

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra pícninářství a trávníkářství**



**Vliv hmotnosti semen kukuřice na klíčivost**

**Diplomová práce**

**Autor práce: Bc. Lucie Harantová**

**Obor studia: Rozvoj venkovského prostoru**

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

© 2017 ČZU v Praze

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Vliv hmotnosti semen kukuřice 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 neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 13. 04. 2017

---

### **Poděkování**

Ráda bych touto cestou poděkovala svému vedoucímu diplomové práce Ing. Pavlu Fuksovi, Ph.D. za jeho vedení, trpělivost, cenné rady a připomínky při tvorbě.

Dále bych chtěla poděkovat své rodině a přátelům za pomoc a podporu.

# Vliv hmotnosti semen kukuřice na klíčivost

## Souhrn

Tato diplomová práce se zabývá stanovením vlivu hmotnosti semen kukuřice na klíčivost v závislosti na teplotě.

Kapitoly literární rešerše se nejprve věnují obecným informacím o agrotechnice pěstování kukuřice, jako je příprava půdy, setí, hnojení apod. Poté jsou kapitoly zaměřeny na charakteristiku kukuřičného zrna a na klíčivost semen. Klíčivost je rozdělena na vnitřní vlastnosti semen (životaschopnost, vitalita, dormance) a vnější základní podmínky (teplota, voda, světlo) spolu s podmínkami, které klíčivost semen omezují.

V laboratorních podmínkách na České zemědělské univerzitě v Praze byla prováděna vědecká část práce. Pro pokus klíčivosti byly stanoveny tři hmotnostní kategorie semen: malá, střední a velká, každé bylo sledováno při třech teplotních režimech: 10 °C, 15 °C a 20 °C. Pozorováno bylo 100 semen ve čtyřech opakováních, uložených v Petriho miskách na filtračním papíře, který byl navlhčen destilovanou vodou. Vyhodnocení výsledků bylo v jednodenních intervalech a za vyklíčené semeno bylo považováno to s délkou kořínku 2 mm. Sledovanými charakteristikami klíčivosti byly energie klíčení, celková klíčivost, střední doba klíčení a rychlost klíčení. Výsledky klíčivosti byly vyjádřeny pomocí programu Statistica 12 vícefaktorovou analýzou rozptylu s interakcí.

Hypotéza práce zní, že hmotnost semen kukuřice v interakci s teplotou má vliv na dynamiku klíčení a celkovou klíčivost. Hypotéza byla potvrzena, neboť malá semena u teploty 10 °C klíčila pomaleji a vykazovala nejnižší hodnotu klíčivosti z celého pokusu. Velká semena u teploty 10 °C dosahovala nejvyšší hodnoty. Teplota 15 °C zobrazovala obdobné výsledky, malá semena klíčila nejméně a velká semena klíčila nejvíce. U teploty 20 °C rovněž klíčila nejméně malá semena, a naopak nejvíce klíčila velká semena, která vykazovala nejvyšší a nejrychlejší klíčivost z celého pokusu.

**Klíčová slova:** osivo, dynamika klíčení, energie klíčení, střední doba klíčení

# Effect of weight of maize seed on germination

## **Summary**

The thesis studies the influence of maize seed weight on their germination capacity depending on temperature.

The literary research focuses on general agro-technology of maize growing such as soil conditioning, sowing, fertilizing etc. A maize seed is then characterised, as is its germination capacity. Germination is divided into inner seed qualities (viability, vitality, dormancy) and external basic conditions (temperature, water, light) and the thesis describes factors reducing seed germination capacity.

The thesis research was conducted in a laboratory at the Czech University of Life Sciences in Prague. Three mass categories were specified for the test: small, medium and large sized seeds, all of which were monitored at three different temperature conditions: 10 °C, 15 °C a 20 °C. 100 seeds were observed at 4 stages, always laid on a filtration paper in a Petri dish. The results were evaluated daily; a seed with a 2mm root was considered as germinated. The thesis assessed germination energy, total germination, mean germination time and germination speed. The results were analysed using multiple factor variance analysis with interactions in the Statistica 12 programme.

The thesis hypothesis stated that the weight of maize seed interacting with temperature impacts germination dynamics and total germination capacity. The experiment confirmed this hypothesis; small seeds at 10 °C germinated slower and showed the lowest germination values in the whole testing. Large seeds at 10 °C showed the highest values. The temperature of 15 °C rendered similar result with small seeds germinating the least and large seeds growing roots the most. By 20 °C, small seeds also showed the lowest germination rate; large seeds germinated the most with the fastest germination capacity in the experiment.

**Keywords:** seed, germination dynamics, germination energy, mean germination time

# Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Cíl práce a hypotéza</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Literární rešerše</b>	<b>3</b>
<b>3.1</b>	<b>Kukuřice setá (Zea mays L.)</b>	<b>3</b>
3.1.1	Historie pěstování	3
3.1.2	Vegetativní a generativní orgány kukuřice	4
3.1.3	Technologie pěstování kukuřice	5
<b>3.2</b>	<b>Zrno</b>	<b>11</b>
3.2.1	Složení zrna	12
<b>3.3</b>	<b>Osivo</b>	<b>13</b>
3.3.1	Velikost semen kukuřice	14
<b>3.4</b>	<b>Klíčivost</b>	<b>14</b>
3.4.1	Životaschopnost	15
3.4.2	Vitalita	16
3.4.3	Dormance	17
<b>3.5</b>	<b>Základní vnější podmínky klíčivosti semen</b>	<b>17</b>
3.5.1	Omezující podmínky klíčivosti semen	19
<b>4</b>	<b>Materiál a metody</b>	<b>20</b>
<b>4.1</b>	<b>Materiál</b>	<b>20</b>
4.1.1	Charakteristika použitého hybridu	20
<b>4.2</b>	<b>Metodika</b>	<b>20</b>
4.2.1	Stanovení hmotnostních kategorií	20
4.2.2	Testy klíčivosti	21
<b>4.3</b>	<b>Sledované charakteristiky klíčivosti</b>	<b>22</b>
4.3.1	Dynamika klíčení – energie klíčení a celková klíčivost	22
4.3.2	Koeficient rychlosti klíčení	22
4.3.3	Střední doba klíčení	22
<b>4.4</b>	<b>Statistické vyhodnocení</b>	<b>23</b>
<b>5</b>	<b>Výsledky</b>	<b>24</b>
<b>5.1</b>	<b>Klíčivost semen kukuřice v závislosti na teplotě a hmotnosti</b>	<b>24</b>
5.1.1	Vliv teploty na energii klíčení	25
5.1.2	Vliv hmotnosti na energii klíčení	25
5.1.3	Vliv interakce teploty a hmotnosti na energii klíčení	26
<b>5.2</b>	<b>Vliv interakce teploty a hmotnosti na klíčivost semen</b>	<b>29</b>
<b>5.3</b>	<b>Vliv teplotních režimů na klíčivost semen</b>	<b>31</b>

5.3.1	Vliv teploty 10 °C na klíčivost.....	31
5.3.2	Vliv teploty 15 °C na klíčivost.....	32
5.3.3	Vliv teploty 20 °C na klíčivost.....	33
<b>5.4</b>	<b>Vliv hmotnosti na klíčivost semen.....</b>	<b>34</b>
5.4.1	Vliv malé hmotnostní kategorie na klíčivost.....	34
5.4.2	Vliv střední hmotnostní kategorie na klíčivost .....	35
5.4.3	Vliv velké hmotnostní kategorie na klíčivost .....	37
<b>5.5</b>	<b>Koeficient rychlost klíčení (CV).....</b>	<b>38</b>
<b>5.6</b>	<b>Střední doba klíčení (MGT) .....</b>	<b>39</b>
<b>6</b>	<b>Diskuze .....</b>	<b>40</b>
6.1	Vliv teploty na klíčivost semen.....	40
6.2	Vliv hmotnosti na klíčivost semen.....	41
6.3	Vliv interakce teploty a hmotnosti na klíčivost semen .....	42
<b>7</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>44</b>
<b>8</b>	<b>Seznam literatury.....</b>	<b>45</b>

# 1 Úvod

Kukuřice je z hlediska významu ve světě plodinou číslo jedna. Plodina se původně pěstovala jen pro lidskou výživu, ale časem se stala nepostradatelnou složkou krmivové základny a plodinou s mnohastranným hospodářským využitím. Kukuřice se do celého světa rozšířila především díky své výživnosti a širokému spektru využití. Plodina patří mezi čtyři nejdůležitější potraviny spolu s pšenicí, rýží a bramborami.

Kukuřice se pěstovala jako hlavní obilnina již v předkolumbovských dobách. Bylo doloženo, že se pěstovala již v nejstarších mexických a peruánských kulturách. Neprokázano se, že by se někdy objevila v divokých formách. Po zavedení primitivní kukuřice se ještě mnohokrát prokřížila. Indiáni si vybírali pro další pěstování rostliny, které produkovaly největší palice, nejlépe odolávaly drsnému klimatu a toxickému účinku těžkých kovů obsažených v půdě díky aktivním soplům. Z mutantů se vlivem prostředí a výběrem pěstitelů stala kukuřice, kterou známe dnes.

Semeno kukuřice představuje základní prvek při zakládání porostu. Vyskytuje se v rozdílných velikostech a tvarech. Tvar a velikost semen se odvíjí v závislosti na umístění na palici. Tyto znaky mají vliv na klíčivost a následně na celkový růst rostlin. Klíčivost také závisí na určitých vnitřních a vnějších podmínkách. Jednou ze základních vnějších podmínek prostředí, která ovlivňuje klíčivost semen je teplota. Semena však mohou klíčit v širokém rozsahu teplot. Typická kukuřičná výrobní oblast se vyznačuje vyššími nočními teplotami v raných fázích vývoje kukuřice. Patří mezi nejteplejší oblasti, proto je hlavním zástupcem kraj jižní Morava. Pěstování kukuřice v řepařské výrobní oblasti je dobře zásobeno vodou, avšak v květnu a červnu mohou noční teploty klesat pod 10 °C. Vyšší polohy bramborářské oblasti jsou považované za méně příznivé, proto je třeba počítat s rizikem opožděného setí a přirozeně pomalejším nárůstem efektivních teplot, v pozdním létě bývá také výrazné kolísání teplot mezi dnem a nocí. Proto při pěstování kukuřice vzniká častý problém, a to je optimální termín výsevu. Termín setí závisí na teplotě půdy. Kukuřice pro začátek klíčení potřebuje teplotu půdy přibližně 9 °C. Při časnějším termínu výsevu, kdy převládá chladné počasí obvykle dochází k horší klíčivosti a polní vzcházivosti.



## **2 Cíl práce a hypotéza**

### Cíl práce

Cílem diplomové práce je stanovit parametry klíčivosti kukuřice v závislosti na hmotnosti semen a teplotě. Parametry klíčivosti budou stanoveny u tří hmotnostních kategorií (malá, střední a velká semena) při třech testovaných teplotních režimech (10, 15 a 20 °C).

### Hypotéza

Hmotnost semen kukuřice v interakci s teplotou má vliv na dynamiku klíčení a celkovou klíčivost.

## 3 Literární rešerše

### 3.1 Kukuřice setá (*Zea mays* L.)

Kukuřice je jedna z nejčastěji pěstovaných plodin na světě (Hu et al., 2016), z obilnin zaujímá po pšenici a rýži třetí místo (Mhlanga et al., 2016). Patří mezi nejvíce studované kultury, díky její velké sociálně-ekonomické hodnotě (dos Anjos et al., 2015). Kukuřici lze pěstovat na zrno nebo na siláž. Kukuřičná siláž se využívá hlavně v krmivářství (Loučka, 2010). Na zrno má využití např. v potravinářství, ve farmacii, papírenském průmyslu, při výrobě barev a laků, kosmetice (Kůst, 2007) či jako alternativa pro výrobu biopaliv (dos Anjos et al., 2015). Dias et al. (2015) uvádějí, že v průmyslovém odvětví je využití kukuřičného zrna velmi uznáváno.

Kukuřice je cennou základní potravinou na světě, poskytuje pro lidi a zvířata proteiny, sacharidy a minerály. Zavedením nových hybridů a integrované ochrany rostlin zapříčinilo zvyšování výnosu kukuřice na zrno. Avšak koncentraci živin v zrnu bylo věnováno méně pozornosti, proto se proteiny a minerální živiny snížily. Výživová hodnota je velmi důležitá pro zdraví lidí a zvířat, nedostatek může způsobovat např. zhoršení imunitního systému či anémii (Chen et al., 2016).

Podle Zimolky et al. (2008) patří kukuřice do podtřídy jednoděložných (*Monokotyledonae*), řádu lipnicokvětých (*Poales*), čeledi lipnicovitých (*Poaceae*) a do skupiny kukuřicovitých (*Maydeae*).

Pěstování této plodiny je tak rozšířeno, že se pěstuje v oblastech, které jsou navzájem od sebe velmi odlišné (dos Anjos et al., 2015), od rovníku až k 50° severní šířky, od 0 do 4000 m nad mořem a v pásmech deštivých tropů až po pouště (Revilla et al., 2016). V České republice se pěstování kukuřice hojně rozšířilo až počátkem 20. století (Zimolka et al., 2008), výhradně používáním hybridního osiva (Vrzal et al., 1995).

#### 3.1.1 Historie pěstování

Kukuřice se začala pěstovat v tropickém prostředí Střední Ameriky (Revilla et al., 2016). Existuje teorie, která předpokládá, že se objevila již někdy mezi lety 4000 - 3000 př. n. l. v údolí řeky Balzas. Uvádí se, že vznikla vývojem a selekcí z teosintu, tedy divoce rostoucí

traviny v pohoří Sierra Madre v Mexiku (Kůst, 2007). Následně se rozšířila po celé Americe a do zbytku světa (Revilla et al., 2016). Do Evropy se dostala během 16. a 17. století, v době kdy Kryštof Kolumbus při svých cestách objevil Nový svět. Plodinu, již jako užitkovou rostlinu, získali Francouzi a Italové od Španělů a poté se z Itálie dostala do Ruska. Při portugalských výpravách ji zavezli do Afriky a jihozápadní Asie. Na jižní Slovensko a Moravu ji v 17. století přivezli údajně Romové, pravděpodobně z Turecka a Rumunska (Kůst, 2007). V nových pěstitelských oblastech se pojmenovávala dle země, odkud byla dovezena (Zimolka et al., 2008), proto se v určitých krajích označuje jako turkyně (Kůst, 2007).

Vzhledem k výborné variabilitě, ekologické přizpůsobivosti a hlavně vysoké produktivitě a rozmanitosti využití se plodina velmi rychle šířila po zemích starého kontinentu, a to i na velké vzdálenosti jako žádná jiná (Zimolka et al., 2008).

Současná podoba kulturní kukuřice je absolutně odlišná a původnímu teosintu není tolik podobná. Navíc se sama nemůže rozmnožovat, neboť během domestikace ztratila schopnost uvolňovat semena z palice (Kůst, 2007).

### **3.1.2 Vegetativní a generativní orgány kukuřice**

Některé druhy kukuřice stěží dosahují maximální výšky jednoho metru a jiné dokážou dorůst až 5 krát více této výšky.

Kořeny kukuřice jsou nejsilnější ze všech ročních plodin. Hlavní kořeny mohou proniknout až 1,5 - 3 i více metrů hluboko (Badstue, 2006), čímž zajišťují zásobování vodou (Zimolka et al., 2008) a 0,9 - 1,2 metru do stran. Vzdušné kořeny často vyrůstají z 2. - 3. nodu nad zemí (Badstue, 2006). Kořeny se rozdělují na primární a sekundární kořenovou soustavu. Primární soustava je tvořena kořeny, které se zakládají již v zárodku a sekundární soustava vzniká během růstu v přeslenech okolo bazálních uzlů (Zimolka et al., 2008).

Dospělá rostlina kukuřice má obvykle jedno dominantní stéblo. Stéblo má 8 až 20 nodů (kolének), ze kterých vyroste na střídavých stranách list. Část mezi kolénky se nazývá internodium. Vrchol stébla je ukončen latou se stovkami malých klásků, samčí (Badstue, 2006) prašnickové květy (Zimolka et al., 2008). Z nodů podél stébla se může vyvinout několik výhonků palic. Výhonky jsou kryty ochranou vrstvou ze slupek listů. Zatímco většina z nich degeneruje, jeden nebo dva výhonky pokračují ve vývoji do samičího květenství (palice). Během květenství čnělky s bliznami vyčnívají z obalových listenů palice (Badstue, 2006; Zimolka et al., 2008). Každá čnělka je připojena k vajíčku. Lata obsahuje řadu pylových váčků, které při dozrání produkují pyl. Ve chvíli, kdy se pylové zrno (Badstue, 2006) pomocí větru dostane na blizny

a obrvené čnělky, vyklíčí a prorůstá k vajíčku. Schopnost opylení blizen a čnělek trvá při průměrné teplotě vzduchu 17 - 20 °C přibližně 20 až 25 dní. K oplodnění dochází zpravidla za 15 až 20 hodin po opylení (Zimolka et al., 2008).

Palice, zrna a klasy kukuřice existují v různých tvarech, velikostí a barev. Průměrná palice obsahuje přibližně 800 zrn. Množství se však může významně lišit, závisí částečně na počtu řádků zrn na klasu. Některé klasy mají jen 8 řádků a jiné mohou mít až 30 řádků. Podobné je to i s délkou palice, vyskytuje se ve velikostech od 7,5 do 40 cm (Badstue, 2006).

### **3.1.3 Technologie pěstování kukuřice**

Kukuřice setá je rostlinou, která spolu s obilninami a řepkou má nezastupitelnou pozici ve struktuře pěstovaných plodin u nás. Plochy pěstování se stále rozšiřují, a to i za předpokladu, že posledních dvacet let došlo k výraznému úbytku hospodářských zvířat, která jsou významnými konzumenty kukuřičné siláže (Spurný, 2012). V roce 2010 byla kukuřice v České republice pěstována téměř na 300 000 hektarech a z toho cca 100 000 ha bylo určeno pro produkci na zrno (Mikulka, 2010).

V ČR se za nejvhodnější oblast pro pěstování kukuřice na zrno považují lokality, kde je průměrná roční teplota 9 až 10 °C a 16,5 až 17 °C během vegetačního období duben – září. Doprovázené ročními srážkami nad 500 mm, z toho alespoň 300 mm v průběhu vegetace. Dle nároků na půdu a povětrnostních podmínek byly vyhodnoceny jako vhodné lokality pro pěstování oblasti jižní Moravy a středních Čech (Zimolka et al., 2008).

