

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra botaniky a fyziologie rostlin**



**Vliv zasolení na klíčivost semen vybraných druhů**

**Bakalářská práce**

**Autor práce: Josef Molák**

**Obor studia: Pěstování rostlin**

**Vedoucí práce: Ing. Helena Hniličková, Ph.D.**

© 2018 ČZU v Praze

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Vliv zasolení na klíčivost semen vybraných druhů" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 20.4.2018

---

## **Poděkování**

Rád bych touto cestou poděkoval mé vedoucí bakalářské práce paní doktorce Heleně Hnilíčkové za spolupráci, za potřebné rady a hlavně za její čas, který mi věnovala při psaní bakalářské práce. Poděkování také patří mé rodině, která mě podporovala při studiu.

# Vliv zasolení na klíčivost semen vybraných druhů

## Souhrn

Cílem bakalářské práce na téma „Vliv zasolení na klíčivost semen vybraných druhů“ bylo otestovat různé koncentrace soli na růstové charakteristiky semen. K pokusu byla vybrána semena Kozlíčku polníčku a Rokety seté. Mezi hlavní příčiny zasolování řadíme zavlažování půdy, špatná agrotechnika nebo nesprávné užívání minerálních hnojiv. Nejvíce se s tímto problémem setkáváme v teplém prostředí při zavlažování, kdy se voda vypaří a v půdě zůstane chlorid sodný a následně dochází ke krystalizaci. Krystalizace zhoršuje půdní vlastnosti, a tím se zhoršují podmínky pro růst rostlin. Dalším negativem je zhoršení zemědělské produkce plodin, nedostatek potravin a krmiv pro obživu lidí nebo zvířat.

Kozlíček polníček je nenáročná rostlina a roste téměř po celé Evropě. Vyskytuje se na polích, na loukách od nížin až po podhůří. Tato rostlina se uplatňuje ve výživě a především se používá k výrobě salátů. V pokusech byl vystaven 5 rozdílným koncentracím roztoku soli, které jsme sledovali. Nejvhodnější podmínky ke klíčení semen jsou sledovány u všech roztoků NaCl až na koncentraci  $100 \text{ mmol.l}^{-1}$ , kde semena nevyklíčila.

Další zvolenou pokusnou rostlinou byla Roketa setá. Roketa upřednostňuje suché klima a vyskytuje se na všech kontinentech. Zkoumaná rostlina se využívá v kuchyni jako příloha k masitým pokrmům. Uplatnění má i v průmyslu při výrobě mazadel, kosmetice atd. Rostlina byla vystavena také 5 koncentracím roztoku soli, jako tomu bylo v podmínkách Kozlíčku polníčku. Klíčení semen Rokety seté se vzrůstající koncentrací NaCl klesalo, ale u žádné koncentrace neklesla klíčivost pod 93,3 %. Z výzkum vyplývá, že zkoumaná rostlina zaznamenala vyrovnané hodnoty klíčení semen v zasoleném prostředí ve všech koncentracích NaCl.

**Klíčová slova:** Zasolení, stres, koncentrace NaCl, Kozlíček polníček, Roketa setá

# Effect of salinity on the germination of seeds of selected species

## Summary

The aim of this bachelor thesis on the topic „Effect of salinity on the germination of seed of selected species“ was to test a different concentrations of salt on the growth characteristics of seeds. For the test were selected seeds of *Valerianella locusta* and *Eruca sativa*. Among the main causes of salinisations are: soil irrigation, wrong agro-technology or incorrect use of minerals fertilizers. This problem mainly occurs during warm weather when water could evaporates from soil and sodium chloride remains in the soil and crystallizes. The process of crystallization aggravates soil properties, thereby plant growth conditions are worse. Another negative aspect is the deterioration of agricultural crop production and the lack of food and feed.

*Valerianella locusta* is an unpretentious plant and it grows almost all over the Europe. *Valerianella locusta* occurs in the fields from the lowlands to the foothills. This plant is used in the human nutrition especially as part of salads. In this experiment, the plant was exposed to 5 different concentrations of salt solution. The most convinient conditions for germination of seeds were observed for all NaCl solutions except of 100 mmol.l<sup>-1</sup> concentration. By using this concentration, the seeds did not germinate.

The another chosen plant for this experiment was *Eruca sativa*. *Eruca sativa* prefers dry climate and it is spread around the globe. This tested plant is used in the kitchen as a side dish along with meats. Another used is in the industry for production of lubrications, cosmetics, etc. The plant was also exposed to 5 different concentrations of salt solution, as *Valerianella locusta* was. The seed germination of *Eruca sativa* was decreasing with increasing concentration of NaCl. At no concentration germination hasn't decreased below 93,3 %. Based on this research the plant has balanced seed germination value in salted environment at all NaCl concentrations.

**Keywords:** Salinity, stress, NaCl concentration, *Valerianella locusta*, *Eruca sativa*

# Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Cíl práce</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Literární rešerše</b>	<b>3</b>
<b>3.1</b>	<b>Zasolení</b>	<b>3</b>
3.1.1	Definice zasolení	3
3.1.2	Vznik zasolení	4
3.1.3	Typy zasolení	6
3.1.3.1	Primární zasolení	6
3.1.3.2	Sekundární zasolení	6
3.1.4	Zasolení ve světě a v ČR	6
<b>3.2</b>	<b>Stres</b>	<b>9</b>
3.2.1	Druhy stresu	10
3.2.1.1	Abiotický stres	10
3.2.1.2	Biotický stres	12
3.2.2	Osmotický stres	12
<b>3.3</b>	<b>Klíčivost</b>	<b>14</b>
3.3.1	Vliv zasolení na klíčení	15
<b>4</b>	<b>Metodika</b>	<b>17</b>
<b>4.1</b>	<b>Rostlinný materiál</b>	<b>17</b>
4.1.1	Kozlíček polníček (Valerianella locusta)	17
4.1.2	Roketa setá (Eruca sativa)	18
<b>4.2</b>	<b>Sledované parametry klíčivosti semen Kozlíčku polníčku a Rokety seté</b>	<b>19</b>
4.2.1	Klíčivost semen (SG)	19
4.2.2	Energie klíčení (GE)	20
4.2.3	Rychlost klíčení (SG) semen	20
<b>4.3</b>	<b>Charakteristika pokusu</b>	<b>21</b>
<b>4.4</b>	<b>Ošetření osiva</b>	<b>22</b>
<b>4.5</b>	<b>Postup pokusu u Kozlíčku polníčku</b>	<b>22</b>
<b>4.6</b>	<b>Postup pokusu Rokety seté</b>	<b>24</b>
<b>4.7</b>	<b>Podmínky klíčení</b>	<b>24</b>
<b>5</b>	<b>Výsledky</b>	<b>25</b>
<b>5.1</b>	<b>Kozlíček polníček</b>	<b>25</b>
5.1.1	Výsledky pokusu Kozlíčku polníčku	25
5.1.2	Klíčivost semen (SG) Kozlíčku polníčku	26
5.1.3	Energie klíčení (GE) Kozlíčku polníčku	27
5.1.4	Rychlost klíčení semen (SG) Kozlíčku polníčku	28

5.1.5	Hypokotyl Kozlíčku polníčku.....	29
<b>5.2</b>	<b>Roketa setá.....</b>	<b>30</b>
5.2.1	Výsledky pokusu Rokety seté.....	30
5.2.2	Klíčivost semen (SG) Rokety seté.....	31
5.2.3	Energie klíčení (GE) Rokety seté.....	32
5.2.4	Rychlost klíčení (SG) Rokety seté.....	33
5.2.5	Průměrné délky hypokotylů a kořínků Rokety seté.....	34
<b>6</b>	<b>Diskuze.....</b>	<b>35</b>
6.1	Příčiny, které mohly ovlivnit výsledky pokusu.....	37
<b>7</b>	<b>Závěr.....</b>	<b>38</b>
<b>8</b>	<b>Seznam literatury.....</b>	<b>39</b>
<b>9</b>	<b>Přílohy.....</b>	<b>46</b>

# 1 Úvod

Rostliny bývají na svých stanovištích negativně ovlivňovány různými druhy stresových faktorů. Stresové faktory nejčastěji dělíme na biotické a abiotické. Za jeden z nejzávažnějších abiotických stresů je označována salinita. Zasolení postihuje všechny země světa a nejvíce ohrožené jsou aridní oblasti, kde probíhá intenzivní závlaha. Nejvíce postižené půdy v Evropě se nacházejí v Itálii a s navyšujícím se zavlažováním by mohla být i Česká republika výrazně ohrožena zasolením půd. Bakalářská práce se zabývala vlivem zasolení na klíčivost semen Kozlíčku polníčku (*Valerianella locusta* L.) a Rokety seté (*Eruca sativa* Mill.). Kozlíček i Roketa mají svůj původ ve středomoří, ale vyskytují se téměř po celém světě. Obě rostliny jsou označovány jako listový salát a jsou používány v gastronomii. V gastronomii se z vybraných rostlin dělají saláty nebo jsou použity jako obloha k masitým pokrmům. V práci se zabýváme testováním různých koncentrací chloridu sodného na klíčivost rostlin. Při pokusu jsme pozorovali počet vyklíčených semen. Dále jsme měřili klíčivost semen, energii klíčení, rychlost klíčení, délky kořínků a hypokotylů Kozlíčku polníčku a Rokety seté.



## **2 Cíl práce**

Problematika zasolení je v současné době celosvětově velmi řešené téma. Zvýšená koncentrace solí v půdě, resp. v závlivkové vodě zhoršuje dostupnost vody pro rostliny, dochází k iontové disbalanci a k ovlivnění základních fyziologických procesů rostlin. Cílem bakalářské práce je vyhodnotit vliv rozdílných koncentrací roztoků NaCl na klíčivost semen vybraných modelových druhů.

## 3 Literární rešerše

### 3.1 Zasolení

Zasolení půdy je způsobeno nahromaděným lehce rozpustných solí, pocházejících ze spodní nebo závlahové vody a z minerálních hnojiv v horních vrstvách půdy. Zasolení půd je v přirozených podmínkách poměrně málo se vyskytující stresor (Zhu, 2001). Nejvíce vznikají slané půdy v důsledku klimatických nebo půdních podmínek, kdy potenciální výpar vody převažuje nad srážkami (Bláha, 2003). Salinizace půdy je globální problém, který má vliv na zemědělskou produkci a zdraví životního prostředí. Tento problém je způsoben důsledkem zvyšování obsahu soli v půdě a jejich složek (Rengasamy, 2006).

Většina půd je zasolena přirozeně, ale pěstování plodin způsobuje značné sekundární zasolení (Munns, 2002). Nejčastěji jsou ve vnitrozemí postiženy pouště a polopouště, protože výpar převládá nad srážkami. Další významně postižené oblasti jsou přímořské půdy, protože využívaná voda k zavlažování je především slaná. Salinita je hlavní environmentální faktor, který omezuje růst a produktivitu rostlin (Allakhverdiev et al., 2000). Takto pěstované rostliny v zasoleném prostředí budou v budoucnu odolnější na vliv zasolení, protože budou zdrojem potravy, biopaliv a textilních vláken (Motřková, 2014).

#### 3.1.1 Definice zasolení

Zasolování půd (taktéž salinizace) je jedním z půdotvorných procesů a je spojeno s vyšším obsahem solí v půdním roztoku, či podzemních vodách. Salinizace je v podstatě akumulace rozpustných solí v půdě (Nováček a Huba, 1994). Jedná se o negativní proces, který zhoršuje půdní vlastnosti. Slanost půdy je obecně považována za hlavní zemědělský problém, zejména v závlahovém zemědělství, kdy se voda vypaří a NaCl obsažená v půdním roztoku zkrystalizuje a zůstává na povrchu půdy (Flowers and Yeo, 1995).

Vysoká koncentrace soli, která se vloží do půdy, může změnit základní strukturu půdy, což má za následek sníženou pórovitost půdy a následně snížené provzdušňování půdy a vodivost vody (Mahajan and Tuteja, 2005). Tento jev se vyskytuje v aridním (suchém) prostředí. Zasolení může vzniknout také nesprávným používáním průmyslových hnojiv, špatnou agrotechnikou, nadměrným spásáním trav nebo vypalováním křovin (Nováček a kol., 1994).

Mořská voda má salinitu přibližně 3 % a z hlediska molarity různých iontů obsahuje  $\text{Na}^+$  asi 460 mM,  $\text{Mg}^{2+}$  50 mM a  $\text{Cl}^-$  okolo 540 mM spolu s menším množstvím jiných iontů.

Slanost v dané oblasti půdy závisí na různých faktorech, jako je množství odpařování (vedoucí ke zvýšení koncentrace soli) nebo množství srážek, což vede ke snížení koncentrace soli (Mahajan and Tuteja, 2005).

Obr 1: Zasolená půda v Austrálii a halofytní rostliny.



Zdroj: <https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/pedf/js13/australie/web/pages/08-pudy.html>

### 3.1.2 Vznik zasolení

Salinizace může vznikat v zamokřených depresích se stagnující vodou nebo nevhodnými postupy hospodaření v zemědělství jako je závlaha a špatná agrotechnika (Munns, 2002). Jedním z nejvíce škodlivých účinků stresu zasolením je akumulace  $\text{Na}^+$  a  $\text{Cl}^-$  iontů v tkáních rostlin vystavených na půdách s vysokou koncentrací  $\text{NaCl}$  (Gupta and Huang, 2014). Zdrojem solí ( $\text{NaCl}$ ) jsou anionty ( $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{CO}_3^-$ ) a kationty ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ). Zasolování (salinizace) je hromadění ve vodě rozpustných solí v půdě. Jedná se o soli obsahující draselné ( $\text{K}^+$ , hořečnaté ( $\text{Mg}^{2+}$ ), vápenaté ( $\text{Ca}^{2+}$ ), chloridové ( $\text{Cl}^-$ ), síranové ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), uhličitánové ( $\text{CO}_3^{2-}$ ), hydrogenuhličitánové ( $\text{HCO}_3^-$ ) a sodné ( $\text{Na}^+$ ) ionty (Ministerstvo zemědělství, © 2009-2018).

Bláha uvádí, že stres vyvolaný zasolením se projevuje na buněčné úrovni, kdy dochází k zastavení dělivého i dlouživého růstu částí rostlin (Bláha, 2003). Podobná teorie Munnse říká, že slanost redukuje schopnost rostlinám přijímat vodu, a to rychle působí na snížení tempa růstu spolu se souborem metabolických změn. Pokud do rostliny přichází nadměrné množství chloridu sodného, tak se zvyšuje obsah soli na toxickou úroveň a způsobuje předčasné stárnutí a nižší fotosyntézu listů u rostlin (Munns, 2002).

Pohyb soli v kořenech a výhoncích je produktem transpiračního toku potřebného k udržení stavu vody v rostlině (Mahajan and Tuteja, 2005). Vlivem solí v půdě jsou kořeny méně vyvinuté a dochází k jejich poškozování za vzniku nekrotů. Nekrózy vedou k úhynu části kořene

nebo se mohou narušit nadzemní část rostliny. Když jsou rostliny vystaveny slanosti v laboratorních experimentech, dochází k rychlému a dočasnému poklesu tempa růstu, po němž následuje nová snížená míra růstu. Dočasné účinky jsou zjevně způsobeny rychlými a často přechodnými změnami ve vztahu rostlinných vod. Následné změny rychlosti růstu a základních molekulárních nebo metabolických jevů jsou tak snadno připisovány vodnímu stresu nebo účinkům specifickým pro NaCl (Munns, 2002).

Jednotlivé druhy rostlin mají zcela odlišné rozpětí tolerance slanosti. Mnoho rostlin rozvíjí mechanismy, aby vyloučili chlorid sodný ze svých buněk, nebo tolerují jejich přítomnost uvnitř buněk (Greenway and Munns, 1980). Vliv zasolení ovlivňuje všechny hlavní procesy, jako je fotosyntéza, syntéza proteinů, metabolismus energie a lipidů. Růst se obnoví, když se uvolní napětí. Sacharidy, které jsou potřebné pro růst buněk, jsou potřeba hlavně při procesu fotosyntézy. Rychlost fotosyntézy je obvykle nižší u rostlin vystavených slanosti a zvláště NaCl (Flowers et al., 1977; Zhu, 2002).

Vysoký stres solí způsobuje drastické změny iontové a vodní homeostázy. Vedou k molekulárnímu poškození, zástavě růstu a dokonce ke smrti (Zhu, 2001). Abychom předešli škodám v zavlažovaném zemědělství, můžeme využít lepších zavlažovacích postupů, jako je kapkové zavlažování k optimalizaci využívání vody (Munns, 2002).

