboratorní vzcházivosti byla stanovena vzcházivost, energie vzcházení a rychlost vzcházení podle vzorků pro klíčivost.

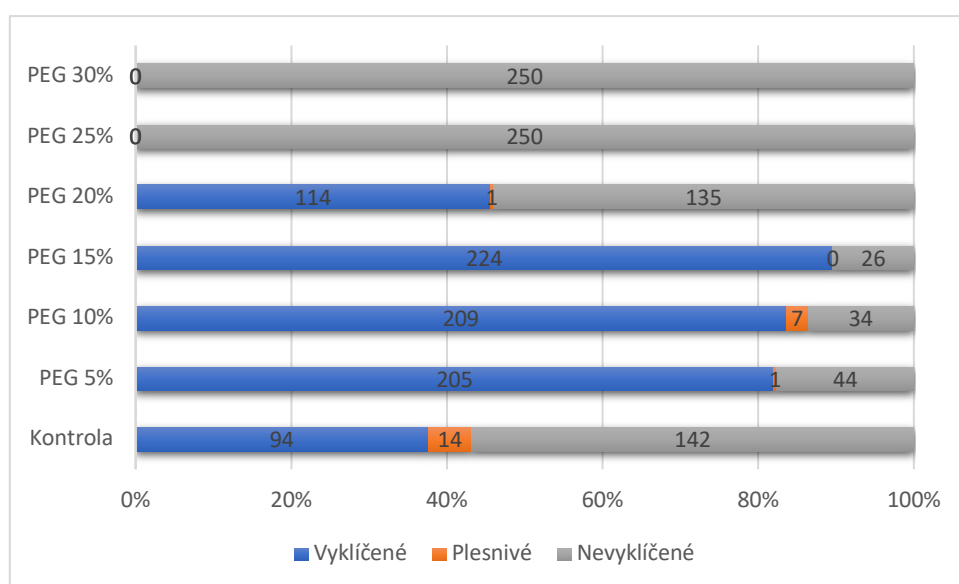
3.3 Polní pokus

Osivo fonie (1000 semen pro každou variantu) bylo v roce 2020 zaseto ve třech různých termínech 20.4.2020, 8.6.2020 a 1.8.2020. Polní pokus byl založen ve vesnici Radostice 500 – 535 m n.m, průměrná roční teplota 7,8°C, průměrný úhrn ročních srážek 679 mm. Semena byla zasetá do květináčů, které byly naplněné substrátem, který s skládal z 60% jílovité půdy a 40% písku. Květináče byly umístěny venku. U prvního termínu setí byla průměrná denní teplota 12 °C. U druhého termínu setí byla teplota 17°C. U třetího setí byla teplota 30°C. U všech variant byla zaznamenána doba vzejití, počet vzejitých rostlin a průměrná dosažená výška rostliny.

4 Výsledky

4.1 Vliv sucha na klíčivost semen fonia

Graf č. 4.1 znázorňuje celkový počet vyklíčených, plesnivých a nevyklíčených semen po vystavení působení roztoků PEG o různých koncentracích. Největší klíčivost semen byla zaznamenána u 15% roztoku PEG a naopak nulová klíčivost byla u 25% a 30% roztoku PEG.



Graf 4.1: Celkový počet vyklíčených, plesnivých a nevyklíčených semen fonia při různém stupni sucha

Energie klíčení

Tabulka 4.1: Energie klíčení semen fonia při různém stupni sucha

Koncentrace PEG	průměr	sm. odch.	Tukey test
0 %	36,0	6,5	b
5 %	78,0	5,1	a
10 %	81,2	6,1	a
15 %	84,4	4,1	a
20 %	26,8	8,8	b
25 %	0,0	0,0	c
30 %	0,0	0,0	c

Energie klíčení fonia byla statisticky průkazně ovlivněna ($P \leq 0,001$) koncentrací roztoku PEG, tedy úrovní sucha během klíčení. Z tabulky č.4.1 je patrné, že u koncentrací roztoku PEG 5 – 15% není statisticky významný rozdíl v energii klíčení semen fonia, avšak významný úbytek energie můžeme sledovat u koncentrace PEG 20%. U koncentrace PEG 25% a 30% byla zjištěna nulová energie klíčení.

Klíčovost

Tabulka 4.2: Klíčivost semen fonia při různém stupni sucha

Koncentrace PEG	průměr	sm. odch.	Tukey test
0 %	37,6	4,3	b
5 %	82,0	3,2	a
10 %	83,6	4,8	a
15 %	89,6	2,6	a
20 %	49,6	13,2	b
25 %	0,0	0,0	c
30 %	0,0	0,0	c

Vliv sucha na klíčivost semen fonia byl statisticky průkazný ($P \leq 0,001$). Největší počet vyklíčených semen byl pozorován u roztoku PEG 15%, 10 a 5%, oproti tomu u koncentrace 20% byl zaznamenán výrazný pokles klíčivosti. U roztoku PEG 25% a 30% byla stanovena nulová klíčivost (tab.4.2).

Rychlost klíčení

Tabulka 4.3: Rychlost klíčení semen fonia při různém stupni sucha

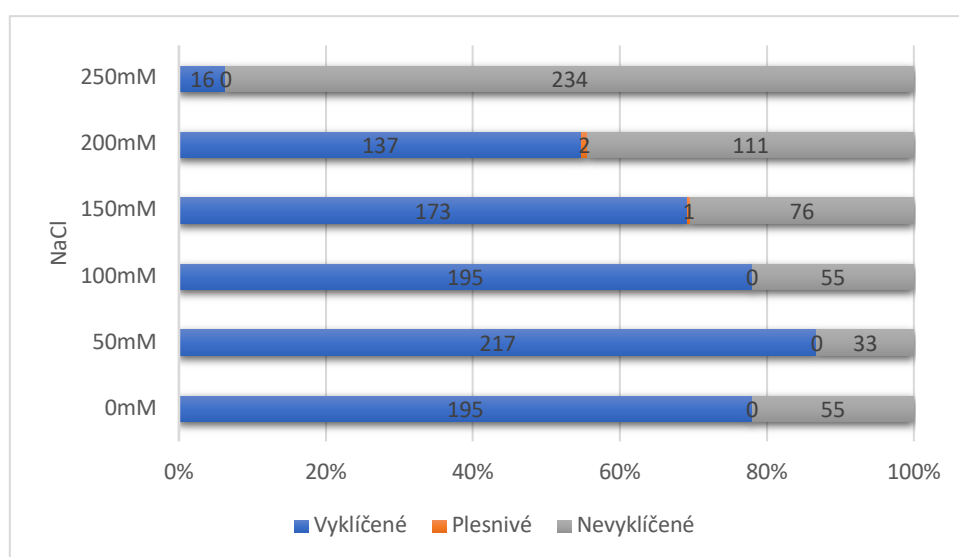
Koncentrace PEG	průměr	sm. odch.	Tukey test
0 %	95,2	5,1	a
5 %	95,1	4,4	a
10 %	97,1	4,2	a
15 %	94,2	2,2	a
20 %	53,5	10,0	b
25 %	-	-	
30 %	-	-	

Vliv sucha na rychlost klíčení semen fonia byl statisticky průkazný ($P \leq 0,001$). Z tabulky č.4.3 vyplývá, že největší rychlost klíčení byla u 10% roztoku PEG. Roztok

PEG 5%, 10 a 15% se průkazně v rychlosti klíčení semen nelišil od kontroly. Nejnižší rychlost klíčení byla u 20% roztoku PEG.