### **Osevní postup**

V osevním postupu kukuřice nevyžaduje speciální předplodinu, ale mezi nejvhodnější patří jeteloviny nebo víceleté pícniny, případně okopaniny (Vrzal et al., 1995) hnojené chlévským hnojem. Také lze využít jako předplodinu luskoviny, které obohacují půdu o dusík a zanechávají v ní velmi kvalitní posklizňové zbytky (Zimolka et al., 2008). Zpravidla se však kukuřice zařazuje mezi obilniny pro zlepšení podmínek. Z obilnin se pokládá za nejlepší předplodinu pšenice ozimá nebo ječmen jarní. Kukuřice tím plní také funkci přerušovače obilných sledů (Vrzal et al., 1995).

Posklizňové zbytky však mohou být také zdrojem infekce houbami rodu *Fusarium* nebo mohou způsobovat problémy při zakládání porostů ječmene jarního (Zimolka et al., 2008).

Kukuřice se může úspěšně pěstovat i několik let po sobě (Vrzal et al., 1995).

## **Příprava půdy**

Co se týká přípravy půdy, je kukuřice velmi náročná. Vyžaduje hluboko zpracované půdy, aby se kořenový systém mohl plně rozvinout a vytvořit tak vhodné podmínky pro příjem vody a živin. V rámci zlepšení biologické aktivity půdy, menšího utužení a lepšího hospodaření s vláhou je dobré provést podzimní podrývání, ideálně do hloubky 45 – 50 cm, a to jednou za 4 – 5 let. V případě, že se podrývání neprovádí, je vhodné zařadit do přípravy půdy podmítka. Ta má jak plevelohubný účinek, tak šetří vláhu.

Dalším opatřením je střední nebo hluboká orba, která má při pěstování kukuřice předcházet rozdrčení zbytků kukuřice. Orba podporuje biologickou aktivitu tím, že zvyšuje obsah kyslíku v půdě a napomáhá zachycovat vodní srážky. Pomocí střední orby lze ke kukuřici zapravit hnůj. Vynechání orby způsobuje snížení výnosů, stejně tak jako jarní orba. V případě, že se provádí časnější orba dělá se přednostně na podzim urovnání povrchu (Vrzal et al., 1995).

Na jaře po oschnutí brázd se půda usmykuje a až do zasetí se udržuje v kyprém stavu, pomocí vláčení (Vrzal et al., 1995). Sníží se jak výpar z půdy, tak se rovněž urychlí vzházení plevelů a jejich následná likvidace. Tímto krokem se zvýší prohřátí půdy a ušetří se zimní vláha. Před setím aplikujeme určitou dávku dusíkatých hnojiv a kypříme půdu těžkými nebo rotačními branami do hloubky výsevu (Šroller et al., 1997), tedy 50 - 60 mm. K vytvoření dostatečné hloubky výsevu se na ulehých půdách používají kypřiče s pevnými šípovými radličkami. V rámci předset'ové přípravy se počet kypření řídí konkrétními podmínkami daného stanoviště.

Ochranu porostů proti plevelům je možné zajistit dvěma způsoby, a to mechanicky a chemicky. U mechanického ošetření dochází k likvidaci plevelů, provzdušnění půdy a k vytvoření příznivějších podmínek pro růst rostlin. Chemický způsob ochrany spočívá ve vhodné dávce, výběru herbicidu a termínu aplikace (Vrzal et al., 1995).

Na svažitéch pozemcích je zapotřebí omezit vznik eroze. Kukuřice je širokořádková plodina, u které je třeba využívat tzv. protierozní opatření. Tato opatření jsou definována pro daný rok v platné příručce Kontroly podmíněnosti. Jejím základem jsou standardy Dobrého zemědělského a environmentálního stavu (DZES) (Spurný, 2012).

## **Setí**

Setí u kukuřice je velice důležitou operací (Šroller et al., 1997). Jednou z podmínek pro získání dobrého výnosu kukuřice je dostatečná hustota porostu na jednotku plochy

a rovnoměrné rozdělení osiva v řadě. Tohoto efektu lze dosáhnout pomocí přesného secího stroje a certifikovaného osiva (Sulewska et al., 2014).

Setí se provádí, pokud možno, co nejkvalitnějšími stroji na přesný výsev. Kukuřice se aplikuje zpravidla do 70 cm širokých řádků a do hloubky 5 - 8 cm (Šroller et al., 1997). Šířka řádku je však určena mechanizací, která se během pěstování bude používat (Vrzal et al., 1995). Vzdálenost rostlin v řádku může být 15 až 20 cm a stanovuje tak hustotu porostu (Šroller et al., 1997). Pro hustotu porostu platí, že vyšší hustoty jsou ideální na vlhčích a chladnějších stanovištích. Při zbytečně vysokých hustotách se oddaluje zrání a zvyšuje riziko poléhání porostu.

Termín setí se určuje tak, aby doba mezi setím a vzejitím porostu nepřekročila 12 dnů (Vrzal et al., 1995). V našich podmínkách se obvykle seje v období od konce dubna do poloviny května (Šroller et al., 1997).

### **Výživa a hnojení**

Kukuřice se řadí mezi rostliny s vyššími nároky na intenzitu slunečního záření a vyšší teplotu vzduchu i půdy. Tyto vlastnosti vytváří vhodné podmínky pro efektivnější využití přijatých živin na tvorbu výnosu. Rostlina vytváří mohutný kořenový systém, kterým dobře využívá živiny z hlubších půdních vrstev (Zimolka et al., 2008).

Charakteristický je velmi pomalý počáteční růst a malý příjem živin. Pokud porost vyroste do výšky 40 - 50 cm odběr živin činí cca 35 kg N, 4 kg P, 40 kg K a 3 kg Mg na ha. Následuje období intenzivního růstu a příjmu živin. Během 35 - 45 dní kukuřice přijme 70 - 75 % všech živin.

Běžně se ke hnojení kukuřice používají organická hnojiva, a především na půdách s nižší úrodností. Dávky chlévského hnoje se pohybují do 40 t/ha. Vhodné je také použití močůvky, kde se dávky určují podle obsahu dusíku. Pro využití kejdy se kukuřice považuje za tu nevhodnější plodinu. Kejda se aplikuje v podzimním i jarním období, záleží ale především na půdních podmínkách. Na středních a těžších půdách se aplikuje na podzim a na lehčích půdách hlavně v jarním období. Kejdou se může také přihnojovat během vegetace (Balík et al., 2001). Kukuřice na zrno má požadavky na agrotechniku a hnojení hnojem obdobné jako okopaniny. Pokud se hnojí organicky není náročná na předplodinu (Kostelanský et al., 1997).

Dusíkatým hnojením je ovlivněn počet zrn v palici, délka palic a HTS. Dávky dusíku v průmyslových hnojivech by se měly podle výnosu a organického hnojení pohybovat mezi 80 - 200 kg N/ha. Většinou se aplikuje před setím, ale hlavní příjem rostlinami je až asi za

8 - 10 týdnů, v období intenzivního růstu. Dále se přihnojuje během vegetace, kdy porost dosahuje výšky 20 - 40 cm.

Dávky hnojení fosforem, draslíkem a hořčíkem se určuje z rozboru půd. Kukuřice má vysoké nároky na fosfor a jako kritické období pro jeho příjem je počáteční fáze růstu. Vhodná jsou NP hnojiva, např. amofos. Pokud se používají draselná hnojiva jako jsou draselné soli je ideální podzimní aplikace (Balík et al., 2001).

### **Zaplevelení**

Výnosové ztráty způsobené zaplevelením se pohybují mezi 30 - 50 %. Rovněž negativně ovlivňuje výnosovou kvalitu, zvyšuje náchylnost k poléhání, porosty dozrávají nerovnoměrně a způsobuje obtížnou sklizeň. Pro typickou kukuřičnou oblast je charakteristické plevelné spektrum. Dominantními druhy jsou obvykle merlíky, laskavce, rdesna a ježatka kuří noha. Časté je také zaplevelení vytrvalými pleveli, např. pýrem plazivým, pcháčem rolním a svlačcem rolním (Jursík a Soukup, 2010).

U kukuřice je důležité zajistit porost bez plevelů především prvních 40 - 50 dnů po vzejití (Kostelanský et al., 1997). Její růst je zpočátku celkem pomalý, a proto má minimální konkurenční schopnost proti plevelům (Mikulka, 2010). V dřívějších dobách byla kukuřice plečkována či okopávána. Tyto zásahy však poškozují kořenový systém, který je rozložen mělce pod povrchem. Aplikaci užitých herbicidů je však třeba střídat, neboť dlouhodobější použití způsobuje zvýšení lipnicovitých a širokolistých plevelů, které jsou těžko zničitelné (Kostelanský et al., 1997). V ČR je dostatečné množství herbicidů, které pokrývají téměř celé spektrum plevelů (Jursík a Soukup, 2010), proto je možné udržet bezplevelný porost až do sklizně (Mikulka, 2010).

### **Choroby a škůdci**

Chorobami a škůdci je zničena zhruba jedna pětina veškeré rostlinné produkce na celém světě. Kukuřice trpí různými biotickými a abiotickými omezeními, které přispívají ke značné ztrátě na výnosu. Šedá skvrnitost listů je jednou z nejvíce destruktivních a výnosově omezujících listovou chorobou na světě. Toto onemocnění získalo zemědělský význam v tropických, subtropických a mírných oblastech pěstování za posledních 30 let (Dhami et al., 2015).

Kukuřice je z rostlinolékařského hlediska považována za plodinu významně poškozovanou jedním až třemi škůdci. Z patogenů způsobujících choroby je u nás zjištěno asi 47 druhů virů, bakterií či hub (Tóth a Kmoch, 2016). Pěstitelé se mohou setkat s listovými

chorobami, chorobami palic i s chorobami stébla, které často nejsou na první pohled zřetelné (Říha a Kraus, 2010).

Škůdci mají vliv na ztrátě výnosu i kvalitě kukuřice po celou dobu vegetace. Poškození jimi působená jsou vstupním místem pro choroby, případně jsou i přímými přenašeči. Nejvýznamnějšími škůdci vzcházející kukuřice jsou drátovci, larvy tiplic, housenice mūr a květilka všežravá (Zimolka et al., 2008). V současné době je to i zavíječ kukuřičný (*Ostrinia nubilalis*) a rozšiřující se bázlivec kukuřičný (*Diabrotica virgifera virgifera*). Rozšíření zavíječe kukuřičného po celém území ČR způsobilo mnoho faktorů, jako nárůst ploch kukuřice na zrno, změny v technologii zpracování půdy, změna klimatických podmínek a nové ranější hybridy. Bázlivec kukuřičný je brouk z čeledi mandelinkovití a jde o nebezpečného škůdce zavlečeného ze Severní Ameriky (Rotrekl a Kolařík, 2012). Zatímco zavíječe lze různými metodami silně redukovat, jako opatření proti bázlivci je nejvhodnější střídat kukuřici s jinými plodinami (Hůla et al., 2008). Rotrekl a Kolařík (2012) doporučují jako ochranu před zavíječem agrotechnická opatření, chemické postřikové přípravky, biologické prostředky a geneticky modifikované hybridy kukuřice. A proti bázlivci uvádějí také střídání kukuřice v osevním postupu spolu s hlubokou orbou, Bt-kukuřicí nebo insekticidní mořidla a granulovaný insekticid.

Z virových chorob je nejvýznamnější virová mozaika kukuřice. Toto virové onemocnění způsobuje virus *Sugar-cane mosaic virus* (SCMV). SCMV se přenáší mechanickým poraněním, mšicemi a infikovanou obilkou. Symptomy virové mozaiky se projevují nejprve na nejmladších listech jako chlorotické skvrny, tečky a pruhy. Rostlina také zkracuje svoji výšku a zpomaluje vývoj. Ochrana proti SCMV spočívá především ve šlechtění nových hybridů rezistentních proti tomuto patogenu. Také se uplatňuje likvidace plevelných rostlin, které mohou být nositelem viru (Tóth a Kmoch, 2016).

Z houbových chorob jsou nejznámější obecná snětivost kukuřice, obecná listová spála kukuřice, rzivost kukuřice, fuzariózy kukuřice, antraknózová listová spála kukuřice a *Rhizoctonia* spp. Obecná snětivost kukuřice je vyvolána patogenem *Ustilago maydis* a v současnosti se považuje za nejrozšířenější chorobu kukuřice jak u nás, tak i v ostatních oblastech světa. Patogen může infikovat rostlinu po celou vegetační dobu. Toto onemocnění tvoří velmi zřetelné útvary, tzv. hálky, které vznikají nejčastěji na stoncích. Preventivním opatřením pro snížení výskytu patogenu je důkladné zapravení posklizňových zbytků orbou, dodržení osevních postupů a omezení pěstování kukuřice nebo také moření osiva. Jednou



z nejnápadnějších chorob je obecná spála kukuřice. Příznaky se mohou projevovat jako dlouhé protáhlé šedožluté skvrny, menší skvrny nebo oranžové až červenožluté skvrny.

Bělorůžová hniloba obilek, zvaná fuzarióza kukuřice, je způsobena druhy rodu *Fusarium*. Kromě hnilob palic zapříčiňuje také padání klíčnicích rostlin, hniloby kořenů a stonků a omezuje klíčivost a vzcházení (Tóth a Kmoch, 2016). Symptomy napadení jsou viditelné po sloupnutí krycích listů z palic, a to ve fázi voskové až plné zralosti (Říha a Kraus, 2010). *Fusarium* nejen že snižuje výnosy biomasy, ale také kontaminované potraviny a krmiva mohou způsobit vážná akutní a chronická onemocnění (Tóth a Kmoch, 2016).

Jako ochrana proti patogenům je třeba se zaměřit na osivo. Kvalitní osivo se připraví mořením, aby se zamezilo proniknutí choroboplodných zárodků, ale také proti chorobám, které se osivem přenášejí (Cagaň et al., 2010).

Významné škody na porostech kukuřice, kromě chorob a škůdců, způsobuje také tzv. spárkatá zvěř. Pro tuto zvěř je porost bohatým zdrojem potravy a vyhledávaným útočištěm. Divoká prasata škodí již hned po zasetí tím, že vyrývají osivo z půdy. Během pozdějšího vegetačního stádia srnci a zajáci okusují lity a vrcholy mladých rostlin. Takováto poškození většinou nemají vliv na samotný vývoj rostlin. Značné škody na výnosech vznikají v případě okusu a konzumace palic spolu s pošlapáním a poválením rostlin.

Problematika časného a pravidelného poškození kukuřice zvěří vedlo k velmi rozdílným ztrátám na sklizni při různých podmínkách. Rozdíl spočívá v jednotlivých druzích rostlin, na intenzitě poškození, vegetační fázi rostlin, zdravotním stavu, podmínkách prostředí atd. Do určité fáze růstu má rostlina velkou regenerační schopnost a dokáže obnovit i silně poškozené asimilační plochy (Dvořák et al., 2007).

## **Silážování**

Termín sklizně kukuřice na siláž se doporučuje v období, kdy je obsah sušiny zhruba 33 %. Sklizeň probíhá za pomoci vysoce výkonné řezačky, drtičů zrna a strojů k udusání píce. Některé stroje k udusání píce však nemohou plnohodnotně fungovat u kraje silážního žlabu, a to má za následek kažení siláže a vznik plísní.

Získání kvalitní siláže spočívá v dokonalém utěsnění proti vniknutí vzdušného kyslíku. Běžně se u nás používají dvě vrstvy, spodní a horní černá či černobílá plachta zatížená pneumatikami. Tyto dvě vrstvy ale dokonale neizolují, proto byly vynalezeny fólie, které mají mnohonásobně nižší průchodnost vzduchu.

Fermentační proces obvykle proběhne úspěšně i bez přidání biologických nebo chemických přípravků. U kukuřice může být problém, že pokud při sklizni byla příliš vlhká, je siláž pak kyselá a je nutné ji neutralizovat. Pokud byla moc suchá a následně málo udusaná, mohou se vytvářet plísně. Větší problém však spočívá v riziku aerobního kažení (Loučka, 2010).

### **Posklizňová úprava kukuřice na zrno**

Sklizená zrna kukuřice procházejí procesem posklizňové úpravy, který na základě zjištěné vlhkosti, obsahu příměsí a nečistot zahrnuje předčištění, sušení, čištění, aktivní větrání, chemickou konzervaci a protiplísňové ošetření. Cílem posklizňové úpravy je požadavek na skladovací vlhkost do 14 % a zbavení zrn organických a minerálních nečistot (Kyncl, 2007). V případě nutnosti lze posouvat termín sklizně a tím podstatně zmenšit náklady na dosoušení a konzervaci.

Předčištění zrn je důležité v případě, že se budou sušit. Obsahuje-li sklizené zrno vlhkost do 14 %, je možno jej po předčištění ihned skladovat. Vlhkost je významným ukazatelem jakosti, protože na ní závisí intenzita biologických procesů. Sušení vede ke snížení vlhkosti sklizených a skladovaných produktů na hodnotu potřebnou ke dlouhodobému skladování. Chemická konzervace se nevyužívá pro účely krmivářského průmyslu. Povolené prostředky účinně potlačují fyziologickou aktivitu a dlouhodobě konzervují zrna. V rámci protiplísňového ošetření se aplikují protiplísňové přípravky tlumící výskyt plísní a spor. Aktivními látkami v inhibitech plísní jsou kyselina propionová, propionát amonný a další organické kyseliny a jejich soli (Kyncl, 2007).

## **3.2 Zrno**

Druh *Zea mays* se dělí dle charakteru endospermu zrna na poddruhy: kukuřice koňský zub, kukuřice obecná, kukuřice polozubovitá, kukuřice pukancová, kukuřice cukrová, kukuřice škrobnatá, kukuřice vosková a kukuřice plevová (Hůla et al., 2008).

Z botanického hlediska je zrno kukuřice nažka, tedy jednosemenný plod, nepukavý, s tenkým oplodím. Z morfologického hlediska se zrno skládá z oplodí, osemení, zárodka a endospermu (Zimolka et al., 2008). Zrno kukuřice je pokryto tenkou membránou zvanou oplodí (perikarp) a je připojeno na klas u stopky (Badstue, 2006). Osemení je multifukční orgán,

který hraje důležitou roli ve výživě embrya v průběhu vývoje semene. A také při ochraně proti škodlivým látkám z okolního prostředí. Osemení spolu s vrstvou endospermu vykazují omezující klíčení tím, že je nepropustná pro vodu nebo kyslík a také tím, že produkují inhibiční sloučeniny vůči klíčení (Bentsink a Koornneef, 2008). Podlouhlý střed kukuřičného zrna je zárodek (embryo), ze kterého poroste nová rostlina (Badstue, 2006). Oplodněná vaječná buňka se začne dělit, nejdříve nabývá kulovitěho tvaru a poté se začne prodlužovat. Později se zárodek diferencuje, vzniká štítek, vzrostný vrchol a kořínek (Zimolka et al., 2008). Zárodek je obklopen endospermem, orgánem škrobu, který slouží jako výživa pro klíčící sazenici (Badstue, 2006). Endosperm představuje 80 - 84 % podílu hmotnosti zrna. Vyzrálé zrna má téměř vždy jeden zárodečný kořínek (radicula) a různý počet prvotních postranních kořenů. Radicula může dosahovat značné délky a může se větvit na četné boční kořeny (Zimolka et al., 2008). Fyziologicky zralé kukuřičné zrna obsahuje sušinu v hodnotě 60 - 62 %. Zrna je tvrdé, lesklé a na bázi má načernalou vrstvu, která signalizuje ukončení ukládání živin (Šroller et al., 1997).

