

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra botaniky a fyziologie rostlin**



**Fakulta agrobiologie,  
potravinových a přírodních zdrojů**

**Vliv zasolení na rychlost výměny plynů, obsah pigmentů a  
fluorescenci chlorofylů u vybraných druhů zelenin**

**Bakalářská práce**

**Valentina Radoňská**

**HORTIB**

**doc. Ing. František Hnilička, Ph.D.**

**© 2024 ČZU v Praze**



## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Vliv zasolení na rychlost výměny plynů, obsah pigmentu a fluorescenci chlorofylů u vybraných druhů zelenin" jsem vypracovala 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 autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 26.04.2024

---

.

## **Poděkování**

Ráda bych touto cestou poděkovala panu doc. Ing. Františku Hnilčkoví, Ph.D za odborné vedení a neutuchající pozitivní energii, která mě provázela při psaní této práce.

# Vliv zasolení na rychlost výměny plynů, obsah pigmentů a fluorescenci chlorofylů u vybraných druhů zelenin

## Souhrn

Tématem bakalářské práce je vliv zasolení na rychlost výměny plynů, obsah pigmentů a fluorescenci chlorofylů u druhů *Lactuca sativa*, *Portulaca oleracea* a *Valerianella locusta*. Tyto charakteristiky byly sledovány během skleníkového pokusu při částečně řízených podmínkách. Bylo založeno pět variant pokusu s koncentracemi 0 mM NaCl, 50 mM NaCl, 75 mM NaCl, 100 mM NaCl a 125 mM NaCl. Odběry testovaného materiálu probíhaly v časovém sledu 24 hod, 72 hod, 168 hod, 240 hod a 336 hod. Ze získaných výsledků vyplývá, že zasolení snižuje čistou rychlost fotosyntézy, pokles se projevil u všech pozorovaných druhů. Dále byla prokazatelně ovlivněna stomatální vodivost, ke snížení stomatální vodivosti došlo u všech pozorovaných druhů a to o více než polovinu v porovnání s kontrolou. Obsahy fotosyntetických pigmentů neprokázaly jednoznačné výsledky, rozdíly mezi druhy nebyly zásadního charakteru, zobecnitelným výstupem z měření obsahu pigmentů je pouze zvyšující se obsah celkového chlorofylu při koncentraci 50 mM NaCl, který byl pozorován u všech tří druhů. Byl potvrzen rozdílný projev vlivu zasolení na jednotlivé druhy, jako nejméně citlivý se projevil druh *Portulaca oleracea*, který vykazoval vyšší hodnoty při vyšší koncentraci NaCl v případě rychlosti fotosyntézy (125 mM), fluorescence chlorofylů (75 mM) a rychlosti transpirace (125 mM). Naopak druh *Vallerianela locusta* dosahoval nejnižších hodnot stomatální vodivosti (až  $0,02 \text{ mol. m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ) a fluorescence chlorofylů (1,35) při vyšších koncentracích NaCl.

**Klíčová slova:** zasolení, výměna plynů, fluorescence, pigmenty, zelenina



# Effect of salinity on gas exchange rate, pigment content and chlorophyll fluorescence of selected vegetables

## Summary

The topic of the bachelor thesis is the effect of salinity on gas exchange rate, pigment content and chlorophyll fluorescence in *Lactuca sativa*, *Portulaca oleracea* and *Valerianella locusta*. These characteristics were monitored during a greenhouse experiment under partially controlled conditions. Five variants of the experiment were established with concentrations of 0 mM NaCl, 50 mM NaCl, 75 mM NaCl, 100 mM NaCl and 125 mM NaCl. Collection of the test material was carried out in a time sequence of 24 h, 72 h, 168 h, 240 h and 336 h. The results obtained show that salinization reduces the net photosynthetic rate, the decrease was observed in all the species observed. In addition, stomatal conductance was shown to be affected, with a decrease in stomatal conductance in all species observed and by more than half compared to the control. The contents of photosynthetic pigments did not show unequivocal results, the differences between species were not substantial, the only generalizable outcome of the pigment content measurements is the increasing content of total chlorophyll at a concentration of 50 mM NaCl, which was observed in all three species. Different effects of salinity on the different species were confirmed, with the species *Portulaca oleracea* being the least sensitive, showing higher values at higher NaCl concentrations for photosynthetic rate (125 mM), chlorophyll fluorescence (75 mM) and transpiration rate (125 mM). In contrast, *Valerianella locusta* species showed the lowest values of stomatal conductance (up to 0.02 mol. m<sup>-2</sup>.s<sup>-1</sup>) and chlorophyll fluorescence (1.35) at higher concentrations of NaCl.