Rostliny, které mohou přežít při vysokých koncentracích soli v rizosféře a dobře rostou, se nazývají halofyty. Mezi významné halofytí druhy, které jsou v aridních a přímořských oblastech můžeme označit Tamaryšek nebo Solničku panonskou (Munns and Tester, 2002). Halofyty jsou rostliny schopné využít ke svému růstu vodu, která obsahuje více než 0,5 % soli. Pokud je soli nadbytek, tak se halofyt začíná bránit tím, že pomocí plazmatické membrány brání pronikání nadbytečných iontů do buněk kořenů. Další obranný mechanismus spočívá v ukládání solí do vakuol a následně jsou soli transportovány do nadzemních částí rostlin, kde jsou vylučovány na povrchu listů (Mořková, 2014). Například pšenice tvrdá je citlivější na chlorid sodný, než pšenice chlebová a výnos tvrdé pšenice je více ovlivněn (Munns, 2002).

### **3.1.3 Typy zasolení**

#### **3.1.3.1 Primární zasolení**

Jak už bylo zmíněno výše, tak primární zasolování vzniká přírodní cestou a to v blízkosti mořských břehů, kam je chlorid sodný dopraven např. větrem nebo vodními proudy. V ústích řek může docházet ke kapilárnímu vzestupu solí z mělkých brakických vod (Ahmad et al., 2013).

Nejvíce se soli shromažďují v suchých oblastech, kde není půda dostatečně promývána vodou. Jsou to oblasti, kde nejsou dostatečné srážky a převládá zde výpar. Mluvíme zejména o pouštích a polopouštích, které jsou na většině kontinentech (Forni et al., 2017). Dalším zdrojem zasolení půd mohou být mořské usazeniny soli z minulosti, které jsou smývány z povrchu a přenášejí na zemědělskou půdu a ta je poté nepoužitelná k pěstování zemědělských plodin (Hnilička, 2003)

#### **3.1.3.2 Sekundární zasolení**

Sekundární zasolování je způsobeno lidskou činností. Většina půd je zasolena přirozeně, ale pěstováním plodin způsobuje člověk sekundární zasolení. Problém byl zhoršen zemědělskými postupy, jako je zavlažování (Zhu, 2001). Dnes je téměř polovina všech zavlažovaných pozemků postižena salinitou (Gloser a kol., 1998). Tento problém se vyskytuje v suchých oblastech, protože se zavlažuje nekvalitní vodou a v půdě se koncentrují soluty (Taiz and Zieger, c2006). Další příčiny zasolování mohou být: nedostatečné odvodňování, odlesňování, nadměrná pastva a používání chemických látek v zemědělství (Zhu, 2001). K vysoké koncentraci solí v zemědělství dochází nadměrným používáním minerálních hnojiv, které rostlina nestihne spotřebovat (Forni et al., 2017). Na konec je důležité dodat, že k zasolení dochází i v zimním období, kdy jsou komunikace ošetřovány proti námraze (Gloser a kol., 1998).

#### **3.1.4 Zasolení ve světě a v ČR**

Salinita postihuje 7 % obhospodařované plochy světa, což představuje 930 milionů hektarů (Munns, 2002). Půdy postižené solí se vyskytují ve více než 100 zemích světa s různým stupněm postižení (Rengasamy, 2006).

Z historie známe řadu příkladů přeměny krajiny. Zasolením půdy trpěly již první lidské civilizace před mnoha tisíci lety v oblasti Mezopotámie, dnešní jižní části Iráku, nebo podél řek v jižní části Indie. Nadměrná pastva byla jedním z faktorů vzniku Saharské pouště. Oblast Blízkého východu se změnila ve starověku na poušť díky zavlažování a následnému zasolení

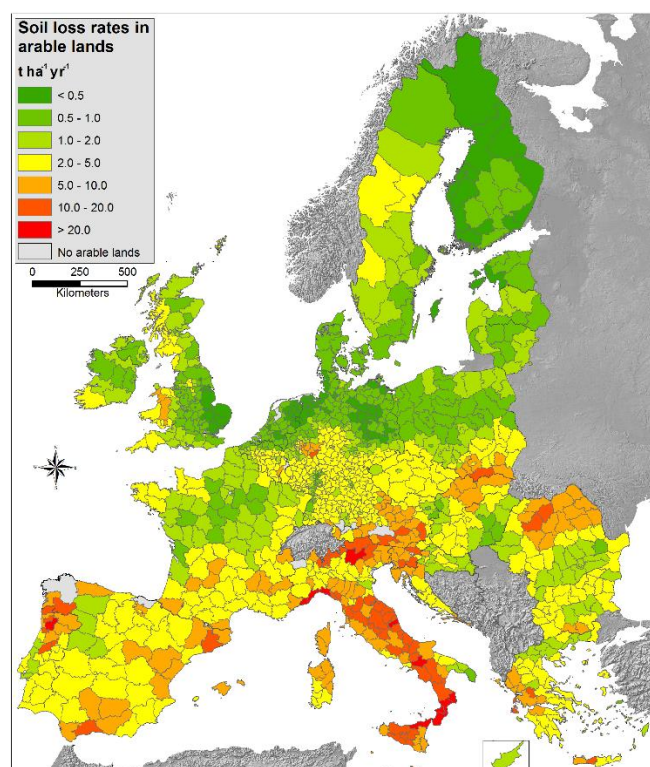
půd. Voda se intenzivně vypařovala a minerální látky rozpustné ve vodě zůstávaly v půdě (Nováček a Huba, 1994). Jednoduchou metodou boje se zasolením bylo sloupnutí povrchového silně zasoleného horizontu a přesunutí této zeminy na vzdálenější nezavlažované plochy. Tak vznikly mírně vyvýšené kopečky plné solí (Kutílek, 2012).

V Austrálii je zasolením zasaženo 2 miliony hektarů půdy a dalším 15 milionům hektarům hrozí nebezpečí v příštích 50 letech. Bude nutné zvýšit odolnost alespoň některých plodin na chlorid sodný. Odolnost proti slanostem pomůže zajistit stabilitu výnosu v zemědělství (Flowers and Yeo, 1995).

V Evropě je touto hrozbou ohroženo téměř 4 miliony hektarů půdy a nejvíce postiženou oblastí je Itálie, údolí řeky Ebro ve Španělsku, Maďarsko, Řecko a Rumunsko.

V České Republice se zasolené půdy vyskytují velmi omezeně. Tyto půdy můžeme najít na Jižní Moravě v malých lokalitách, kde rostou většinou slanomilné rostliny (Daníhelka a Hanušová, 1995). V minulosti jsme měli v Podkrušnohoří slaniska vázána na slané prameny, která však zanikla (Bláha, 2003).

Obr 2: Země postihnuté zasolením v Evropě.



Zdroj:[http://ec.europa.eu/+soil&newwindow=1&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKewjJsKG21bLaAhVKZFAKHeyvC\\_QQ\\_AUICigB&biw=1525&bih=708#imgrc=ESHj4fpD8g\\_7jM](http://ec.europa.eu/+soil&newwindow=1&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKewjJsKG21bLaAhVKZFAKHeyvC_QQ_AUICigB&biw=1525&bih=708#imgrc=ESHj4fpD8g_7jM):

<b>země</b>	<b>množství zasažené půdy (%)</b>	<b>země</b>	<b>množství zasažené půdy (%)</b>
Alžír	10 - 15	Irák	50
Egypt	30 - 40	Izrael	13
Senegal	10 - 15	Jordán	16
Súdán	< 20	Pakistán	< 40
Indie	27	Srí Lanka	13
Irán	< 30	Syrian Arab rep.	30 - 35

Obr 3: Země postihnuté zasolením ve světě (Jandák a kol., 2004).

### 3.2 Stres

Vzhledem k tomu, že rostliny jsou přisedlé, tak je těžké měřit přesnou sílu vyvíjenou stresem, a proto je z biologického hlediska těžké definovat stres. Obecně se dá říci, že stres je nepříznivý stav rostlin vyvolaný působením činitele zvaného stresor. Důležité je vědět, že každý rostlinný druh toleruje určité rozpětí biologického stavu, které může být stresem pro jednu rostlinu a pro jinou rostlinu optimální prostředí (Mahajan and Tuteja, 2005). Optimum je taková hodnota faktoru, při které se organismus nejlépe vyvíjí (Bláha, 2003).

V mnoha literaturách se rozděluje stres do 4 tříd: fyzikální, chemický, biotický a abiotický. Většina autorů se však přiklání k rozdělení rostlinného stresu na dvě základní skupiny: abiotický a biotický stres. Na živé organismy však nikdy nepůsobí pouze jednotlivé faktory vnějšího prostředí, ale celé komplexy vlivů, které mezi sebou působí (Parida and Das, 2005).

Abiotickým stresem je myšleno fyzikální nebo chemické poškození, kdy podmínky prostředí mohou působit na rostlinu (Hopkins and Hüner, 2008). Mezi fyzikální a chemické faktory, které stresy vyvolávají, patří zejména teplota, záření, sucho, salinita a přítomnost těžkých kovů.

Mezi biotický stres řadíme škůdce, patogeny a člověka. Obecně tyto faktory vyvolávají fyziologické reakce, které mohou narušovat normální stav rostliny a jejich strukturu (Hnilička, 2013).



### 3.2.1 Druhy stresu

Rostlinný stres nejčastěji dělíme na dvě základní skupiny: stres abiotický a biotický.

#### 3.2.1.1 Abiotický stres

Abiotickým stresem je myšleno fyzikální nebo chemické poškození, kdy podmínky prostředí mohou působit na rostlinu (Hopkins and Hüner, 2008).

Dělení abiotických stresů:

- Sucho
- Slanost
- extrémní teploty
- chemická toxicita
- záření
- anoxie (hypoxie)
- pH
- zasolení
- vítr
- znečišťující látky
- oxidační stres

Tyto stresory jsou vážnými hrozbami pro zemědělství, ale spolehlivější informace budou poskytovat molekulární biologie a šlechtitelství, které mají za úkol vytvářet odolnější druhy rostlin proti zasolení (Ashraf, 2004).

Nedostatek vody je nejvíce limitující stresor pro rostliny a způsobuje uzavření průduchů, opad listů, změnu sklonu listů, růst kořenů do hlubších a vlhčích vrstev půdy (Al Gehani and Ismail, 2016). U rostlin stresovaných suchem (přírozené vysychání substrátu) se sleduje velmi mnoho různých charakteristik. Kromě obsahu vody v substrátu je velmi vhodné znát parametry stavu vody (hlavně osmotický a celkový vodní potenciál) a to nejen ve sledovaném orgánu, ale i v orgánech ostatních (Hnilička a Středa, 2016). V průběhu životního cyklu rostliny může mít stres různě silné negativní účinky a to především u malých rostlinek a květů. Vodní stres je často ovlivněn i zasolením (Austin, 1989).

Tepelný stres je dalším významným negativním faktorem pro růst rostlin. Každá rostlina má jinou optimální teplotu, která ovlivňuje funkci a aktivitu rostliny. Jednotlivé rostlinné orgány jsou různě tolerantní vůči teplotním stresorům (Procházka, 1998). U nízkých teplot

rozlišujeme, jestli se jedná o citlivost na chlad (teploty nad bodem mrazu) nebo citlivost na mraz. Na tento stresor nejcitlivěji reagují rostliny, které pochází z teplejších oblastí. Nízké teploty snižují fotosyntézu, zrychlují dýchání nebo může docházet ke změnám fyzikálních a chemických vlastností membrán (Bláha, 2003). Vysoká teplota (od 30 °C až 90 °C) má za následek rozvolňování membrán, proti kterým se brání výrobou proteinů a ty opravují defekty (Ryplová, 2014). Teplo je rostlina schopna redukovat odrazem záření a ochlazováním v průběhu transpirace. Mimořádně odolná jsou především semena, která v některých případech přežívají teploty až 120 °C bez poškození (Bláha, 2003). Obecně se u rostlin vystavených teplotnímu diskomfortu měří podobné charakteristiky jako u sucha - výměny plynů, fluorescence chlorofylu, akumulace ROS – reaktivní kyslíkové radikály (Hnilička a Středa, 2016).

Slanost půdy je hlavním abiotickým stresem v rostlinném zemědělství po celém světě. To vedlo k výzkumu tolerance soli s cílem zlepšit plodiny. Nejjednodušší způsob přizpůsobení na zasolených půdách je kompartmentace - hromadění solných iontů v buňkách. Solená tolerance však může mít mnohem širší důsledky, protože transgenní rostliny jsou tolerantní k zasolení a často tolerují i jiné stresy včetně chladu, mrazu, tepla a sucha. Bohužel se těžko nacházejí vhodné systémy genetického modelu (Zhu, 2001). Pokud hledáme rostliny odolné či citlivé vůči pěstování v podmínkách zvýšené koncentraci soli, měli bychom znát princip odolnosti vybraného druhu (Hnilička a Středa, 2016). Abiotický stres je příčinou úbytku plodin na celém světě, což snižuje průměrné výnosy u hlavních plodin o více než 50 % (Boyer, 1982).

K udržení růstu a produktivity se musí rostliny přizpůsobit stresovým podmínkám a uplatňovat specifické toleranční mechanismy. Modifikace rostlin pro zvýšenou toleranci je většinou založena na manipulaci s geny, které chrání a udržují funkci a strukturu buněčných komponent. Na rozdíl od většiny monogenních vlastností konstruované odolnosti vůči škůdcům a herbicidům je obtížnější kontrolovat geneticky komplexní reakce na abiotické stresové podmínky (Wang et al., 2003).

### 3.2.1.2 Biotický stres

Mezi biotické stresory řadíme živé organismy, které obývají určité životní prostředí a působí na rostliny (Bláha, 2003). Biotický stres je biologické poškození, kterému jsou rostliny vystaveny v průběhu celého života. Je způsobeno herbivorními živočichy (živočichové spásající zelené části rostlin), patogenními mikroorganismy (víry, houby, mikrobi), hmyzem, člověkem nebo vzájemným ovlivňováním jako je parazitismus a alelopatie (Gloser a kol., 1998).

Za biotický stresor můžeme označit komensalizmus, což znamená vzájemné soužití organismů výhodné pro jednoho z partnerů, aniž by byl ovlivněn druhý organismus. Klasická ukázka tohoto příkladu je břečťan popínavý na stromech. Dalším stresorem může být parazitismus, kdy jedna populace získává z těla hostitele živiny pro sebe takovým způsobem, který je pro hostitele škodlivý (Bláha, 2003).

Stres je běžnou součástí života všech rostlin a mají proto obranné mechanismy, jak se s ním vypořádat např. regenerace (Procházka, 1998). Jako obranné mechanismy můžeme označit například trichomy nebo kutikulu (Hopkins, c1999). Pokud se rostlina přizpůsobí stresorům, dosáhne nového rovnovážného stavu na základě činnosti kompenzačních procesů (Bláha, 2003). V případě, že stres je mírný nebo krátkodobý, poškození může být jen dočasné a rostlina se může plně zotavit. Vzhledem k tomu, že stres vede vždy ke snížené produktivitě, stresové reakce jsou důležité pro vědce zabývající se zemědělstvím (Hopkins and Hüner, 2008). Některé stresové faktory ohrožují rostliny takovým způsobem, že dojde k úhynu (Procházka, 1998).

### 3.2.2 Osmotický stres

V buňkách je obvykle udržován stálý turgor kolem 0,6 MPa. Za normálních podmínek je koncentrace látek v buňce vyšší než v okolním prostředí. Pomocí transportních systémů vstupují dovnitř buňky různé látky a s nimi proniká i voda. U rostliny se projevuje tendence vyrovnat vodní koncentraci na obou stranách. Pokud je koncentrační gradient narušen vyšším množstvím iontů a dalších osmoticky aktivních látek vně buňky, nastává osmotický stres (Buchanan et al. 2000).

Voda z buňky začíná unikat ven, vnitřní tlak ochabne, což způsobí smršťování protoplastu (plazmolýza). Již na počátku procesu plazmolýzy je pozorovatelné ochabnutí a uvadání listů, se kterým se musí rostlina rychle vypořádat, osmotický stres totiž znesnadňuje průběh metabolických drah a způsobuje nesprávnou funkčnost enzymů (Munns et al., 2008). Během osmotického stresu dochází ke zvýšení tekutosti membrán a ke změnám ve složení fosfolipidů (Bartels and Sunkar, 2005).