4.2 Vliv zasolení na klíčivost semen fonia

V grafu č.4.2 jsou uvedeny počty vyklíčených, plesnivých a nevyklíčených semen při klíčení v roztocích chloridu sodného. Je zde patrné, že největší klíčivost vykazovala semena fonia v roztoku o koncentraci 50mM, zatímco nejmenší hodnota klíčivosti byla zaznamenána u roztoku 250mM. Je zjevné, že čím je nižší koncentrace chloridu sodného v roztoku, tím byla klíčivost semen fonia vyšší.



Graf 4.2: Počty vyklíčených, plesnivých a nevyklíčených semen fonia při různém stupni zasolení

Energie klíčení

Tabulka 4.4: Energie klíčení semen fonia při různém stupni zasolení

Koncentrace NaCl	průměr	sm. odch.	Tukey test
0mM	74,4	7,4	a
50mM	79,6	8,6	a
100mM	69,6	8,9	ab
150mM	52,8	11,1	bc
200mM	36,4	13,7	c
250mM	0,0	0,0	d

Energie klíčení semen fonia byla statisticky průkazně ovlivněna zasolením ($P \leq 0,001$). Nejvyšší energie klíčení bylo stanovena u roztoku 50mM NaCl. Průkazně se však nelišila od kontroly. Čím byl roztok silnější, tím se energie klíčení semen fonia snižovala. U roztoku 250mM byla stanovena nulová energie klíčení (tab.4.4).

Klíčovost

Tabulka 4.5: Klíčivost semen fonia při různém stupni zasolení

Koncentrace NaCl	průměr	sm. odch.	Tukey test
0mM	78,0	6,2	a
50mM	86,8	3,3	a
100mM	78,0	13,6	a
150mM	69,2	20,4	ab
200mM	54,8	13,8	b
250mM	6,4	2,6	c

Klíčovost semen fonia statisticky průkazně ovlivnilo zasolení ($P \leq 0,001$). Nejvyšší klíčivost semen fonia při různém stupni zasolení byla zaznamenána u roztoku 50mM. Roztok 100mM vykazoval v průměru stejnou klíčivost jako u kontroly a 50mM roztoku. Nejmenší klíčivost byla u roztoku 250mM NaCl (tab.4.5).

Rychlost klíčení

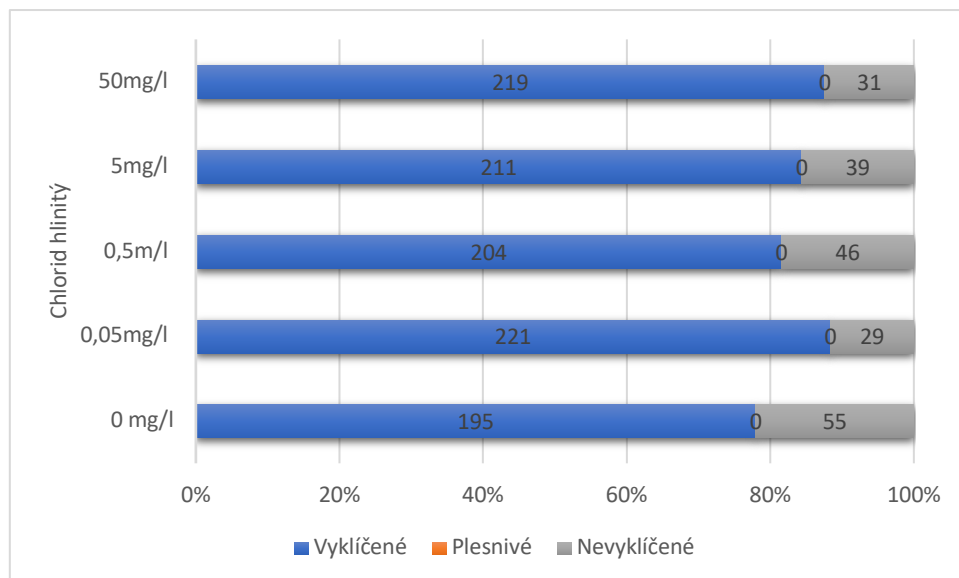
Tabulka 4.6: Rychlost klíčení semen fonia při různém stupni zasolení

Koncentrace NaCl	průměr	sm. odch.	Tukey test
0mM	95,3	4,4	a
50mM	91,6	8,5	a
100mM	89,9	6,7	a
150mM	78,2	9,7	ab
200mM	65,3	13,2	b
250mM	0,0	0,0	c

Rychlost klíčení semen fonia při různém stupni zasolení byla nejvyšší u kontroly. Na rychlost klíčení semen fonia neměl vliv chlorid sodný do koncentrace 100mM. Je zřejmé, že jako u energie a klíčivosti, i rychlost klíčení tím je tím menší, čím větší je koncentrace roztoku NaCl (tab.4.6).

4.3 Vliv hliníku na klíčivost fonia

Graf č.4.3 ukazuje celkový počet všech vyklíčených, plesnivých a nevyklíčených semen fonia ve všech koncentracích chloridu hlinitého, které byly na pokus použity.



Graf 4.3: Počty vyklíčených, plesnivých a nevyklíčených semen fonia v různých koncentracích chloridu hlinitého

Energie klíčení

Tabulka 4.7: Energie klíčení semen fonia při různé koncentraci hliníku

Koncentrace $AlCl_3$	průměr	sm. odch.
0 mg/l	74,4	7,40
0,5 mg/l	83,0	8,86
5 mg/l	82,0	6,00
50 mg/l	86,4	4,34

Vliv různých koncentrací chloridu hlinitého na energii klíčení nebyla statisticky průkazný ($P=0,10$) (tab.4.7).

Klíčivost

Tabulka 4.8: Klíčivost semen rosičky při různé koncentraci hliníku

Koncentrace AlCl_3	průměr	sm. odch.
0 mg/l	78,0	6,2
0,5 m/l	85,0	7,8
5 mg/l	84,4	4,8
50 mg/l	87,6	4,1

Vliv různých koncentrací chloridu hlinitého na klíčivost semen fonia nebyl statisticky průkazný ($P=0,14$) (tab.4.8).