**Keywords:** salinization, gas exchange, fluorescence, pigments, vegetable

# Obsah

<b>Obsah</b> .....	<b>8</b>
<b>1 Úvod</b> .....	<b>- 1 -</b>
<b>2 Cíle a hypotézy práce</b> .....	<b>- 2 -</b>
<b>3 Literární rešerše</b> .....	<b>- 3 -</b>
<b>3.1 Úvod</b> .....	<b>- 3 -</b>
<b>3.2 Reakce rostlin na zasolení</b> .....	<b>- 3 -</b>
<b>3.3 Zasolení půd</b> .....	<b>- 4 -</b>
3.3.1 Příčiny zasolení .....	- 4 -
3.3.1.1 Primární a sekundární .....	- 4 -
3.3.1.2 GAS, NAS, IAS .....	- 5 -
3.3.1.3 Sodické, Salsodické, Salinické .....	- 5 -
3.3.2 Oblasti zasažené zasolením .....	- 5 -
3.3.3 Bioremediace .....	- 7 -
<b>3.4 Tolerance zasolení</b> .....	<b>- 7 -</b>
3.4.1 Halofytní duhy .....	- 7 -
3.4.1.1 Databáze eHALOP .....	- 8 -
3.4.2 Glykofytní druhy .....	- 8 -
3.4.3 Mechanismy tolerance zasolení .....	- 8 -
3.4.4 Tvorba odrůd tolerujících zasolení .....	- 9 -
<b>3.5 Vybrané druhy zelenin</b> .....	<b>- 10 -</b>
3.5.1 Šrucha zelná ( <i>Portulaca oleracea</i> ) .....	- 10 -
3.5.2 Kozlíček polní ( <i>Valerianella locusta</i> ) .....	- 11 -
3.5.3 Locika setá ( <i>Lactuca sativa</i> ) .....	- 11 -
<b>4 Metodika</b> .....	<b>- 12 -</b>
<b>4.1 Rostlinný materiál</b> .....	<b>- 12 -</b>
<b>4.2 Založení pokusu</b> .....	<b>- 12 -</b>
<b>4.3 Sledované charakteristiky</b> .....	<b>- 12 -</b>
4.3.1 Fotosyntetické pigmenty .....	- 12 -
4.3.2 Fluorescence chlorofylů .....	- 13 -
4.3.3 Rychlost výměny plynů a stomatální vodivost .....	- 13 -
<b>5 Výsledky</b> .....	<b>- 14 -</b>
<b>5.1 Fotosyntetické pigmenty</b> .....	<b>- 14 -</b>
5.1.1 Celkový obsah chlorofylů .....	- 14 -
5.1.2 Obsah karotenoidů .....	- 16 -
<b>5.2 Fluorescence chlorofylů</b> .....	<b>- 18 -</b>
<b>5.3 Rychlost výměny plynů</b> .....	<b>- 20 -</b>



5.3.1	Rychlost fotosyntézy.....	- 20 -
5.3.2	Rychlost transpirace.....	- 22 -
5.3.3	Stomatální vodivost .....	- 25 -
<b>6</b>	<b>Diskuze .....</b>	<b>- 28 -</b>
<b>6.1</b>	<b>Fotosyntetické pigmenty .....</b>	<b>- 28 -</b>
6.1.1	Celkový obsah chlorofylů.....	- 28 -
6.1.2	Obsah karotenoidů .....	- 28 -
<b>6.2</b>	<b>Fluorescence.....</b>	<b>- 28 -</b>
<b>6.3</b>	<b>Rychlost výměny plynů.....</b>	<b>- 29 -</b>
6.3.1	Rychlost fotosyntézy.....	- 29 -
6.3.2	Rychlost transpirace.....	- 29 -
6.3.3	Stomatální vodivost .....	- 30 -
<b>7</b>	<b>Závěr.....</b>	<b>- 31 -</b>
<b>8</b>	<b>Literatura.....</b>	<b>- 32 -</b>



# 1 Úvod

S růstem lidské populace a omezenou plochou zemědělské půdy je otázkou jak dokáže zemědělská produkce v budoucnu zajistit dostatek kvalitních potravin. Stále se hledají způsoby jak získat co nejodolnější a nejvýnosnější odrůdy, jak zefektivnit stávající systémy produkce a jak udržet v chodu stávající procesy. Salinizace půd představuje závažný problém při zabezpečení potravin, v zájmu využití maximálních možných zdrojů, je tudíž cílem projektů také produkce na zasolených půdách a prevence degradace již ohrožených nebo zatím nedotčených půd. Protože většina plodin je vůči zasolení citlivá, představuje produkce na zasolených půdách problém, u rostlin vystavených solnému stresu dochází k osmotické nerovnováze a narušení metabolismu, což ovlivňuje vitalitu rostlin. Jsou ale i druhy tolerující zasolení, budoucností produkce na zasolených půdách je pěstování těchto odolných druhů a pomocí jejich genomu i šlechtění nových tolerantních odrůd. I přes značný oběh uskutečněných výzkumů, stále chybí zásadní informace o rostlinných mechanismech umožňujících toleranci zasolení. Pro budoucí využití v zemědělské produkci je proto nezbytné dále zkoumat vlivy zasolení na rostliny a pozorovat jejich obranné mechanismy a odhalit tak principy tolerance solného stresu.

## **2 Cíle a hypotézy práce**

Cílem této práce je stanovit vliv salinity na primární metabolismus rostlin a obsah pigmentů v listech u vybraných druhů zelenin. Provést experiment a analyzovat naměřená data z hlediska změn rychlosti výměny plynů, obsahu fotosyntetických pigmentů a fluorescence chlorofylů v jednotlivých druzích zelenin a pozorovat závislost těchto změn na koncentraci aplikovaného NaCl. Dále pozorovat rozdíly v reakcích na zasolení u vybraných druhů zelenin a diskutovat tyto výstupy v porovnání s předloženými hypotézami.

Předkládanými hypotézami jsou projevení změn v primárním metabolismu a obsahu pigmentů v reakci na zasolení, rozdíly v těchto změnách mezi vybranými druhy zelenin a souvislost reakcí rostlin na zasolení s mírou citlivosti vybraných druhů.

## 3 Literární řešerše

### 3.1 Úvod

Salinizace je jedním z nejrozšířenějších procesů degradace půdy na světě a představuje globální hrozbu pro zemědělskou produkci. S charakteristickým růstem teplot a poklesem srážek, ke kterým dochází během změny klimatu v posledních letech, je očekáváno další zhoršování situace na zasolených a ohrožených půdách. Dle Shah et al. (2020) je 10 až 20% z celkové světové orné půdy postiženo stresem ze zasolení. Většina plodin jsou druhy na zasolení citlivé a to včetně těch nejpěstovanějších na světě jako je rýže (Ghosh et al. 2016), pšenice (Abbas et al. 2013) nebo brambory (Chourasia et al. 2021). Výjimkou mezi nejdůležitějšími plodinami světa je sója, která je vůči zasolení tolerantní a dokonce se nachází na seznamu halofytních druhů.