Obecně platí, že nízká teplota vede hlavně k mechanickému omezení, zatímco slanost a sucho vykazuje svůj škodlivý účinek především narušením iontové a osmotické rovnováhy buňky (Mahajan and Tuteja, 2005).

Rostliny nemohou tolerovat velké množství soli v cytoplazmě, a proto v podmínkách fyziologického roztoku buď omezují přebytečné soli ve vakuole, nebo rozdělují ionty v různých tkáních, aby usnadnily jejich metabolické funkce (Reddy et al., 1992). Růst rostlin reaguje na slanost ve dvou fázích: rychlá osmotická fáze, která zabraňuje růstu mladých listů a pomalejší iontovou fází, která urychluje senescenci (stárnutí) zralých listů (Munns and Tester, 2008).

Vysoký stres solí narušuje homeostázu ve vodním potenciálu a distribuci iontů. Toto narušení homeostázy se vyskytuje jak na buněčné úrovni, tak na celé rostlině. Drastické změny iontové a vodní homeostázy vedou k molekulárnímu poškození, zástavě růstu a dokonce ke smrti. Pro dosažení tolerance soli jsou důležité tři aspekty činnosti rostlin. Za prvé, je třeba zabránit nebo zmírnit škody. Za druhé, musí být v novém, stresujícím prostředí obnoveny homeostatické podmínky. Za třetí, růst musí pokračovat, i když se sníženou sazbou. Fyziologické a molekulární mechanismy tolerance osmotických a iontových složek stresu slanosti jsou přezkoumány na úrovni buněk, orgánů a celých rostlin (Hoekstra et al., 2001).

Základem obrany rostlin proti zasolení je zvýšení osmotického tlaku kořenů. Je to nutná podmínka pro příjem vody a přežití rostlin. Důležitou reakcí rostliny na zasolené prostředí je tvorba stresových proteinů, které mají za úkol zvýšit syntézu osmoticky aktivních látek (Bláha, 2003).

### 3.3 Klíčivost

Klíčivost semen je jednou z charakteristik, která bývá uváděna jako jedna z nejběžnějších charakteristik vypovídající o zdraví sledované populaci rostlin, vyjadřující kvalitu osiva, udávající životnost embryí (Hendry and Grime, 1993). Viditelným znamením, že klíčení je kompletní, je obvykle průnik struktury obklopující embryo radikálem a výsledek se označuje jako viditelná klíčivost (Bewley and Black, 1982). Zralé semeno je klidovým stádiem kvetoucí rostliny, kdy jsou všechny jeho životní projevy omezeny. Semeno obsahuje jen malé množství vody (cca 5 - 15 %) a jednou jeho životní aktivitou je slabé dýchání (spotřeba kyslíku). V tomto latentním stavu jsou semena schopna přežít různé nepříznivé podmínky životního prostředí, jako jsou přílišné sucho, extrémní teploty, nedostatek kyslíku a tmu (Bretagnolle, 1995).

Předpoklad pro založení optimálního porostu je vybrat správné a kvalitní osivo. Nejdůležitější hodnota definující kvalitu osiva je laboratorní klíčivost. Hodnota, která určuje kvalitu osiva, se nazývá vitalita. Vitalita je definována jako: suma vlastností semen, která dokazují obecnou platnost aktivity a projevu semen během klíčení a vzcházení. Významným semenářským kritériem je rychlost a vyrovnanost klíčení (Pazderů a kol., 2009).

Klíčivost semen je omezována okolními strukturami (Dahal et al., 1996). Mezi vnější podmínky ovlivňující klíčení řadíme dostupnost a kvalitu vody, která je nezbytná pro nabobtnání. Dále kyslík, teplotu, přítomnost dalších plynů, apod. (Procházka, 1998). Z pohledu fyziologů je snížená klíčivost osiva přisuzována výskytu semen dormantních a semen neživých (Copeland et al., 2001). U většiny druhů rostlin jsou dozralá semena schopna klíčit až po určité době klidu, která je pro různé druhy specifická. K vnějším podmínkám podmiňujícím klíčení rostlin patří vlhkost, teplota, světlo a vlastnosti substrátu (přítomnost patogenů, obsah soli, mykorhizy apod.) (Bláha a kol., 2011). Opomíjeným, avšak významným semenářským kritériem je rychlost a vyrovnanost klíčení. Procento klíčivosti je vyjádřením podílu klíčivých semen v testovaném vzorku, hodnoceném na konci období vymezeného počtem dnů, kdy se předpokládá, že klíčení je ukončeno (Bam et al., 2006).

K vnějším faktorům, které mohou ve finále ovlivnit klíčení, také patří způsob sběru semen, jejich uskladnění, mechanické poškození, ožer hmyzem, stáří, infekce fytopatogeny, technika výsevu (Houba a Hosnedl 2002).

Stresory mohou ovlivňovat tvorbu semene, tím že oslabí rostlinu. V extrémním případě může dojít až ke vzniku semen, která nejsou schopna vyklíčit (Bláha, 2003).

Za klíčící semeno je zpravidla prohlášeno to, které má vyvinutý kořínek min. 1-2 mm (Honsová a kol., 2011) a proroste přes osemení na povrch a začne vyčnívat (Benech-Arnold et al., 2003).

Laboratorně prováděné testy klíčivosti jsou vedeny s cílem získat informace o absolutním počtu klíčivých semen ve vzorku (Bláha, 2005). Testy jsou zakládány v daném prostředí s nastavitelnými faktory tak, aby byly splněny, pokud možno, optimální podmínky pro klíčení semen. Polní vzházivost je procentuální vyjádření množství semen, která v přírodních podmínkách vzešla z celkového počtu vyšetřovaných klíčivých semen. Založení porostu ze semen je výsledkem vztahu mezi kvalitou semen (vitalitou) a podmínkami prostředí, které se v praxi může lišit od požadovaného optima (Atiyeh et al., 2000). Méně kvalitní osivo představuje riziko pro pěstitele z hlediska možné horší polní vzházivosti, ale i výnosů zrna (Honsová a kol., 2011). Význačným faktorem, který ovlivňuje embryonální metabolismus a klíčivost je teplota. Semena z různých druhů rostlin jsou schopna klíčit v různém rozsahu teplot. Většina semen rostlin našeho vegetačního pásu klíčí nejlépe při „pokojové teplotě“ 16 - 24 °C. Při teplotách výrazně nižších (bod mrazu) nebo výrazně vyšších (35 °C) se klíčení zpomaluje nebo ustává (Song et al., 2005). Světlo působí na klíčení semen a nároky různých rodů a druhů se liší. Semena vyžadující světlo klíčí nejlépe při rozsahu vlnových délek od cca 500 do 700 nm a to odpovídá zelenému až červenému spektru (Piskurewitz et al., 2009).

Pro stanovování klíčivosti v běžných laboratorních podmínkách plně postačí semena testovat na sterilizovaných Petriho miskách s vrstvami filtračního papíru. Díky variabilitě je ze statistického hlediska lepší mít založeno méně semen na více Petriho miskách. Tedy například: 5 misek po 30 semenech, než 3 misky po 50 semenech. Uvádí se, že statistika je přesný nástroj, který pracuje s velmi nepřesnými daty. Proto by pokusy měly být v maximální možné míře bez rušivých vlivů a tedy co „nejčistší“, aby získaná data byla co nejpřesnější a skutečně dokázala odpovídat na testované hypotézy (Nicolas, c2003).

### **3.3.1 Vliv zasolení na klíčení**

Negativně na klíčivost semen působí i zasolení půdy. Životaschopnost semen v půdě záleží na vnějších podmínkách a na hloubce uložení. Pokud se semena nenacházejí v povrchové vrstvě, vydrží životaschopné více než 6 let (Jursík, 2011). Solný stres ovlivňuje život rostlin od klíčení semen, přes růst, kvetení až po vývoj plodů různými způsoby: snížením vodního potenciálu (nedostatečný příjem vody) a přímou toxicitou iontů  $\text{Na}^+$  a  $\text{Cl}^-$  (Mořková, 2014). Zvýšení koncentrace  $\text{NaCl}$  postupně inhibuje klíčivost semen a tato inhibice je větší ve tmě než na světle (Gul and Weber, 1999).

Klíčení semen je zpomalováno v přítomnosti solného roztoku (Kent and Lauchli, 1985). Snížení klíčení může být způsobeno nízkým osmotickým potenciálem, ke kterému dochází v zasolených podmínkách (Atia et al., 2006). Při vyšších koncentracích zasolení se klíčení

zastaví nebo sníží energii, zatímco při nižších koncentracích NaCl vyvolá pouze dormanci (Kent and Lauchli, 1985).

Důležité je zmínit, že halofytní rostliny snášejí vyšší koncentraci zasolení než ostatní rostliny. Pokud chtějí vyklíčit semena halofytů, tak mají schopnost setrvat v dormanci a vyklíčit později, než se zasolení sníží na vhodné podmínky (koncentraci). Přibližně 1 % pevninských druhů rostlin je schopno přežít a rozmnožovat se v zasolených půdách (Mořková, 2014).

## 4 Metodika

### 4.1 Rostlinný materiál

Základním cílem bylo zjistit fyziologické reakce dvou druhů listových salátů a to Kozlíčku polníčku a Rokety seté vlivu zasolení na klíčivost semen. U těchto rostlin jsme mohli sledovat mezidruhové rozdíly, jak působí vliv zasolení na rostliny.

Jako pokusné rostliny byly vybrány 2 druhy – Kozlíček polníček (*Valerianella locusta* L.) a Roketa setá (*Eruca sativa* Mill.). Osivo použité k pokusu bylo komerčního původu.

#### 4.1.1 Kozlíček polníček (*Valerianella locusta*)

Rod Kozlíček řadíme do čeledi zimolezovitě (*Caprifoliaceae*). Polníček řadíme mezi listové saláty. Nutričně jde ale o mnohem významnější zeleninu než například klasický hlávkový salát (Bylinkář S., 2014). Kozlíček polníček je jednoletou až dvouletou ozimou rostlinou s výškou obvykle 10-20 centimetrů, která pochází od střeozemního moře. Jedná se o rostlinku rostoucí v malých růžicích s protáhlými listky (Graphene, 2012 - 2013). Květy jsou drobné a nevýrazné, namodralé barvy. Malá semena jsou světle hnědá a podržují si klíčivost tři až pět let. Rostlina má mělký kořenový systém. Rostlina je rozšířena téměř po celé Evropě, Asii, Austrálii a Americe (Havlová, 2013). Nejčastěji se pěstují kultivary Holandský nebo Deutscher, který se dováží z Německa. V ČR se vyskytuje na kamenitých svazích, polích, travinách a příkopech od nížin až po podhorské oblasti. Kozlíček lze pěstovat téměř po celý rok (Havlová, 2013). Polníček se vysévá v březnu a dubnu pro podzimní sklizeň a v září pro jarní sklizeň. Sklízíme nadzemní část rostliny, kdy má rostlina 3-4 páry listů.

Rostlina má vysokou výživovou hodnotu a obsahuje vitamín C, která je potřeba v zimním období. Dále obsahuje provitamin A, vitaminy B, fosfor, vápník, železo a kyselinu listovou (Graphene, 2012 - 2013).



Obr 4: Kozlíček polníček (*Valerianella locusta*).



Zdroj: <https://www.ireceptar.cz/zahrada/uzitkova-zahrada/zdravy-a-otuzily-salat-kozlicek-polnicek-pestovani-sklizen-vyuziti>

#### 4.1.2 Roketa setá (*Eruca sativa*)

Svůj původ má ve Středomoří a západní Asii (Bianco, 1995). Roketa je jednoletá rostlina patřící do čeledi brukvovitých (*Brassicaceae*) a dosahuje výšky 10 - 60 cm. Vytváří různí lyrovitě peřenoklaných listů se zubatým okrajem a roste v trsech. Květy jsou poměrně velké a je jich málo. Zbarvení květů je světle žluté s fialovými žilkami. Plodem je šešule (12 - 25 x 3 - 5 mm). Semena jsou drobná, 1,5 - 2 mm velká, hnědá až načervenalá a jsou v šešulích uspořádaná ve dvou řadách (Miyazawa et al., 2002). Roketa obsahuje vysoké množství kyseliny erukové. Celkové množství oleje v semeni je 29,1 % (Miyazawa et al., 2002). Jedná se o rostlinu, které se dobře daří na českém území. Má ráda teplejší a sušší oblasti, ale vydrží také teploty do -4 stupňů celsia (Doležalová a kol., 2013).

Roketa setá (*Eruca sativa*) je rostlina, která se stále častěji objevuje jako součást zdravých receptů. Ačkoliv k nám přišla teprve nedávno, dnes se celkem běžně používá jako hlavní složka zeleninových salátů i různých italských či řeckých pokrmů (Frynta a Patočka, 2014). Roketa má krátkou vegetační dobu v průměru 3 měsíce a je vhodná pro pěstování v bytě – vyžaduje jen 3 hodiny slunečního světla denně (Doležalová a kol., 2013). Roketu označujeme jako blízkou příbuznou všem dobře známé řepky, hořčice, zelí, kapusty a řady dalších pro člověka významných rostlin (Frynta a Patočka, 2014).

Obr 5: Roketa setá (*Eruca sativa*).



Zdroj: <https://www.receptyonline.cz/roketa-seta/>

## **4.2 Sledované parametry klíčivosti semen Kozlíčku polníčku a Rokety seté**

### **4.2.1 Klíčivost semen (SG)**

Procento klíčivosti je základním kritériem kvality osiva. Objektivní příčinou může být dormance semen, neboť biologickým testem nelze rozlišit semeno dormantní od neživotaschopného. Nelze opomenout ani technické podmínky při klíčení, definice vadných klíčků a zkušenosti pracovníka (Mayer and Poljakoff-Mayber, 1982).

Pro stanovení klíčivosti semen v procentech (SG) jde využít tento vzorec:

$$SG = G_f / S * 100$$

Kde,  $G_f$  značí počet vyklíčených semen na konci kultivace a  $S$  celkový počet testovaných semen (Bam et al., 2006).

#### **4.2.2 Energie klíčení (GE)**

Energie klíčení vyjadřuje procentuální množství vyklíčených semen za časový úsek. U cíleně pěstovaných druhů rostlin bývá vyrovnané klíčení.

Pro výpočet energie klíčení jsme použili tento vzorec:

$$GE = G_t / S * 100$$

Kde,  $G_t$  značí počet vyklíčených semen ve dne  $t$ ,  $S$  značí celkový počet testovaných semen (Bam et al., 2006).

#### **4.2.3 Rychlost klíčení (SG) semen**

Rychlost klíčení je poměr počtu vyklíčených semen na začátku a na konci stanovené doby a je vyjádřena v procentech. Tento pokus vypovídá o celkové vitalitě testovaných semen.

Vzorec pro výpočet rychlosti klíčení (SG):

$$SG = G_t / G_f * 100$$

Kde,  $G_t$  značí počet vyklíčených semen ve dne  $t$  a  $G_f$  značí počet vyklíčených semen na konci kultivace (Houba a Hosnedl 2002, Procházka et al., 2013).

### 4.3 Charakteristika pokusu

Pokus byl založen ve 2 variantách. První varianta (Kozlíček polníček) byla testována na 450 semenech a druhá varianta (Roketa setá) také probíhala se 450 semeny.