Zrna může mít různé barvy, mimo typické žluté i např. bílou, černou nebo červenou. Některé jsou dokonce smíšené, a to znamená, že palice produkuje zrna 2-4 různých barev. Pigmentace u černé, červené a bílé kukuřice je omezena na tenkou vrstvu přímo pod oplodí a pokrývající endosperm. Pouze u žluté kukuřice je pigment uložen v endospermu (Badstue, 2006).

### **3.2.1 Složení zrna**

Zrna kukuřice obsahuje převážně glycidy. Z nich zahrnuje škrob 60 - 70 %, cukr 5 % a dextriny 1 - 6 %. Hlavní část dusíkatých látek zrna tvoří bílkoviny (10 %), které mají vliv na krmnou hodnotu a vláknina zaujímá maximálně 2 %.

Z obilnin má kukuřice druhý největší obsah tuků v semeni. Maximální množství oleje je obsaženo v klíčku a obsah závisí především na hybridu, půdních a klimatických podmínkách. Olej se díky potravinářským vlastnostem využívá jako dezertní stolní olej (Šroller et al., 1997).

Špaldon et al. (1986) uvádějí, že chemické složení zrna je stejné jako u jiných obilnin. Hlavním podílem kukuřičného zrna je škrob. Ten se skládá z 28 % amylozy a ze 72 % amylopektinu. Tuk obsažený zejména v klíčku tvoří převážně nenasycené mastné kyseliny a mezi tyto kyseliny se zařazují kyselina linolová, podílem 60 %, kyselina olejová z 25 %, kyselina palmitová (12 %) a kyselina stearová (2 %). Co se týká obsahu minerálních látek, tak

je v porovnání s jinými obilninami poměrně nízký. Velmi nízký obsah představují vápník, zinek a mangan.

Šlechtěním se řeší zvýšení obsahu důležitých složek – bílkovin, tuků, esenciálních aminokyselin a dalších.

Koncentrace živin v osivu kukuřice hlavně významně ovlivňuje schopnost, jakým bude sazenice snášet biotické a abiotické stresory (Chen et al., 2016).

Významnější schopnost kukuřice přeměrovat živiny z vegetativních orgánů na zrno je je-li omezen příjem živin v průběhu fáze plnění zrna. Chen et al. (2016) dále zjistili, že P a K byly remobilizovány intenzivněji z listů než ze stonků, Mg a Ca pouze ze starých listů. Zda jsou remobilizované živiny z různých orgánů přemístěny přímo do zrna nebo jsou přerozděleny do jiných orgánů není zatím dostatečně objasněno (Chen et al., 2016).

### **3.3 Osivo**

Semeno je základním vstupem do zemědělství. Je to jeden z nejdůležitějších vstupů v zemědělských systémech a předpokladem produkce potravin na světě (Badstue, 2006).

Semena lze rozdělit dle velikosti a tvaru. Velikost se dělí na frakce: malé, střední a velké. Podle tvaru pak na kulaté a ploché (Sulewska et al., 2014).

Velikost a tvar semena patří mezi důležité charakteristiky, které ovlivňují růst rostliny. Samotný tvar a velikost osiva je ovlivněn genetikou a environmentálními podmínkami během růstu a vývoje, konkrétně během fáze plnění zrna. Zatímco zemědělci tvar a velikost nerozlišují, předchozí studie dokázaly, že právě tyto charakteristiky významně ovlivňují klíčení a vitalitu kukuřice (Akinnuoye a Modi, 2015). Genetická variabilita je příčinou kolísání velikosti osiva mezi odrůdami. Velikost semen je relativní pojem, proto byla klasifikována různými výzkumníky jako velmi velké, velké, střední, malé a velmi malé (Patel et al., 2016).

Testování osiva se může použít jako prostředek pro poskytování informací o parametrech kvality osiva, jako jsou fyziologické, fyzikální, rostlinolékařské a genetické. Fyziologické parametry kvality jsou vztaženy k životaschopnosti a vitalitě (Mazvimbakupa et al., 2015).

### 3.3.1 Velikost semen kukuřice

Obecně platí, že velké semeno má lepší výkon v terénu než malé semínko (Ambika et al., 2014).

Kurdikeri et al. (1998) uvádějí, že velikost osiva hybridů kukuřice nemá žádný vliv na růstové atributy a výnos. Dále dodává, že i malá semena mohou být použita pro setí bez výnosových a kvalitativních ztrát.

Veeraswamy et al. (1998) sledovali výkon různých velikostí osiva hybridní kukuřice Ganga-5 a dospěli k závěru, že velká semena v různých hloubkách setí se ukázala významně nadřazena ve výkonu nad malými semeny.

Adejare (2010) uvádí, že velká semena vykazovala vyšší kvalitu a výnos ve srovnání se semeny středních a malých rozměrů.

EnayatGholizadeh et al. (2012) potvrdili vyšší výnos zrna při velikosti semene 7 mm než velikostí 6 a 6,5 mm.

Použití kvalitního osiva zvyšuje výnos až o 15 - 20 %. Rozsah tohoto nárůstu je přímo úměrný kvalitě zasetých semen (Ambika et al., 2014). Semena lišící se velikostí, hmotností a hustotou jsou závislá na prostředí, ve kterém se vyprodukovaly. Velikost semene je jednou ze složek kvality osiva, která má vliv na výkon plodiny. Velká semena klíčí rychleji, jsou silnější v prvním vývojovém stádiu a mají vyšší výnos než malá (Patel et al., 2016).

## 3.4 Klíčivost

Baldwin et al. (2006) uvádí, že klíčení je údaj o životaschopnosti a definuje ji jako vlastnost semene, která umožňuje klíčení za optimálních podmínek.

Bewley et al. (2013) objasňuje termín klíčení. Klíčení začíná absorpcí vody a končí vznikem kořínku.

Z fyziologického hlediska začíná klíčení semen příjmem vody a končí prodloužením kořínku. Proces klíčení obsahuje řadu biologických, fyzikálních a biochemických faktorů, kterými se embryo v dehydratovaném klidovém stavu přesune do stavu s životaschopným metabolismem. Ze semenářského hlediska se za klíčivá považují pouze ta semena, která zajistí normální plně životaschopnou klíčící rostlinu, schopnou dalšího vývoje (Houba et al., 2002).

První známky klíčení představují základní procesy, včetně transkripce, translace a reparace DNA s buněčnou elongací. Fyzicky je klíčení dvoufázový proces, kdy po protržení osemení následuje prasknutí endospermu. Následně se objeví kořínek a klíčení je dokončeno (Bentsink a Koornneef, 2008).

Vyjádření klíčivosti procentem znamená podíl klíčivých semen v testovaném vzorku vyhodnoceném na konci období a vymezeném počtem dnů. Příslušná semena ve vzorku neklíčí stejnou intenzitou. Rozdíly v rychlosti a vyrovnanosti klíčení osiva jsou důležitým znakem vysoké nebo nízké kvality (Houba et al., 2002). Rychlé a jednotné klíčení je stejně důležité v rámci rostlinné produkce jako celkové klíčení. Zatímco pomalé, nerovnoměrné klíčení a nízká vitalita semen vede k problémům úspěšné rostlinné výroby (Afzal et al., 2002).

Klíčivost a vitalita určují fyziologickou kvalitu semen. Zkouška klíčení se provádí v laboratořích pro vyhodnocení fyziologického potenciálu semen a provádí se při vhodných podmínkách teploty, vlhkosti a světla. Největším omezením testu klíčení je jeho neschopnost rozeznat rozdíly fyziologické kvality osiva s vysokou klíčivostí (dos Anjos et al., 2015).

Test klíčivosti představuje jeden z nejzákladnějších testů semenářské kontroly, jejichž výsledky pak mohou být rozhodujícím kritériem kvality při certifikaci osiv. Přes to, že není zcela kvalitní, zůstává test základním, užitečným a akceptovaným kritériem životaschopnosti semen na celém světě. (Houba et al., 2002)

Sbrussi and Zucareli (2015) uvádějí, že test klíčivosti při nízkých teplotách je používán jako zásada, že teploty mají škodlivé účinky na klíčení a růst rostlin.

### **3.4.1 Životaschopnost**

Pojem životaschopnost se týká schopnosti semen klíčit za ideálních podmínek. Jako velmi užitečná metoda pro stanovení životaschopnosti vzorku semen se považuje test klíčivosti. Mezinárodní asociace pro testování osiv definuje klíčení osiva v laboratoři jako vznik a vývoj sazenice do fáze, kdy základní struktury naznačují, zda je či není schopna se dále rozvinout do uspokojivé rostliny za příznivých podmínek. Použití laboratorního testování umožňuje kontrolu vnějších faktorů pro rovnoměrnou, rychlou a úplnou klíčivost (Mazvimbakupa et al., 2015). Životaschopnost lze hodnotit biologickým testem klíčivosti, u kterých existují dvě odlišná hlediska a kritéria, a to fyziologické a semenářské. Z fyziologického hlediska se za klíčivé semeno považuje takové, u kterého došlo k viditelnému poškození semenných obalů kořínkem. A ze semenářského hlediska, které je v praxi důležitější, je životaschopné semeno takové, které

poskytne za optimálních podmínek laboratorního testu a za stanovenou dobu normální klíčící rostlinu (Houba et al., 2002). Chemické testy se také používají ke stanovení životaschopnosti. Tyto testy detekují chemické reakce vyskytující se v živých systémech. Jednou z nich je široce používaná tetrazoliová zkouška (Mazvimbakupa et al., 2015).

Neživotaschopná semena v osivu znamenají pro pěstitele vyšší náklady související se zvýšenými výsevky. (Houba et al., 2002)

### **3.4.2 Vitalita**

Termín vitalita lze vyjádřit jako přirozená vnitřní síla zdravých semen, zabezpečující rychlé klíčení po zasetí a jeho dokončení i za rozmanitých přírodních podmínek. Obecně značí stupeň tolerance osiva k nepříznivým podmínkám při klíčení a vzházení (Houba et al., 2002).

Podle Chloupeka (2009) vitalita znamená potenciál semene pro rychlé a uniformní vzejití a potenciál pro vývoj normálního semenáčku za širokého spektra polních podmínek. Vitální mohou být pouze zdravá semena. Hlavní příčinou ztráty vitality je poškození buněčných membrán, a to biochemickými změnami nebo mechanickým poškozením.

Nejvyšší potenciální vitalitu mají semena v období fyziologické zralosti, tedy v období, kdy se odděluje od mateřské rostliny. Poté až do období sklizňové zralosti prodělavá biochemické změny, vysychává a ztrácí vitalitu. Hlavním projevem osiva s nízkou vitalitou je pomalejší a méně vyrovnané klíčení, zvýšená citlivost semen při klíčení a vzházení na podmínky prostředí, citlivost na vodu a nedostatek kyslíku (Houba et al., 2002). Osivo s nízkou vitalitou je příčinou nevyrovnaného porostu, růstu a zrání (Chloupek, 2009).

Znalost vitality osiva se uplatňuje zejména v případech, kdy mají plodiny malou autoregulační a kompenzační schopnost, je nezbytný přesně vymezený počet rostlin na jednotce, kdy se plodiny vysévají na přesnou vzdálenost, aby se zamezilo mezerovitosti a uplatňují se také v případech, kde je důležité synchronní vzházení plodin (Houba et al., 2002).

Vitalita osiva je hodnocena pomocí stresových testů. Kdy se testuje schopnost vytvořit novou rostlinu v podmínkách neoptimálních až extrémních (Pazderů, 2013). Také se testuje podle elektrické vodivosti výluhu ze semen, klíčivosti za chladu a sucha nebo biochemickými testy (Chloupek, 2009).

### 3.4.3 Dormance

Houba et al. (2002) definují dormanci jako stav, kdy jsou semena chráněna před klíčením v normálně klíčivě příznivém prostředí.

Baskin and Baskin (2004) uvádějí, že semeno v dormanci je to, které nemá schopnost klíčit ve stanovené době za jinak vhodných podmínek.

Pro optimalizaci klíčivosti v čase semeno vstoupí do stavu nečinnosti. Důležité pro semena je, aby se poté, co přežila období, ve kterém nemohla klíčit, mohla růst do silné sazenice konkurující ostatním. Semena mohou přežít dlouhou dobu, aniž by klíčila, a to buď skladováním v suchých podmínkách nebo uložením v půdě. Tato semena čekají až se okolní podmínky stanou příznivými pro klíčení (Bentsink a Koornneef, 2008).

Rozlišuje se dormance primární a sekundární. Primární dormance je vyvolána v průběhu vývinu semene, projevuje se tedy hned po sklizni. Pokud semenu nejsou dostupné základní složky klíčení, vyvolává to dormanci exogenní. Tu je možné odstranit buď přirozeně, činností mikroorganismů nebo fyzikálními změnami v půdě, a nebo úpravou semene, skarifikací, chemicky či selektivními enzymy. Častější formou primární dormance je dormance endogenní, způsobená vrozenou vlastností semen. Vyvolána je podmínkami prostředí v období vývinu semen a zrání. Mezi metody odstranění patří vyluhování látek způsobujících dormanci, skarifikace, teplotní ošetření a ošetření fytohormony. Sekundární dormance je vyskytuje u zralých, nedormantních semen. Objevuje se, pokud jsou semena dána do nepříznivých podmínek pro klíčení, např. vodní stres, nevhodné teploty, nevhodné světelné spektrum (Houba et al., 2002).

## 3.5 Základní vnější podmínky klíčivosti semen

### Teplota

Jako jeden z faktorů, který je důležitý pro klíčení semen je hlavně teplotní režim (Sbrussi a Zucareli, 2014). Je to faktor, který může působit na dostupnost půdní vody a živin nezbytných pro růst a vývoj rostliny (Akinuoye a Modi, 2015).

Efekt teploty lze vyjádřit existencí tří kardinálních bodů: minimem, optimem a maximem. Teplota těchto kardinálních bodů je závislá jak na botanickém druhu, odrůdě a prostředí, ale také na kvalitě a stáří osiva. Teplotní optimum pro klíčení je obvykle nižší než optimum pro růst (Houba et al., 2002). Některá semena mohou klíčit v širokém rozsahu teplot, jiné zas pouze v úzkém rozsahu. Teplota má efekt na klíčivost a rychlost klíčení (Idikut, 2013).



Kukuřice je považována za druh citlivý na nízké teploty s poměrně vysokým prahem teplot pro klíčení a vegetativní růst (Hu et al., 2016). V ideálním případě potřebuje rostlina kukuřice 10 až 11 °C na začátek klíčení. Pokud se teplota dostane na 32 °C dojde k náhlému poklesu růstu stonku a kořínku a když dosáhne 40 °C klíček odumře. Jestliže je naopak teplota nižší než 9 °C růst kořínku se zastaví (Idikut, 2013).

Podmínky při klíčení osiva v závislosti na rozdílných teplotách jsou velmi důležité. Zemědělci mohou kukuřici vysévat v brzkém či pozdějším čase. Oproti našim přírodním podmínkám, v jižní Africe se brzké setí provádí často do suché a studené půdy. Zatímco při optimálnějších pozdním setí, ke kterému dochází obvykle v létě, je půda často teplá a mokrá. Proto tyto podmínky mohou být překážkou k úspěšnému založení porostu (Akinuoye a Modi, 2015). Nízká teplota na začátku jara má za následek zpoždění výsevu (Hu et al., 2016). Výrazné změny teplot v průběhu vegetativní fáze růstu kukuřice mohou mít vliv na výnos (Sunoj et al., 2016).

## **Voda**

Kritická vlhkost půdy pro klíčení semen kukuřice je 30 %. Nasakování semen vodou však není indikátorem životaschopnosti, protože i mrtvá semena jsou schopna absorbovat vodu (Johnson, 2013).

První fáze klíčení začíná bobtnáním semen (Houba et al., 2002). Dostupnost vody v různých fázích růstu plodin ovlivňuje schopnost plodiny přežít. Klíčové procesy, které jsou citlivé na dostupnost vody jsou především rané etapy vývoje rostlin (klíčení semen a vzcházení rostlin). Vodní stres byl zaznamenán jako jedna z příčin zřetelného poklesu klíčivosti a vitality (Mazvimbakupa et al., 2015).

## **Světlo**

Světlo má vliv na mladé rostliny klíčící ze semen. Když je světlo omezené, rostliny začnou slábnout (Idikut, 2013). Houba et al. (2002) uvádějí, že světlo není nezbytnou podmínkou klíčení. Intenzita a spektrální složení světla ale klíčení ovlivňují. Světlo na klíčení působí prostřednictvím fytochromového systému.

## **Kyslík**

Spotřeba kyslíku prudce narůstá na začátku procesu klíčení. S postupující hydratací pletiv se dýchání zvyšuje. Po skončení hydratace pletiv se příjem kyslíku zastaví nebo se jen pomalu zvyšuje. Opětovné zvýšení spotřeby kyslíku dochází ve fázi růstu embryonální osy.

Nedostatek kyslíku při klíčení semen se projevuje poklesem procenta klíčivosti (Houba et al., 2002).

### **3.5.1 Omezující podmínky klíčivosti semen**

Klíčení a vzcházení rostlin klesá s mnoha abiotickými faktory, jako je salinita, sucho a stres. Sucho a stres jsou pravděpodobně nejvíce omezující stresory, které limitují počet a růst rostlin (Kaydan a Yagmur, 2008). Salinita a sucho ovlivňují rostlinu podobným způsobem (Fateh et al., 2012).

Salinita je významnou překážkou pro životní prostředí v suchých a polosuchých oblastech světa. Zasolení může způsobit značné snížení klíčení, a to vede k nerovnoměrnému založení porost a výnosu plodin. Vysoká koncentrace soli má škodlivé účinky na klíčení semen. Díky tomu, že se kukuřice pěstuje po celém světě, a tím se evolučně domestikovala, dosahuje vysoké variability, proto může existovat tolerance na salinitu. Kukuřice, která patří k rostlinám s metabolismem C4, je klasifikována jako středně citlivá na slanost (Carpici et al., 2009).

Sucho se vyskytuje v mnoha částech světa, obvykle s ničivými účinky na plodinách. Vodní deficit může být definován jako absence odpovídající vlhkosti nezbytné pro normální růst rostlin (Moussa and Abdel-Aziz, 2008). Sucho způsobuje četné fyziologické a biochemické změny v rostlinách. Výrazně ovlivňuje listovou plochu, výšku rostlin, zakořenění apod. (Ali et al., 2011). Dále způsobuje snížení procenta a rychlosti klíčení a růstu (Fateh et al., 2012).