Rychlost klíčení

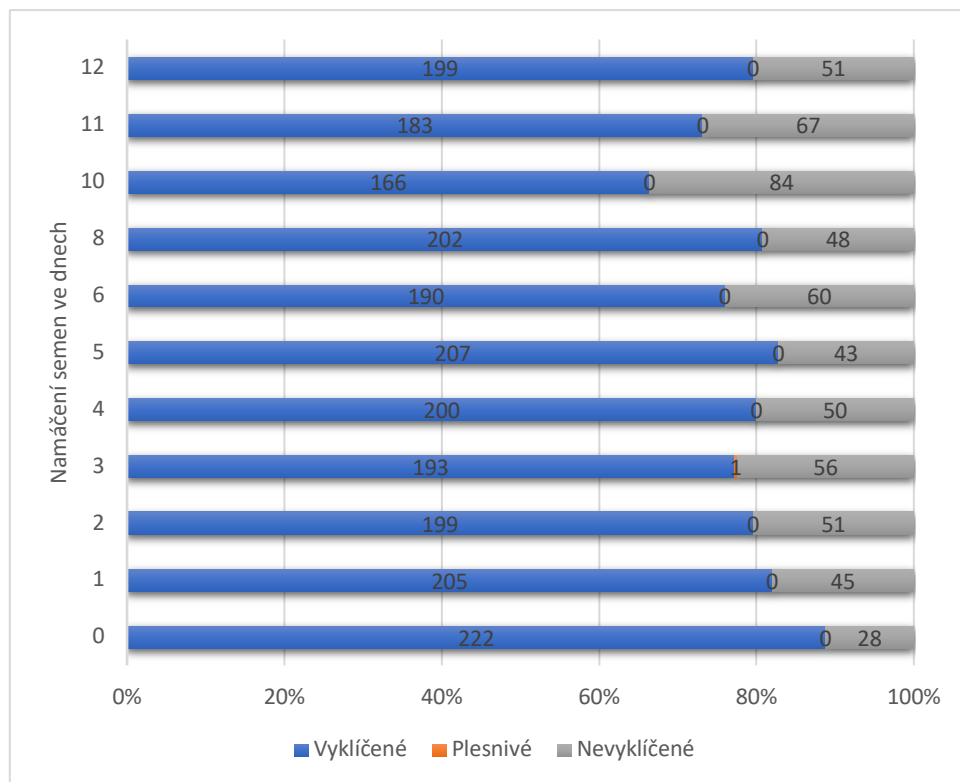
Tabulka 4.9: Rychlost klíčení semen rosičky při různé koncentraci hliníku

Koncentrace AlCl_3	průměr	sm. odch.
0 mg/l	95,3	4,4
0,5 m/l	97,5	2,7
5 mg/l	97,1	3,1
50 mg/l	98,6	1,3

Vliv různých koncentrací chloridu hlinitého na rychlost klíčení semen fonia nebyl statisticky průkazný ($P=0,38$) (tab.4.9).

4.4 Vliv zamokření na klíčivost fonia

Z Grafu č.4.4, který ukazuje vliv zamokření na počty vyklíčených, plesnivých a nevyklíčených semen fonia je zřejmé, že neexistuje značný vliv zamokření na celkový počet vyklíčených semen.



Graf 4.4: Počty vyklíčených, plesnivých a nevyklíčených semen fonia při různém stupni zamokření

Energie klíčení

Tabulka 4.10: Energie klíčení semen rosičky při různém zamokření

Namáčení semen ve dnech	průměr	sm. odch.	Tukey test
0	87,6	4,3	ab
1	73,2	8,4	ab
2	74,0	5,8	ab
3	58,8	12,7	bc
4	66,8	7,7	b
5	77,2	10,4	ab
6	64,0	10,9	b
8	57,6	12,8	bc
10	41,6	5,0	c
11	54,0	9,3	bc
12	62,0	9,5	b

Z tabulky č.4.10 je patrné, že kontrola s 0 dní namočenými semeny měla nejvyšší hodnoty energie klíčení. Nejnížší energie klíčení byla zaznamenána při 10 dnech

namáčení semen fonia. Na hladině významnosti 0,05 byla prokázána závislost energie klíčení na zamokření.

Klíčovost

Tabulka 4.11: Klíčivost semen rosičky při různém zamokření

Dny namočení semen	průměr	sm. odch.
0	88,8	4,6
1	82,0	5,1
2	79,6	8,0
3	77,2	11,4
4	80,0	7,6
5	82,8	11,3
6	76,0	13,4
8	80,8	8,3
10	66,4	9,5
11	73,2	18,3
12	79,6	12,6

Nebyl statisticky prokázán vliv zamokření na klíčivosti semen fonia ($P=0,2$) (tab.4.11).

Rychlost klíčení

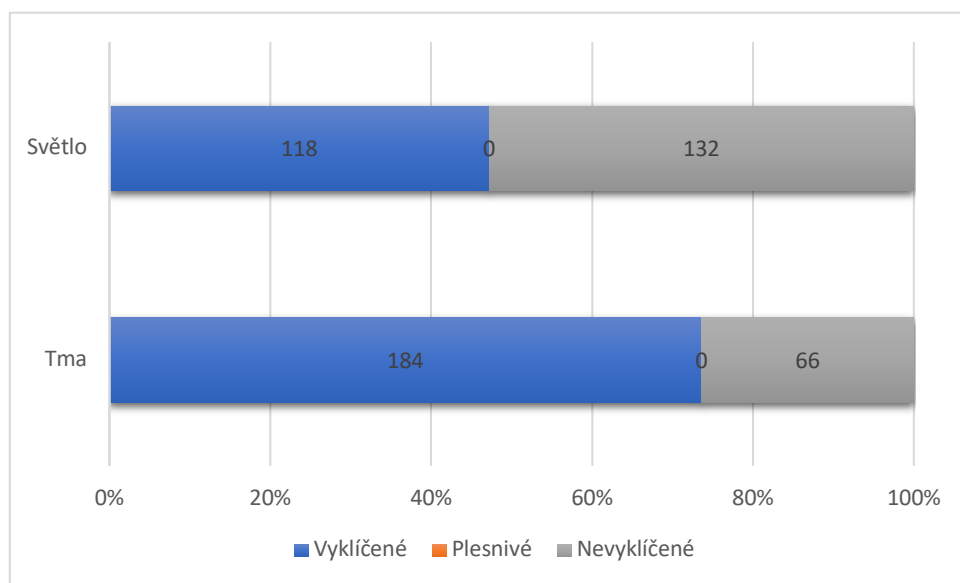
Tabulka 4.12: Rychlost klíčení semen rosičky při různém zamokření

Dny namočení	průměr	sm. odch.	Tukey test
0	98,7	1,2	a
1	89,1	6,0	ab
2	93,2	2,7	a
3	75,9	9,8	bcd
4	83,5	4,7	b
5	93,4	5,4	ab
6	84,3	4,3	abc
8	70,8	10,8	cd
10	63,5	9,7	d
11	75,4	11,7	bcd
12	78,2	5,8	bcd

Rychlost klíčení semen fonia byla průkazně ovlivněna zamokřením ($P \leq 0,001$). Největší rychlost klíčení u fonia byla stanovena u kontroly a 1 a 2 dnů namočených semen. Nejmenší rychlost klíčení byla stanovena u 10 dní namočených semen fonia (tab.4.12).

4.5 Vliv intenzity světla na klíčení semen fonia

Graf č.4.5 ukazuje počty vyklíčených, plesnivých a nevyklíčených semen rosičky ve tmě. Ve tmě bylo o 66 více vyklíčených semen než na světle.



Graf 4.5: Počty vyklíčených, plesnivých a nevyklíčených semen fonia při vystavení světlu či tmě

Energie klíčení

Tabulka 4.13: Energie klíčení semen fonia při různé intenzitě světla

	průměr	sm. odch.	Tukey test
Světlo	38,4	23,6	a
Tma	0,0	0,0	b

Největší energie klíčení semen rosičky při intenzitě světla byla zaznamenána u kontroly. Tma nevykazovala průměrně žádnou energii klíčení (tab.4.13). Na hladině významnosti 0,001 byla prokázána závislost energie klíčení na světle.

Klíčivost

Tabulka 4.14: Klíčivost semen fonia při různé intenzitě světla

	průměr	sm. odch.	Tukey test
Světlo	47,2	29,1	a
Tma	73,6	9,8	b

Nejmenší klíčivost semen fonia byla při vystavení semen světlu (tab.4.14). Na hladině významnosti 0,05 byla prokázána závislost klíčivosti na světle/tmě.