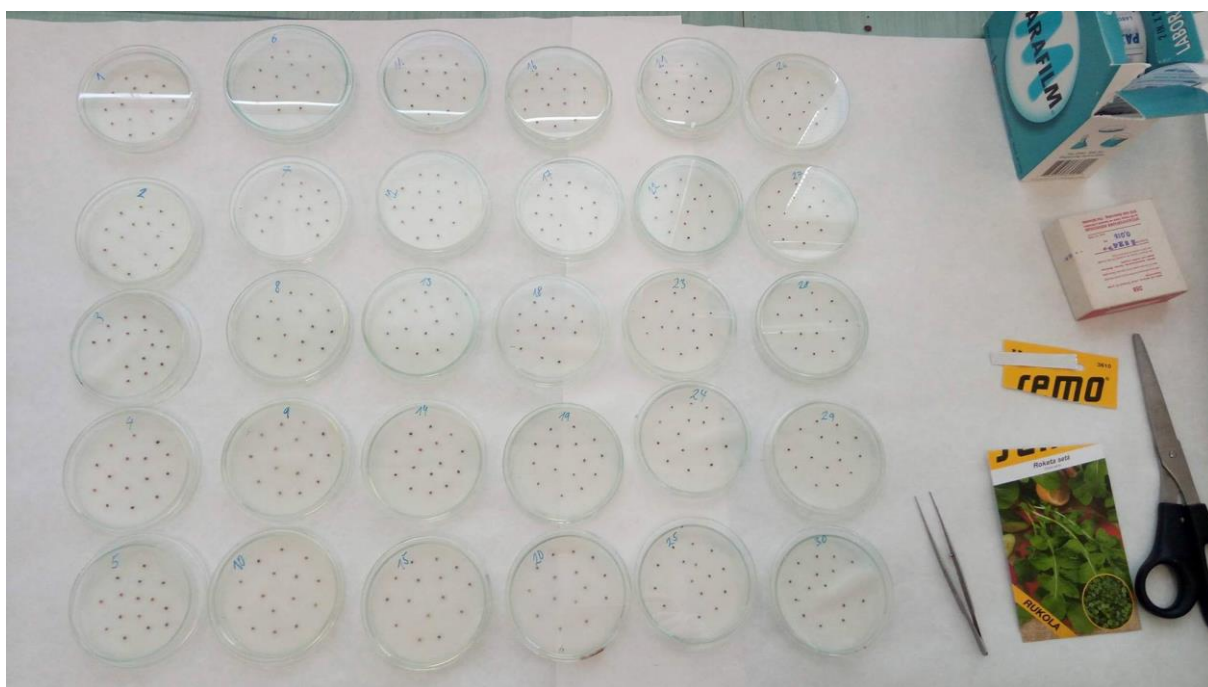
Pro účely pokusu byly zvoleny koncentrace chloridu sodného ( $\text{NaCl}$ )  $5 \text{ mmol.l}^{-1}$ ,  $10 \text{ mmol.l}^{-1}$ ,  $25 \text{ mmol.l}^{-1}$ ,  $50 \text{ mmol.l}^{-1}$ ,  $100 \text{ mmol.l}^{-1}$  a pro kontrolu byla použita destilovaná voda. Pokus byl založen v 5 opakováních.  $\text{NaCl}$  bylo naváženo v misce na vahách s přesností na desetitisíciny gramu. Navážka soli byla  $5,8443 \text{ g}$  a následně se rozpustila ve  $100 \text{ ml}$  destilované vody. S použitými koncentracemi soli nadále pracujeme. Semena klíčila na filtračním papíru v Petriho miskách o průměru  $12 \text{ cm}$ . Celkem bylo použito 30 Petriho misek a 450 semen pro Kozlíček polníček a totožné hodnoty byly použity i u Rokety seté. V jedné Petriho misce bylo stejnoměrně uloženo 15 semen.

Obr 6: Jednotlivé koncentrace roztoků chloridu sodného a destilované vody.



Zdroj: Autor

Obr 7: Připraveno 30 Petriho misek (450 semen) Rokety seté s různými koncentracemi NaCl.



Zdroj: Autor

#### 4.4 Ošetření osiva

Před založením pokusu osivo Kozlíčku a Rokety nebylo chemicky ošetřeno.

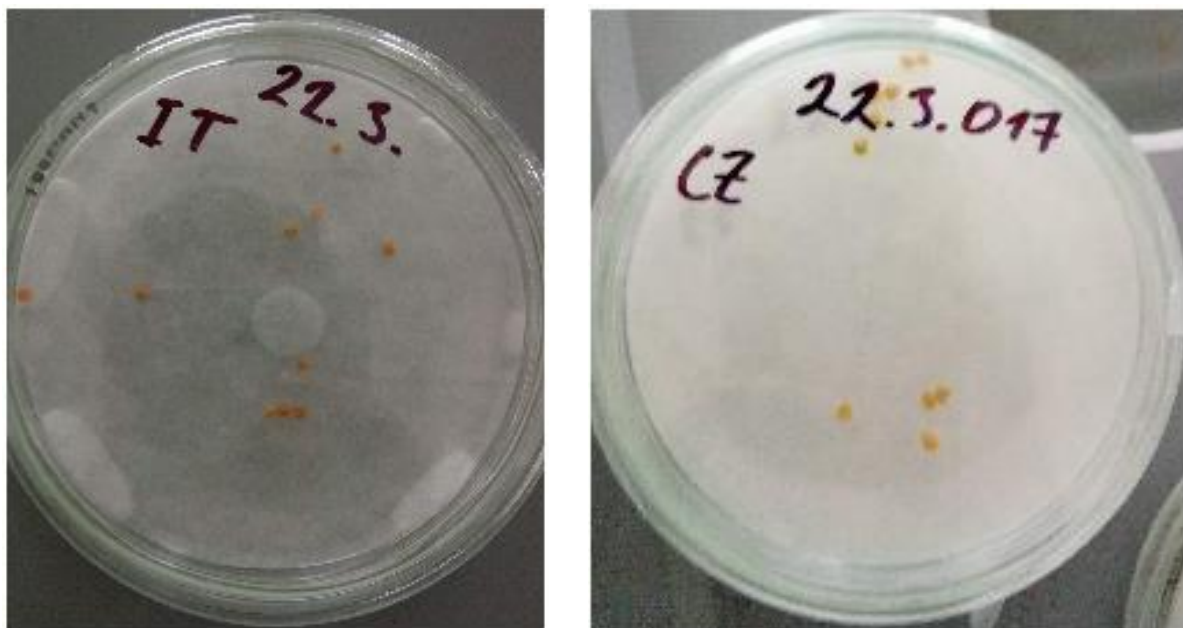
#### 4.5 Postup pokusu u Kozlíčku polníčku

U kozlíčku se provedl kontrolní předběžný pokus s 2 genotypy, aby se zjistilo, který bude vhodnější k pokusu. Vybrané genotypy – Kozlíček polníček *Verte de Cambrai*, který pocházel z České republiky a druhý genotyp byl Kozlíček polníček *GALA* pocházející z Itálie. K pokusu byl vybrán Kozlíček polníček pocházející z České republiky, protože lépe klíčil.

Pokus s Kozlíčkem *Verte de Cambrai* byl založen 29. 3. 2017 a probíhal celkem 12 dní během, kterých se prováděli pravidelné kontroly u 30 Petriho misek po 15 semenech. Ukončení pokusu proběhlo 10. 4. 2017. Pravidelné kontroly probíhaly třetí, pátý, šestý, sedmý, osmý, devátý a dvanáctý den, kdy byl pokus ukončen. Do každé Petriho misky bylo pipetou odměřeno 2 ml roztoku. Aby se předešlo ztrátám vody, tak okraje Petriho misek byly pevně utěsněny nepropustným bezbarvým parafilmem. Při kontrolách se zjišťoval počet vyklíčených semen a měřila se délka hypokotylu při různých koncentracích NaCl.

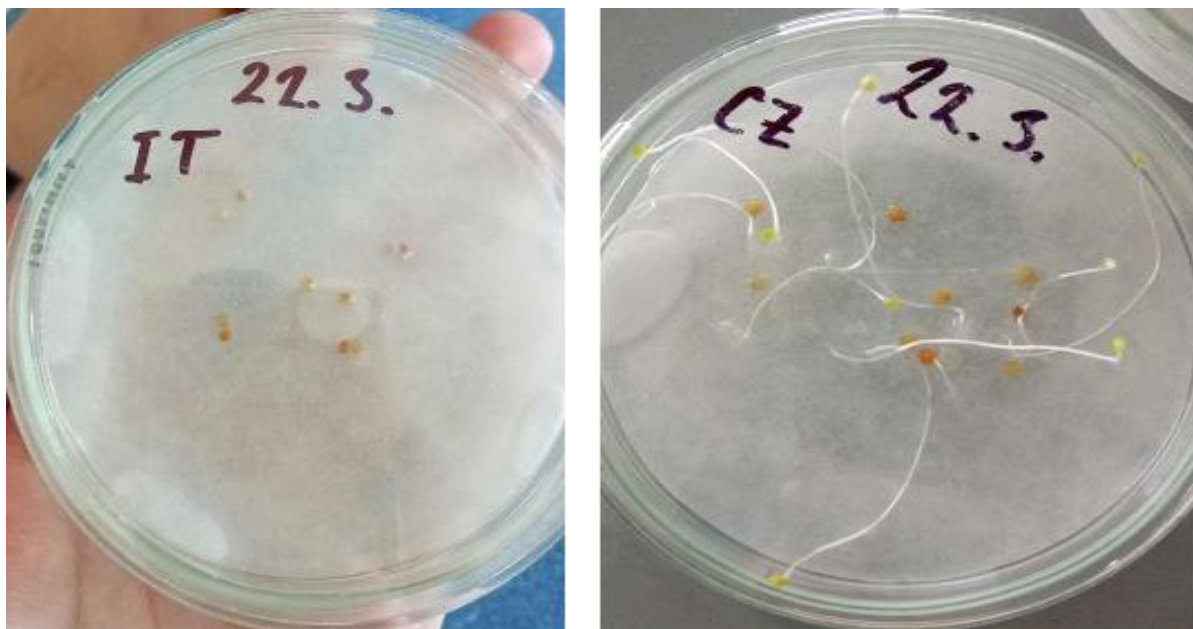


Obr 8 a 9: Předběžný pokus 2 genotypů Kozlíčku polníčku: *GALA* (IT) a *Verte de Cambrai* (CZ).



Zdroj: Autor.

Obr 10 a 11: Kontrolní vzorky 2 genotypů Kozlíčku: *GALA* (IT) a *Verte de Cambrai* (CZ) po 15 dnech.



Zdroj: Autor.

## **4.6 Postup pokusu Rokety seté**

U Rokety seté byl pokus založen 20. 4. 2017 a trval 4 dny. Kontroly u odrůdy Astro se prováděly u 30 Petriho misek po 15 semenech v každé z nich. Pokus byl ukončen 24. 4. 2017. Kontroly u Rokety probíhaly první a čtvrtý den. V každé Petriho misce bylo napipetováno 2 ml solného roztoku a utěsněno parafilmem stejně jako bylo u předešlého pokusu s Kozlíčkem. Při kontrolách se zjišťoval počet vyklíčených semen, délka hypokotylu a délka kořínku při různých koncentracích chloridu sodného v Petriho miskách.

## **4.7 Podmínky klíčení**

Rostliny byly pěstovány v řízených teplotních podmínkách v termostatu na Katedře botaniky a fyziologie rostlin FAPPZ ČZU v Praze. Termostat byl v průběhu pokusu Kozlíčku i Rokety nastaven na teplotu 26 °C.

## 5 Výsledky

### 5.1 Kozlíček polníček

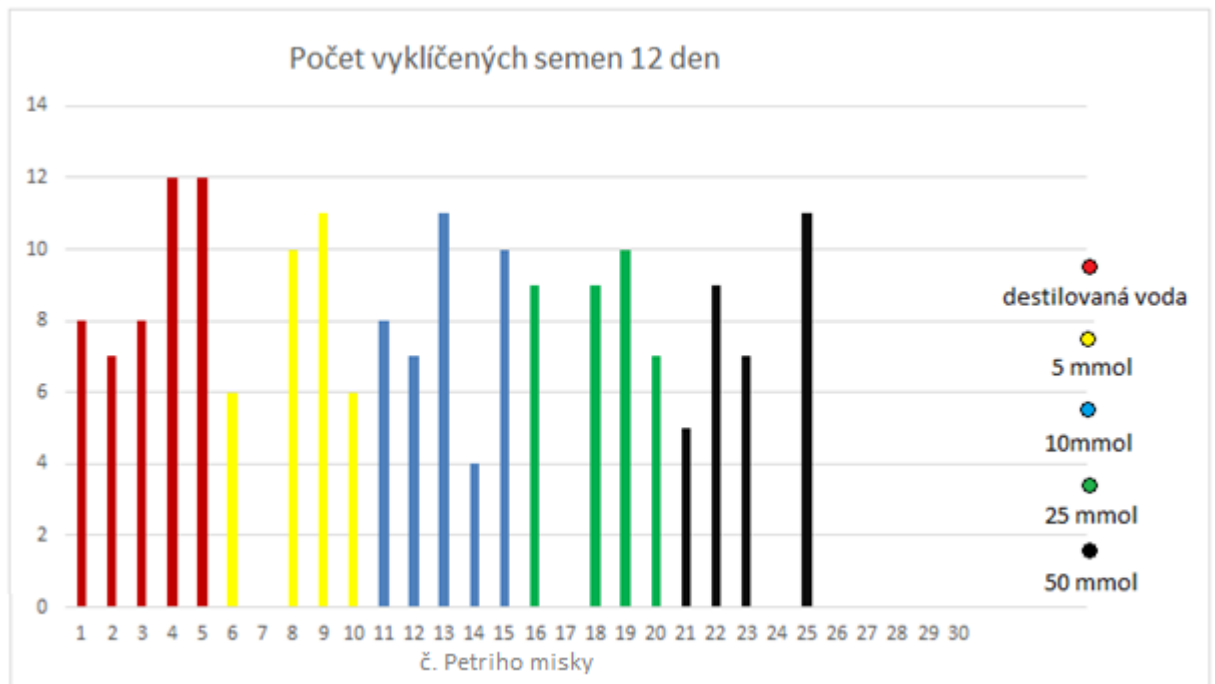
#### 5.1.1 Výsledky pokusu Kozlíčku polníčku

Nejvíce vyklíčených semen můžeme pozorovat u pokusu s destilovanou vodou, kde vyklíčilo 47 semen ze 75.

U koncentrace 10 mmol.l<sup>-1</sup> bylo zaznamenáno 40 vyklíčených semen z možných 75.

Varianty s koncentracemi 5, 25 a 50 mmol.l<sup>-1</sup> obsahují podobné hodnoty a pohybují se kolem 33 vyklíčených semen.

Semena, která klíčila v roztoku s koncentrací 100 mmol.l<sup>-1</sup> dosáhla negativních výsledků, protože nevyklíčila žádná semena ze 75 možných.



Graf 1: Počet vyklíčených semen Kozlíčku polníčku 12 den u jednotlivých koncentrací NaCl.



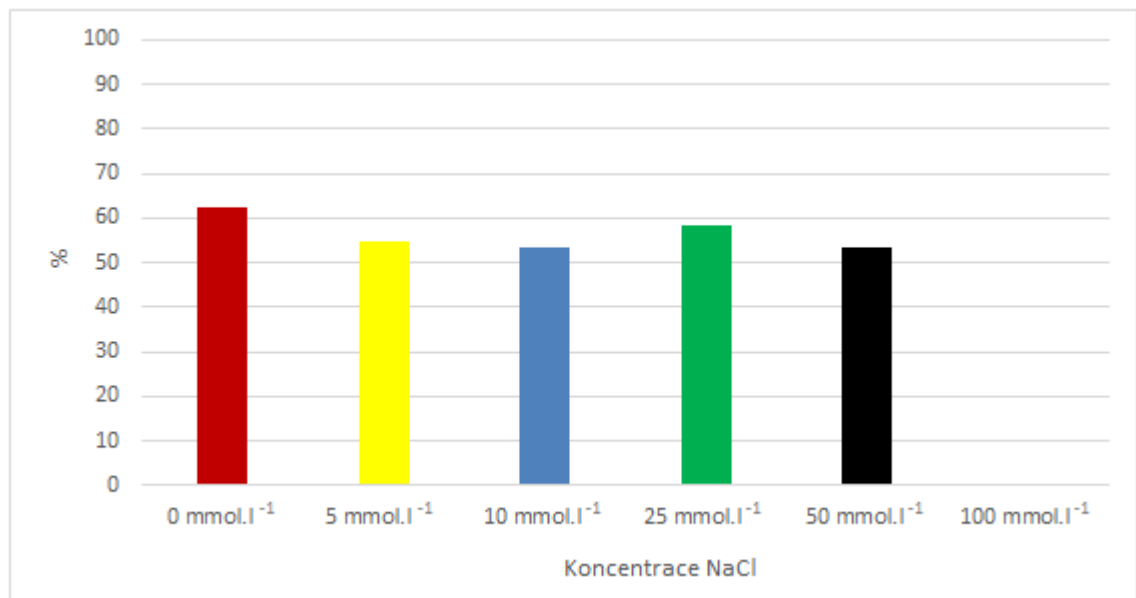
### 5.1.2 Klíčivost semen (SG) Kozlíčku polníčku

Při pokusu s destilovanou vodou (červený sloupec) byla průměrná klíčivost semen 62,66 %.