## **4 Materiál a metody**

### **4.1 Materiál**

Pokus klíčivosti semen kukuřice v závislosti na hmotnosti a teplotě byl proveden v létě roku 2016. Zkouška probíhala v laboratorních podmínkách. Potřebné podmínky byly simulovány v klimaboxech Binder KBWF 240 a Binder KBWF 720.

V laboratorních podmínkách byl hodnocen hybrid kukuřice rozdělený do jednotlivých hmotnostních frakcí. Použitý hybrid osiva byl Koblens.

#### **4.1.1 Charakteristika použitého hybridu**

Osivo Koblens je tříliniový hybrid. Tento silážní hybrid je vhodný především pro řepářskou výrobní oblast. Rostliny dosahují výšky 290 cm. Typickými vlastnostmi jsou rychlý počáteční vývoj a dobrá odolnost vůči chladu. U kukuřice se vyskytuje stay green efekt.

Osivo má špičkovou nutriční hodnotu siláže pro vysokoprodukční dojnice. Stravitelnost buněčných stěn je 46 %. Rostlina obsahuje v průměru 31 % sušiny a 34 % škrobu. Výnos suché hmoty představuje 20 t/ha a výnos škrobu 7 t/ha. (KWS, 2016)

## **4.2 Metodika**

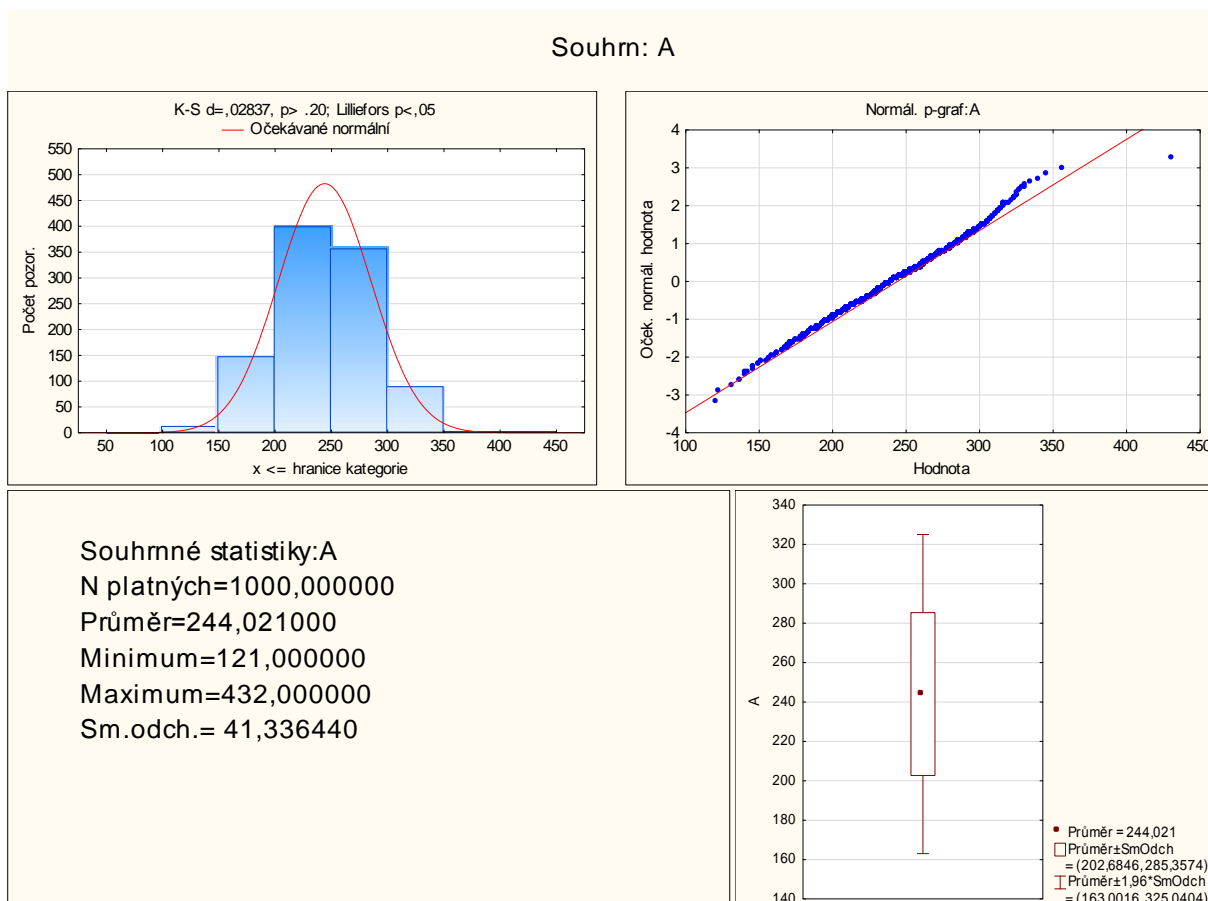
### **4.2.1 Stanovení hmotnostních kategorií**

Pro stanovení zkoušky klíčivosti semen dle hmotnosti bylo zapotřebí určit tři hmotnostní kategorie. Hmotnost semen byla rozdělena na malá, střední a velká.

Nejprve bylo nutné určit hranici kategorií. Hranice hmotnostních frakcí byla provedena u vzorku jednoho tisíce náhodně vybraných semen. Každé semeno osiva kukuřice bylo zváženo a jeho hmotnost zapsána. Prostřednictvím programu Statistica 12 byla určena hranice hmotnostních frakcí (graf 1). Z grafu vyplývá, že hmotnost tisíce semen byla 244,0 g. Směrodatné odchylky byly 202,7 a 285,4. Pomocí směrodatných odchylek se vymezily hranice pro hmotnostní kategorie pro jedno semeno.

Separace jednotlivých velikostních frakcí byla realizována v laboratorních podmínkách. Klasifikace semen byla prováděna ručním vážením každého semene a následným přiřazením do příslušné kategorie.

Kategorie semen byly stanoveny pro malá do hmotnosti 0,202 g, pro střední v rozmezí hmotnosti 0,203 až 0,285 g a pro velká semena hmotnost větší než 0,286 g.



**Graf 1:** Stanovení hmotnostních frakcí

#### 4.2.2 Testy klíčivosti

Hmotnostní varianty: malá, střední a velká byly testovány při třech stálých teplotních režimech. Stálé teplotní režimy zahrnovaly teploty: 10 °C, 15 °C a 20 °C.

Samotné klíčení semen kukuřice bylo založeno v Petriho miskách o průměru 12 cm na lůžku z filtračního papíru. Filtrační papír byl navlhčen destilovanou vodou. Každá varianta byla pozorována ve čtyřech opakováních. Jednotlivá opakování zahrnovala 100 semen na lůžku, která byla rozdělena do dvou Petriho misek po 50 ks semen. Všechny Petriho misky byly

označeny identifikačními údaji a uloženy do klimaboxů, které byly nastaveny na střídavý světelný režim, konkrétně 12 hodin světlo a 12 hodin tma. Klíčení probíhalo při 65% relativní vlhkosti.

Průběh klíčení se vyhodnocoval v jednodenních intervalech. První odpočet zkoušky klíčivosti proběhl 24 hodin po založení pokusu u každé varianty. Veškeré další odpočty následovaly 24 hodin po předcházejícím odpočtu. Za vyklíčené semeno se považovalo takové, které mělo kořínek délky minimálně 2 mm, ověřeno posuvným měřítkem a poté z Petriho misky pomocí pinzety odstraněno. Odpočty byly ukončeny, pokud se již neměnil počet vyklíčených semen.

### **4.3 Sledované charakteristiky klíčivosti**

#### **4.3.1 Dynamika klíčení – energie klíčení a celková klíčivost**

Dynamika klíčení je vyjádřena v procentech jako suma denních hodnot. Hodnoty byly vypočítány aritmetickým průměrem ze čtyř opakování pro příslušnou skupinu.

Energie klíčení je vyjádřena jako dynamika klíčení pro daný den. Celková klíčivost je suma vyjádřena poslední den pokusu.

#### **4.3.2 Koeficient rychlosti klíčení**

Koeficient rychlost klíčení (coefficient of velocity, CV) vyjádřen v procentech byl vypočten dle vzorce (Ranal and Santana, 2006):

$$CV = 100 (A_1 + A_2 + \dots + A_x) / (A_1T_1 + A_2T_2 + \dots + A_xT_x)$$

$A_1, A_2, \dots, A_x$  = počet vyklíčených semen první, druhý až poslední den (x)

$T_1, T_2, \dots, T_x$  = počet dnů od založení pokusu

#### **4.3.3 Střední doba klíčení**

Střední doba klíčení (Mean germination time, MGT) vyjadřuje polovinu doby potřebnou k vyklíčení 100 % klíčivých semen. Výpočet dle vzorec (Ellis and Roberts, 1980):

$$\text{MGT} = \frac{\sum D \cdot n}{\sum n}$$

D = počet dnů od začátku pokusu

n = počet vyklíčených semen v den D

#### **4.4 Statistické vyhodnocení**

Výsledky byly statisticky vyhodnoceny pomocí programu Statistica 12. Data byla vyhodnocena vícefaktorovou analýzou rozptylu s interakcí (Tukey HSD test,  $\alpha = 0,05$ ).

## 5 Výsledky

### 5.1 Klíčivost semen kukuřice v závislosti na teplotě a hmotnosti

Tabulka 1 vyjadřuje průměrné hodnoty klíčivosti semen kukuřice u vybraných dnů pokusu. Nejprve je sledována klíčivost při teplotě 10, 15 a 20 °C. V další části je zaznamenána klíčivost dle hmotnostní kategorie. A nakonec se sleduje interakce jednotlivé teploty a hmotnostní kategorie. Výsledky jsou vyjádřeny v procentech. Horní indexy (a, b, c) u příslušných čísel vyjadřují průkazné rozdíly mezi hodnotami v rámci určitého dne.

První den pokusu tabulka vykazuje nulové hodnoty, nelze tedy klíčivost hodnotit.

	dny po založení:														
Teplota	1	2	3	4	5	6	7	9	11	13	15	20	30	40	
10	0	0 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>	0,6 <sup>a</sup>	3,4 <sup>a</sup>	18,4 <sup>b</sup>	36,4 <sup>b</sup>	59,8 <sup>b</sup>	77,1 <sup>b</sup>	83,4 <sup>a</sup>	87,7 <sup>a</sup>	88,8 <sup>b</sup>	89,3 <sup>b</sup>	
15	0	0 <sup>a</sup>	23,1 <sup>b</sup>	61,1 <sup>b</sup>	77,6 <sup>b</sup>	86,3 <sup>b</sup>	89,8 <sup>a</sup>	91,1 <sup>a</sup>	92,8 <sup>a</sup>	94,1 <sup>a</sup>	94,3 <sup>b</sup>	94,7 <sup>b</sup>	95,0 <sup>a</sup>	95,0 <sup>a</sup>	
20	0	40,8 <sup>b</sup>	88,8 <sup>c</sup>	93,9 <sup>c</sup>	94,4 <sup>c</sup>	94,9 <sup>c</sup>	95,3 <sup>a</sup>	96,8 <sup>a</sup>	96,9 <sup>a</sup>	97,1 <sup>a</sup>	97,1 <sup>c</sup>	97,1 <sup>c</sup>	97,1 <sup>a</sup>	97,1 <sup>a</sup>	
<i>p-value</i>	-	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
<b>Hmotnost</b>															
M	0	11,0 <sup>a</sup>	32,0 <sup>b</sup>	47,3 <sup>a</sup>	53,6 <sup>a</sup>	59,0 <sup>a</sup>	62,8 <sup>b</sup>	67,2 <sup>b</sup>	77,5 <sup>b</sup>	85,1 <sup>b</sup>	87,5 <sup>a</sup>	89,5 <sup>b</sup>	90,1 <sup>b</sup>	90,3 <sup>b</sup>	
S	0	17,3 <sup>b</sup>	38,3 <sup>a</sup>	51,2 <sup>ab</sup>	56,8 <sup>a</sup>	61,8 <sup>ab</sup>	70,3 <sup>a</sup>	76,6 <sup>a</sup>	84,2 <sup>a</sup>	90,5 <sup>a</sup>	92,3 <sup>b</sup>	93,9 <sup>a</sup>	94,7 <sup>a</sup>	94,8 <sup>a</sup>	
V	0	12,6 <sup>a</sup>	41,6 <sup>a</sup>	56,5 <sup>b</sup>	62,2 <sup>b</sup>	63,8 <sup>b</sup>	70,3 <sup>a</sup>	80,5 <sup>a</sup>	87,8 <sup>a</sup>	92,7 <sup>a</sup>	95,0 <sup>c</sup>	96,0 <sup>a</sup>	96,2 <sup>a</sup>	96,3 <sup>a</sup>	
<i>p-value</i>	-	0,000	0,000	0,002	0,000	0,020	0,006	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
<b>Teplota*Hmotnost</b>															
10	M	0	0	0	0	1,3	7,5	15,3	24,0	52,0	72,8	80,0	85,5	87,0	87,8
	S	0	0	0	0	0,5	2,0	22,5	39,3	60,8	78,0	83,3	87,5	89,3	89,8
	V	0	0	0	0	0	0,8	17,5	46,0	66,5	80,5	87,0	90,0	90,3	90,5
15	M	0	0	15,8	53,5	70,8	79,8	83,3	85,0	87,5	89,3	89,3	89,8	90,0	90,0
	S	0	0	21,0	56,8	73,0	86,0	90,8	92,3	93,5	95,0	95,3	95,8	96,3	96,3
	V	0	0	32,5	73,0	89,0	93,3	95,3	96,0	97,5	98,0	98,5	98,5	98,8	98,8
20	M	0	33,0	80,3	88,5	88,8	89,8	89,8	92,5	93,0	93,3	93,3	93,3	93,3	93,3
	S	0	51,8	94,0	96,8	97,0	97,5	97,8	98,3	98,3	98,5	98,5	98,5	98,5	98,5
	V	0	37,8	92,3	96,5	97,5	97,5	98,3	99,5	99,5	99,5	99,5	99,5	99,5	99,5
<i>p-value</i>	-	0,000	0,006	0,009	0,000	0,000	0,514	0,223	0,793	0,969	0,521	0,305	0,139	0,102	

**Tab. 1:** Klíčivost semen kukuřice v závislosti na teplotě a hmotnosti.

### 5.1.1 Vliv teploty na energii klíčení

Druhý den pokusu nebyl zjištěn statisticky průkazný rozdíl při teplotě 10 a 15 °C, semena neklíčila. Avšak při porovnání teplot 10 a 20 °C a 15 a 20 °C (0 % resp. 40,8 %) je rozdíl zaznamenán.

Třetí, čtvrtý, pátý a šestý den hodnocení jsou významné rozdíly navzájem mezi všemi teplotami. Třetí den klíčivost u teploty 10 °C dosahuje hodnoty 0 %, u teploty 15 °C 23,1 % a u teploty 20 °C dosahuje 88,8 %. Čtvrtý den teplota 10 °C vykazuje stále hodnotu 0 %, teplota 15 °C hodnotu 61,1 % a nejvyšší klíčivost dne vyjadřuje 20°C teplota s výsledkem 93,9 %. Pátý den byla hodnota klíčení pro teplotu 10 °C 0,6 %, pro teplotu 15 °C 77,6 % a pro teplotu 20 °C 94,4 %. Rozdíly klíčivosti jsou tedy jednoznačně průkazné. Pro šestý den platí, že nejnižší hodnota klíčivosti byla zaznamenána při teplotě 10 °C (3,4 %) a nejvyšší při teplotě 20 °C (94,9 %).

Sedmý až třináctý den se hodnota klíčivosti statisticky liší pouze u teploty 10 °C, kdy se pohybuje v rozmezí hodnot 18,4 - 77,1 %, zatímco zbylé teploty mají klíčivost přibližně 90 - 95 %.

Patnáctý a dvacátý den jsou opět všechny teploty mezi sebou statisticky rozdílné. Nejméně klíčila semena při teplotě 10 °C, 83,4 % a 87,7 %. Nejvyšší klíčivosti dosahovala semena při teplotě 20 °C (97,1 %), hodnota byla zároveň platná pro oba hodnocené dny a až do konce pokusu zůstala již neměnná.

Třicátý a čtyřicátý den byl zjištěn rozdíl jen u teploty 10 °C, 88,8 % resp. 89,3 %. Semena testovaná při teplotě 15 °C vykazovala stabilní hodnotu 95 %, která nebyla příliš odlišná od hodnoty teploty 20 °C.

### 5.1.2 Vliv hmotnosti na energii klíčení

Druhý den po založení pokusu byl zaznamenán průkazný rozdíl u semen střední hmotnostní kategorie oproti hmotnosti malé a velké. Nejvíce klíčivá střední hmotnost dosahovala úrovně 17,3 % a méně klíčivé kategorie dosahovaly hodnot 11 % a 12,6 %.

Třetí den pokusu již vykazovala nejvyšší hodnotu klíčivosti velká hmotnostní kategorie, a to 41,6 %. V porovnání se středními semeny (38,3 %) však nebyl zjištěn statistický rozdíl. Rozdíl byl ovšem zaznamenán oproti malé hmotnostní kategorii (32 %).



Čtvrtý a šestý den jsou vyjádřeny odlišné výsledky klíčivosti mezi malými (47,3 % resp. 59 %) a velkými semeny (56,5 % a 63,8 %). Zároveň ale byla zaznamenána podobnost hodnot u malé a střední hmotnostní kategorie (51,2 % resp. 61,8 %) a u střední a velké hmotnostní kategorie.

Pátý den po založení se hodnota statisticky liší pouze u velké hmotnostní kategorie. Velká semena dosahují 62,2% míry klíčení a zbylé dvě hmotnosti, které se mezi sebou neliší, se pohybují na úrovni kolem 55 %.

Sedmý až třináctý den je zaznamenána nejnižší hodnota u malé hmotnostní kategorie, která zároveň vykazuje rozdíl od střední a velké hmotnosti semen. Klíčivost malých semen je v rozmezí 62,8 - 85,1 %. Semena střední a velké hmotnostní kategorie jsou kolem 70 - 90 %.

Hodnoty patnáctého dne pokusu se na první pohled mohou zdát podobné, ovšem vyjádřené statisticky jsou zcela odlišné. Rozdíly jsou mezi malou hmotností (87,5 %) a střední hmotností (92,3 %). Dále mezi střední hmotností a velkou hmotností (95 %) a nakonec mezi malou a velkou hmotnostní kategorií.