Problém zasolování půd se týká především suchých oblastí s nedostatkem vodních zdrojů a vysokými teplotami, které urychlují evapotranspiraci a odpar. Během procesu zasolování dochází k nahromadění ve vodě rozpustných solí v půdě. Jedná se o soli obsahující draselné ( $K^+$ ), hořečnaté ( $Mg^{2+}$ ) vápenaté ( $Ca^{2+}$ ) sodné ( $Na^+$ ) chloridové ( $Cl^-$ ), síranové ( $SO_4^{2-}$ ) a uhličitanové ( $CO_3^{2-}$ ) ionty. Pro rostliny je zasolení půdy jedním z hlavních stresorů, způsobuje morfologické, anatomické, fyziologické a biochemické změny v rostlinách, snižuje vyprodukovanou biomasu a tudíž i výnos a kvalitu plodin. Nepříznivý vliv má především na průběh fotosyntézy, výzkum změn tylakoidů hrachu prokázal, že vysoká salinita vyvolala změnu v transportu elektronů fotosystému I a II, snížila čistou rychlost fotosyntézy, rychlost transpirace a stomatální vodivost, zatímco účinnost využití vody se významně zvýšila (Dhokne et al. 2022).

### 3.2 Reakce rostlin na zasolení

Primárním stresem je pro rostlinu vystavení kořenů relativně vysokým koncentracím iontů v půdním roztoku, což vede ke snížení vodního potenciálu a následnému osmotickému stresu rostlinných buněk. Od nejspodnějších listů dochází k postupné akumulaci  $Na^+$  a  $Cl^-$  iontů (Shams et al. 2023), to má za následek nerovnováhu příjmu živin a snižování listové plochy. Primární fyziologickou reakcí na stres ze zasolení je proto snaha rostliny zabránit nadměrným ztrátám vody a reaguje uzavřením průduchů. Qureshi et al. (2013) uvádí, že aby se rostliny byly schopné vyrovnat s osmotickým stresem, mají tendenci akumulovat kompatibilní soluty. Jedná se o malé, elektricky neutrální molekuly, nejdůležitějšími jsou prolin, glycin a betain, které snižují cytoplazmatický osmotický potenciál a umožňují příjem vody a udržení buněčného turgoru.

Zvýšené zasolení půdy dále indukuje v rostlině produkci kyseliny abscisové (ABA) ethylenu a kyseliny gibberelové (GA) (Chele et al. 2021; Chen et al. 2022). Hromadění kyseliny abscisové je aktivováno okamžitě při vystavení rostliny stresu a její množství v rostlině se může během 30 minut zvýšit až padesátinásobně. ABA podmiňuje uzavírání průduchů, inhibuje klíčení, růst rostliny a dozrávání plodů a další procesy vedoucí k útlumu rostliny a je tak hlavním zprostředkovatelem reakce rostlin na stres.

Druhým následkem zasolení jsou iontově specifické stresy, které vznikají ze změny poměrů koncentrací jednotlivých iontů, zejména iontová nerovnováha mezi  $\text{Na}^+$  a  $\text{K}^+$  (Colla et al. 2006). Akumulace  $\text{Na}^+$  důsledkem zasolení soutěží s  $\text{K}^+$  o vazbu v proteinech, následkem čehož dochází k inhibici syntézy proteinů a metabolických enzymů (Pardo & Quintero 2002).

V reakci na solný stres dochází v rostlině k produkci a akumulaci reaktivních forem kyslíku (ROS) včetně superoxidových radikálů ( $\text{O}_2^-$ ), peroxidu vodíku ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) a hydroxylových radikálů ( $\text{OH}\cdot$ ). ROS jsou produkty metabolismu pozměněného stresem, jsou toxické a ovlivňují mimo jiné genovou expresi a to degradací nukleových kyselin. Poškozují také permeabilitu membránových lipidů a strukturu a funkci proteinů, důsledkem těchto poškození je buněčná smrt. (Gill & Tuteja 2010)

K regulaci vysokých hladin ROS využívá rostlina účinný systém enzymatických a neenzymatických antioxidantů, jak uvádějí Gill & Tuteja (2010) a Karuppanapandian et al. (2011). Mezi enzymatické antioxidanty patří například superoxidodismutáza (SOD), peroxidáza (POX), kataláza (CAT) a také enzymy askorbátovo-glutathionového cyklu. Neenzymatickými antioxidanty jsou fenoly, flavonoidy a tokoferoly.

Je prokázáno, že účinky salinity jsou závislé na vývojovém stádiu rostliny. Některá vývojová stadia jako například klíčení, vzcházení sazenic a kvetení, jsou citlivější na solný stres. Byly pozorovány rozdílné reakce rostlinných buněk, tkání a orgánů související s věkem rostlin. Například buňky zralých listů kukuřice jsou citlivější na zvýšenou koncentraci solí než buňky mladší, které mají vyšší expresi genů antioxidantních enzymů (Kravchik & Bernstein 2013).

## 3.3 Zasolení půd

### 3.3.1 Příčiny zasolení

Zasolení může mít několik různých příčin, Brady & Weil za největší riziko vzniku zasolení obecně považují půdy v oblastech, kde výpar převládá nad srážkami. Zjednodušeně je poté možné rozdělit zasolení dle příčin do dvou skupin a to na primární zasolení, tedy přirozené a sekundární zasolení způsobené vlivy člověka.

#### 3.3.1.1 Primární a sekundární

Mezi primární vlivy řadíme všechny případy, kdy je příčinou zasolení voda s přirozeně zvýšeným obsahem solí. Tato voda může být obohacena solemi uvolněnými zvětráváním hornin nebo se jedná slanou vodu pronikající z mořského pobřeží. Problém poté nastává při intenzivním výparu v semiaridních a aridních oblastech, kde se soli akumulují v povrchové vrstvě půdy. Míra zasolení v těchto oblastech je dále ovlivněna topografií, vlastnostmi půdy a přítomnou vegetací. (Brady & Weil 2002)

Sekundární zasolení je způsobeno antropogenními vlivy, mezi něž patří odlesňování, nepřiměřené využívání hnojiv nebo solení komunikací. Hlavní příčinou je ale chybná závlaha a to především technologie závlahy a kvalita závlahové vody. Tento problém se opět týká

zejména semiaridních a aridních oblastí, které nemají důsledkem malého množství srážek dostatek kvalitní vody pro zavlažování. Vysoké teploty zároveň urychlují výpar a evapotranspiraci a tím zvyšují nároky rostlin na vodu a znásobují efekt hromadění solí v půdě.