Při koncentraci 5 mmol.l<sup>-1</sup> (žlutý sloupec) byla průměrná klíčivost semen 55,00 %, u další varianty s koncentrací 10 mmol.l<sup>-1</sup> (modrý sloupec) byla průměrná klíčivost semen 53,33 %

U varianty se zasolením 25 mmol.l<sup>-1</sup> (zelený sloupec) byla průměrná klíčivost 58,34 % a při koncentraci 50 mmol.l<sup>-1</sup> (černý sloupec) byla průměrná klíčivost 53,33 %.

Nejlepších výsledků dosáhla semena v koncentraci 0 mmol.l<sup>-1</sup> a to byla destilovaná voda. Nejméně přizpůsobivá semena byla u varianty s koncentrací 100 mmol.l<sup>-1</sup>, tyto semena měla nulovou klíčivost.

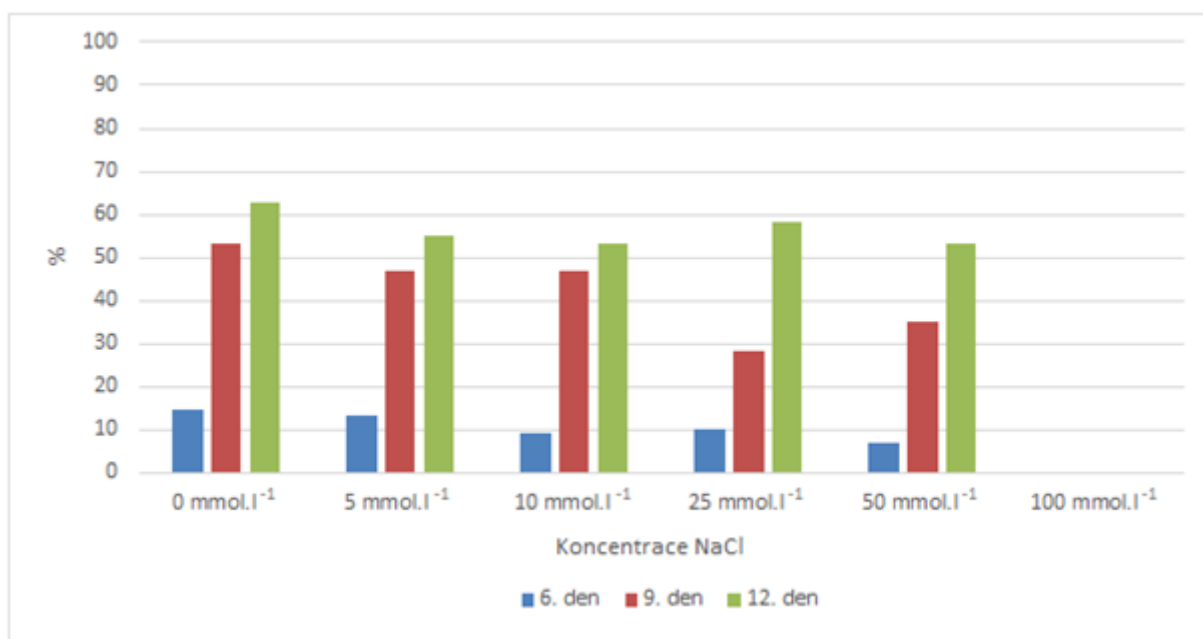


Graf 2: Klíčivost semen Kozlíčku polníčku v procentech (%) 12 den u jednotlivých koncentrací NaCl.

### 5.1.3 Energie klíčení (GE) Kozlíčku polníčku

Z grafu vyplývá, že nejvyšší klíčivost se vyvíjela 9 a 12 den kontroly. Naopak nejnižší klíčivost byla vyvinuta v prvních dnech kontrol.

Nejvyšších hodnot energie klíčení nabývala semena ve 12 den u destilované vody a to 62,66 %. V grafu je patrné, že se vzrůstajícími koncentracemi NaCl se energie klíčení snižovala. Nejméně vhodné podmínky se projeví u semen s koncentrací 100 mmol.l<sup>-1</sup> zasolením, která nevyklíčila.



Graf 3: Energii klíčení semen Kozlíčku polníčku.

#### 5.1.4 Rychlost klíčení semen (SG) Kozlíčku polníčku

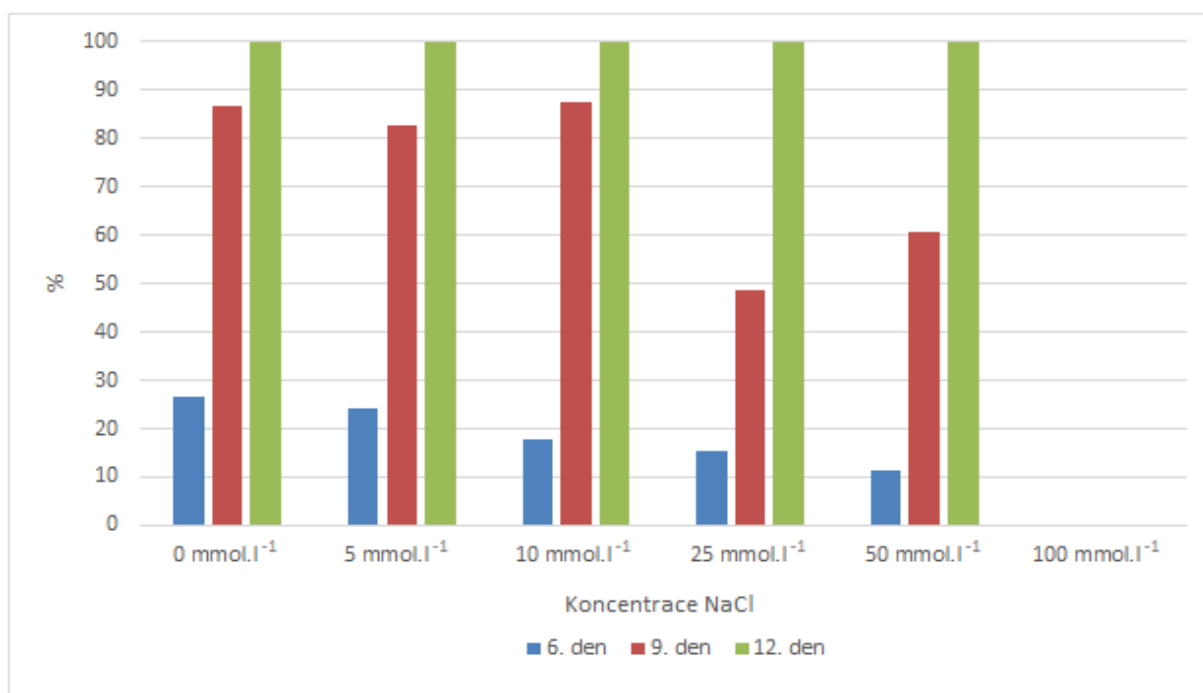
Šestý den kontroly začínají semena intenzivněji klíčit. Nejrychlejší klíčivost semena pozorujeme u destilované vody a 5 mmol.l<sup>-1</sup> koncentrace NaCl. Nižší rychlost klíčivosti semen registrujeme u koncentrací 10, 25 a 50 mmol.l<sup>-1</sup>.

Devátý a dvanáctý den rychlost klíčivosti stoupá a nejrychleji klíčí semena jsou v destilované vodě, 5 mmol.l<sup>-1</sup> a 10 mmol.l<sup>-1</sup> roztoku.

V následujících miskách s vyššími koncentracemi solného roztoku 25 mmol.l<sup>-1</sup> a 50 mmol.l<sup>-1</sup> je rychlost klíčivosti semen nižší.

V solném roztoku 100 mmol.l<sup>-1</sup> nevyklíčila žádná semena.

Tento graf nám ukazuje, že se zvyšující se koncentrací NaCl na počátku klíčení klesá rychlost klíčení semen.



Graf 4: Rychlost klíčení semen Kozlíčku polníčku.

### 5.1.5 Hypokotyl Kozlíčku polníčku

Průměrná délka hypokotylu u vyklíčených semen v destilované vodě na konci kultivace byla naměřena 22,35 mm. Nejdelší hypokotyl měřil 35 mm a nejkratší 10 mm.

Z naměřených hodnot u 5 mmol.l<sup>-1</sup> roztoku byla zjištěna průměrná délka hypokotylu 27,06 mm, délka nejdelšího hypokotylu měla 40 mm a nejkratšího 12 mm.

Kontrola 10 mmol.l<sup>-1</sup> roztoku zaznamenala průměrnou délku hypokotylu 24,28 mm, přičemž nejdelší hypokotyl měřil 42 mm a nejkratší 11 mm.

Dvanáctý den u 25 mmol.l<sup>-1</sup> koncentrace soli byl naměřen průměr hypokotylu 19,43 mm, nejdelší hypokotyl měřil 35 mm, nejkratší měl 8 mm.

Solný roztok s koncentrací 50 mmol.l<sup>-1</sup> měl průměrnou hodnotu hypokotylu 19,58 mm, nejdelší hypokotyl dosahoval 31 mm a nejkratší 7 mm.

Semena s koncentrací soli 100 mmol.l<sup>-1</sup> vůbec nevyklíčila a tak průměrná délka hypokotylu dosahovala hodnoty 0 mm.

Nejvyšší průměrná délka hypokotylu byla u pokusu s koncentrací 5 mmol.l<sup>-1</sup> NaCl a délka činila 27,06 mm. Negativně dopadl pokus v solném roztoku s koncentrací 100 mmol.l<sup>-1</sup>, kde nevyklíčila žádná semena.

	6. den	7. den	8. den	9. den	12. den
0 mmol.l <sup>-1</sup>	0,00	3,67	6,69	12,67	22,35
5 mmol.l <sup>-1</sup>	5,00	5,20	9,92	14,23	27,06
10 mmol.l <sup>-1</sup>	0,00	7,00	7,00	13,35	24,28
25 mmol.l <sup>-1</sup>	0,00	7,00	12,25	11,55	19,43
50 mmol.l <sup>-1</sup>	0,00	0,00	6,00	12,00	19,58
100 mmol.l <sup>-1</sup>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tab 1: Graf zobrazující průměrné délky (mm) hypokotylů.

## 5.2 Roketa setá

### 5.2.1 Výsledky pokusu Rokety seté

Při první kontrole, která proběhla první den po založení pokusu lze říci, že od vzorků s destilovanou vodou až po  $25 \text{ mmol.l}^{-1}$  roztok soli vyklíčilo více než polovina semen.

U koncentrací  $50$  a  $100 \text{ mmol.l}^{-1}$  můžeme první den pozorovat výrazný pokles vyklíčených semen než u předešlých vzorků.

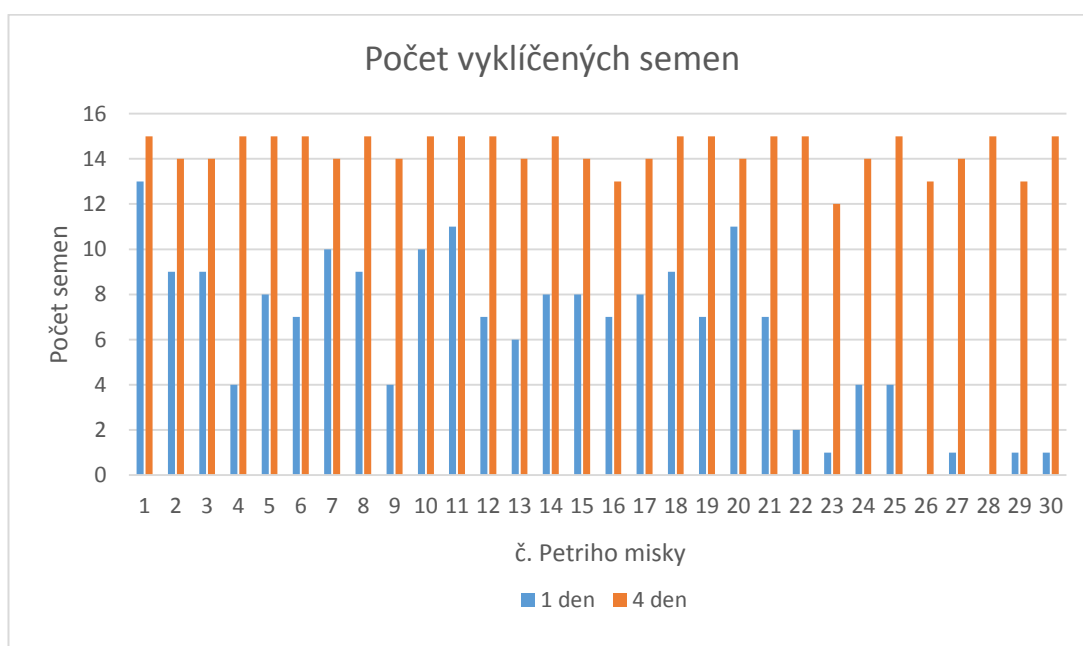
Další kontrola proběhla čtvrtý den a lze vidět, že vyklíčila téměř všechna semena bez ohledu na to, v jaké koncentraci chloridu sodného klíčila.

Nejvíce vyklíčených semen na konci pokusu zaznamenaly hned 3 varianty: destilovaná voda,  $5 \text{ mmol.l}^{-1}$  a  $10 \text{ mmol.l}^{-1}$ . U všech třech koncentrací vyklíčilo 73 semen ze 75 možných.

Při koncentraci  $25$  a  $50 \text{ mmol.l}^{-1}$  vyklíčilo 71 semen ze 75.

Nejméně vyklíčených semen zaznamenal poslední vzorek s nejvyšším zasolením, u kterého vyklíčilo 70 semen ze 75.

Z naměřených výsledků vyplývá, že rozdíly v počtu vyklíčených semen byly minimální.



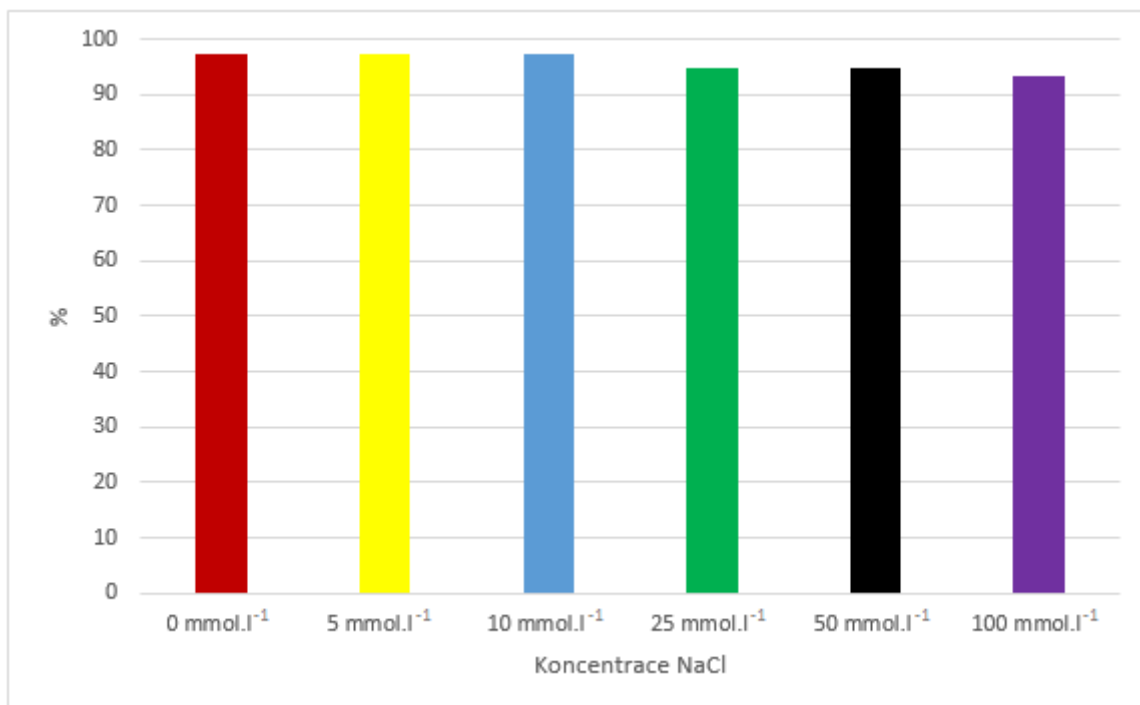
Graf 5: Počet vyklíčených semen 1. a 4. den v jednotlivých Petriho miskách.

### 5.2.2 Klíčivost semen (SG) Rokety seté

Výzkum průměrné klíčivosti semen Rokety seté se pohyboval od 93,33 % do 97,33 %. Nejvyšší klíčivost dosáhly koncentrace 0 mmol.l<sup>-1</sup>, 5 mmol.l<sup>-1</sup> a 10 mmol.l<sup>-1</sup>. Všechny 3 varianty NaCl dosáhly stejného výsledku klíčivosti semen a to 97,33 %.