Dvacátý, třicátý a čtyřicátý den je zjištěn průkazný rozdíl u malé hmotnostní kategorie. Klíčivá hodnota malých semen je přibližně 90 %. Hodnota střední hmotnosti je kolem 94 % a hodnota velké hmotnosti v rozmezí 96 - 96,3 %.

### **5.1.3 Vliv interakce teploty a hmotnosti na energii klíčení**

Druhý den pokusu lze z tabulky 1 vyčíst, že semena klíčila pouze při teplotě 20 °C. Je tedy zřejmé, že oproti teplotě 10 a 15 °C vykazují statistický rozdíl. V rámci teploty 20 °C jsou mezi sebou rozdílné i hmotnostní kategorie. Klíčivost semen střední hmotnosti, která má hodnotu 51,8 % je průkazně odlišná od hodnoty malých semen (33 %) a velkých semen (37,8 %).

Třetí hodnocený den semena při teplotě 10 ° ještě neklíčila. Začala ale již klíčit při teplotě 15 °C. Klíčivost jednotlivých hmotnostních kategorií u teploty 15 °C zobrazuje patrné rozdíly. Hodnota malých semen činí 15,8 % a je průkazně odlišná od hodnoty velké kategorie, 32,5 %. Malá hmotnost semen spolu se střední hmotností (21 %) a střední s velkou hmotnostní kategorií vykazují vzájemnou podobnost. U teploty 20 °C je statický rozdíl zjištěn mezi hodnotami malé kategorie (80,3 %) a střední kategorie (94 %).

V případě porovnání stejných hmotnostních kategorií ale rozličných teplot jsou hodnoty klíčení naprosto odlišné. Nejméně klíčivá malá semena dosahovala při teplotě 15 °C hodnoty

15,8 % a při teplotě 20 °C hodnoty 80,3 %. Stejné rozdíly jsou patrné i u střední a velké hmotnostní kategorie.

Čtvrtý den pokusu je při teplotě 15 °C zaznamenán průkazný rozdíl mezi malou (53,5 %) a velkou hmotností (73 %) a mezi střední (56,8 %) a velkou hmotností. Hmotnostní kategorie u teploty 20 °C se navzájem příliš neliší.

Pátý den po založení pokusu začala klíčit semena při teplotě 10 °C, a to malá a střední hmotnost. Velká semena stále neklíčila. Nejvíce klíčivá byla malá semena (1,3 %). U teploty 15 °C je zcela odlišná hodnota velké hmotnostní kategorie (89 %), oproti zbylým kategoriím, kde vyjádřená hodnota byla kolem 72 %. Klíčení při teplotě 20 °C vykazovalo rozdíly mezi malými (88,8 %) a velkými (97,5 %) semeny.

Při porovnání středních hmotnostních kategorií různých teplot je zjištěn značný rozdíl v hodnotách. Teplota 10 °C dosahovala hodnoty 0,5 %, teplota 15 °C hodnoty 73 % a teplota 20 °C hodnoty 97 %. Obdobné rozdíly jsou i u kategorie malých a velkých semen.

Šestý den začala klíčit při teplotě 10 °C už i semena velké hmotnosti. Nejvyšší klíčivost byla u semen malé hmotnosti (7,5 %). Kategorie nebyly navzájem průkazně odlišné. U teploty 15 °C jsou průkazně jiné hodnoty mezi malou (79,8 %) a velkou (93,3 %) hmotnostní kategorií. Teplota 20 °C zobrazuje rozdílnou hodnotu u malých semen (89,8 %), zbylé kategorie vykazují totožnou hodnotu, 97,5 %.

Sedmý den pokusu teplota 10 °C zaznamenává nejvyšší klíčivost u semen střední hmotnostní kategorie (22,5 %) a nejmenší u malé kategorie (15,3 %). Teplota 15 °C vyjadřuje vzájemnou podobnost hmotností středních semen (90,8 %) a velkých semen (95,3 %). A teplota 20 °C zas vyazuje vzájemnou podobnost hodnot malých (89,8 %) a středních semen (97,8 %).

Při porovnání hodnot u velkých semen teplot 10, 15 a 20 °C za šestý a sedmý den, je mezi nimi zjištěn statisticky průkazný rozdíl. Teplota 10 °C má klíčivost 0,8 % resp. 17,5 %, teplota 15 °C 93,3 % resp. 95,3 % a teplota 20 °C 97,5 % resp. 98,3 %.

Devátý den po založení je odhalen rozdíl pouze u teploty 10 °C. Hodnota klíčivost malých semen je 24 % a je značně odlišná od hodnoty velkých semen, 46 %. Velká semena dosahovala nejvyšší klíčivosti a malá nejmenší, tato skutečnost je až do konce pokusu neměnná. Klíčení při teplotě 15 a 20 °C se u jednotlivých kategorií významně neliší. Hodnoty obou teplot se pohybují v rozmezí 85 – 99,5 %. Výsledek klíčení velké hmotnostní kategorie u teploty 20 °C je 99,5 % a zůstává již stabilní.

Jedenáctý a třináctý hodnocený den nebyl v rámci žádné teploty zaznamenán statistický rozdíl. Avšak při porovnání hmotnostních kategorií mezi teplotami jsou zjištěny určité rozdíly. U obou dnů platí, že teplota 10 °C vyazuje odlišné hodnoty od teplot 15 a 20 °C. Např. malá

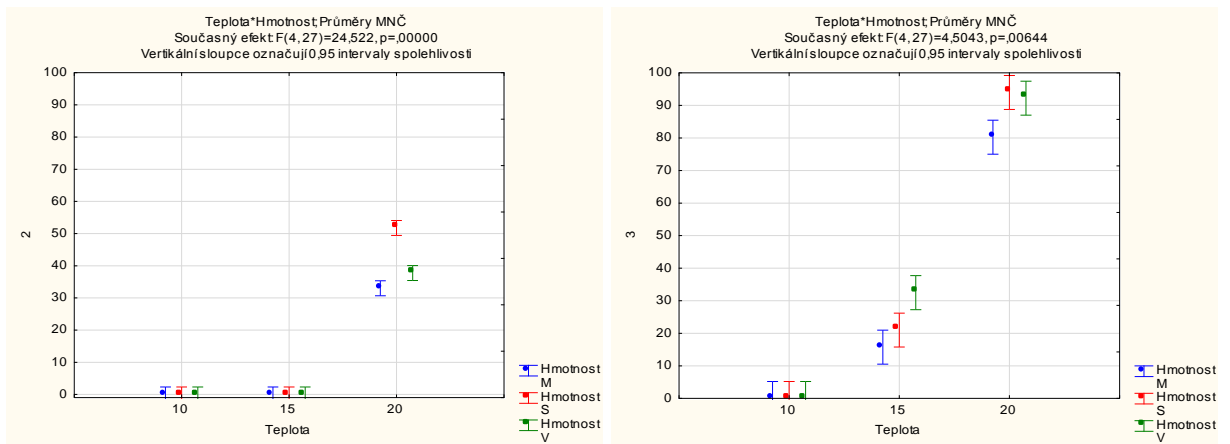
hmotnostní kategorie teploty 10 °C má klíčivost 52 % a 72,8 %, což je průkazně jiné od teploty 15 °C (87,5 % a 89,3 %) a od teploty 20 °C (93 % a 93,3 %). Třináctý den klíčení se semena malé a střední hmotnostní kategorie ustálily hodnoty na 93,3 % a 98,5 %.

Patnáctý den pokusu je při teplotě 10 °C zobrazen rozdíl mezi malou hmotnostní kategorií (80 %) a velkou kategorií (87 %). Malá semena u teploty 15 °C vyjadřují zcela jinou hodnotu vůči střední a velké hmotnostní kategorii. Klíčivost malých semen je 89,3 %, středních semen 95,3 % a hodnota velkých semen je 98,5 %. Obdobně jako u teploty 10 °C je statistický rozdíl i u teploty 20 °C, tedy mezi kategorií malých a velkých semen.

Dvacátý, třicátý a čtyřicátý den po založení jsou výsledky jednotlivých dnů mezi sebou podobné. U teploty 10 °C je třicátý a čtyřicátý den vzájemná podobnost mezi střední (89,3 % resp. 89,8 %) a velkou hmotnostní kategorií (90,3 % resp. 90,5 %). U teploty 15 °C mají všechny tři dny výrazně odlišnou hodnotu klíčivosti u malých semen, přibližně 90 %. Střední a velká kategorie má hodnotu kolem 96 % a 98,5 %. Dvacátý den u teploty 20 °C se průkazně neliší hodnota malých a středních semen a hodnota středních a velkých semen. Nicméně třicátý a čtyřicátý den je rozdíl vyjádřen jen u malé hmotnostní kategorie.

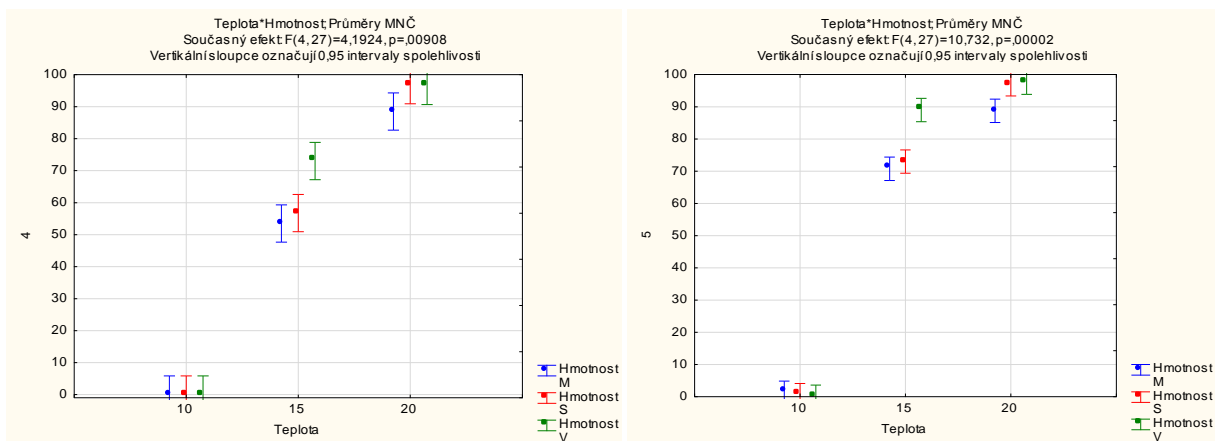
Při porovnání jednotlivých teplot vychází fakt, že klíčivost při teplotě 10 °C je statisticky rozdílná od teploty 20 °C.

## 5.2 Vliv interakce teploty a hmotnosti na klíčivost semen



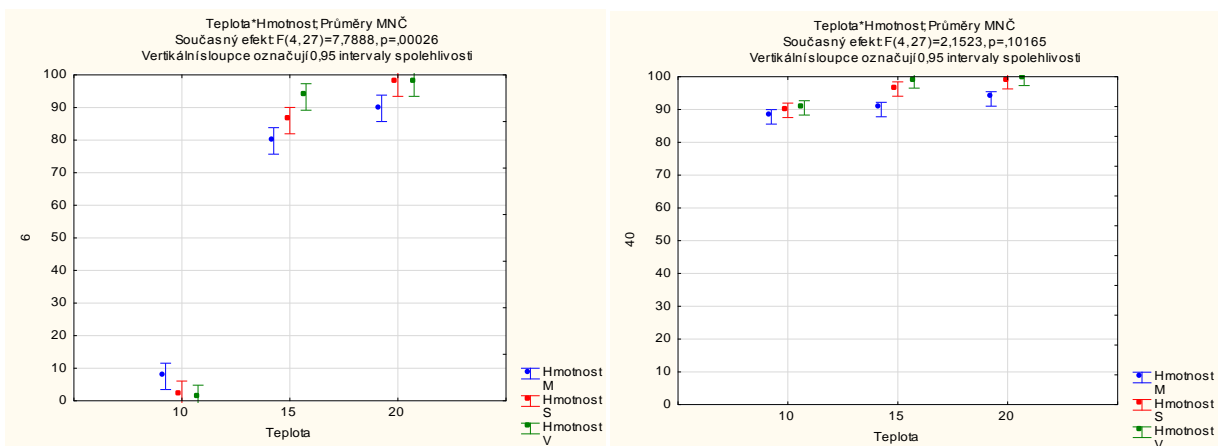
**Graf 2:** Vliv interakce teploty a hmotnosti na klíčivost semen 2. den.

**Graf 3:** Vliv interakce teploty a hmotnosti na klíčivost semen 3. den.



**Graf 4:** Vliv interakce teploty a hmotnosti na klíčivost semen 4. den.

**Graf 5:** Vliv interakce teploty a hmotnosti na klíčivost semen 5. den.



**Graf 6:** Vliv interakce teploty a hmotnosti na klíčivost semen 6. den.

**Graf 7:** Vliv interakce teploty a hmotnosti na klíčivost semen 40. den.

Grafy vyjadřují průměrné hodnoty jednotlivých hmotnostních kategorií získaných ze čtyř opakování, jsou to tedy průměrné hodnoty ze 400 semen. Výsledky jsou vyjádřeny v procentech.

Z grafu 2 je patrné, že druhý den po založení pokusu jsou semena aktivní pouze při teplotě 20 °C. Nejvyšší klíčivost byla zaznamenána u semen střední hmotnostní kategorie. Tato kategorie dosahovala více jak 50% klíčivosti. Naopak nejmenší klíčivost prokázala semena malé hmotnostní kategorie, hodnoty 33 %.

Třetí den pokusu vykazovala semena všech hmotnostních kategorií při teplotě 10 °C nulovou klíčivost. Při 15 °C teplotě nejméně klíčila malá semena, a to přibližně 15 %. Nejvíce aktivní byla semena velké hmotnostní kategorie (32,5 %). Nejvyšší klíčivost dosahovala semena při teplotě 20 °C. Stejně jako druhý den byla vysoká klíčivost semen u střední hmotnostní kategorie.

Graf 4 vyjadřuje klíčení čtvrtý den po založení pokusu. Semena při teplotě 10 °C stále neklíčila. Při 15°C teplotním režimu nejvíce klíčila velká semena (73 %) a nejméně semena malé hmotnostní kategorie, hodnota činila téměř 54 %. V porovnání se střední hmotností (56,8 %), tak malá semena neklíčila o tolik pomaleji. Při teplotě 20 °C byla stále nejvíce klíčivá semena střední hmotnosti (96,8 %) a nejméně malá semena (88,5 %).

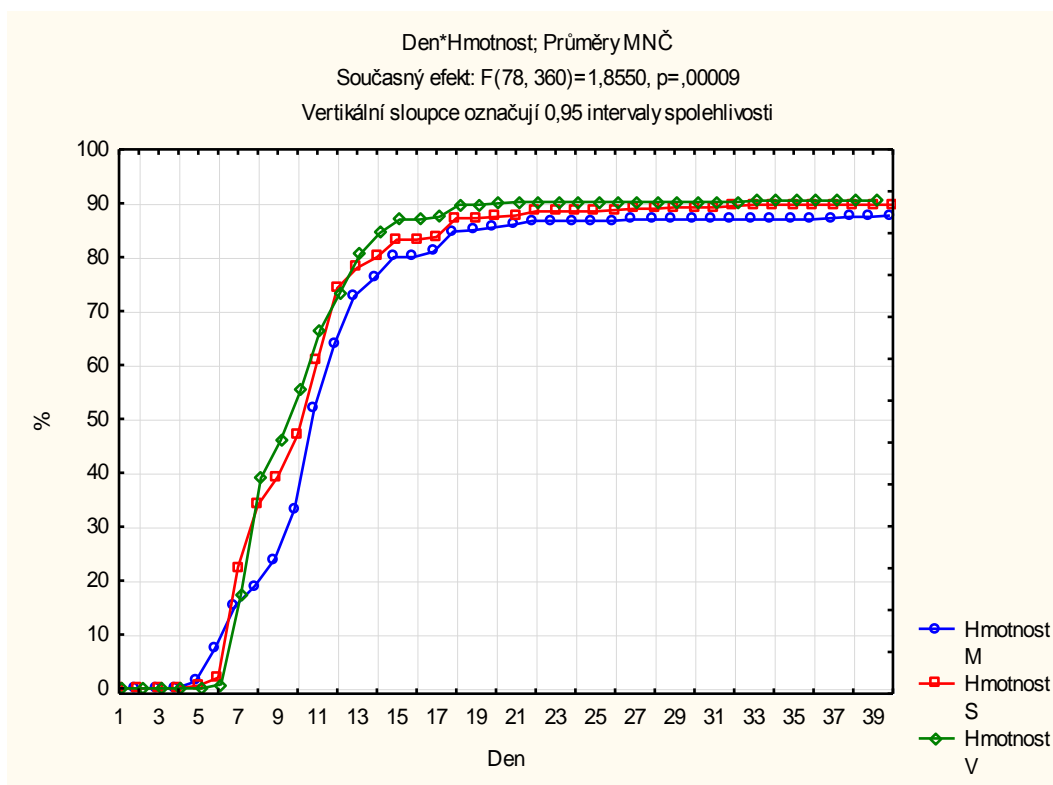
Pátý den pokusu začala již klíčit i semena při teplotě 10 °C, ale pouze malá a střední hmotnostní kategorie. Vyšší klíčivosti dosahovala malá semena (1,3 %). Při teplotě 15 °C byla nejvyšší klíčivost zaznamenána u semen velké hmotnosti, přibližně 90 %. Nejmenší u malé hmotnostní kategorie (70,8 %). Při 20°C teplotě se projevila nejvíce semena velké hmotnosti (97,5 %), oproti předcházejícím dnům. Poté semena střední hmotnosti a nejméně semena malá.

Z grafu 6 je patrné, že nejvyšší klíčivost při teplotě 10 °C dosahovala semena malé hmotnostní kategorie (7,5 %). Naopak nejpomaleji klíčila velká semena, vykazovala hodnotu 0,8 %. Při teplotách 15 °C a 20 °C jsou výsledky obdobné. Nejvíce klíčila velká semena a nejméně klíčila malá hmotnostní kategorie.

40. den po založení, tedy poslední den pokusu vykazovaly všechny tři teplotní režimy podobné výsledky. U všech teplot nejméně klíčila malá semena a nejvíce velká. Žádná hmotnostní kategorie však nedosahovala 100% klíčivosti.