### 3.3.1.2 GAS, NAS, IAS

Kromě dělení na primární a sekundární zasolení a je možné salinitu podrobněji rozdělit dle procesů probíhajících v půdě a podzemních vodách na tři typy (Rengasamy 2005). Prvním typem je slanost související s podzemní vodou (GAS). Vyskytuje se v oblastech, kde jsou soli vynášeny na povrch podzemní vodou, její hladina je v tomto případě blízko povrchu a vlastnosti půdy umožňují rychlý pohyb vody v půdním profilu, hnací silou vztlínání vody je vypařování a transpirace rostlin.

Druhým typem je salinita nesouvisející s podzemní vodou (NAS). Ta se vyskytuje v oblastech, kde je podzemní voda hluboko pod povrchem a akumulace solí je způsobena omezeným odvodňováním půdy. Vstupními zdroji solí jsou srážky, zvětrávání hornin a usazeniny. V suchých oblastech dochází k hromadění solí v hlubších vrstvách půdy, avšak mají vliv i na vlastnosti vyšších vrstev a tudíž dochází druhotně k akumulaci solí v ornici, tento jev je běžný u sodových půd.

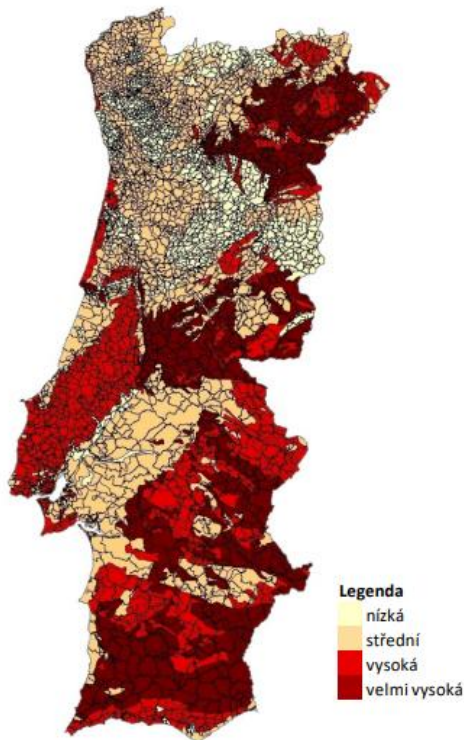
Třetím typem je salinita spojená se zavlažováním (IAS). Při této situaci obsahuje závlahová voda zvýšené koncentrace solí. Zavlažování touto vodou na půdách se zhoršenou strukturou a bez instalovaných drenáží způsobuje její hromadění v kořenové zóně. Vysoké teploty těchto oblastí následně urychlují odpar nahromaděné vody a akumulaci rozpuštěných solí.

### 3.3.1.3 Sodické, Salsodické, Salinické

Další typ klasifikace zasolených půd uvádějí Šarapatka (2014) a Shahid et al. (2018) a to dle hodnoty pH a podílu  $\text{Na}^+$  iontů. Půdy jsou v tomto systému děleny na tři typy, jedná se o půdy Sodické, které obsahují méně neutrálních rozpustných solí a vysoký podíl  $\text{Na}^+$ . Hodnota pH sodických půd je minimálně 8,5, ale častěji i 10 nebo více. Protože  $\text{Na}^+$  je slabě vázáno koloidy, dochází na těchto půdách k rozpadu půdní struktury. Druhým typem jsou půdy Salsodické, které se vyznačují zvýšeným obsahem neutrálních solí a zvýšeným množstvím  $\text{Na}^+$  iontů, jsou přechodem mezi půdami sodickými a salinickými. Poslední skupinou jsou půdy Salinické, ve kterých se ve vyšší míře akumulují chloridy, sírany, vápník, hořčík, draslík a sodík a pH dosahuje maximální hodnoty 8,5.

## 3.3.2 Oblasti zasažené zasolením

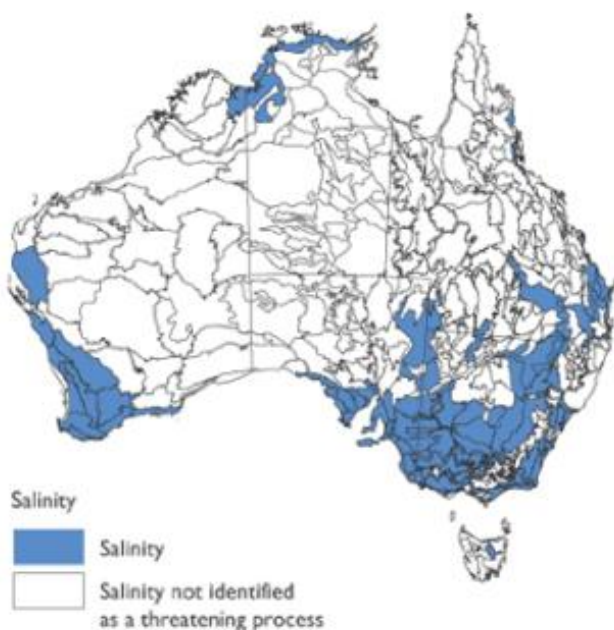
Pro určení rozsahu rozlohy půd zasažených zasolením nebyla provedena žádná exaktní měření na celosvětové úrovni, plochy zasažené nebo ohrožené zasolením jsou tedy pouze předmětem odhadů nebo lokálních měření. Odhaduje se, že asi 25 % světové zavlažované půdy je poškozeno slaností, jiné zdroje uvádějí, že se jedná až o 50%. Dle Szabolcs (1989) není žádný kontinent prostý půd zasažených solí a vážné problémy související se solí se vyskytují v nejméně 70 zemích. V Evropské unii je dle odhadů zasoleno 1 až 3 miliony hektarů půdy, v Evropě se s problémem potýká především Maďarsko, Rumunsko, Řecko, Itálie a Pyrenejský poloostrov.