Varianty s 25 mmol.l<sup>-1</sup> a 50 mmol.l<sup>-1</sup> koncentrací NaCl zaznamenaly klíčivost semen o necelá 3 % nižší, než u předchozích variant. Nejnižší zaznamenaná klíčivost semen byla změřena u koncentrace 100 mmol.l<sup>-1</sup> a činila 93,33 %.

Můžeme říci, že při šesti různých testovaných koncentracích měl chlorid sodný na konci pokusu minimální vliv na klíčivost semen.



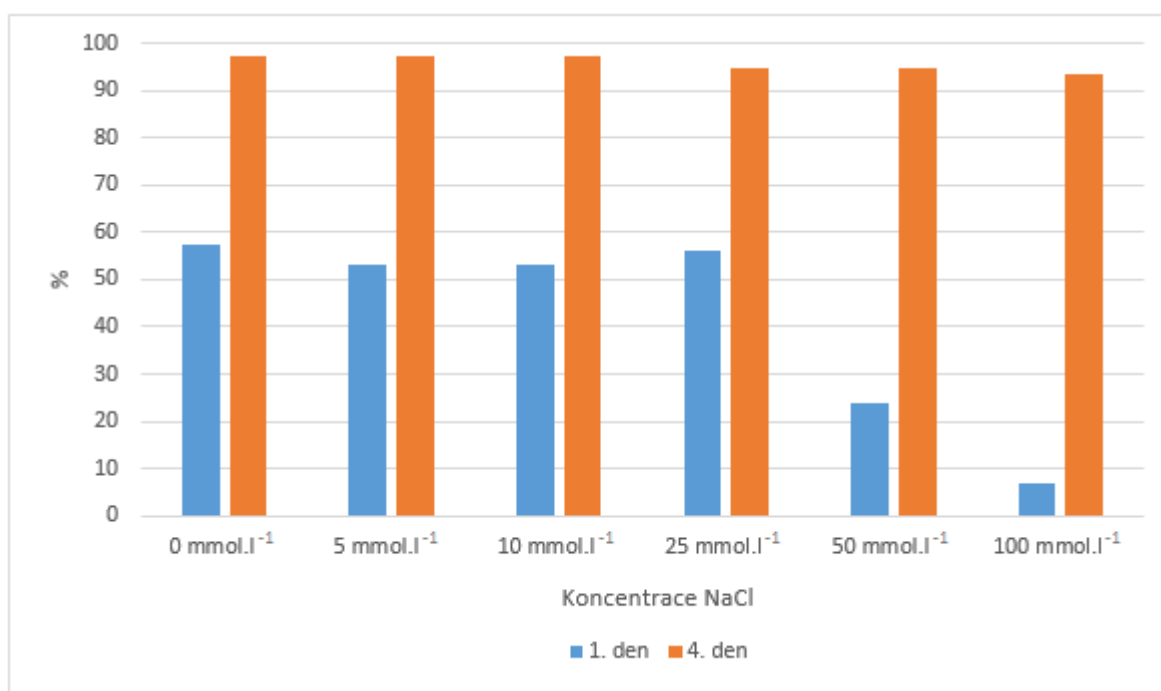
Graf 6: Graf zobrazující procento vyklíčených semen Rokety seté na konci pokusu.

### 5.2.3 Energie klíčení (GE) Rokety seté

Kontrola provedená první den u destilované vody, 5, 10 a 25 mmol.l<sup>-1</sup> koncentrace chloridu sodného ukazuje vyrovnané výsledky energie klíčení. Získané průměrné hodnoty dosahovaly 53,33 % až 57,33 % energie klíčení.

Propad při první kontrole energie klíčení semen nastal u vzorků s koncentracemi 50 a 100 mmol.l<sup>-1</sup>, kde se průměrné hodnoty pohybovaly v rozmezí 6,67 % až 24,00 %.

Energie, čtvrtý a zároveň poslední den pokusu dosahovala vyrovnaných hodnot. Nejvyšších průměrných hodnot 97,33 % v den ukončení pokusu nabývaly 0, 5 a 10 mmol.l<sup>-1</sup> koncentrace NaCl. Z tabulky nakonec vyplývá, že vliv zasolení u všech koncentrací čtvrtý den je podobné a nejsou tam žádné větší výkyvy energie při klíčení semen Rokety seté.



Graf 7: Energii klíčení Rokety seté v procentech.

#### 5.2.4 Rychlost klíčení (SG) Rokety seté

První den kontroly dosahovala průměrná rychlost klíčení semen v destilované vodě hodnoty 59,05 % a u koncentrace 25 mmol.l<sup>-1</sup> jsme zaznamenali průměrnou rychlost klíčení 59,25 %.

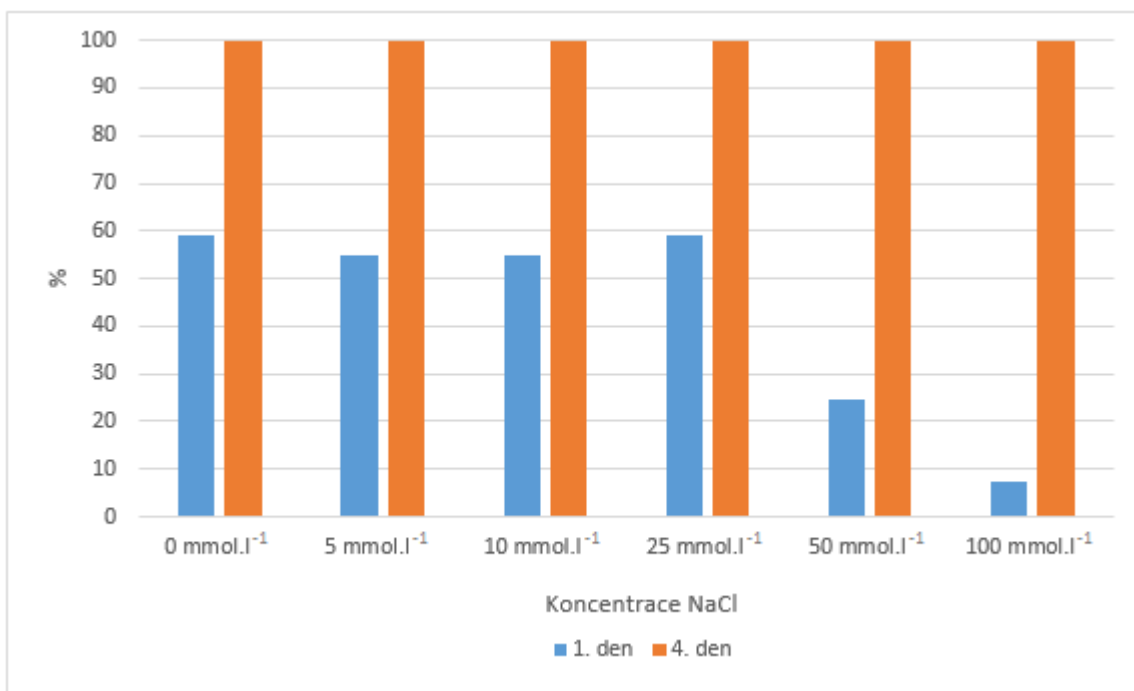
U dalších Petriho misek s koncentracemi 5 a 10 mmol.l<sup>-1</sup> dosahovala průměrná rychlost klíčení semen stejných hodnot a tato hodnota byla 54,67 %.

Koncentrace 50 a 100 mmol.l<sup>-1</sup> dosahovaly horších výsledků, než u menších koncentracích NaCl. Průměrná rychlost klíčení semen roztoku 50 mmol.l<sup>-1</sup> chloridu sodného činila 24,71 %.

První den kontroly u varianty se 100 mmol.l<sup>-1</sup> zasolením vody byla naměřena průměrná hodnota rychlosti klíčení 7,17 %.

Nejlépeších výsledků tedy dosahovaly koncentrace s destilovanou vodou, 5 mmol.l<sup>-1</sup>, 10 mmol.l<sup>-1</sup> a 25 mmol.l<sup>-1</sup> zasolením roztoku NaCl.

Nejméně vhodné prostředí pro rychlost klíčení semen bylo u poslední sledované koncentrace NaCl.



Graf 8: Rychlost klíčení semen Rokety seté v procentech.



### 5.2.5 Průměrné délky hypokotylů a kořínků Rokety seté

Při koncentraci 0 mmol.l<sup>-1</sup> (destilovaná voda) byla průměrná délka hypokotylu 20,75 mm a délka kořínku 22,52 mm. Nejdelší hypokotyl dosahoval délky 29 mm. Nejdelší kořínek zaznamenaný v destilované dosahoval délky 46 mm.

Při koncentraci 5 mmol.l<sup>-1</sup> byla průměrná délka hypokotylu 21,81 mm a průměrná délka kořínku 25,29 mm. Nejdelší hypokotyl změřený čtvrtý den měřil 30 mm a kořínek 51 mm.

Při koncentraci 10 mmol.l<sup>-1</sup> dosahovala průměrná délka hypokotylu 24,27 mm a nejdelší z nich měřil 33 mm. Průměrná délka kořínku Rokety dosahovala 29,99 mm a nejdelší kořínek měřil 58 mm.

U koncentrace 25 mmol.l<sup>-1</sup> byla naměřena průměrná délka hypokotylu 24,94 mm a průměrná délka kořínku byla 23,55 mm. Nejdelší naměřený hypokotyl u této koncentrace měřil 32 mm a nejdelší naměřený kořínek měl 49 mm.

Při koncentraci 50 mmol.l<sup>-1</sup> dosahovala průměrná délka hypokotylu 13,27 mm a průměrná délka kořínku dosahovala 16,96 mm. Nejdelší změřený hypokotyl měřil 25 mm a nejdelší kořínek dosahoval 31 mm.

U solného roztoku 100 mmol.l<sup>-1</sup> byla naměřena průměrná délka hypokotylu 10,95 mm a průměrná délka kořínku byla 10,84 mm. Nejdelší změřený hypokotyl dosahoval 22 mm a nejdelší kořínek měl 25 mm.

Výrazný pokles průměrných délek kořínků a hypokotylů byl zaznamenán u 50 a 100 mmol.l<sup>-1</sup> koncentrací solného roztoku.

	4. den	
	Kořínek	Hypokotyl
0 mmol.l <sup>-1</sup>	22,52	20,75
5 mmol.l <sup>-1</sup>	25,29	21,81
10 mmol.l <sup>-1</sup>	29,99	24,27
25 mmol.l <sup>-1</sup>	23,55	24,94
50 mmol.l <sup>-1</sup>	16,96	13,27
100 mmol.l <sup>-1</sup>	10,84	10,95

Tab 2: Tabulka zobrazuje průměrné délky (mm) kořínků a hypokotylů 6 variant zasolení Rokety seté na konci kultivace.

## 6 Diskuze

Pokus byl zaměřen na pozorování klíčících semen Kozlíčku polníčku (*Valerianella locusta*) a Rokety seté (*Eruca sativa*). Cílem pokusu bylo zjistit odolnost klíčivosti semen na zasolení. U kozlíčku polníčku bylo předmětem měření zjistit počet vyklíčených semen na konci kultivace, klíčivost semen, energie klíčení, rychlost klíčení a délku hypokotyly. U Rokety seté se stanovoval počet vyklíčených semen na konci kultivace, klíčivost semen, energie klíčení, rychlost klíčení, délka hypokotyly a délka kořínku.

Přítomností solného roztoku je zpomalováno klíčení semen, zpomaluje se dlouhivý růst rostliny a snižuje se výtěžnost (Kent et Lauchli, 1985). Neumann et al., (1995) naznačil, že zasolení může potlačovat růst kořenů a tím ovlivňuje příjem vody a minerálních živin z půdy. Snižování klíčivosti může být způsobeno nízkým osmotickým potenciálem, ke kterému dochází v zasolených podmínkách (Atia et al., 2006). Při pozorování pokusu se potvrdilo, že se stoupající koncentrací soli klíčivost semen klesala. Z testovaných rostlin reagovala nejlépe Roketa setá na výsledky vlivu zasolení na klíčivost semen.

Podle Flowers and Colmer (2008) halofytní rostliny vykazují optimální růst v koncentracích 50 - 250 mmol.l<sup>-1</sup> NaCl. Zatímco většina pěstovaných rostlin v našich podmínkách má optimální růst při koncentraci 50 mmol.l<sup>-1</sup> NaCl nebo méně (Glenn et al., 2010). Semena při pokusu byla vystavena pěti různým koncentracím chloridu sodného (5 mmol.l<sup>-1</sup>, 10 mmol.l<sup>-1</sup>, 25 mmol.l<sup>-1</sup>, 50 mmol.l<sup>-1</sup> a 100 mmol.l<sup>-1</sup>) a destilované vodě.

U testů s Kozlíčkem polníčkem nejlépe vyklíčila semena v destilované vodě a v koncentracích 5, 10, 25 a 50 mmol.l<sup>-1</sup> chloridu sodného. Výsledky zmíněných koncentrací měly téměř stejné výsledky a vyklíčila více než polovina semen. Nejméně příznivé podmínky byly zaznamenány u koncentrace 100 mmol.l<sup>-1</sup>, kde semena nevyklíčila. Výsledky počtu vyklíčených semen u Rokety seté na konci pokusu měly velmi vyrovnanou klíčivost u všech testovaných koncentrací NaCl. Z pokusů vyplývá, že zkoumaná klíčivost v roztoku chloridu sodného neprospívá Kozlíčku polníčku.

Miceli et al. (2003) se zabýval klíčivostí semen Rokety seté s podobnými koncentracemi zasolení jako u našeho výzkumu. Práce Miceliho a naše se shodli v tom, že zasolení nemá výrazný vliv na klíčivost semen Rokety seté.

Pokud porovnáme naše naměřené výsledky s výsledky studie Fallahi et al. (2015) na klíčivost semen listové zeleniny (0, 50, 100, 150, 200, 250, 300 a 350 mmol.l<sup>-1</sup> NaCl), můžeme konstatovat, že námi zvolená rostlina Roketa setá má lepší výsledky klíčivosti a Kozlíček polníček dosáhl menší klíčivosti než výsledky pokusu u Fallahiho. Porovnáme-li klíčivost při

koncentraci  $50 \text{ mmol.l}^{-1}$  se stejnou hodnotou ze zmíněné studie, tak zjistíme, že naše Roketa setá má vyšší klíčivost semen o 10,33 % a Kozlíček polníček dosáhl nižší klíčivost semen o 33,67 %. Pokud porovnáme klíčivost semen koncentrace  $100 \text{ mmol.l}^{-1}$  roztoku chloridu sodného, zjistíme, že námi zvolený pokus s Roketou setou má o 13,33 % vyšší klíčivost semen a Kozlíček polníček v koncentraci  $100 \text{ mmol.l}^{-1}$  nevyklíčil, tudíž měl klíčivost semen 0 %. S vyššími koncentracemi zasolení náš pokus dále nepracoval ale studie Fallahi et al. (2015) pokračovala s koncentracemi  $200 \text{ mmol.l}^{-1}$ , kde klíčivost semen byla 38 %, u koncentrace  $250 \text{ mmol.l}^{-1}$  byla klíčivost pouze 6 %, v koncentraci  $300 \text{ mmol.l}^{-1}$  byla zaznamenána 3 % klíčivost a v koncentraci  $350 \text{ mmol.l}^{-1}$  dosahovala klíčivost 0 %.

Mass and Hoffman (1977) uvádí, že Locika setá (*Lactuca sativa* L.) je salátová zelenina citlivá na zasolení, ale podle výsledků výzkumu, který prováděl Zapata (2003) je Locika setá považována za poměrně odolnou rostlinu vůči vysokému zasolení. Naše a Zapaty (2003) studie se shodují v tom, že při vysoké koncentraci ( $100 \text{ mmol.l}^{-1}$  a více) NaCl se klíčení semen zpomaluje, ale většina semen je schopna v těchto podmínkách klíčit. Kozlíček polníček první den nezaznamenal žádné klíčící semena v destilované vodě, ale Locika setá měla hned první den 90 % vyklíčených semen. První den dosahovala klíčivost semen Lociky seté lepších výsledků než námi zvolená rostlina. Pokud porovnáme klíčivost v destilované vodě Rokety seté s Locikou setou, tak lepších výsledků dosáhla taktéž Locika setá. U Kozlíčku polníčku v koncentraci  $100 \text{ mmol.l}^{-1}$  nevyklíčila semena, a tak měla Locika setá v tomto roztoku NaCl lepší výsledky klíčivosti. Když budeme porovnávat  $100 \text{ mmol.l}^{-1}$  koncentraci chloridu sodného Rokety seté, tak výsledky klíčivosti jsou podobné a dosahovaly hodnot 92,22 – 97,33 %.