## 5.3 Vliv teplotních režimů na klíčivost semen

### 5.3.1 Vliv teploty 10 °C na klíčivost



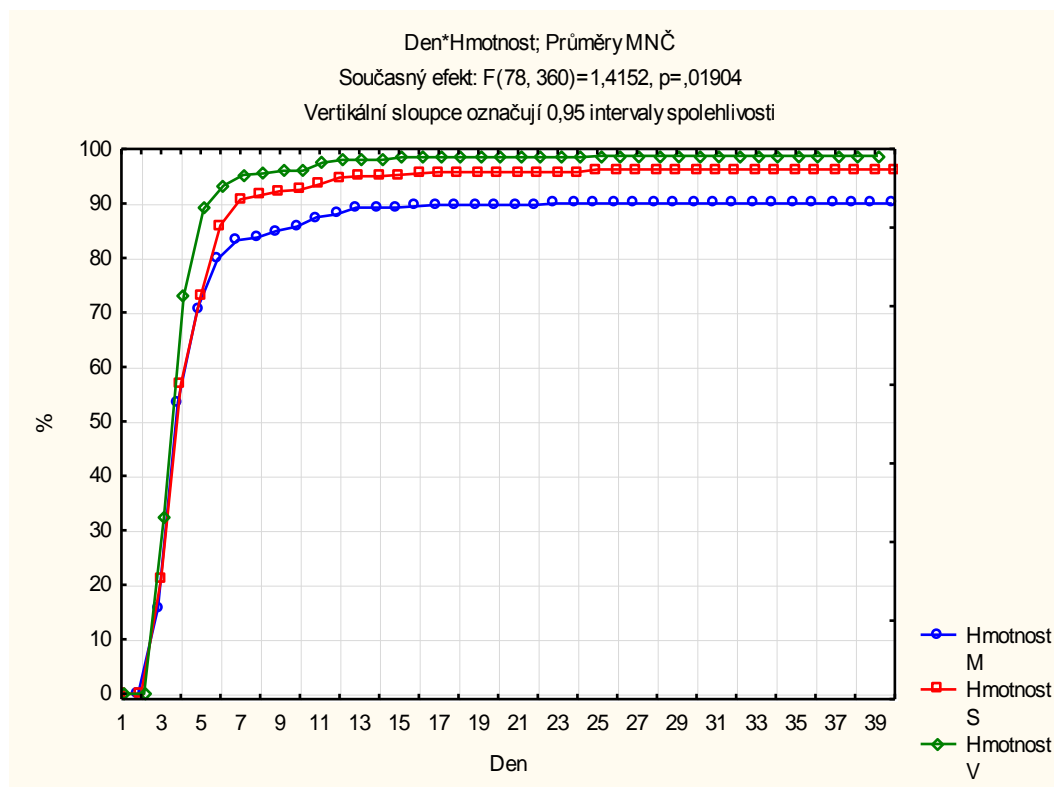
**Graf 8:** Klíčivost semen jednotlivých hmotnostních kategorií při teplotě 10 °C.

Graf 8 vyjadřuje průměrné hodnoty klíčivosti semen kukuřice jednotlivých hmotnostních kategorií při teplotě 10 °C.

Z grafu je patrné, že klíčení začalo pátý den pokusu. Nejprve započalo klíčení malých semen spolu se semeny střední hmotnostní kategorie, nicméně malá semena byla aktivnější. Šestý den je zaznamenáno, že malá semena mají značný náskok v klíčení před ostatními hmotnostmi. Velká semena šestý den klíčila minimálně. Sedmý den pokusu byla neaktivnější semena střední hmotnostní kategorie, a naopak malá semena klíčila nejméně. Osmý den, oproti sedmému, výrazně vyklíčila velká semena. Malá hmotnostní kategorie klíčila podstatně pomaleji. V zásadě malá semena klíčila nejméně až do konce pokusu, neboli do 40. dne. A od 20. dne se klíčivost malých semen pohybovala kolem hodnoty 87 %. V grafu je vidět, že významná dynamika klíčení malých semen je zaznamenána mezi 10. a 11. dnem. Od 8. do

11. dne nejvíce klíčila semena velké hmotnostní kategorie. Dvanáctý den byla zase více klíčivá semen střední, avšak do konce pokusu zaujímala střední hodnotu (přibližně 89 %). Od třináctého dne pokusu vykazovala semena velké hmotnostní kategorie největší klíčivost. Přibližně od 18. dne se klíčivost velkých semen pohybovala kolem hodnoty 90 %.

### 5.3.2 Vliv teploty 15 °C na klíčivost



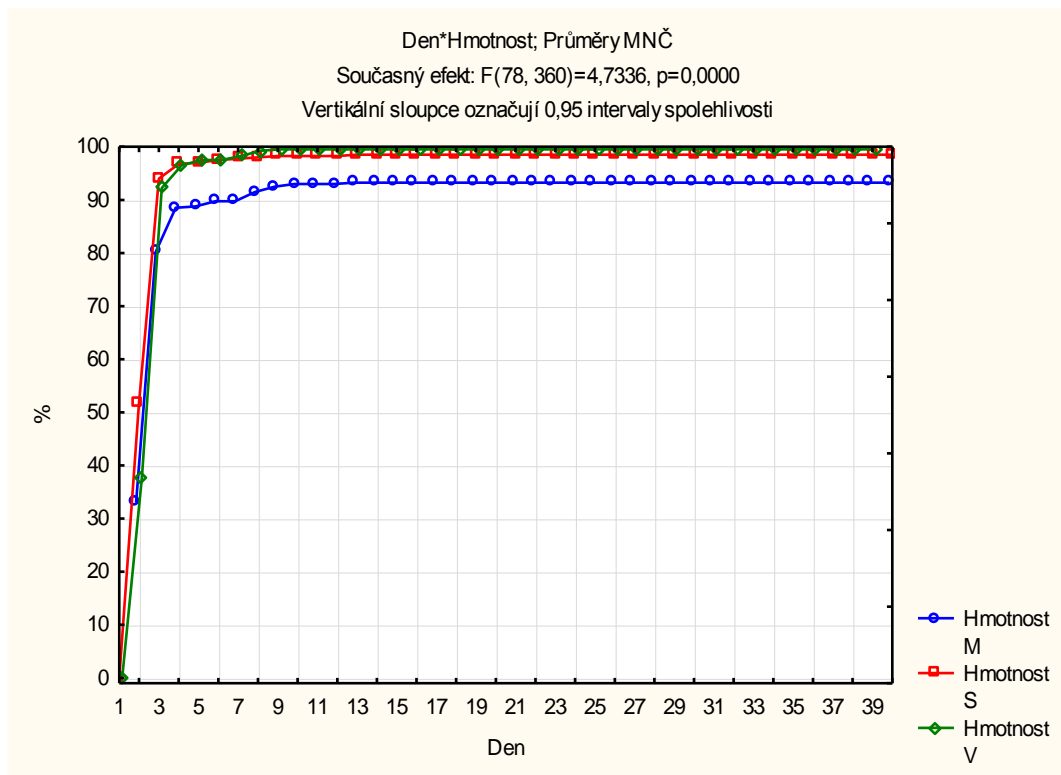
**Graf 9:** Klíčivost semen jednotlivých hmotnostních kategorií při teplotě 15 °C.

Graf 9 vyjadřuje průměrné hodnoty klíčivosti semen kukuřice jednotlivých hmotnostních kategorií při teplotě 15 °C.

První a druhý den po založení pokusu semena všech tří hmotností vykazovala nulovou klíčivost. Třetí den nejméně klíčila semena malé hmotnostní kategorie a nejvíce velká semena. Velká semena dosahovala klíčivosti 32,5 % a čtvrtý den dosahovala 73 %, je zde tedy patrná významná energie klíčení. Obdobná energie klíčení je zaznamenána i u malých a středních semen. Klíčivost u malých semen byla třetí den 15,8 % a čtvrtý den 53,5 %. Klíčivost u středních semen byla třetí den 21 % a čtvrtý den 56,8 %. Po celou dobu pokusu byla nejmenší klíčivost u semen malé hmotnosti a největší u semen velké hmotnostní kategorie. Do 15. dne

měla klíčivost u všech tří hmotností vzestupnou tendenci. Od 16. dne pokusu vykazovala víceméně stabilní hodnoty. Klíčivost malých semen se pohybovala kolem hodnoty 90 %, středních semen kolem 96 % a klíčivost velkých semen byla přibližně 98 %.

### 5.3.3 Vliv teploty 20 °C na klíčivost



**Graf 10:** Klíčivost semen jednotlivých hmotnostních kategorií při teplotě 20 °C.

Graf 10 vyjadřuje průměrné hodnoty klíčivosti semen kukuřice jednotlivých hmotnostních kategorií při teplotě 20 °C.

První den po založení pokusu měla všechna semena nulovou klíčivost. Již druhý den výrazně klíčila semena všech hmotnostních kategorií. Z grafu lze vyčíst, že malá semena vykazovala 33% klíčivost, velká semena hodnotu 37,8 % a nejvíce klíčivá střední semena hodnoty 51,8 %. Při teplotě 20 °C vyklíčila již druhý den více jak polovina semen střední hmotnosti. Významná energie klíčení byla zaznamenána i u třetího dne pokusu, a to u všech tří hmotností. Malá semena dosahovala hodnoty 80,3 %, velká semena hodnoty 92,3 % a opět nejvíce klíčivá střední semena dosahovala hodnoty 94 %.

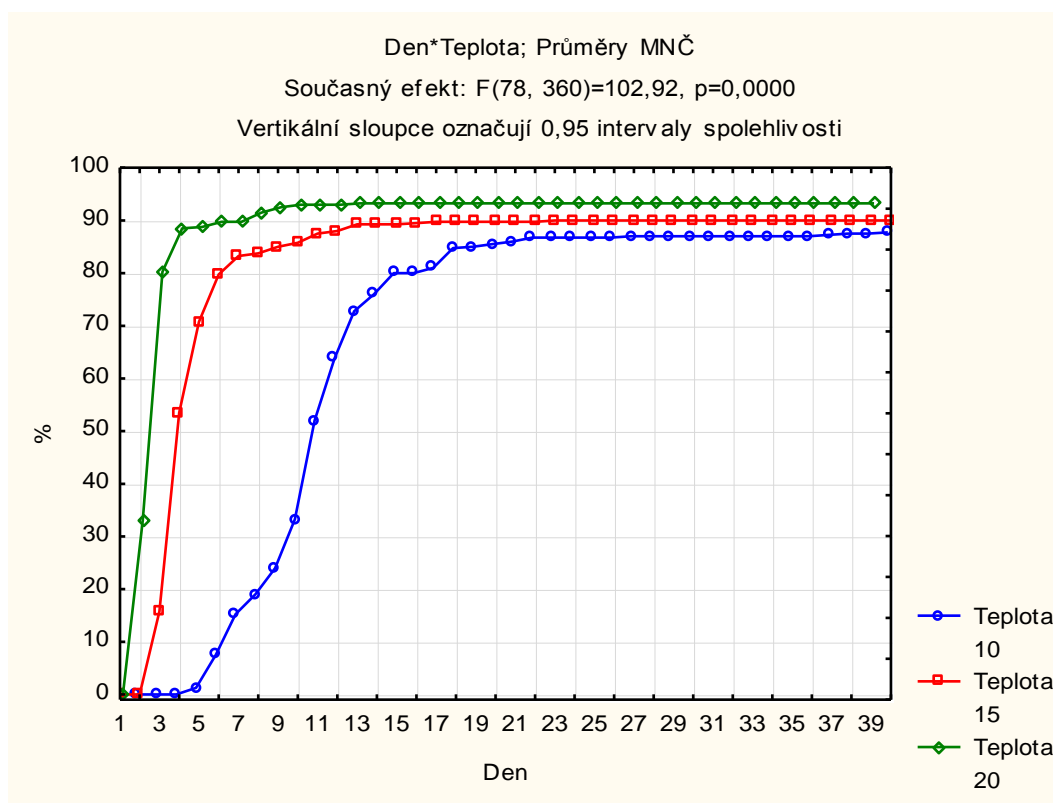


Čtvrtý, pátý a šestý den pokusu byla klíčivost středních a velkých semen velmi vyrovnaná, přibližně 97 %.

Od 9. dne až do konce pokusu nejvíce klíčila semena velké hmotnostní kategorie, 99,5 %. Střední hmotnostní kategorie vykazovala klíčivost 98,3 % a malá semena vykazovala hodnotu 92,5 %.

## 5.4 Vliv hmotnosti na klíčivost semen

### 5.4.1 Vliv malé hmotnostní kategorie na klíčivost



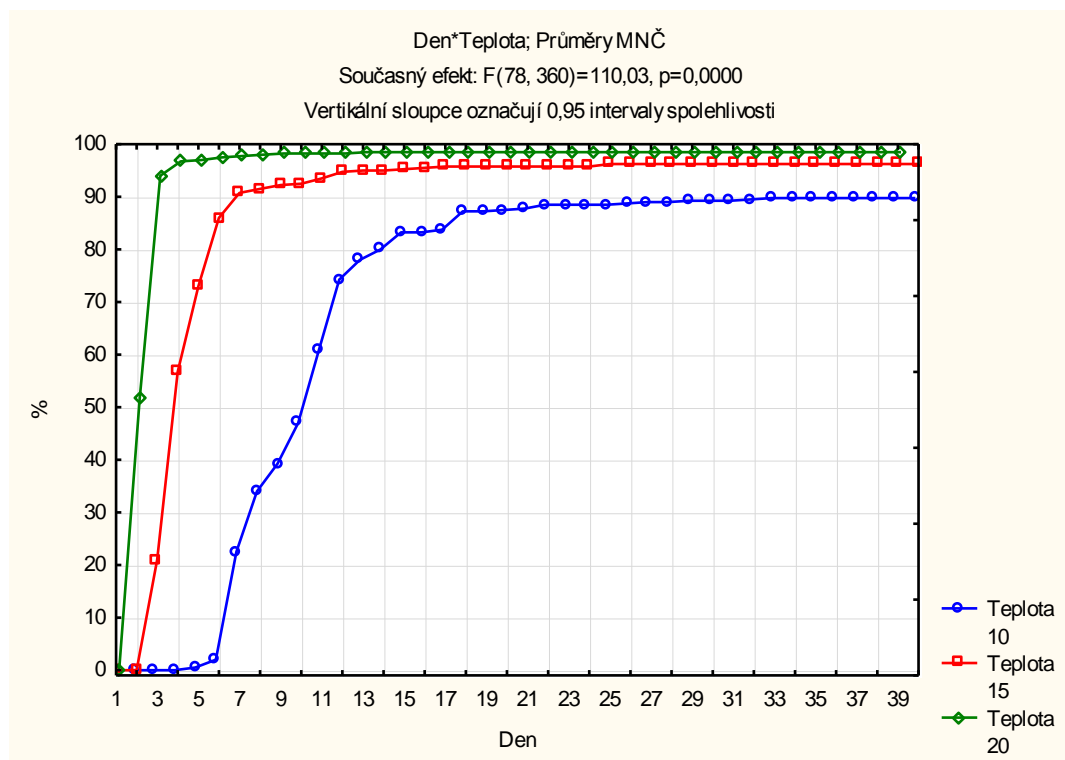
**Graf 11:** Klíčivost semen malé hmotnostní kategorie při teplotě 10, 15 a 20 °C.

Graf 11 vyjadřuje průměrné hodnoty klíčivosti semen kukuřice malé hmotnostní kategorie při teplotách 10 °C, 15 °C a 20 °C.

U všech tří teplot z grafu vyplývá, že první den neklíčila žádná semena. U teploty 15 °C neklíčila ani druhý den a u teploty 10 °C neklíčila malá semena dokonce ještě ani čtvrtý den pokusu. Výrazná energie klíčení je patrná u teploty 20 °C, kdy druhý den dosahovala hodnoty

33 % a třetí den 80,3% klíčivosti. Při porovnání jednotlivých teplot třetího dne klíčivosti lze zjistit významné rozdíly. Teplota 10 °C vykazuje nulovou klíčivost, teplota 15 °C hodnotu 15,8 % a teplota 20 °C hodnotu 80 %. Podobné rozdíly jsou patrné i čtvrtý den. Teplota 10 °C má klíčivost 0 %, teplota 15 °C 53,5 % a teplota 20 °C má hodnotu 88,5 %. Klíčivost při teplotě 10 °C je značně odlišná oproti zbylým dvěma teplotám až téměř do 15. dne pokusu. Poté rozdíly nejsou již tak razantní a klíčení do 22. dne roste pozvolna. Od 23. dne až do konce pokusu hodnota roste minimálně, udržuje se na 87 %. Největší rychlost klíčení při teplotě 10 °C je možné zaznamenat 11. den, přibližně o 20 %. Při porovnání teplot 15 a 20 °C výsledky klíčení nejsou tak rozdílné již 6. den. Obě teploty do 12. dne nabývají na hodnotě. Teplota 15 °C od 13. dne do 40. dne vyjadřovala hodnotu klíčivosti kolem 90 %. Třináctý den vykazovala teplota 20 °C klíčivost 93,3 % a až do konce pokusu zůstala neměnná.

#### 5.4.2 Vliv střední hmotnostní kategorie na klíčivost



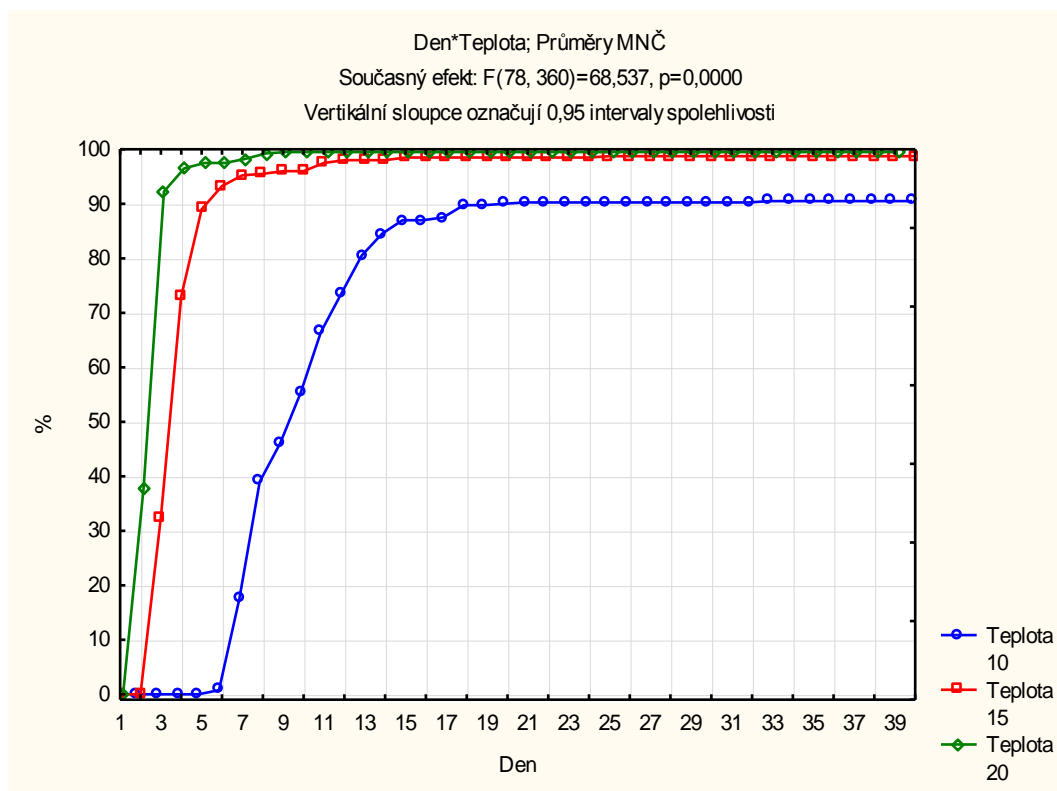
**Graf 12:** Klíčivost semen střední hmotnostní kategorie při teplotě 10, 15 a 20 °C.