Na mapě Portugalska je barevnou škálou zobrazena míra zranitelnosti území vůči desertifikaci. Přes 50% celkové rozlohy státu je ohroženo desertifikací a z toho 30% je na velmi vysoké úrovni zranitelnosti.

Obr. č. 1 Oblasti Portugalska ohrožené desertifikací

Jednou z nejproblémovějších lokalit ve světě je Austrálie, kde salinita suchých oblastí postihuje asi 2 miliony hektarů Západní Austrálie a dalších 6 milionů hektarů je ohroženo. Hlavní pozornost je v Austrálii věnována právě západní části kontinentu, kde způsobuje problémy kombinace suchých oblastí a mělké podzemní vody (Rengasamy 2002) a druhou kritickou oblastí je pánve Murray-Darling na jihovýchodě kontinentu. Zde došlo k zásadní změně poté, co ustaly pravidelné záplavy v okolí řeky Murray a půda byla silně vysušena. To vedlo ke zvýšení hladin podzemní vody a náhlé extrémní salinizaci půdy. Těmto novým podmínkám se stávající lužní lesy na tomto území nedokázaly přizpůsobit a došlo tak k úhynu celého biotopu.



Na mapě Austrálie je modrou barvou znázorněno ohrožení biotopů zasolením. Ve vnitrozemí a na západě kontinentu je již území zasažené zasolením, vyskytují se zde halofytní společenstva. Z mapy je tudíž zřejmé, že kromě Tasmánie, kde je stále dostatečně vysoký úhrn srážek a kromě vyšších poloh v pohoří, se riziko zasolení týká téměř celého zbytku kontinentu (Culek 2013).

Obr. č. 2 Oblasti Austrálie ohrožené zasolením



### 3.3.3 Bioremediace

Postupy biologické dekontaminace půdy a podzemních jsou využívány především k odstranění toxických látek, často se jedná o ropné látky nebo těžké kovy. V případě že jsou k čištění půdy využity rostliny, je tento proces nazýván fytořemediace. Fytořemediace je dále dělena podle toho jak rostliny nakládají s toxickými látkami na fytoextrakci, fytořegradaci, fytořtabilizaci, fytořvolatilizaci a další. Přesto že jsou metody bioremediace známy již několik století, je jejich využívání v praxi značně omezené, avšak biologické mechanismy, které toto čištění půdy a vod umožňují, jsou stále předmětem výzkumů.

Mezi čistící procesy půdy můžeme zařadit také odsolování, to je běžně prováděno promýváním půdy pomocí velkého množství sladké vody a odvedení vyplavených solí pomocí systému příkopů. Další konvenční metodou je stržení vrchní vrstvy půdy a její přemístění mimo pěstební plochu. Alternativou těchto neekologických metod je právě využití mikroorganismů či rostlin v bioremediaci zasolených půd. Příkladem takto využitelné rostliny je právě portulák, který je schopen díky hyperakumulaci solí v listech a kořenech do jisté míry snížit koncentraci solí v půdě a tím ulevit pěstované plodině od nadměrného zatížení solemi.

## 3.4 Tolerance zasolení

### 3.4.1 Halofytní duhy

Halofytní rostliny mají schopnost přežít v prostředí se zvýšeným obsahem solí. Jedná se buď o rostliny pravidelně zaplavované mořskou vodou, do této skupiny patří Mangrovové porosty, nebo o druhy, které jsou schopné přežít v silně zasolené půdě, na takzvaném slanisku. Halofyty tvoří přibližně 1% ze všech druhů rostlin, zvládají přežít a reprodukovat se v půdách se zasolením dosahujícím více než 200 mM chloridu sodného. Nejvíce halofytních druhů se nachází v čeledi Chenopodiaceae, dále pak v čeledích Poaceae, Fabaceae a Asteraceae (Mořková et al. 2012).

Dle snášené míry zasolení jsou rozděleny do skupin na obligátní halofyty, které dosahují optimálního růstu na půdách zasolených a zvýšenou míru solí přímo vyžadují. Dále fakultativní halofyty, které vykazují maximální vitalitu při mírně zvýšeném obsahu solí, příliš vysoká i nízká koncentrace způsobuje u fakultativních halofytů omezení růstu. Mořková (2012) vyčleňuje ještě třetí skupinu halofytů a to přechodné, kterým vyhovují nejvíce půdy bez zvýšeného obsahu solí, ale v případě nutnosti jsou schopné krátkodobě přežít i ve zvýšeném zasolení.

U halofytních rostlin se vyvinula řada morfologických, fyziologických a biochemických změn, které umožnily vývoj adaptačních mechanismů, umožňujících zvýšenou toleranci těchto rostlin k zasolení. Aby se rostliny vyrovnaly se zvýšenou koncentrací solí, upravují osmotický tlak v buňkách, produkují ochranné proteiny nebo antioxidanty a regulují hladinu fytohormonů (Kosová et al. 2013).