Rychlost klíčení

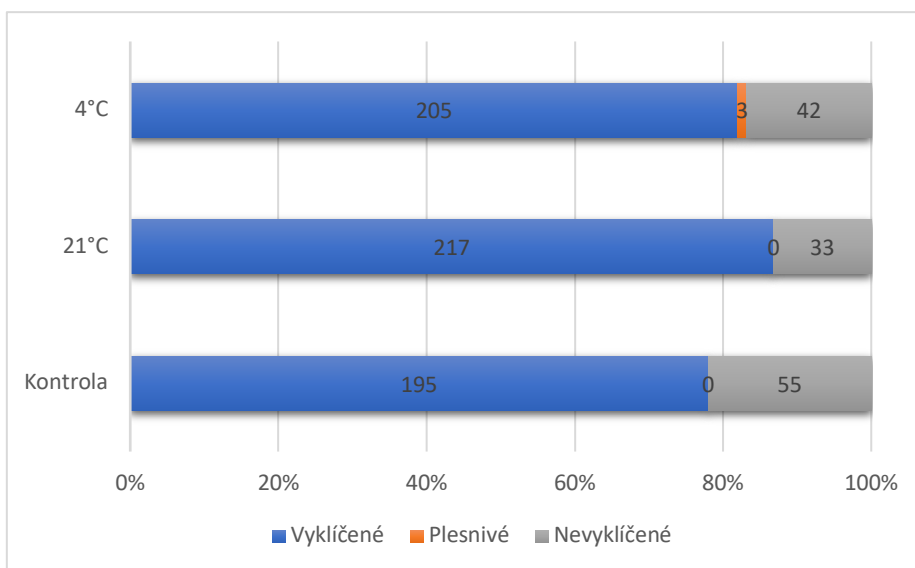
Tabulka 4.15: Rychlost klíčení semen fonia při různé intenzitě světla

	průměr	sm. odch.	Tukey test
Světlo	82,0	3,3	a
Tma	0,0	0,0	b

Na hladině významnosti 0,05 byla prokázána závislost rychlosti klíčení na světle/tmě. U vlivu tma byla statisticky naměřena nulová rychlost klíčení (tab.4.15).

4.6 Vliv uskladnění na klíčivost semen fonia

Graf č.4.6 ukazuje počty vyklíčených, plesnivých a nevyklíčených semen fonia při uskladnění semen po dobu 3 měsíců při pokojové teplotě – 21°C a v lednici, při teplotě 4°C.



Graf 4.6: s počty vyklíčených, plesnivých a nevyklíčených u vlivu uskladnění

Energie klíčení

Tabulka 4.16: Energie klíčení semen fonia při různém typu uskladnění

	průměr	sm. odch.
KONTROLA	74,4	7,4
21 °C	84,8	7,3
4 °C	80,8	7,6

Nebyla prokázána závislost energie klíčení na teplotě uskladnění ($P=0,12$) (tab.4.16).

Klíčivost

Tabulka 4.17: Klíčivost semen fonia při různém typu uskladnění

Skupina	průměr	sm. odch.
KONTROLA	78,0	6,2
21 °C	86,8	7,2
4 °C	82,0	5,7

Na hladině významnosti 0,05 nebyla prokázána závislost klíčivosti na teplotě uskladnění ($P=0,13$) (tab.4.17).

Rychlost klíčení

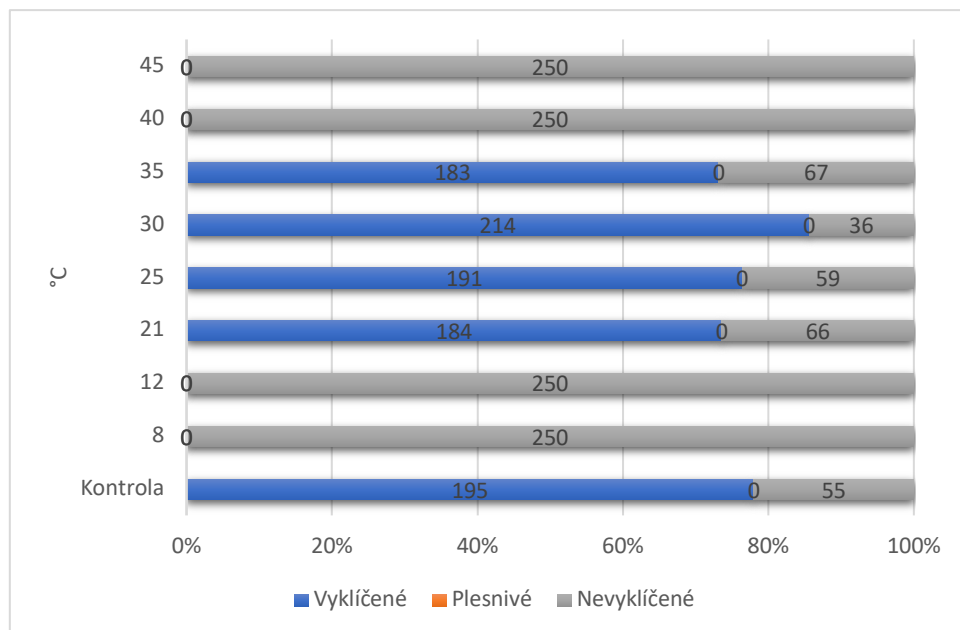
Tabulka 4.18: Rychlost klíčení semen fonia při různém typu uskladnění

Skupina	průměr	sm. odch.
KONTROLA	95,3	4,4
21 °C	97,7	1,7
4 °C	98,4	3,5

Nebyla prokázána závislost rychlosti klíčení na teplotě uskladnění ($P=0,35$) (tab.4.18).

4.7 Vliv teploty na klíčení semen fonia

Graf č.4.7 ukazuje počty vyklíčených, plesnivých a nevyklíčených semen rosičky při různé teplotě. Nejvíce vyklíčených semen vykazovala teplota 30°C. Žádné vyklíčená semena byla u hodnot 8°C, 12°C, 40°C a 45°C.



Graf 4.7: s počty vyklíčených, plesnivých a nevyklíčených u vlivu teploty

Energie klíčení

Tabulka 4.19: Energie klíčení semen rosičky při různé teplotě

Teplota	průměr	sm. odch.	Tukey test
8 °C	0,0	0,0	a
12 °C	0,0	0,0	a
21 °C	0,0	0,0	a
25 °C	74,4	7,4	b
30 °C	84,4	13,4	b
35 °C	73,2	12,9	b
40 °C	0	0	a
45 °C	0	0	a

Energie klíčení fonia při různé teplotě byla v průměru nejvyšší při 25-35°C. Hodnoty 8°C, 12°C, 21°C, 40°C a 45°C nevykazovaly žádnou energii klíčení (tab.4.19). Na hladině významnosti 0,05 byla prokázána závislost energie klíčení na teplotě ($P \leq 0,001$).