Graf 12 vyjadřuje průměrné hodnoty klíčivosti semen kukuřice střední hmotnostní kategorie při teplotách 10 °C, 15 °C a 20 °C.

Na první pohled je zřejmé, že celých 40 dní nejméně klíčila semena při teplotě 10 °C a nejvíce při teplotě 20 °C. 24 hodin od založení pokusu nevyklíčila semena při žádné teplotě. Druhý den klíčila více jak polovina semen u teploty 20 °C. A již třetí den vykazovala teplota 20 °C hodnotu 94 %. Čtvrtý den dosahovala klíčivosti 96,8 %. Od 9. do 12. dne měla hodnoty 98,3 % a od 13. dne až do konce pokusu měla semena teploty 20 °C klíčivost 98,5 %. Semena teploty 15 °C začala klíčit třetí den, a to na hodnotu 21 %. Čtvrtý den byla klíčivost 56,8 %, pátý den 73 % a sedmý den 90,8 %. Semena velmi pomalu a pozvolna klíčila až do 25. dne, poté má klíčivost již stabilní hodnotu (96,3 %). První záznam klíčení při teplotě 10 °C je pátý den pokusu. Šestý den byla klíčivost 2 % a sedmý den dosahovala hodnota 22,5 %, je zde tedy patrná výrazná energie klíčení. Do přibližně 13. dne vykazovala semena větší dynamiku klíčivosti než zbylé dny. Poslední vyklíčené semeno při teplotě 10 °C je zaznamenáno 33. den.

Mezi teplotami jsou zřejmé významné rozdíly v klíčivosti. Nejvíce jsou patrné 3., 4. a 5. den pokusu. Třetí den byla klíčivost při teplotě 10 °C 0 %, při 15 °C 21 % a při teplotě 20 °C 94 %. Čtvrtý den klíčivost dosahovala při teplotě 10 °C stále 0 %, při 15 °C 56,8 % a při 20 °C 96,8 %. Pátý den jsou hodnoty pro teplotu 10 °C 0,5 %, pro 15 °C 73 % a pro 20 °C 97 %. Při porovnání teplot 10 a 15 °C lze zjistit, že i šestý den klíčení jsou hodnoty zcela odlišné, 2 % resp. 86 %.

### 5.4.3 Vliv velké hmotnostní kategorie na klíčivost



**Graf 13:** Klíčivost semen velké hmotnostní kategorie při teplotě 10, 15 a 20 °C.

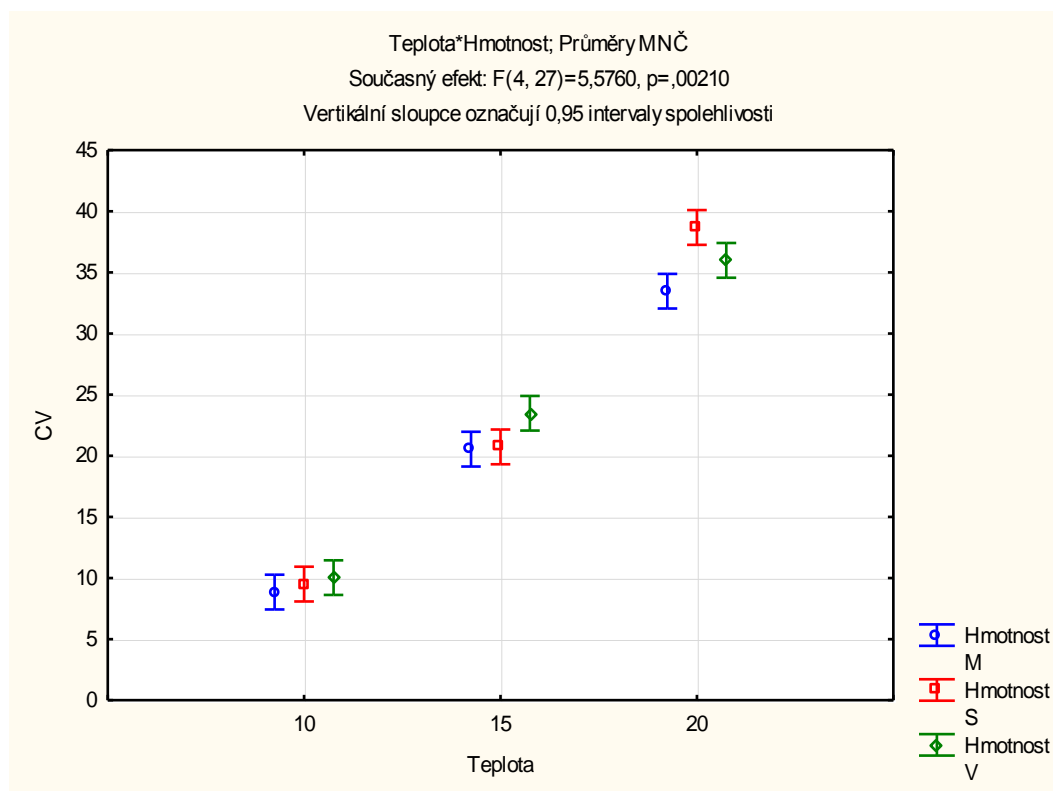
Graf 13 vyjadřuje průměrné hodnoty klíčivosti semen kukuřice velké hmotnostní kategorie při teplotách 10 °C, 15 °C a 20 °C.

Při teplotě 20 °C vykazuje graf první den nulovou klíčivost. Druhý den dosahuje hodnoty 37,8 %, třetí den hodnoty klíčení 92,3 % a čtvrtý den 96,5 %. Dynamika klíčení se postupně zvyšovala až do 9. dne a pak se ustálila na výsledku 99,5 %. To je nejvyšší hodnota klíčivosti dosažená v pokusu. Semena teploty 15 °C započala klíčit třetí den a dosahovala míry 32,5 %. Čtvrtý den je zaznamenána hodnota 73 % a pátý den je klíčivost téměř 90 %. Do 12. dne klíčivost ztelně nabývá na hodnotách a od 13. do 25. dne se zvyšuje jen pozvolna. Do konce pokusu je stabilní hodnota 98,8 %. Při teplotě 10 °C jsou semena aktivní až od 6. dne. Klíčivost začíná na 0,8 % a až do 14. dne, kdy je hodnota 85 %, narůstá poměrně pravidelným tempem. Od 18. dne se klíčivost pohybuje kolem 90 %.

Největší rozdíly mezi teplotami v energii klíčení jsou znát 3., 4. a 6. den pokusu. Třetí den klíčivost vykazovala hodnotu pro 10 °C 0 %, pro 15 °C hodnotu 32,5 % a pro teplotu 20 °C 92,3 %. Čtvrtý den byly výsledky pro teplotu 10 °C stále nulové, pro 15 °C 73 % a teplota

20 °C dosahovala hodnoty 96,5 %. A šestý den je nejvýraznější rozdíl mezi teplotou 10 a 15 °C, kdy jsou hodnoty 0,8 % a 93,3 %.

## 5.5 Koeficient rychlost klíčení (CV)



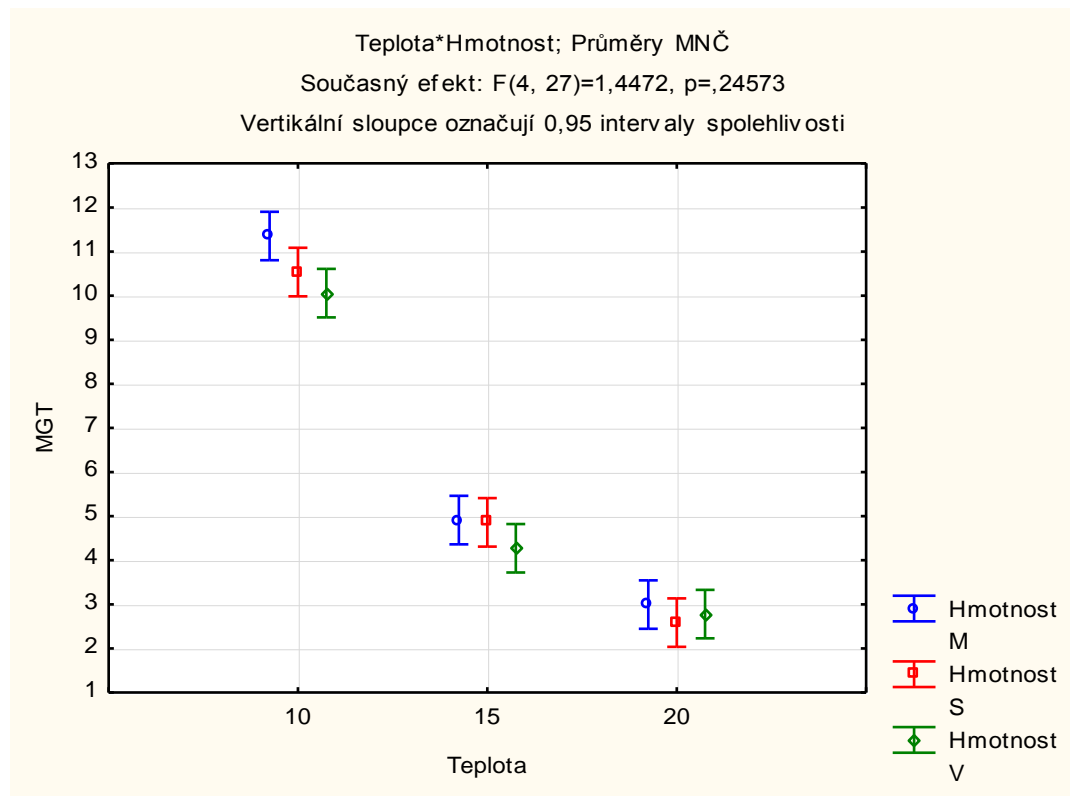
**Graf 14:** Vliv interakce teploty a hmotnosti na CV.

Graf 14 vyjadřuje průměrné hodnoty rychlosti klíčení semen kukuřice jednotlivých hmotnostních kategorií při teplotě 10, 15 a 20 °C. Výsledky jsou vyjádřeny v procentech.

Z grafu vyplývá, že nejnižší rychlost klíčení vykazuje teplota 10 °C. Malá hmotnostní kategorie má koeficient klíčení 8,8 %, střední hmotnost 9,5 % a velká hmotnost 10 %. Při teplotě 15 °C dosahovala malá semena koeficientu rychlosti klíčení 20,5 %, střední semena 20,7 % a velká semena hodnoty 23,5 %. Teplota 20 °C zapříčinila nejvyšší rychlost klíčení u semen střední hmotnostní kategorie (38,7 %). Malá semena měla koeficient 33,5 % a velká semena 36 %.

Teplota 20 °C vykazovala průkazný rozdíl v hodnotách, a to mezi malou a střední hmotnostní kategorií. Hodnoty klíčovosti u zbylých teplot se výrazně nelišily.

## 5.6 Střední doba klíčení (MGT)



**Graf 15:** Vliv interakce teploty a hmotnosti na MGT.

Graf 15 vyjadřuje průměrné hodnoty střední doby klíčení semen kukuřice jednotlivých hmotnostních kategorií při teplotě 10, 15 a 20 °C. Výsledky jsou vyjádřeny ve dnech.

V grafu je zobrazeno, že nejnižší hodnotu vykazuje střední hmotnostní kategorie při teplotě 20 °C, tj. hodnotu 2,6 dnů. Nejvyšší hodnota byla zaznamenána u malé hmotnostní kategorie při teplotě 10 °C s výsledkem 11,4 dnů.

Jednotlivé teplotní režimy byly v rozmezí 10,1 – 11,4 dnů u teploty 10 °C, 4,3 – 4,9 dnů u teploty 15 °C a 2,6 – 3 dny u teploty 20 °C. Při teplotě 15 a 20 °C nebyl mezi hmotnostmi vyjádřen průkazný rozdíl. Teplota 10 °C vykazovala rozdíl mezi malou a velkou hmotnostní kategorií.

## 6 Diskuze

### 6.1 Vliv teploty na klíčivost semen

Kukuřice se obecně považuje za teplomilnou rostlinu. Toto všeobecně známé tvrzení se potvrdilo i u dosažených výsledků. Sunoj et al. (2016) konstatují, že průměrnou optimální teplotou pro kukuřici je 30 °C. Testované teplotní režimy sice nezahrnovaly teplotu 30 °C, ale při porovnání teplot 10, 15 a 20 °C je zřetelné, že hodnoty při teplotě 20 °C dosahovaly na začátku pokusu značné dynamiky klíčení oproti ostatním teplotám.

Celková klíčivost semen u teploty 20 °C je 97,1 %, u teploty 15 °C je 95 % a u teploty 10 °C je klíčivost 89,3 %. Za optimální teplotu v prováděném pokusu je tedy 20 °C, která konečné hodnoty dosáhne již 13. den pokusu. Nicméně celkové množství vyklíčených semen při teplotě 15 a 20 °C se výrazně nelišilo. Průkazně nižší rozdíl v celkové klíčivosti byl zaznamenán pouze u teploty 10 °C oproti oběma vyšším teplotám.

Průběh pokusu vykazuje, že druhý den vyklíčilo téměř 41 % semen při teplotě 20 °C, což je skoro polovina. Pokud porovnáme výsledek s teplotou 10 °C, tak zjistíme, že této hodnoty se dosáhne až 10. den pokusu. Třetí den klíčivost při teplotě 20 °C, dosahuje hodnoty 88,8 %. Významná dynamika klíčení je patrná 2. – 4. den testu (40,8 – 93,9 %), zbylé dny hodnota klíčivosti stoupá již pozvolna. Pokus u teploty 15 °C začal být aktivní třetí den a jeho klíčivost měla přibližně poloviční hodnotu (23,1 %) než 2. den teploty 20 °C. Větší dynamika klíčení u teploty 15 °C byla vyjádřena 3. – 7. den pokusu (23,1 – 89,8 %). Semena u nejnižšího testovaného teplotního režimu začala klíčit až 5. den. Pátý den, kdy byla hodnota klíčivosti u teploty 10 °C 0,6 %, vykazovaly ostatní teploty hodnotu 77,6 % resp. 94,4 %. Průkazné rozdíly jsou jednoznačné. Bewley a Black (1994) se domnívají, že nízké teploty mohou zmenšit schopnost semen absorbovat vodu, což omezuje aktivitu některé metabolické dráhy a zpomaluje tak proces klíčení. O schopnosti semen absorbovat vodu se lze jen domnívat, ale pomalejší proces klíčení je z provedeného pokusu průkazný, a to jak na celkové klíčivosti, tak na energii klíčení.

V porovnání s výsledky výzkumu Fuksy et al. (2013) jsou zjištěny určité odlišnosti. Při teplotě 20 °C, stejně jako v našem pokusu, začala klíčit semena druhý den. Energie klíčení však dosahovala hodnoty 70,8 %, což je o 30 % více než hodnota zjištěná u nás. Třetí den je klíčivost 96,8 %, tedy opět vyšší hodnota. Významná dynamika klíčení je také zaznamenána 2. – 4. den

pokusu (70,8 – 98,5 %), nicméně dosahuje vyšší hodnoty klíčivosti. Při teplotě 15 °C začala semena klíčit až 4. den a vykazovala hodnotu 30,3 %. Oproti našemu pozorování je to nižší výsledek, protože v našem pokusu začala klíčit již 3. den a 4. den měla klíčivost hodnotu 61,1 %. Avšak 5. den u teploty 15 °C měli semena opět vyšší klíčivost (92 %) než náš hodnocený den (77,6 %). Výrazná dynamika klíčení je rovněž patrná do 7. dne pokusu (30,3 – 98,5 %). V pokusu Fuksy et al. (2013) začala klíčivost při teplotě 10 °C už 4. den, tedy o den dříve. Pátý den měla stále stejnou hodnotu 0,3 %, ostatní teploty vykazovaly klíčivost 92 % resp. 98,5 %. Ačkoliv jejich pokus trval 21 dní, celková klíčivost dosahovala u všech teplot vyšších hodnot. Celková klíčivost semen při teplotě 20 °C je 99,5 %, u teploty 15 °C je také 99,5 % a u teploty 10 °C je klíčivost 98,8 %.

Střední doba klíčení (MGT) se u našich testovaných teplotních režimů pohybovala při teplotě 10 °C na hodnotě 10,6 dní, při teplotě 15 °C 4,7 dny a při teplotě 10 °C 2,8 dny. Ve srovnání s hodnotami MGT v pokusu Fuksy et al. (2013) (9,4 dní, 4,8 dní a 2,4 dne) je to vyšší čas pro vyklíčení semen, kromě teploty 15 °C.

Pokusy klíčivosti probíhaly stejným způsobem a za totožných podmínek, nicméně jejich parametry klíčivosti dosahovaly vyšších hodnot. Jediným průkazným rozdílem je použití odlišných hybridů osiva kukuřice.

Každopádně i zde platí tvrzení, že nízké teploty mají nižší hodnotu celkové klíčivosti a pomalejší dynamiku klíčení než vysoké teploty.

## **6.2 Vliv hmotnosti na klíčivost semen**

Akinuoye a Modi (2015) ve svém výzkumu tvrdí, že malá semena měla vyšší rychlost klíčení než velká semena při konstantní teplotě. A dodává, že to může být způsobeno tím, že malá semena absorbují vodu rychleji než velká semena. S tímto tvrzením lze částečně souhlasit. Malá semena opravdu klíčila rychleji, ale pouze při teplotě 10 °C a pouhé první 2 dny od začátku klíčení, tedy až 5. a 6. den. 7. den už byla aktivnější semena střední hmotnosti.

Malá semena jinak vykazovala nejnižší hodnotu dynamiky klíčení a celkovou klíčivost ze všech testovaných hmotnostních kategorií. Druhý hodnocený den, když všechny kategorie začaly klíčit, měla nejvyšší hodnotu energie klíčení semena střední hmotnosti (17,3 %). Třetí den pokusu již dosahovala nejvyšší hodnoty energie klíčení semena velké hmotnostní kategorie



(41,6 %) a nejvyšší klíčivost vyjadřovala i zbylé hodnocené dny. Naopak nejméně klíčila semena malé hmotnostní kategorie.