U pokusu klíčivosti semen v zasoleném prostředí se také zjišťovaly délky hypokotylů Kozlíčku polníčku a Rokety seté. Pokud porovnáme průměrné délky hypokotylů Kozlíčku polníčku u testovaných koncentrací NaCl, tak nám nejvyšších průměrných hodnot 27,06 mm dosáhla koncentrace  $5 \text{ mmol.l}^{-1}$ . Nejméně vhodné podmínky probíhaly u koncentrace  $100 \text{ mmol.l}^{-1}$  chloridu sodného, testovaná semena nevyklíčila a dosahovala 0 mm průměrné délky hypokotylů. Pokud pomineme  $100 \text{ mmol.l}^{-1}$  koncentraci roztoku, tak nejnižšího průměru hypokotylů dosáhly koncentrace 25 a  $50 \text{ mmol.l}^{-1}$  NaCl a dosahovaly průměrných hodnot 19,50 mm. Při porovnávání průměrných délek hypokotylů Rokety seté u všech šesti testovaných koncentrací nám nejvyšších průměrných hodnot hypokotylů dosáhla koncentrace  $25 \text{ mmol.l}^{-1}$  s délkou 24,94 mm. Naopak nejnižší měření průměrných délek hypokotylů zaznamenala koncentrace  $100 \text{ mmol.l}^{-1}$ , která měla hodnotu 10,95 mm.

## 6.1 Příčiny, které mohly ovlivnit výsledky pokusu

Semena klíčila při teplotě 26 °C v klíčidle. Můžeme se tedy domnívat, že výsledky pokusu mohly být ovlivněny vyšší teplotou, protože optimální teplota při klíčení semen v ČR je nižší. Některé studie doporučují v průběhu klíčení slabé kolísání teplot, které odráží změny teplot během ročních období.

Další možnou příčinou při klíčení semen mohl být nedostatek vody. Nedostatek vody v cytoplazmě má za následek zpomalení nebo úplné zastavení růstu rostliny. Vodní stres může mít vliv na snížení poměru nadzemní části rostliny ku kořenům nebo způsobuje stárnutí rostliny (Nicolas, c2003).

Příčina negativního ovlivnění výsledků mohlo být napadení semen houbovými chorobami. Při pokusu Kozlíčku polníčku jsme zaznamenali u minima Petriho misek houbové napadení semen. Je možné, že v těchto Petriho miskách došlo k ovlivnění výsledků.

Dalším faktorem, který mohl práci ovlivnit, byla délka pokusu. U všech testovaných rostlin byl počáteční růst pomalejší, ale žádné ovlivnění klíčení nebylo zaznamenáno.

## 7 Závěr

Z uvedené práce je zřejmé, že reakce na množství soli v půdě není jednoznačné a liší se mezi jednotlivými druhy rostlin. V publikovaných pracích různí autoři dospěli ke zcela odlišným výsledkům, a proto není jednotná shoda tolerance stresu ze zasolení.

Při pozorování pokusu, které bylo zaměřeno na vliv zasolení klíčících semen Kozlíčku polníčku a Rokety seté, jsme došli k těmto výsledkům:

- Kozlíček polníček zaznamenal nejvíce vyklíčených semen v destilované vodě. U koncentracích 5, 10, 25 a 50 mmol.l<sup>-1</sup> byly výsledky téměř stejné. Nejméně vhodné podmínky pro klíčení semen byly zaznamenány v koncentraci 100 mmol.l<sup>-1</sup>, kde nevyklíčilo žádné semeno.
- Roketa setá první den kontroly zaznamenala sestupnou tendenci klíčení semen se zvyšující se koncentrací NaCl. Nicméně, naměřené hodnoty u všech koncentrací chloridu sodného na konci pokusu byly podobné. Můžeme tedy označit, že koncentrace NaCl, se kterými jsme pracovali, nemají ve výsledku žádný vliv na klíčivost Rokety seté v zasoleném prostředí.

Z testovaných rostlin projevila vyšší odolnost proti zasolení Roketa setá, a to ve všech měřených hodnotách NaCl.

## 8 Seznam literatury

- Ahmad, P., Azooz, M. M., Prasad, M. N. V. 2013. *Ecophysiology and responses of plants under salt stress*. Springer. New York. ISBN: 978-1-4614-4746-7.
- Al Gehani I. A., Ismail T. M. 2016. Effect of Soil Amendment on Growth and Physiological Processes of Rocket (*Eruca Sativa L.*) Grown Under Salinity Conditions. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*. 10. 15-20.
- Allakhverdiev, S. I., Sakamoto, A., Nishiyama, Y., Inaba, M., Murata, N. 2000. Ionic and Osmotic Effects of NaCl-Induced Inactivation of Photosystems I and II in *Synechococcus* sp. *Plant Physiology* [online]. 123 (3). 1047-1056.
- Ashraf M. 2004. Some important physiological selection criteria for salt tolerance in plants. *Flora*. 199. 361-376.
- Atiyeh, R. M., Subler, S., Edwards, C. A., Bachman, G., Metzger, J. D., Shuster, W. 2000. Effects of vermicomposts and composts on plant growth in horticultural container media and soil. *Pedobiologia* [online]. 44 (5). 579-590. [cit. 2018-04-11]. Dostupné z: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0031405604700736>>
- Austin, R. B. 1989. Genetic variation in photosynthesis. *The Journal of Agricultural Science* [online]. 112 (03). 287-.
- Bam, R. K., Kumaga, F. K., Ori, K., Asiedu, E. A. 2006. Germination, vigour and dehydrogenase activity of naturally aged rice (*Oryza sativa L.*) seeds soaked in potassium and phosphorus. *Asian Journal of Plant Sciences*. 5 (6). 948-955.
- Bartels, D., Sunkar, R. 2005. Drought and Salt Tolerance in Plants. *Critical Reviews in Plant Sciences*. 24 (1). 23-58.
- Bayuelo-Jiménez, J. S., Craig, R., Lynch, J. P. 2002. Salinity Tolerance of Species during Germination and Early Seedling Growth. *Crop Science* [online]. 42 (5). 1584-.

Bewley, J. D., Black, M. 1982. Physiology and biochemistry of seeds in relation to germination. Springer-Verlag. New York. ISBN: 0387116567.

BIANCO, V. V. 1995. Rocket, an ancient underutilized vegetable crop and its potential. In: Rocket genetic resources network. Report of the first meeting (S. Padulosi, compiler). International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy. 35-37.

Bláha, L. 2003. Rostlina a stres. Výzkumný ústav rostlinné výroby. Praha. ISBN: 80-86555-32-1.

Blaha, L. 2005. Analysis of differences between seed germination and seedling emergence. Seed and Seedlings: Scientific and Technical Seminar. Czech Univ Life Sci, Prague. 78-80.

Bláha, L., Laskafeld, D., Stehno, Z., Capouchova, I., Konvalina, P. 2011. Comparison of farmers and certified seeds. Seed and Seedlings: Scientific and Technical Seminar, Czech Univ Life Sci. Prague. 50-55.

Boyer, J. S. 1982. Plant Productivity and Environment. Science. 218 (4571). 443-448.

Bretagnolle, F. 1995. The Influence of Seed Size Variation on Seed Germination and Seedling Vigour in Diploid and Tetraploid *Dactylis glomerata* L. Annals of Botany. 76 (6). 607-615.

Buchanan B., Wilhelm Grisse, Russell L. Jones. 2000. Biochemistry & molecular biology of plants /: [edited by] American Society of Plant Physiologists. Rockville. ISBN: 0-943088-39-9.

Bylinkář, S. Polníček – Valerianella locusta – rohatý kozlíček polní [online]. 6. 2. 2014 [cit. 2018-01-20]. Dostupné z <<http://zlin.cz/512410n-polnicek-valerianella-locusta-rohaty-kozlicek-polni>>

Copeland, Lawrence O. a Miller B. McDonald. 2001. Principles of Seed Science and Technology. Springer US. Boston, MA. ISBN: 978-1-4613-5644-8.

Dahal, P., Kim, N. -S., Bradford, K. J. 1996. Respiration and germination rates of tomato seeds at suboptimal temperatures and reduced water potentials. *Journal of Experimental Botany* [online]. 47 (7). 941-947.

DANIHELKA, J.; HANUŠOVÁ, M. 1995. Poznámky k současnému stavu slanomilné flóry a vegetace v okolí Nesytu u Sedlce. *Zprávy České botanické společnosti, Suppl. 1*: 135-146.

Doležalová, I., Duchoslav, M., Dušek, K. 2013. Biology and yield of rocket (*Eruca Sativa* Mill.) Under field conditions of the Czech Republic (Central Europe). *Not.Bot.Horti. Agrobo.* 41:530-537

Fallahi, H. -R., Fadaeian, G., Gholami, M., Daneshkhah, O., Hosseini, F. S., Aghhavani-Shajari, M., Samadzadeh, A. 2015. Germination response of grasspea (*Lathyrus sativus* L.) and arugula (*Eruca sativa* L.) to osmotic and salinity stresses. *Plant Breeding and Seed Science* [online]. 71 (1). -.

Flowers, T. J., Yeo, A. R. 1995. Breeding for Salinity Resistance in Crop Plants: Where Next?. *Australian Journal of Plant Physiology.* 22 (6). 875-.

Flowers, T. J., Colmer, T. D. 2008. Salinity tolerance in halophytes\*. *New Phytologist* [online]. 179 (4). 945-963.

Forni, C., Duca, D., Glick, B. R. 2017. Mechanisms of plant response to salt and drought stress and their alteration by rhizobacteria. *Plant and Soil* [online]. 410 (1-2). 335-356.

Frynta, J. Patočka, J. Roketa setá, ostře sledovaná rostlina [online]. 3. 9. 2014 [cit. 2018-01-20]. Dostupné z <<http://toxicology.cz/modules.php?name=News&file=print&sid=693>>

Glenn, E. P., Brown, J. J., Blumwald, E. 2010. Salt Tolerance and Crop Potential of Halophytes. *Critical Reviews in Plant Sciences* [online]. 18 (2). 227-255.

GLOSER, J.; PRÁŠIL, I. 1998. Fyziologie stresu. Procházka S., Macháčková I., Krekule J., Šebánek J. a kol.: Fyziologie rostlin. Academia Praha, 412-430.



Graphene, T. Polníček [online]. © 2012 – 2013 [cit. 2018-01-20]. Dostupné z <http://sezonka.cz/polnicek/>

GREENWAY, H.; MUNNS. 1980. Rana. Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes. Annual review of plant physiology. 31 (1). 149-190.

Gul, B., Weber, D. J. 1999. Effect of salinity, light, and temperature on germination in *Allenrolfea occidentalis*. Canadian Journal of Botany. 77 (2). 240-246.

Gupta, B., Huang, B. 2014. Mechanism of Salinity Tolerance in Plants: Physiological, Biochemical, and Molecular Characterization. International Journal of Genomics. 1-18.

Havlová Soňa. Zdravý a otužilý salát kozlíček polníček: pěstování, sklizeň, využití. iReceptář. [online]. 17.12.2013 [cit. 2018-01-20]. Dostupné z <https://www.ireceptar.cz/zahrada/uzitkova-zahrada/zdravy-a-otuzily-salat-kozlicek-polnicek-pestovani-sklizen-vyuziti/>

Hendry, G. A. F., Grime, J. P. 1993. Methods in comparative plant ecology: a laboratory manual. Chapman & Hall. New York. ISBN: 0412462303.

Hnilička, F., Středa, T. (ed.). 2016. Rostliny v podmínkách stresu - abiotické stresory. Česká zemědělská univerzita v Praze. Praha. ISBN: 978-80-213-2680-4.

Hoekstra, F. A., Golovina, E. A., Buitink, J. 2001. Mechanisms of plant desiccation tolerance. Trends in Plant Science. 6 (9). 431-438.

Honsová, H., Capouchová, I., Stehno, Z., Konvalina, P., Prokinová, E., Chalupský, R., Bláha, L. 2011. Seed germination and vigor of chosen species of spring cereals in relation to yield in organic farming. Seed and Seedlings: Scientific and Technical Seminar, Czech Univ Life Sci. Prague. 150-156.

Hopkins, W. G., Hüner, N. P. A. 2008. Introduction to plant physiology. 4th ed. John Wiley. Hoboken, NJ. ISBN: 9780470247662.

- Hopkins, W. G. c1999. Introduction to plant physiology, 2nd ed, J. Wiley. New York. ISBN: 0471192813.
- Hosnedl, V., Vašák, V., Mečiar L., a kol. 1998. Rostlinná výroba II. (Luskoviny, olejniny); Praha, ČZU (Praha) - AF.
- Houba, M., Hosnedl, V. 2002. Osivo a sadba: praktické semenářství. Martin Sedláček. Praha?. ISBN: 80-902413-6-0.
- Jandák, J., Prax, A., Pokorný, E. 2004. Půdoznalství. 1.vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně. ISBN 80-7157-559-3.
- Jursík, M. 2011. Plevel: biologie a regulace. Kurent. České Budějovice. ISBN: 978-80-87111-27-7.
- KENT, L. M., LAUCHLI, A. 1985. Germination and seedling growth of cotton: salinity-calcium interactions. Plant, Cell and Environment. 8 (2). 155-159.
- Kutílek, M. 2012. Půda planety Země. Dokořán. Praha. Bod (Dokořán). ISBN: 978-80-7363-212-0.
- Mahajan, S., Tuteja, N. 2005. Cold, salinity and drought stresses: An overview. Archives of Biochemistry and Biophysics. 444 (2). 139-158.
- Mayer, A. M., Poljakoff-Mayber, A. 1982. The germination of seeds. 3rd ed. Pergamon Press. New York. ISBN: 0-08-028854-5.
- Miceli, A., Moncada, A., D'Anna, F. 2003. EFFECT OF WATER SALINITY ON SEEDS-GERMINATION OF OCIMUM BASILICUM L., ERUCA SATIVA L. AND PETROSELINUM HORTENSE HOFFM. Acta Horticulturae [online]. (609). 365-370.
- Miyazawa, M., Maehara, T., and Kurose, K. 2002. Composition of the essential oil from the leaves of *Eruca sativa*. Flavour and Fragrance Journal. 17 (3) 187-190

Mořková, K., et al. 2014. Halofytní rostliny a jejich možné využití ve fytořemediacích. Chem. Listy. 108. 586-591.

Maas, E. V., Hoffman G. F. 1977. Crop salt tolerance—current assessment. J. Inning Drainage Div. ASCE, 103. 115-134.

Munns, R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. Plant, Cell and Environment. 25 (2). 239-250.

Munns, R., Tester, M. 2008. Mechanisms of Salinity Tolerance. Annual Review of Plant Biology. 59 (1). 651-681.

Neumann, P.M., 1995. Inhibition of root growth by salinity stress: Toxicity or an adaptive biophysical response, In: Baluska F., Ciamporova M., Gasparikova, O., Barlow P.W. (Eds.), Structure and Function of Roots, Kluwer Academic Publishers, The Netherlands. 299-304.

Nicolas, G. c2003. The biology of seeds: recent research advances : proceedings of the Seventh International Workshop on Seeds, Salamanca, Spain 2002. CABI Pub. New York. ISBN: 0851996531.

Nováček, P., Huba, M. 1994. Ohrožená planeta: Stud. materiál pro posl. vys. šk. Vydavatelství Univerzity Palackého. Olomouc. ISBN: 80-7067-382-6.

Parida, A. K., Das, A. B. 2005. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. Ecotoxicology and Environmental Safety [online]. 60 (3). 324-349.

Pazderů, K., Hosnedl, V., Rosenberg, L. 2009. Osivo a sadba: odborný a vědecký seminář pořádaný ČZU v Praze: sborník referátů = Seed and Seedlings : scientific and technical seminar organized by CULS Prague. Česká zemědělská univerzita, katedra rostlinné výroby. V Praze. ISBN: 978-80-213-1891-5.