Klíčivost

Tabulka 4.20: Klíčivost semen rosičky při různé teplotě

Skupina	průměr	sm. odch.	
8 °C	0,0	0,0	a
12 °C	0,0	0,0	a
21 °C	73,6	9,8	b
25 °C	76,4	4,8	b
30 °C	85,6	14,2	b
35 °C	73,2	12,9	b
40 °C	0,0	0,0	a
45 °C	0,0	0,0	a

Klíčivost semen fonia byla největší u teploty 30°C. Hodnoty 8°C, 12°C, 40°C a 45°C nevykazovaly žádnou klíčivost. Na hladině významnosti 0,05 byla prokázána závislost klíčení na teplotě (tab.4.20).

Rychlost klíčení

Tabulka 4.21: Rychlost klíčení semen fonia při různé teplotě

teplota	průměr	sm. odch.	Tukey test
8 °C	0,0	0,0	
12 °C	0,0	0,0	
21 °C	0,0	0,0	
25 °C	95,3	4,4	b
30 °C	98,7	1,9	b
35 °C	100,0	0,0	a
40 °C	0,0	0,0	
45 °C	0,0	0,0	

Největší rychlost klíčení byla statisticky naměřena u teploty 35°C. Není zde značný rozdíl oproti teplotě 30°C. Nulová rychlost klíčení byla u hodnot 8°C, 12°C, 21°C, 40°C a 45°C (tab.4.21). Na hladině významnosti 0,05 byla prokázána závislost rychlosti klíčení na teplotě.

4.8 Vzcházivost fonia v různých podmínkách

Energie vcházení

Tabulka 4.22: Energie vzcházení rostlin fonia z různých substrátů a hloubek setí

		Průměr	Sm. odchylka
Typ substrátu	rašelina	38,6	10,3
	písek	19,5	20,3
	zem	24,1	15,5
Hloubka	pod 2 cm	16,2	9,3
	pod 1 cm	23,0	19,4
	povrch	43,1	1,5

Na hladině významnosti 0,05 nebyla prokázána závislost energie vzcházení rostlin fonia na typu substrátu ($p=0,133$) ani hloubce ($p=0,05$) (tab.4.22).

Tabulka 4.23: Vzcházivost rostlin fonia z různých substrátů a hloubek setí

		Průměr	Sm. odchylka
Typ substrátu	rašelina	57,2	8,5
	písek	28,3	25,1
	zem	37,1	21,4
Hloubka	pod 2 cm	29,4	22,5
	pod 1 cm	40,7	30,0
	povrch	52,5	3,4

Na hladině významnosti 0,05 nebyla prokázána závislost vzcházivosti na typu substrátu ($p=0,289$) ani hloubce ($p=0,432$) (tab.4.23).

Rychlost vzcházení

Tabulka 4.24: Rychlost vzcházení fonia z různých substrátů a hloubek setí

		Průměr	Sm. odchylka
Typ substrátu	rašelina	68,2	20,4
	písek	67,8	20,3
	zem	73,3	31,8
Hloubka	pod 2 cm	64,4	30,9
	pod 1 cm	62,4	22,5
	povrch	82,4	6,5

Na hladině významnosti 0,05 nebyla prokázána závislost rychlosti vzcházení na typu substrátu ($P=0,963$) ani hloubce ($P=0,643$) (tab.4.24).

5. Polní pokus

Tabulka 4.25: Doba vzejití, počet vzejitých rostlin a průměrná výška rostliny u polního pokusu

Termín setí	Doba vzejití (dny)	Počet vzejitých rostlin	Průměrná výška rostliny (cm)
20. 4. 2020	23	53	1
8. 6. 2020	14	253	6
1. 8. 2020	10	752	8

Z tabulky č.4.25 je patrné, že fonio v podmínkách ČR vykazuje nejlepší vzházivost v srpnu, kdy byla také naměřena nejvyšší venkovní teplota (obr.4.2).



Obrázek 4.1: Květináč s foniem vysetým 8.6.2020

Zdroj:(autorka, 2020)



Obrázek 4.2: Květináč s foniem vysetým 1.8.2020

Zdroj:(autorka, 2020)

Rostliny fonia u všech variant následně uschly po 25 dnech ve fázi 5 - 7 listů (obr.4.3).



Obrázek 4.3: Uschlá rosička vysetá 8.6.2020 25 dní po zasetí

Zdroj: (autorka, 2020)

5 Diskuze

Faijunnahar et al. (2017) provedl laboratorní výzkum za účelem zjištění vlivu různých koncentrací PEG na klíčení, růst sazenic a chování pšenice ve vztahu k vodě. Semena genotypů pšenice ESWYT - 5, ESWYT - 6, ESWYT - 7 A BARI Gom 28 byla předem namočena ve vodě s 0%, 5%, 10%, 15% a 20% roztoky PEG. Všechny genotypy vykazovaly nejlepší výsledky, když byla semena ošetřena 10% roztokem PEG. Hodnota se postupně snižovala se zvyšující se koncentrací PEG. Z mého pokusu vyplívá, že u fonia byly naměřeny nejlepší výsledky klíčivosti při koncentraci 15% roztoku PEG, ovšem souhlasím, že se zvyšující koncentrací PEG nad 15% se hodnota postupně snižuje.

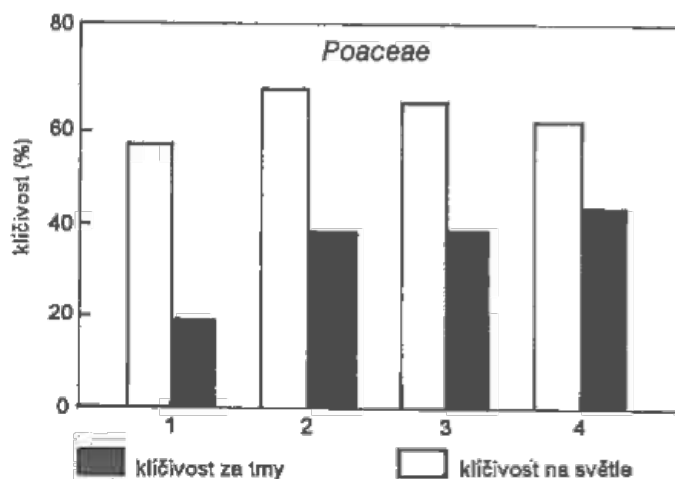
Chowddhury et al. (2018) zkoumal reakci klíčení slunečnice roční (*Helianthus annuus L.*) na chlorid sodný. Semena slunečnice byly ošetřeny řadou osmi různých koncentrací NaCl, konkrétně 0, 25, 50, 75, 100, 125, 150, 175 a 200 mM. Výsledky ukázaly, že nejvyšší koncentrace slanosti (200mM NaCl) významně snížila procento klíčení, což bylo pozorováno i u fonia. U koncentrace 50mM NaCl vyklíčilo více než 70% semen. U mého pokusu s foniem vyklíčilo u koncentrace 50mM až 86,80% jedinců.

Stefanello et al. (2016) provedl studii za účelem zjištění, jak semena cibule snášejí přítomnost hliníku během klíčení. U jejich studie byly použity roztoky o koncentraci 15, 30, 45 a 60 mg/l. Na základě jejich výsledků byl učiněn závěr, že semena cibule jsou poměrně tolerantní k hladinám Al a že koncentrace do 60mg/l neovlivňují klíčení. Z mých výsledků vyplívá, že také fonia má podobnou toleranci jako semena cibule, ovšem můj pokus zahrnoval pouze roztoky do 50mg/l.