Celková klíčivost velkých semen je 96,3 %, středních semen je 94,8 % a semen malé hmotnosti je 90,3 %. Vliv hmotnosti na klíčení je tedy jednoznačně průkazný. Lze tak souhlasit s tvrzením Ambiky et al. (2014), že velké semeno má lepší výkon v terénu než malé semeno. Stejně tak i s názorem Molatudi and Mariga (2009), že velikost osiva výrazně neovlivňuje celkovou vzházivost rostlin, jen se velká semena objevují rychleji než malá.

### **6.3 Vliv interakce teploty a hmotnosti na klíčivost semen**

Z předcházejících kapitol bylo zjištěno, že nízké teploty způsobují pomalejší dynamiku klíčení a nižší hodnotu celkového klíčení. A také bylo zjištěno, že malá semena dosahují nižší hodnoty klíčení než velká semena, která vykazovala nejlepší výsledky. Pokud tyto dva faktory spojíme, logicky bychom měli dojít k závěru, že malá semena při teplotě 10 °C budou nejméně klíčivá, a naopak velká semena při teplotě 20 °C budou dosahovat nejvyšších hodnot u dynamiky klíčení, energie klíčení, celkové klíčivosti, rychlosti klíčení a střední doby klíčení.

V porovnání s našimi výsledky lze domněnku víceméně potvrdit. Celková klíčivost vyjadřovala u teploty 10 °C a malých semen hodnotu 87,8 % a u velkých semen hodnotu 90,5 %. Klíčivost u teploty 15 °C byla pro malá semena 90 % a pro velká semena 98,8 %. Celková klíčivost dosažená u teploty 20 °C a malých semen byla 93,3 % a u velkých semen byla 99,5 %. Co se týká dynamiky klíčení, tak malá semena při teplotě 10 °C výrazně klíčí mezi 5. a 22. dnem a velká semena klíčí mezi 6. a 15. dnem. Při teplotě 20 °C klíčí malá semena v rozmezí 2. – 4. dne pokusu a velká semena v rozmezí 2. – 3. dne pokusu.

Nejlepší výsledek u střední doby klíčení ale zastávala semena střední hmotnostní kategorie. Za 2,6 dnů při teplotě 20 °C vyklíčí polovina středních semen, zatímco u velkých semen až za 2,8 dnů. Nejhorší výsledek je zjištěn u teploty 10 °C a malých semen (11,4 dní). Obdobný výsledek je i u koeficientu rychlosti klíčení. Nejvyšší hodnoty při teplotě 20 °C dosahují střední semena (38,7 %) a velká semena mají hodnotu 36 %. Nejnižší naopak semena malé hmotnosti při teplotě 10 °C.

Sulewska et al. (2014) uvádějí, že nejvyšší klíčivost u teplot 25 °C a 10 °C byla pozorována u malé hmotnostní kategorie. Dále dodávají, že klíčení velkých semen při teplotě 10 °C bylo o 6,71 % nižší než u malých semen. S tímto stanoviskem nelze souhlasit. Žádný

teplotní režim nevykazoval nejvyšší klíčivost u malé hmotnostní kategorie. Nejvyšší klíčivost byla vždy zaznamenána u velké hmotnostní kategorie. Při teplotě 10 °C byla celková klíčivost u malých semen 87,8 % a u velkých semen dosahovala hodnoty 90,5 %. Nelze tak potvrdit, že malá semena klíčila o 6,71 % více než velká semena.

## 7 Závěr

Cílem diplomové práce bylo stanovit parametry klíčivosti kukuřice v závislosti na hmotnosti semen a teplotě. Za parametry klíčivosti se považovaly dynamika klíčení, energie klíčení, celková klíčivost, koeficient rychlosti klíčení a střední doba klíčení. Porovnávaly se jednotlivé hmotnostní kategorie (malá, střední a velká) při třech testovaných teplotních režimech (10, 15 a 20 °C).

Z výsledků vyplývá, že průkazně vyšší hodnoty celkové klíčivosti semen kukuřice byly (v průměru za všechny testované hmotnostní kategorie) zjištěny při teplotách 15 °C (95 %) a 20 °C (97,1 %) oproti teplotě 10 °C (89,3 %). Dále byla zaznamenána (v průměru za všechny testované teplotní režimy) průkazně vyšší klíčivost středních (94,8 %) a velkých semen (96,3 %) ve srovnání se semeny malými (90,3 %).

Zadanou hypotézou práce bylo, že hmotnost semen kukuřice v interakci s teplotou má vliv na dynamiku klíčení a celkovou klíčivost. Z dosažených výsledků je patrné, že statisticky průkazná interakce těchto faktorů byla zaznamenána do 6. dne trvání testů klíčivosti. Při teplotě 20 °C statisticky významně rychleji klíčila střední a velká semena (shodně 97,5 %) oproti semenům malým (89,8 %). U teplotního režimu 15 °C byla průkazně vyšší klíčivost 6. den u semen velkých (93,3 %) ve srovnání se semeny malými (79,8 %). Od 7. dne do ukončení testů již interakce nebyly statisticky významné. Přesto je z výsledků patrné, že malá semena u teploty 10 °C klíčila během dalších hodnocených dnů pomaleji a vykazovala nejnižší hodnotu celkové klíčivosti z celého pokusu. Naopak nejvyšší celková klíčivost a nejrychlejší dynamika klíčení z celého pokusu byla zaznamenána u velkých semen při teplotě 20 °C. Při teplotě 10 °C měla nejvyšší hodnotu klíčení velká semena. Teplota 15 °C zobrazovala obdobné výsledky, malá semena klíčila nejméně a velká semena klíčila nejvíce. U teploty 20 °C rovněž klíčila nejméně malá semena, a naopak nejvíce klíčila velká semena. Potvrdila se tím tvrzení různých autorů, kteří udávali, že velká semena dosahují vyšších hodnot klíčivosti než malá.

Nejvyšší koeficient rychlosti klíčení a nejnižší poloviční doba potřebná k vyklíčení 100 % klíčivých semen byla zaznamenána u teploty 20 °C a střední hmotnostní kategorie. Hned za středními semeny byla semena velké hmotnosti a nejnižší koeficient rychlosti klíčení a nejvyšší počet dní potřebných k vyklíčení byla zjištěna u teploty 10 °C a semen malé hmotnosti.

## 8 Seznam literatury

Adejare, K.O. 2010. Effect of seed size and shape on field performance of tropical maize (*Zea mays* L.) varieties. Project Report, Department of Plant Breeding and Seed Technology, Federal University of Agriculture.

Afzal, I., Basra, S. M. A., Ahmad, N., Cheema, M. A., Warraich, E. A., Khaliq, A. 2002. Effect of priming and growth regulator treatments on emergence and seedling growth of hybrid maize (*Zea mays* L.). *International Journal of Agriculture and Biology*. 4 (2). 303-306.

Akinuoye, D. B., Modi, A. T. 2015. Germination characteristics of SC701 maize hybrid according to size and shape at different temperature regimes. *Plant Production Science*, 18 (4), 514-521.

Ali, Z., Basra, S. M. A., Munir, H., Mahmood, A., Yousaf, S. 2011. Mitigation of drought stress in maize by natural and synthetic growth promoters. *Journal of Agriculture and Social Sciencis*. 7. 56-62.

Ambika, S., Manonmani, V., Somasundaram, G. 2014. Review on effect of seed size on seedling vigour and seed yield. *Research Journal of Seed Science*, 1-8.

Badstue, L. B. 2006. Smallholder seed practices: Maize seed management in the Central Valleys of Oaxaca, Mexico. Wageningen University. 326. ISBN: 90-8504-502-9.

Baldwin, I. T., Halitschke, R., Paschold, A., von Dahl, C. C., Preston, C. A. 2006. Volatile signaling in plant-plant interactions: „Talking trees“ in the genomics era. *Science*. 311. 812-815.

Balík, J., Černý, J., Tlustoš, P. 2001. Principy hnojení kukuřice. *Úroda*. [cit. 2017-03-10]. Dostupné z <<http://uroda.cz/principy-hnojeni-kukurice/>>.

Baskin, J. M., Baskin, C. C. 2004. A classification system for seed dormancy. *Seed Science Research*. 14. 1-16.

Bentsink, L., Koornneef, M. 2008. Seed dormancy and germination. *The Arabidopsis Book*. 1-18.

Bewley, J. D., Bradford, K., Hilhorst, H., Nonogaki, H. 2013. *Seeds: physiology of development, germination and dormancy*, 3rd edition. Springer-Verlag New York. 392. ISBN: 978-1-4614-4693-4.

Bewley, J. D., Black, M. 1994. *Seeds: physiology of development and germination*. *Seed Science Research*. 5. 127-128.

Cagáň, L., Praslička, J., Huszár, J., Šrobárová, A., Roháčik T., Hudec, K., Tancik, J., Bokor, P., Eliášová, M., Barta, M., Tóth, P., Tóthová, M. 2010, *Choroby a škodcovia poľných plodín*. Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre. 894. ISBN: 978-80-552-0354-6.

Carpici, E. B., Celik, N., Bayram, G. 2009. Effects of salt stress on germination of some maize (*Zea mays* L.) cultivars. *African Journal of Biotechnology*. 8 (19). 4918-4922.

Dias, M. A. N., Mondo, V. H. V., Cicero, S. M., Goncalves, N. R., da Silva, C. A. T. 2015. Vigor tests association as an alternative for precise and efficient assessment of maize seed quality. *Revista Caatinga*, 28 (3), 93-99.

Dhami, N. B., Kim, S. K., Paudel, A., Shrestha, J., Rijal, T. R. 2015. A review on threat of gray leaf spot disease of maize in Asia. *Journal of Maize Research and Development*. 1 (1). 71-85.

dos Anjos, S., Daniela V., Alves, E. U., de Medeiros, D. S. 2015. Seed vigor of maize cv. Sertanejo by tests based on the performance of seedlings. *Ciencia Rural*. 45 (11). 1910-1916.

Dvořák, J., Cerkal, R., Kamler, J., Vejražka K. 2007. Poškození porostů kukuřice zvěří. *Úroda*. 8. 35-37.

Ellis, R. H., Roberts, E. H. 1980. Improved equations for the prediction of seed longevity. *Annals of Botany*, 45, (1). 13-30.

Enayat Gholizadeh, M.R., Bakhshandeh, A.M., Shoar, M.D., Ghaineh, M.H., Saeid, K.A., Sharafizadeh, M. 2012. Effect of source and seed size on yield component of corn S.C704 in Khuzestan. *African Journal of Biotechnology*. 11. 2938-2944.

Fateh, E., Jiraii, M., Shahbazi, S., Jashni, R. 2012. Effect of salicylic acid and seed weight on germination of wheat (cv. BC ROSHAN) under different levels of osmotic stress. *European Journal of Experimental Biology*, 2 (5), 1680-1684.

Fuksa, P., Hrevušová, Z., Šantrůček, J., Brant, V. 2013. Vliv teploty na klíčivost semen pícních široků. *Osivo a sadba XI. odborný a vědecký seminář. Sborník referátů. ČZU v Praze*. 262. ISBN: 978-80-213-2358-2.

Houba, M., Hosnedl, V., Prokinová E., Pazdera J. 2002. *Osivo a sadba: praktické semenářství*. Ing. Martin Sedláček. 186. ISBN: 80-902413-6-0.

Hu, S., Lueberstedt, T., Zhao, G., Lee, M. 2016. QTL mapping of low-temperature germination ability in the maize IBM Syn4 RIL population. *Plos One*. 11 (3). 1-11.

Hůla J., Procházková, B., Badalíková B., Dovrtěl, J., Dryšlová, T., Hartman, I., Hrubý, J., Hrudová, E., Javůrek M., Kasal, P., Klem, K., Kovaříček, P., Kroulík, M., Kumhála, F., Mašek, J., Neudert, L., Růžek, P., Smutný, V., Váňová, M., Winkler, J. 2008. *Minimalizace zpracování půdy*. Profi Press, s. r. o. 246. ISBN: 978-80-86726-28-1.

Chen, Q., Mu, X., Chen, F., Yuan, L., Mi, G. 2016. Dynamic change of mineral nutrient content in different plant organs during the grain filling stage in maize grown under contrasting nitrogen supply. *European Journal of Agronomy*. 80. 137-153.

Chloupek, O. 2009. *Vitalita osiva. Šlechtitelské listy – podzim 2009*. Družstvo vlastníků odrůd. Dostupné z [http://farmseed2.druvod.cz/files/aktuality/slechtit\\_listy\\_podzim\\_20091\\_copy.pdf](http://farmseed2.druvod.cz/files/aktuality/slechtit_listy_podzim_20091_copy.pdf).

Idikut, L. 2013. The effects of light, temperature and salinity on seed germination of three maize forms. *Greener Journal of Agricultural Sciences*. 3 (4). 246-253.

Johnson, A. 2013. Seed science: seed germination. Corn and soybean digest. [cit. 2017-03-18]. Dostupné z <<http://www.cornandsoybeandigest.com/seed/seed-science-seed-germination>>.

Jursík, M., Soukup, J. 2010. Regulace plevelů v kukuřici. Farmář – speciál: kukuřice. 2. XVI-XIX.

Kaydan, D., Yagmur, M. 2008. Germination, seedling growth and relative water content of shoot in different seed sizes of triticale under osmotic stress of water and NaCl. African Journal of Biotechnology. 7 (16). 2862-2868.

Kostelanský, F. et al. 1997. Obecná produkce rostlinná. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně. 212. ISBN: 80-7157-245-4.

Kurdikeri, M. B., Ashwathiah, B. and Rajendra Prasad, S. 1998. Seed quality of invigorated seeds of maize hybrids. Mysore Journal of Agricultural Sciences. 27. 237-242.

Kůst, F. 2007. Kukuřice je stará plodina. Úroda. 8. 23-25.

KWS. 2016. Sortiment hybridů kukuřice 2016. Dostupné z <[http://www.kws.cz/global/show\\_document.asp?id=aaaaaaaaaaukbzy&hi=koblens](http://www.kws.cz/global/show_document.asp?id=aaaaaaaaaaukbzy&hi=koblens)>.

Kyncl, V. 2007. Posklizňová úprava zrnin a olejnin. Zemědělec. [cit. 2017-03-12]. Dostupné z <<http://zemedelec.cz/poskliznova-uprava-zrnin-a-olejnin/>>.

Loučka, R. 2010. Kukuřičná siláž: kde mohou být rezervy. Zemědělec. [cit. 2017-04-10]. Dostupné z <<http://zemedelec.cz/kukuricna-silaz-kde-mohou-byt-rezervy/>>.

Mazvimbakupa, F., Modi, A. T., Mabhaudhi T. 2015. Seed quality and water use characteristics of maize landraces compared with selected commercial hybrids. Chilean Journal of Agricultural Research. 75 (1). 13-20.

Mhlanga, B., Chauhan, B. S., Thierfelder, Ch. 2016. Weed management in maize using crop competition: A review. Crop Protection. 88. 28-36.

- Mikulka, J. 2010. Pozdní zaplevelení a jeho regulace. *Zemědělec*. 46. 11,13.
- Molatudi, R. L., Mariga, I. K. 2009. The Effect of Maize Seed Size and Depth of Planting on Seedling Emergence and Seedling Vigour. *Journal of Applied Sciences Research*. 5(12). 2234-2237.
- Moussa, H. R., Abdel-Aziz, S. M. 2008. Comparative response of drought tolerant and drought sensitive maize genotypes to water stress. *Australian Journal of Crop Science*. 1 (1). 31-36.
- Patel, J. B., Bhatiya, V. J., Babariya, C. A., 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 (7). 859-864.
- Pazderů, K. 2013. Vitalita jako základní vlastnost osiva pro založení optimálních porostů. *Sója*. 4-7.
- Ranal, M.A., de Santana, D.G. 2006. How and why to measure the germination process? *Revista Brasileira de Botanica* 29. 1–11.
- Revilla, P., Fernández, V., Álvarez-Iglesias, L., Medina, E. T., Cavero, J. 2016. Leaf physico-chemical and physiological properties of maize (*Zea mays* L.) populations from different origins. *Plant Physiology and Biochemistry*. 107. 319-325.
- Rotrekl, J., Kolařík, P. 2012. Škůdci kukuřice. *Úroda*. 12. 53-56.
- Říha, K., Kraus, P. 2010. Choroby kukuřice: mýtus a skutečnost. *Zemědělec*. 46. 15, 18.
- Sbrussi, C. A. G., Zucareli C. 2014. Germination of corn seeds with different levels of vigor in response to different temperatures. *Semina-Ciencias Agrarias*, 35 (1), 215-226.
- Sbrussi, C. A. G., Zucareli, C. 2015. Germination at high temperatures in evaluation of maize vigor. *Ciencia Rural*, 45 (10), 1736-1741.



- Spurný, M. 2012. Pěstování kukuřice na zrno při různém zpracování půdy. Úroda. 12. 29-31.
- Sulewska, H., Śmiatacz, K., Szymańska, G., Panasiewicz, K., Bandurska, H., Glowicka-Woloszyn, R. 2014. Seed size effect on yield quantity and quality of maize (*Zea mays* L.) cultivated in South East Baltic region. *Zemdirbyste-Agriculture*, 101 (1), 35-40.
- Sunoj, V. S. J., Shroyer, K. J., Jagadish, S. V. K., Prasad, P. V. V. 2016. Diurnal temperature amplitude alters physiological and growth response of maize (*Zea mays* L.) during the vegetative stage. *Environmental and Experimental Botany*. 130. 113-121.
- Špaldon, E., Andraščík, M., Bechyně, M., Belej, J., Fric, V., Fuciman, L., Hruška, L., Krausko, A., Petr, J., Rybáček, V., Škula, K., Váša, F., Votoupal, B., Vrzalová, J. 1986. Rostlinná výroba. Státní zemědělské nakladatelství v Praze. 715.
- Šroller, J. et al. 1997. Speciální fyto technika – rostlinná výroba. EKOPRESS, s. r. o. 205. ISBN: 80-86119-04-1.
- Tóth, P., Kmoch, M. 2016. Významné choroby kukuřice. *Agromanual.cz*. [cit. 2017-02-23]. Dostupné z <<http://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/choroby/vyznamne-choroby-kukurice>>.
- Veeraswamy, N., Hussaini, S. H., Reddy, M., Padma, V. 1998. Effect of seed size and various stresses on field performance of maize hybrid Ganga. *Seed Research*, 26. 28-33.
- Vrzal, J., Novák, D., Kohout, V., Štráfelda, J. 1995. Základy pěstování kukuřice a jednoletých píceň. Institut výchovy a vzdělání Ministerstva zemědělství ČR v Praze. 32. ISBN: 80-7105-097-0.
- Zimolka, J., et al. 2008. Kukuřice – hlavní a alternativní užitkové směry. Profi Press s. r. o. Praha. 200. ISBN: 978-80-86726-31-1.