- Piskurewicz, U., Turečková, V., Lacombe, E., Lopez-Molina, L. 2009. Far-red light inhibits germination through DELLA-dependent stimulation of ABA synthesis and ABI3 activity. *The EMBO Journal*. 28 (15). 2259-2271.
- Procházka, S. 1998. *Fyziologie rostlin*. Academia. Praha. ISBN: 80-200-0586-2.
- Reddy, M. P., Sanish, S., Iyengar, E. R. R. 1992. Photosynthetic studies and compartmentation of ions in different tissues of *Salicornia brachiata* Roxb. Under saline conditions *Photosynthetica*, 26. 173-179.
- Rengasamy, P. 2006. World salinization with emphasis on Australia. *Journal of Experimental Botany*. 57 (5). 1017-1023.
- Ryplová, R. 2014. *Fyziologie rostlin*. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. České Budějovice. ISBN: 978-80-7394-499-5.
- SONG, W. J., ZHOU, W. J., JIN, Z. L., CAO, D. D., JOEL, D. M., TAKEUCHI, Y., YONEYAMA, K. 2005. Germination response of *Orobanche* seeds subjected to conditioning temperature, water potential and growth regulator treatments. *Weed Research*. 45 (6). 467-476.
- Taiz, L., Zeiger, E. c2006. *Plant physiology*. 4th ed. Sinauer Associates. Sunderland, Mass. ISBN: 0-87893-856-7.
- Wang, W., Vinocur, B., Altman, A. 2003. Plant responses to drought, salinity and extreme temperatures: towards genetic engineering for stress tolerance. *Planta*. 218 (1). 1-14.
- Zapata, P. 2003. Changes in ethylene evolution and polyamine profiles of seedlings of nine cultivars of *Lactuca sativa* L. in response to salt stress during germination. *Plant Science* [online]. 164 (4). 557-563.
- Zhu, J. K. 2001. Plant salt tolerance. *Trends in Plant Science*. 6 (2). 66-71.

## 9 Přílohy

Příloha 1 – Připravené všechny Petriho misky s kozlíčkem před uložením do klíčidla.

Příloha 2 – Klíčící semena Kozlíčku polníčku v roztoku  $0 \text{ mmol.l}^{-1} \text{ NaCl}$ .

Příloha 3 – Klíčící semena Kozlíčku polníčku v roztoku  $5 \text{ mmol.l}^{-1} \text{ NaCl}$ .

Příloha 4 – Klíčící semena Kozlíčku polníčku v roztoku  $10 \text{ mmol.l}^{-1} \text{ NaCl}$ .

Příloha 5 – Klíčící semena Kozlíčku polníčku v roztoku  $25 \text{ mmol.l}^{-1} \text{ NaCl}$ .

Příloha 6 – Klíčící semena Kozlíčku polníčku v roztoku  $50 \text{ mmol.l}^{-1} \text{ NaCl}$ .

Příloha 7 – Klíčící semena Kozlíčku polníčku v roztoku  $100 \text{ mmol.l}^{-1} \text{ NaCl}$ .

Příloha 8 – Klíčící semena Rokety seté v destilované vodě.

Příloha 9 – Klíčící semena Rokety seté v roztoku  $5 \text{ mmol.l}^{-1} \text{ NaCl}$ .

Příloha 10 – Klíčící semena Rokety seté v roztoku  $10 \text{ mmol.l}^{-1} \text{ NaCl}$ .

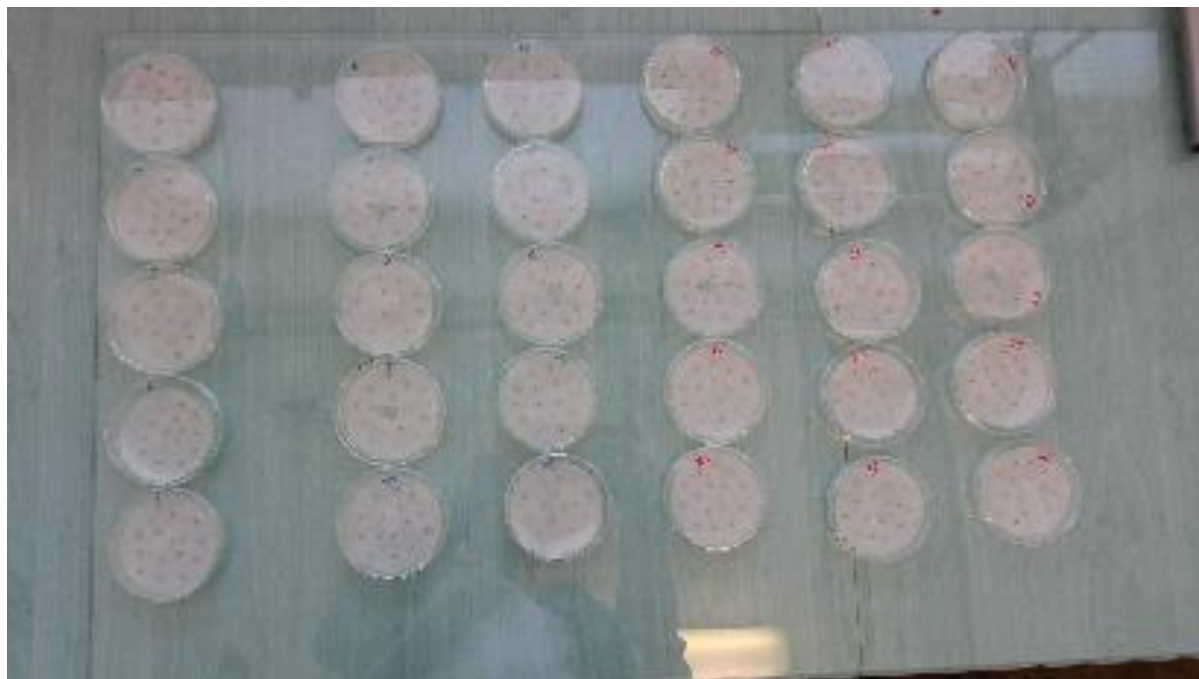
Příloha 11 – Klíčící semena Rokety seté v roztoku  $25 \text{ mmol.l}^{-1} \text{ NaCl}$ .

Příloha 12 – Klíčící semena Rokety seté v roztoku  $50 \text{ mmol.l}^{-1} \text{ NaCl}$ .

Příloha 13 – Klíčící semena Rokety seté v roztoku  $100 \text{ mmol.l}^{-1} \text{ NaCl}$ .

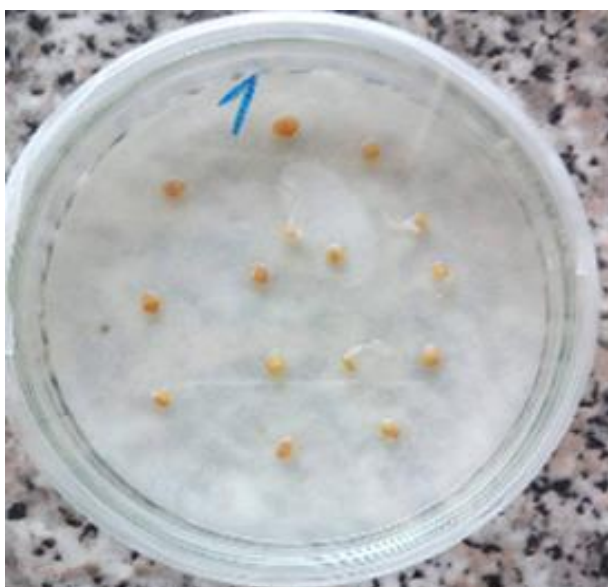
**Příloha 1 – Připravené všechny Petriho misky s kozlíčkem před  
uložením do klíčidla.**

Koncentrace 0, 5, 10, 25, 50 a 100 mmol.l<sup>-1</sup> chloridu sodného. Foto: Autor.



**Příloha 2 – Klíčící semena Kozlíčku polníčku v roztoku 0 mmol.l<sup>-1</sup> NaCl.**

Semena uložena v Petriho misce s destilovanou vodou v průběhu klíčení. Foto: Autor.



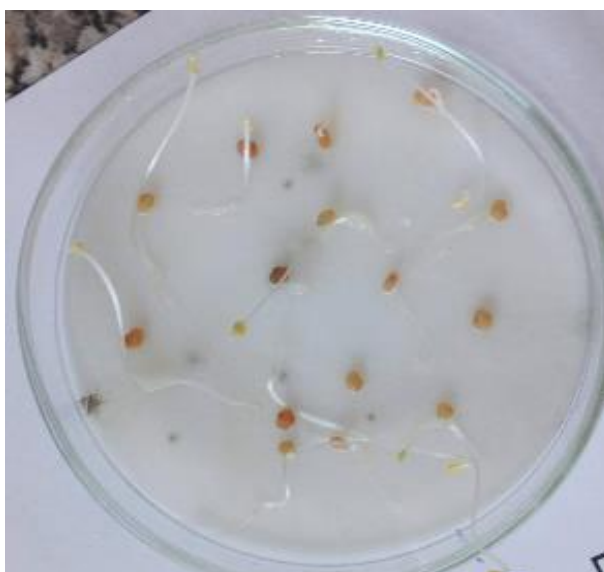
**Příloha 3 – Klíčící semena Kozlíčku polníčku v roztoku 5 mmol.l<sup>-1</sup> NaCl.**

Semena uložena v Petriho misce na filtračním papíře s koncentrací 5 mmol.l<sup>-1</sup> chloridu sodného. Foto: Autor.



**Příloha 4 – Klíčící semena Kozlíčku polníčku v roztoku 10 mmol.l<sup>-1</sup> NaCl.**

Uložená semena na filtračním papíře v koncentraci 10 mmol.l<sup>-1</sup> NaCl. Foto: Autor.



**Příloha 5 – Klíčící semena Kozlíčku polníčku v roztoku 25 mmol.l<sup>-1</sup> NaCl.**

Semena uložena v Petriho misce na filtračním papíře s koncentrací 25 mmol.l<sup>-1</sup> NaCl.

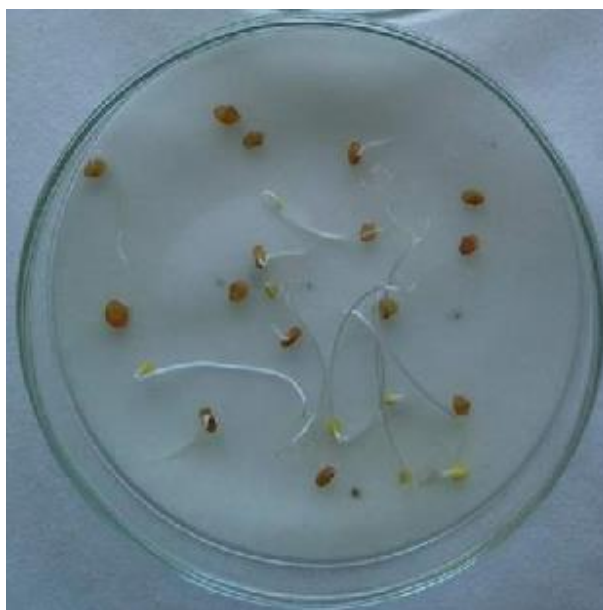
Foto: Autor.



**Příloha 6 – Klíčící semena Kozlíčku polníčku v roztoku 50 mmol.l<sup>-1</sup> NaCl.**

Semena uložena v Petriho misce na filtračním papíře s koncentrací 50 mmol.l<sup>-1</sup> NaCl.

Foto: Autor.

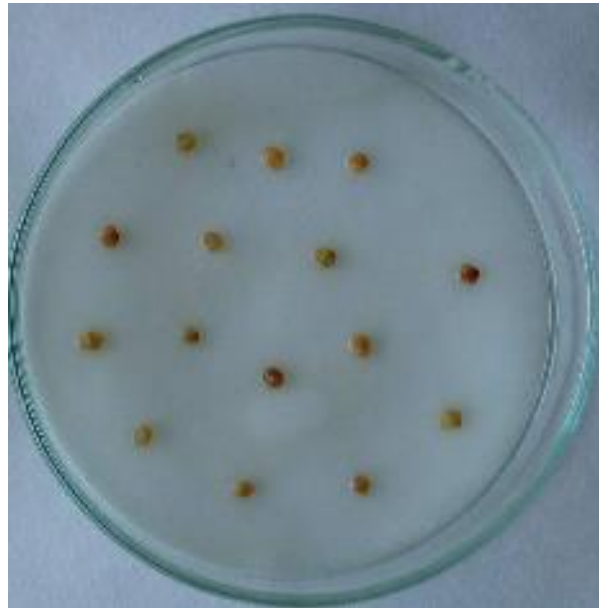




**Příloha 7 – Klíčící semena Kozlíčku polníčku v roztoku 100 mmol.l<sup>-1</sup> NaCl.**

Semena uložena v Petriho misce na filtračním papíře s koncentrací 100 mmol.l<sup>-1</sup> NaCl.

Foto: Autor.



**Příloha 8 – Klíčící semena Rokety seté v destilované vodě.**

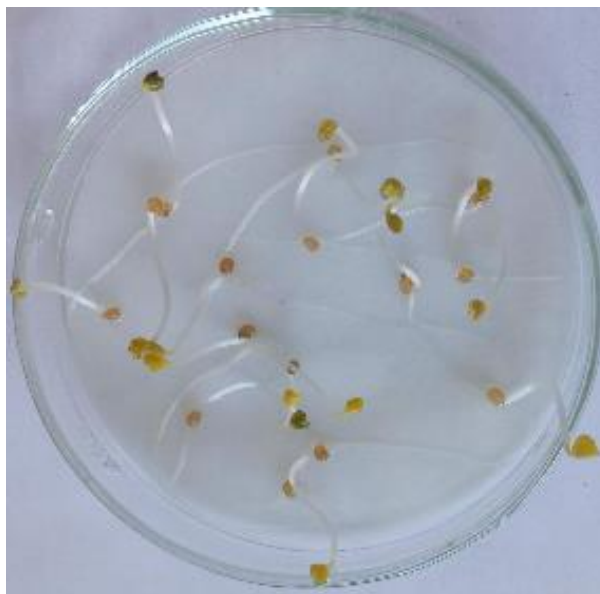
Semena uložena v Petriho misce na filtračním papíře s destilovanou vodou. Foto: Autor.



**Příloha 9 – Klíčící semena Rokety seté v roztoku 5 mmol.l<sup>-1</sup> NaCl.**

Semena uložena v Petriho misce na filtračním papíře s koncentrací 5 mmol.l<sup>-1</sup> NaCl.

Foto: Autor.



**Příloha 10 – Klíčící semena Rokety seté v roztoku 10 mmol.l<sup>-1</sup> NaCl.**

Semena uložena v Petriho misce na filtračním papíře s koncentrací 10 mmol.l<sup>-1</sup> NaCl.

Foto: Autor.



**Příloha 11 – Klíčící semena Rokety seté v roztoku 25 mmol.l<sup>-1</sup> NaCl.**

Semena uložena v Petriho misce na filtračním papíře s koncentrací 25 mmol.l<sup>-1</sup> NaCl.

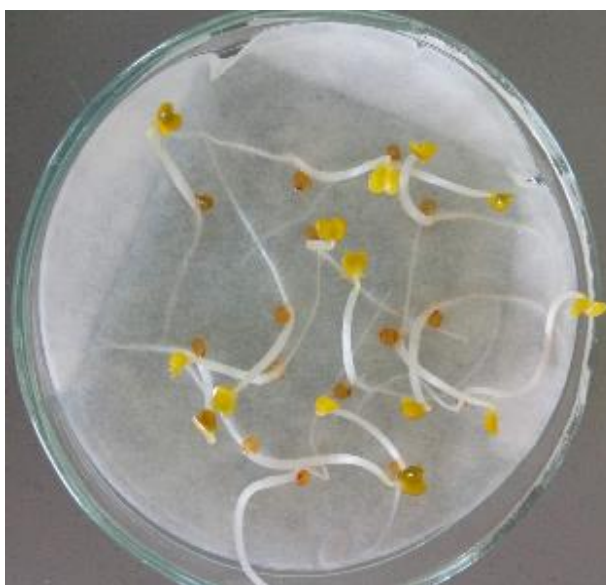
Foto: Autor.



**Příloha 12 – Klíčící semena Rokety seté v roztoku 50 mmol.l<sup>-1</sup> NaCl.**

Semena uložena v Petriho misce na filtračním papíře s koncentrací 50 mmol.l<sup>-1</sup> NaCl.

Foto: Autor.



**Příloha 13 – Klíčící semena Rokety seté v roztoku  $100 \text{ mmol.l}^{-1} \text{ NaCl}$ .**

Semena uložena v Petriho misce na filtračním papíře s koncentrací  $100 \text{ mmol.l}^{-1} \text{ NaCl}$ .

Foto: Autor.