Řezáčová (2018) studovala vliv zamokření na klíčivost konopí. Zjistila, že semena konopí namočená po dobu 1 dne měly 70% klíčivost, tři dny máčená 57,6% a pět dnů máčená 36,4%. U konopí se tedy projevil negativní účinek dlouhodobého zamokření na klíčivost. Tento trend se u fonia nepotvrdil, jelikož i po 12 dnech máčení byla klíčivost rosičky 79,6%. Je zde zjevné, že dlouhodobé máčení rosičky nemá zásadní vliv na klíčivost tak jako u konopí.

Většina rostlin ke svému klíčení světlo nepotřebuje, ale vlivem světla může dojít ke zrychlení či zpomalení klíčení. Díky tomu se rostliny rozlišují na kladně nebo záporně fotoblastické. U první skupiny je stimulace klíčení na světle - např. vrbovka, pupalka, náprstník. U druhé skupiny světlo klíčení inhibuje - např. černucha, tykev,

laskavec. U Rostlin, které mají semena kladně fotoblastická není dostatek zásobních látek, a proto se rostliny přizpůsobují na autotrofní výživu. Dalším faktorem ovlivňující klíčení je spektrální složení světla a fytochromové systémy (Landová, 2017).



Obrázek 5.1: Vliv světla na klíčivost obilek u rodu *Poaceae*

(1) lipnice roční, (2) lipnice hajní, (3) lipnice bahenní, (4) lipnice luční

Zdroj: (Procházka et.al 1998)

Z mého pokusu se semena fonia jeví jako záporně fotoblastická, jelikož v podmínkách tmy vyklíčilo celkem 73,6% a na světle 47,2%. Naproti tomu z obrázku č.5.1 je ale patrné, že některé obilky z rodu *Poaceae*, konkrétně některé druhy lipnic mají lepší klíčivost na světle.

Drda (2004) prováděl laboratorní pokus vliv různých typů uskladnění na klíčivost semen invazivního druhu rozchodníku španělského (*Sedum hispanicum L.*). Doba uskladnění semen u tohoto pokusu byla 3 měsíce. Jeho data ukazují, nejlépe klíčila semena, které byly uskladněny za sucha při pokojové teplotě (89,3%). Za sucha při teplotě 5°C uvádí Drda (2004) procentuální klíčivost 82%. U fonia byla doba skladování shodná tzn. 3 měsíce. Při uskladnění semen fonia při pokojové teplotě 21°C byla klíčivost semen 86,8% a při uskladnění v lednici 4°C byla klíčivost 83,2%. Teplota skladování tedy neměla rozhodující vliv na zachování klíčivosti fonia.

Kamani et al. (2012) prováděl experiment, který se zabýval zkoumáním rychlosti klíčení a růstu modelového organismu housenička rolního (*Arabidopsis thaliana*) při různých teplotách. Teplotní podmínky u tohoto experimentu byly 12°C, 20°C a 29°C. Výsledky experimentu ukazují na významné snížení rychlosti klíčení rostlin při teplotách 12°C a 29°C ve srovnání s rostlinami ve 20°C. Tyto data vedou k podpoře

alternativní hypotézy, že kolísání teploty od optimální má negativní vliv na rychlost klíčení *Arabidopsis thaliana*. U fonio byla zaznamenána největší rychlost klíčení při 35°C. Ovšem největší klíčivost byla zaznamenána u teploty 30 °C. Z mých výsledků je také patrné, že nejmenší teplota pro fonio při klíčení je 21°C.

Bláha (2005) uvádí, že mezi laboratorní klíčivostí a polní vcházivostí je značný rozdíl, a to díky tomu, že v laboratoři máme standartní vlhko, teplotu a popřípadě i standartní délku osvětlení. V laboratoři se totiž zjišťuje vlastnost semen pro lineární a standartní průběh podmínek prostředí. Zatímco u polní vcházivost je dána celým souborem vlastností semen jako je dormance, stáří semen, anatomická stavba, zdravotní stav, energetický obsah semen, tvrdosemennost, obsah zásobních látek v semeni a jejich poměr, podmínky prostředí, v němž semena klíčí, což jsou mikrobiologické, půdní, klimatické, příprava půdy před setím atd. Toto tvrzení považuji za pravdivé, jelikož u polního pokusu klíčila semena o dost pomaleji než v laboratorních podmínkách a i počet vyklíčených semen byl značně menší, než v laboratoři.

Závěr

Na území ČR se z dostupných záznamů vyskytují pouze 2 druhy rosiček, rosička krvavá (*Digitaria sanguinalis*) a rosička lysá (*Digitaria ischaemum*). I přes to, že se dříve rosička krvavá pěstovala na našem území jako obilnina jsou nyní tyto dva druhy považované za plevelné rostliny.

Oproti tomu, rosičky, které jsou pěstované v afrických zemích, a to konkrétně *Digitaria iburua* a *Digitaria exilis*, jsou významným zdrojem potravy domorodých obyvatel. Zrna těchto dvou druhů mají snadnou stravitelnost a obsahují více než trojnásobek sirných aminokyselin než vaječná bílkovina. Mimo to, je zde i vysoký obsah minerálních látek. Hlavním problémem u těchto druhů rosiček pro využití v potravinářském průmyslu je malá velikost semen.

Z výsledků testování klíčivosti semen fonie (*Digitaria exilis*) vyplývají následující závěry:

- Klíčení semen fonie nebyla ovlivněna stresem sucha do koncentrace roztoku PEG 15%.
- Semena fonie byla během klíčení odolná vůči stresu zasolením a to až do koncentrace 200mM chloridu sodného.
- Přítomnost hliníku v roztoku přijímaném semeny fonie během klíčení neměla průkazný vliv na počet vyklíčených semen ani rychlost klíčení. Semena fonie jsou tedy v této fázi růstu k vystavení hliníku odolná.
- Semena fonie si udržela dobrou klíčivost i při namočení po dobu 12 dní, fonie tak vykazuje velmi dobrou odolnost vůči zamokření
- Přítomnost světla v průběhu klíčení semen fonie, způsobuje nižší klíčivost až o 26,4 % vůči tmě.
- Klíčivost semen fonie nebyla průkazně ovlivněna uložením při teplotě 21°C po dobu 3 měsíců.
- Jako nejvhodnější teplota pro klíčení semen fonie se jeví teplota 30°C, kdy byla zaznamenána vysoká klíčivost i rychlost klíčení.
- Vzcházivost semen fonie průkazně neovlivnil typ substrátu ani hloubka setí.
- V podmínkách ČR byla zaznamenána nejlepší vzcházivost fonie při výsevu v měsíci srpnu, pravděpodobně z důvodu nejvyšších denních teplot.

-
- S pozdějším termínem výsevu byla i vyšší rychlost vzcházení rostlin.
 - Fonio se pravděpodobně z důvodu teplotních nároků podařilo v polních podmínkách ČR dopěstovat jen do fáze 7 listů.

Seznam použité literatury

Abdul, S.D. a Jideani, A. (2019). Fonio (*Digitaria* spp.) breeding. In: Advances in plant breeding strategies: Cereals. Springer Cham, 47-82. 10.1007/978-3-030-23108-8_2.

Adoukonou-Sagbadja, H. et al. (2007). Flow cytometric analysis reveals different nuclear DNA contents in cultivated Fonio (*Digitaria* spp.) and some wild relatives from West-Africa. *Plant Systematics and Evolution*. 267, 163-176. 10.1007/s00606-007-0552-z.