### 3.4.1.1 Databáze eHALOP

V roce 1974 publikovala Peta J. Mudie práci o potenciálním využití halofytů, jednalo se o první ucelený přehled, který zároveň obsahoval první seznam čítající 550 halofytních rostlinných druhů. V roce 1989 navázal na tento základ svou prací James Aronson. Jeho tištěný katalog halofytů byl mezi lety 2002 až 2005 převeden do elektronické podoby a vznikla tak databáze eHALOP. Databáze shromažďující údaje o všech dosud známých druzích rostlin, které tolerují koncentrace soli v půdě 80mM chloridu sodného a více. Kromě seznamu druhů s uvedenými hodnotami minima a maxima tolerovaného zasolení, poskytuje databáze o každém zařazeném druhu další údaje o antioxidantech, přítomnosti solných žláz, sekundárních metabolitech, mikrobiálních interakcích, stanovišti, výskytu, využití atd. dle dostupných informací. Uživatel stránky má možnost vyhledat konkrétní rostlinu podle názvu nebo může zadat hodnoty kritérií podle požadované vlastnosti rostliny z výše zmíněného seznamu informací. K roku 2024 obsahuje databáze eHalop 1202 rostlinných druhů a je průběžně doplňována o další druhy, které splňují podmínky zařazení do databáze. Příkladem těchto druhů, které se pěstují jako zelenina jsou *Beta vulgaris*, *Asparagus officinalis* nebo *Portulaca oleracea*.

### 3.4.2 Glykofytní druhy

I přes některé adaptované halofytní rostliny převažují v zemědělských plodinách druhy, které jsou na zasolení citlivé, navíc zelenina patří mezi plodiny obecně nejcitlivější na stres (Giordano 2021). Takzvané glykofyty snášejí maximální koncentraci solí kolem 100-200 mM, vyšší množství sodného iontu působí na rostliny toxicky (Lu et al. 2021). Mezi zeleninu citlivou na zasolení řadíme například *Phaseolus vulgaris*, *Daucus carota*, *Allium cepa*, *Pisum sativum* nebo *Solanum melongena* a víceméně i všechny ostatní druhy zelenin, kromě těch tolerujících zasolení, lze obecně označit za náchylné. Většina zemědělských plodin spadá právě do skupiny glykofytních druhů, proto je zasolení klíčovým aspektem, ovlivňujícím rostlinou produkci (Isayenkov 2012).

Citlivost plodin na zasolení vede k nižší produkci biomasy a snižování výnosu, zvyšování spotřeby vody a tím i další sekundární degradaci půdy, hledají se tedy nové cesty jak se vyrovnat s omezenými možnostmi produkce v oblastech potýkajících se zasolením. Jednou z možných cest je výzkum vedoucí k lepšímu pochopení rostlinných mechanismů, které dávají některým druhům schopnost snášet jistou míru zasolení. Tyto mechanismy tolerance lze využít ke šlechtění nových odolnějších odrůd, které i při vyšším stresu zvládají produkovat potřebné množství výnosu.

### 3.4.3 Mechanismy tolerance zasolení

Mechanismy tolerance soli jsou velmi komplikovanou vlastností rostlin, jsou řízeny komplexně a vyžadují koordinovanou interakci několika genů, fytohormonů, antioxidantů a mikrobů. Obecně lze mechanismy tolerance zasolení rozdělit na dvě možné strategie, jsou

jimi minimalizace vstupu solí do rostliny, díky vysoké selektivitě plazmatické membrány buněk a manipulace s množstvím solí pomocí ukládání solí do vakuol a následnému řízení osmotického tlaku a koncentrace, přičemž část solí může být vyloučena povrchem listů. (Mořková et al. 2014)

Rostliny využívající první strategii minimalizují příjem  $\text{Na}^+$  a  $\text{Cl}^-$  iontů přes kořenový systém pomocí selektivní úpravy příjmu jednotlivých iontů. Tento proces je ovlivněn dalšími ionty a jeho míra je různá pro odlišné genotypy. Neuronové transmittery (melatonin, dopamin a eATP) upravují iontové kanály propustné pro  $\text{Ca}^{2+}$  a  $\text{K}^+$  které naváží ionty  $\text{NaCl}$  a zajistí zvýšenou toleranci zasolení. Tento mechanismus byl objeven u rodu *Brassica*, který má přirozeně vyšší odolnost proti stresu ze zasolení.

Druhou možností je mechanismus hromadění nadbytečných  $\text{Na}^+$  a  $\text{Cl}^-$  iontů vakuole a pletivech, zejména v parenchymu, za účelem snížení jejich koncentrace v cytosolu. Tento proces zajišťují HX transportéry, které tak zabrání akumulaci toxických hladin  $\text{Na}^+$  v cytoplazmě a zajistí normální funkci fotosyntézy. Tento mechanismus se nazývá tissue tolerance (Solis et al. 2022) a na jeho principu fungují některé halofytní rostliny.

Příkladem mechanismu tolerance zasolení u ječmene je transportér HvHKT2,1, který umožňuje odebírat  $\text{Na}^+$  z xylémové šťávy a omezit tak jeho transport do nadzemní části rostliny a ukládání tohoto iontu do listů. Čím je aktivita tohoto transportéru větší, tím je rostlina odolnější vůči solnému stresu. (Byrt et al. 2014)

#### 3.4.4 Tvorba odrůd tolerujících zasolení

V roce 1995 existovalo následujících pět způsobů, jakými bylo s tehdejšími znalostmi a dostupnými technologiemi možné získávat plodiny odolné vůči soli.

- 1) Využít mechanismů tolerance zasolení některých ze známých druhů rostlin a pěstovat existující halofytní druhy jako alternativní plodiny.
- 2) Přenést známé vlastnosti tolerantního druhu na jiné plodiny aplikací mezidruhové hybridizace ke zvýšení tolerance současně pěstovaných druhů plodin.
- 3) Využít stávající odchylky, které se již projevily v aktuálně pěstovaných plodinách a zaměřit se na jejich další rozvoj.
- 4) Vytvářet variace v rámci stávajících plodin pomocí opakované selekce, mutageneze nebo tkáňové kultury.
- 5) Zaměřit se na spíše výnos a šlechtit plodiny pro co nejvyšší výnos bez ohledu na jejich schopnost tolerance vůči zasolení.