Adoukonou-Sagbadja, H., (2010). Genetic characterization of traditional fonio millets (*Digitaria exilis*, *D. iburua* STAPF) landraces from West – Africa: Implications for Conservation and Breeding. Dissertation, Justus-Liebig University Giessen, Germany

Aliero, A.A., Morakinyo, J.A. (2005). Photoperiodism in *Digitaria exilis* (Kipp) Stapf accessions. *African Journal of Biotechnology* 4(2), 241 - 243.

Animasaun, D.A. et al. (2014): Assessment of the effects of gamma irradiation on the growth and yield of *Digitaria exilis* (Haller). *Journal of Applied Biosciences* 75, 6164– 6172.

Ayenan, M.A.T. et al. (2018). Harnessing genetic resources and progress in plant genomics for fonio (*Digitaria* spp.) improvement. *Genet Resour Crop*. 65, 373 - 386.

Ballogou, V.Y. et al. (2013). Structure and nutritirional composition of fonio (*Digitaria exilis*) grains: A Review. *International Research Journal of Biological Sciences* 2(1), 73-79.

Barbosa, J. M. et al. (1989). Germinação e emergência de plântulas para três espécies de gramíneas invasoras de cultura do gênero *Digitaria* Heister ex Haller. *Acta Botanica Brasilica*, 3(2), 293-305.

Belton, P.S. a Taylor, J.R.R. (2002). *Pseudocereals and Less Common Cereals*. Springer Science & Business Media, London.

Bláha, L. (2005): Důvody rozdílů mezi laboratorní klíčivostí a polní vzcházivostí. In: Sborník referátů ze semináře Osivo a sadba 10. 2. 2005, VÚRV, Praha - Ruzyně, 78-80.

-
- Bláha, L. a Vyvadilová, M. (2012). Metodika testování vlastností semen a klíčících rostlin na odolnost vůči fyzikálním stresorům pro selekci genetických zdrojů řepky ozimé: metodika pro praxi. Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha.
- Boonsuk, B. et al. (2016). A taxonomic revision of the genus *Digitaria* (Panicoideae: Poaceae) in mainland Southeast Asia. *Phytotaxa* 246(4), 248-280.
- Brink, M. a Belay, G. (2006). Cereals and pulses. Plant resources of tropical Africa Series 1., PROTA Foundation: Backhuys: CTA, Wageningen.
- CIRAD (2004): Fonio an African cereal: Cultivation. [online] [cit. 11. 2. 2021]. Dostupné z: <https://fonio.cirad.fr/en/the-plant/cultivation>.
- Coda, R. et al. (2010). Exploitation of acha (*Digitaria exilis*) and iburu (*Digitaria iburua*) flours: Chemical characterization and their use for sourdough fermentation. *Food Microbiology* 27(8), 1048 – 1050.
- Cruz, JF. (2004). Fonio: a small grain with potential. *Leisa Magazine* 20, 16 – 17.
- Cruz, JF. et al. (2016). Fonio, an African cereal. Editions Cirad. Irag.
- Danihelka, J. a Ducháček, M. (2021). *Digitaria ischaemum* – rosička lysá, rozšíření. [online] Pladias [cit. 26. 01. 2021] Dostupné z: <https://pladias.cz/taxon/distribution/Digitaria%20ischaemum>.
- Del Coro, K. (2020): Fonio nutrition facts and health benefits. [online] Very well fit [cit. 7. 02. 2021]. Dostupné z: <https://www.verywellfit.com/fonio-nutrition-facts-4693487>.
- Dostál, J. (1989). Nová květena ČSSR. Vol. 2. Academia. Praha
- Drda, V. (2004): Ekologická studie invazivního druhu *Sedum hispanicum* L. Bakalářská práce, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích.
- Faijunnahar, M. et al. (2017). Polyethylene glycol (PEG) induced changes in germination, seedling growth and water relation behavior of wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes. *Univers J Plant Sci* 5(4), 49-57.
- Farm Radio International (2019): Background: Production and postharvest activities for fonio. [online] [cit. 10. 2. 2019]. Dostupné z: <http://scripts.farmradio.fm/radio-resource-packs/111-farm-radio-resource-pack/backgrounder-production-postharvest-activities->
-

fonio/?fbclid=IwAR2cZprlhvd_kcGKxT1_to2cXQSDqEfMIU68dqm_qreyW_0dl7PnZHKwD0E.

FiBL (2013). Fonio. African organic agriculture training manual. A Resource manual for trainers. FiBL, Research Institute of Organic Agriculture, Switzerland,

Glew, R.H. et al. (2013). Fatty acid, amino acid, mineral and antioxidant contents of acha (*Digitaria exilis*) grown on the Jos Plateau, Nigeria. *International Journal of Nutrition and Metabolism*, 5(1), 1.

Hall, R.A. a Rudebjer, P., (eds.) (2016). Agronomic constraints to the development of fonio millet (*Digitaria exilis* Stapf) in Senegal, In: Proceedings of 3rd international conference on neglected and underutilized species for a food-secure Africa. Accra, Ghana, 25-27 September 2013. Bioversity International, Rome, Italy and International Foundation for Science, Stockholm, Sweden.

Hawksworth, D. a Bull, A. (2006). Human exploitation and biodiversity conservation. Springer, Dordrecht.

Hilu, K.W. et al. (1997). Fonio millets: Ethnobotany, genetic diversity and evolution. *South African Journal of Botany* 63(4), 185-190.

Chowdhury, F. T. et al. (2018). Effects of sodium chloride on germination and seedling growth of Sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Journal of Biological Sciences* 7(1), 35-44.

Idu. M. et al. (2008). Effect of various hormones on the germination of fonio - *Digitaria exilis* L. *International Journal of Botany* 4, 456 - 460.

Jideani, A.I. a Akingbala, J.O. (1993). Some physicochemical properties of acha (*Digitaria – exilis* stapf) and iburu (*Digitaria – iburua* stapf) grains. *Journal of The Science of Food aAgriculture* 63(3), 369 – 374.

Kaka, Y. a Gindi, A.A. (2012). Profitability of acha (*Digitaria exilis*) production in arewa local government area, Kebbi State, Nigeria. *Kebbi State University of Science and Technology Aliero, Nigeria*.

Kamani, N. et al. (2012). Effect of temperature on the germination and growth rate of Thale Cress (*Arabidopsis thaliana*). *The Expedition*, 1.

Kumpošt, V. F. (1894). *Trávy. Vesmír* 23, 67.