Provedené výzkumy a studie pokoušející se odhalit mechanismy tolerance některých rostlinných druhů na zasolení se jasně shodují, že tolerance salinity je vysoce komplexní znak závislý na několika dílčích vlastnostech, které mohou být řízeny vysokým počtem genů a tudíž už jen samotné nalezení genů odpovědných za vlastnosti tolerance je obtížné, ještě složitějším krokem pak je zajištění dědičnosti této vlastnosti pro další generace. Bylo provedeno rozsáhlé sekvenování genomu ve snaze analyzovat geny zodpovědné za indukci

vlastností vedoucích k toleranci rostlin, vodítkem pro odhalování těchto vlastností v rostlinách jsou projevy anatomických změn tolerantních druhů. U rostlin přizpůsobených stresu ze soli došlo k anatomickým transformacím kořenů a listů, jako je odolnější kutikula a zvýšená tloušťka epidermu. Tyto změny slouží jako identifikátor genotypů se zvýšenou tolerancí zasolení. Budoucností šlechtění odolnějších odrůd je dekodovat pomocí technik sekvenování geny, podílející se na toleranci stresu ze zasolení a odhalit princip jejich dědičnosti.

Jinou, již osvědčenou, metodou tvorby odolnějších odrůd je roubování citlivých odrůd na odolné podnože, tato metoda byla úspěšně testována na rodu *Solanum*. Výzkumy prokázaly zlepšení tolerance u roubovaných melounů a okurek na odolné tykvovité podnože (Goreta et al. 2008; Rouphael et al. 2012) nebo rajčat roubovaných na divoké podnože. Přednostmi roubovaných rostlin je mohutnější a hustší kořenový systém, který efektivněji přijímá vodu a živiny a vylučuje soli. Také má lepší oxidační obranný systém, hormonální a osmotické regulace a vyšší rychlost fotosyntézy oproti neroubovaným rostlinám (Singh et al. 2020).

## 3.5 Vybrané druhy zelenin

### 3.5.1 Šrucha zelná (*Portulaca oleracea*)

*Portulaca oleracea* je jednoletá bylina z čeledi *Portulacaceae*, v současnosti rozšířená na všech kontinentech. Jedná se o rostlinu xerofytní, dobře snášející sucho díky schopnosti akumulovat velké množství vody v listech. Ve vlhké půdě rychle přijímá vodu, čímž konkuruje ostatním druhům a její výskyt ve vinicích, sadech a chmelnicích je tudíž považován za nežádoucí.

Pro obsah mnoha prospěšných látek je ale také pěstována jako zelenina, má vysokou nutriční hodnotu a nejvyšší obsah vitamínů mezi listovou zeleninou. Její význam jako plodiny je zatím spíše okrajový, ale v současnosti probíhá výzkum ve využití portuláku z hlediska potravinového zabezpečení v Jižní Africe, kde by mohla být díky svým všestranným vlastnostem klíčovou potravinou. Portulák je jedním z nejbohatších zelených rostlinných zdrojů omega-3 mastných kyselin, obsahuje až pětkrát více omega-3 mastných kyselin než špenát (Uddin et al. 2014) a je také bohatým zdrojem draslíku (494 mg/100 g), hořčíku (68 mg/100 g) a vápníku (65 mg/100 g).

Navíc díky zvýšené toleranci zasolení půdy představuje portulák zásadní plodinu pro budoucí využití v měnícím se klimatu. Ve výzkumu provedeném Devi et al. (2008) byly vybrány z polosuchých solných oblastí severozápadní Indie rostliny pro laboratorní testy hyperakumulace solí. Ze skupiny druhů *Suaeda fruticosa*, *Suaeda nudiflora*, *Portulaca oleracea*, *Atriplex amnicola*, *Atriplex lentiformis*, *Haloxylon recurvum* a *Salsola baryosma* byla *Portulaca* vyhodnocena jako třetí nejlepší solný hyperakumulátor. Dle databáze eHALOP toleruje zasolení o koncentraci 200 mM. Analýzou metabolických cest byla zkoumána akumulace metabolitů v portuláku důsledkem stresu ze soli. V kořenech a listech

bylo rozpoznáno 132 různých metabolitů v reakci na 28 dní konkrétního ošetření solí (Zamane t al. 2020).

Další možné využití portuláku je v bioremediačních technikách, dle výsledků experimentu Kiliç et al. (2010) je portulák vhodným kandidátem pro regulaci koncentrace solí v mandarinkových sadech, čímž se sníží i množství solí akumulovaných v listech stromů.

### 3.5.2 Kozlíček polní (*Valerianella locusta*)

Kozlíček polní nebo také kozlíček polníček je jednoletá bylina z čeledi *Caprifoliaceae*, původem z oblasti středozemního moře, pěstuje se jako listová zelenina. Podobně jako například roketa, hlávkový salát, špenát a některé bylinky je kozlíček často pěstován hydroponicky pomocí plovoucího pěstebního systému (Tomasí et al 2015). Přednostmi tohoto systému jsou nízké nároky na pěstování, nízké náklady a vysoká efektivita využití vody a pěstebního prostoru. Další výhodou hydroponického pěstování je čistota sklizených listů a tudíž i vynechání omývacího procesu. Lze také díky živnému roztoku do jisté míry regulovat konečné množství dusičnanů v zelenině (Zanin et al. 2009).

Dalším zásadním faktorem při výběru technologie pěstování je světlo. Výsledkem experimentu s regulovaným osvětlením v indoor podmínkách bylo zjištěno, že při použití vybraných spekter osvětlení LED a BGRFR lampami je možné značně optimalizovat produkci polníčku (Avgoustaki et al. 2023). Díky upřednostňování hydroponického pěstování není produkce polníčku ohrožena zasolením půd, i přes to, že se jedná o druh citlivý na sůl. Kromě zhoršení fyziologických funkcí a úbytku biomasy by pěstování na poli představovalo i riziko nežádoucí akumulace dusičnanů v listech, následně způsobující hořkou chuť listů.