-
- Ladan, Z. et al. (2018). Comparative studies of the nutritional value of *Digitaria iburua* and *Digitaria exilis* seed oils. *Asian Journal of Applied Sciences* 6(4).
<https://doi.org/10.24203/ajas.v6i4.5358>
- Landová, T. (2017): Využití klíčivosti v badatelsky orientovaném vyučování na ZŠ a na nižším stupni gymnázia. Diplomová práce, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích.
- Levinson, J. (2018). Whole grains: Fonio. *Today's Dietitian* 20(9), P. 12
- Levy, J. (2020). Fonio: The ancient super grain & How it compares to quinoa. [online] Draxe [cit. 6. 02. 2021]. Dostupné z: <https://draxe.com/nutrition/fonio/>.
- National Research Council. (1996). *Lost crops of Africa: Volume I: Grains*. The National Academies Press, Washington, DC.
- Nura, S. et al. (2017). Colchicine-induced metagenesis for improved growth and yield of fonio (*Digitaria exilis* [Kippist] Stapf.). *Bayero Journal of Pure and Applied Sciences* 10(2), 126 - 133.
- Nyam et al. (2017). Effect of photoperiod on the germination and seedling development of some (acha) *Digitaria* species. *International Journal of Sciences: Basic and Applied Research* 35(2), 167 - 175.
- OBÁ (2018): Fonio's health benefits [online] [cit. 6. 02. 2021]. Dostupné z: <https://www.obafoodgroup.com/en/blog/fonio-health-benefits>
- Pitman, W.D. et al. (2016). Digitgrass and other species of *Digitaria*. *Warm-Season (C4) Grasses*, 45, 715-743.
- Polívka, F. (1902). *Názorná květena zemí koruny české: obsahující též čelnější rostliny cizozemské, pěstované u nás pro užitek a okrasu*. Svazek IV: Rostliny bezkorunné (Apetalae), jednoděložné (Monocotyledones), nahosemenné (Gymnospermae) a tajnosnubné cévnaté (Cryptogamae vasculares). R. Promberger. Olomouc.
- Procházka, S. et al. (1998). *Fyziologie rostlin*. Academia, Praha.
- Regal, V. et al. (1970): *Atlas nejdůležitějších trav*. SZN, Praha.
- RyS, J. (2011): Rozšíření rosičky lysé (*Digitaria ischaemum*) a r. krvavé (*D. sanguinalis*) v České republice. Bakalářská práce. Masarykova univerzita.
-

-
- Řezáčová, V. (2018): Studium klíčivosti a vzházivosti semen technického konopí. Diplomová práce, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích.
- Sadiq, I.Z. et al. (2015). Comparative nutritional analysis of flack Fonio (*Digitaria iburua*) and fhite Fonio (*Digitaria exili*) International Research Journal of Biological Sciences 4(6), 4-9.
- Small, E. (2009). Top 100 food plants: The worlds most important culinary crops. NRC, Ottawa.
- Stefanello, R. et al. (2016). Aluminium toxicity on the germination of onion seeds. International Journal of Current Research 8(10), 39738-39740.
- Straková, M. et al. (2007). Kapesní atlas trav. Agrostis s.r.o., Trávníky.
- Trachtová, M. (1926 -1927): Domáci hospodářství. Šolc a Šimáček, Praha.
- Tunde-Akintunde, T. (2010). Water absorption characteristics of Nigerian acha (*Digitaria exilis*). International Journal of Food Engineering, 6(5).
- Ukim, C. et al. (2012). Nutritive and replacement value of hungry rice “Acha” (*Digitaria exilis*) grain for maize grain in broiler starter chicks. Global Journal of Agricultural Sciences 12, 55-56.
- Umass Extension Center For Agriculture. (2001). Biology and management of crabgrass. United States Department of Agriculture cooperating.
- Vodouhè, S.R. a Achigan Dako, E.G. (2006). *Digitaria exilis* (Kippist) Stapf. PROTA (Plant Resources of Tropical Africa / Ressources végétales de l’Afrique tropicale), Wageningen, Netherlands.
- Zhu, F. (2020). Fonio grains: Physicochemical properties, nutritional potential, and food applications. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. 19 (6), 3365-3389.
-

Seznam obrázků

Obrázek 1.1: Rozšíření rosičky lysé v České republice	10
Obrázek 1.2: Rozšíření rosičky krvavé v České republice	11
Obrázek 1.3: Bílé fonio (<i>Digitaria exilis</i>)	13
Obrázek 1.4: Černé fonio (<i>Digitaria iburua</i>)	13
Obrázek 1.5: Produkce fonia v západní Africe	15
Obrázek 5.1: Květináč s foniem vysetým 8.6.2020	40
Obrázek 5.1: Květináč s foniem vysetým 1.8.2020	40
Obrázek 5.1: Uschlá rosička vysetá 8.6.2020 25 dní po zasetí	41
Obrázek 5.1: Vliv světla na klíčivost obilek u rodu <i>Poaceae</i>	43

Seznam tabulek

Tabulka 1.1: Profil aminokyselin v zrně fonie.....	19
Tabulka 4.1: Energie klíčení semen fonie při různém stupni sucha	26
Tabulka 4.2: Klíčivost semen fonie při různém stupni sucha	27
Tabulka 4.3: Rychlost klíčení semen fonie při různém stupni sucha.....	27
Tabulka 4.4: Energie klíčení semen fonie při různém stupni zasolení	28
Tabulka 4.5: Klíčivost semen fonie při různém stupni zasolení	29
Tabulka 4.6: Rychlost klíčení semen fonie při různém stupni zasolení.....	29
Tabulka 4.7: Energie klíčení semen fonie při různé koncentraci hliníku	30
Tabulka 4.8: Klíčivost semen rosičky při různé koncentraci hliníku.....	31
Tabulka 4.9: Rychlost klíčení semen rosičky při různé koncentraci hliníku	31
Tabulka 4.10: Energie klíčení semen rosičky při různém zamokření.....	32
Tabulka 4.11: Klíčivost semen rosičky při různém zamokření.....	33
Tabulka 4.12: Rychlost klíčení semen rosičky při různém zamokření	33
Tabulka 4.13: Energie klíčení semen fonie při různé intenzitě světla	34
Tabulka 4.14: Klíčivost semen fonie při různé intenzitě světla.....	35
Tabulka 4.15: Rychlost klíčení semen fonie při různé intenzitě světla.....	35
Tabulka 4.16: Energie klíčení semen fonie při různém typu uskladnění.....	36
Tabulka 4.17: Klíčivost semen fonie při různém typu uskladnění.....	36
Tabulka 4.18: Rychlost klíčení semen fonie při různém typu uskladnění	36
Tabulka 4.19: Energie klíčení semen rosičky při různé teplotě	37
Tabulka 4.20: Klíčivost semen rosičky při různé teplotě.....	38
Tabulka 4.21: Rychlost klíčení semen fonie při různé teplotě.....	38
Tabulka 4.22: Energie vzcházení rostlin fonie z různých substrátů a hloubek setí ...	39
Tabulka 4.23: Vzcházevost rostlin fonie z různých substrátů a hloubek setí.....	39
Tabulka 4.24: Rychlost vzcházení fonie z různých substrátů a hloubek setí.....	39
Tabulka 4.25: Doba vzejití, počet vzejitých rostlin a průměrná výška rostliny u polního pokusu	40

Seznam grafů

Graf 4.1: Celkový počet vyklíčených, plesnivých a nevyklíčených semen fonia při různém stupni sucha.....	26
Graf 4.2: Počty vyklíčených, plesnivých a nevyklíčených semen fonia při různém stupni zasolení.....	28
Graf 4.3: Počty vyklíčených, plesnivých a nevyklíčených semen fonia v různých koncentracích chloridu hlinitého.....	30
Graf 4.4: Počty vyklíčených, plesnivých a nevyklíčených semen fonia při různém stupni zamokření.....	32
Graf 4.5: Počty vyklíčených, plesnivých a nevyklíčených semen fonia při vystavení světlu či tmě.....	34
Graf 4.6: s počty vyklíčených, plesnivých a nevyklíčených u vlivu uskladnění.....	35
Graf 4.7: s počty vyklíčených, plesnivých a nevyklíčených u vlivu teploty.....	37