### 3.5.3 Locika setá (*Lactuca sativa*)

Locika je jednoletě pěstovaná listová zelenina patřící do čeledi *Asteraceae*, která je původem z Asie a byla hojně pěstována již před naším letopočtem především díky svým léčivým vlastnostem. Jedná se o rostlinu kulturní, která se volně v přírodě nevyskytuje, jako zelenina byla rozšířena do celého světa. Nejpopulárnější je *Lactuca sativa* var. *Capitata*, tedy hlávkový salát, jsou ale desítky různých odrůd lociky, které se liší tvarem, velikostí i barvou listů. Locika patří mezi zeleniny citlivé na zasolení, během pokusu Ünlükar et al. (2007) byla locika vystavována zvýšeným koncentracím solí a následně byl u ní pozorován pokles biomasy, pokles účinnosti využití vody a snížená akumulace draslíku a železa v listech.

## 4 Metodika

Vliv zasolení na vybrané druhy zelenin byl zjišťován na základě pokusu s rostlinným materiálem, který byl kontrolovaně vystaven různým koncentracím NaCl a současně u něj byly měřeny hodnoty vybraných charakteristik a to obsah fotosyntetizujících pigmentů, fluorescence chlorofylů, rychlost transpirace a fotosyntézy a stomatální vodivost. Data byla zpracována a analyzována pomocí aplikace Excel a vynesena do grafů pro lepší přehlednost změn ve fyziologických procesech testovaných rostlin, ke kterým došlo vlivem vystavení NaCl.

### 4.1 Rostlinný materiál

Pro pokus byly vybrány tři druhy listové zeleniny, jsou jimi *Lactuca sativa*, *Portulaca oleracea* a *Valerianella locusta*. Jejich stručná charakteristika, doplněná o informace související s pokusem je součástí literární rešerše viz výše (kapitola 3.5).

### 4.2 Založení pokusu

Pokus proběhl v částečně řízených podmínkách ve skleníku na České zemědělské univerzitě v Praze. Teplota byla stanovena na 25 °C ve dne a 20 °C v noci. Pokusný materiál byl pěstován hydroponicky v rockwoolových kostičkách. Roztoky chloridu sodného byly aplikovány v modifikovaném živném roztoku dle Hoaglanda a to v pěti variantách, kterými jsou kontrola, 50 mM NaCl, 75 mM NaCl, 100 mM NaCl a 125 mM NaCl. Odběry vzorků pro měření charakteristik probíhaly v časech 0 h, 24 h, 72 h, 168 h, 240 h a 336 h. Byla sledována rychlost transpirace a fotosyntézy, obsah fotosynteticky aktivních pigmentů a fluorescence chlorofylů.

### 4.3 Sledované charakteristiky

#### 4.3.1 Fotosyntetické pigmenty

Nejprve byly z vybraných zelenin odejmuty listy a z nich vyříznuty terčíky o ploše 1 cm<sup>2</sup> a byly zváženy. Terčíky byly následně vloženy zkumavky a ke vzorku byl přidán 1 ml dimethylformamidu (DMF), vzorky byly uloženy do chladu a temna na 24 hodin, vzorky byly průběžně promíchávány. Během této doby proběhla extrakce pigmentů do DMF, čímž vznikl roztok 25 druhů pigmentů. Druhý den byl tento roztok vyhodnocen vložím do spektrofotometru UV-Vis Evolution 2000. Vlnové délky prováděného měření byly 480; 648,8; 663,8 a 710 nm, jako slepý vzorek byl použit čistý dimethylformamid. Výsledky měření byly dosazeny do následujících rovnic pro výpočet obsahu jednotlivých fotosyntetických pigmentů, kde A jsou absorbance při dané vlnové délce a šířce kyvety 1cm:

Rovnice pro výpočet chlorofylu a:  $Chl\ a = 12,0 * A_{663,8} - 3,11 * A_{646,8}$

Rovnice pro výpočet chlorofylu b:  $Chl\ b = 20,78 * A_{646,8} - 4,88 * A_{663,8}$

Rovnice pro výpočet celkového chlorofylu:  $Chl\ a+b = 7,12 * A_{663,8} + 17,67 * A_{646,8}$

Rovnice pro výpočet karotenoidů:  $Carx+c = (1000 * A_{480} - 1,12 * Chl\ a - 34,07 * Chl\ b) / 245$

Výsledky byly přepočteny na látkové množství pigmentů (nmol) v jednotce plochy čerstvých listů (cm<sup>2</sup>).

### 4.3.2 Fluorescence chlorofylů

Fluorescence chlorofylů byla měřena nedestruktivní metodou pomocí přenosného fluorometru OS5p+. Měřené místo bylo nejprve zatemněno pomocí klipsů po dobu 20 minut, čímž došlo k otevření reakčních center fotosystému II. Po uplynutí doby zatemnění bylo místo slabě ozářeno a byla změřena hodnota základní fluorescence, nezávislá na fotosyntetické aktivitě. Následně byl list prudce ozářen světelným pulzem, což způsobilo uzavření reakčních center fotosystému II a přístroj OS5p+ provedl měření. Výstupem je hodnota maximální fluorescence (FM) po odečtení základní fluorescence (F0) získáme hodnotu variabilní fluorescence (FV). Základní fluorescenční poměr je pak definován jako podíl variabilní (FV) a maximální fluorescence (FM), je také nazýván jako maximální kvantový výtěžek fluorescence. Fluorescenční poměr (FV/FM) je obecným indikátorem snížení funkce nebo poškození reakčních center fotosystému II. Pokud je rostlina vystavena stresu, dochází k negativnímu ovlivnění funkce fotosystému II a hodnota fluorescenčního poměru (FV/FM) klesá. U rostliny s plně funkčními reakčními centry, dosahuje hodnota FV/FM maximálně 0,83. Z poměru FV/F0 získáme potenciální účinnost fluorescence.

### 4.3.3 Rychlost výměny plynů a stomatální vodivost

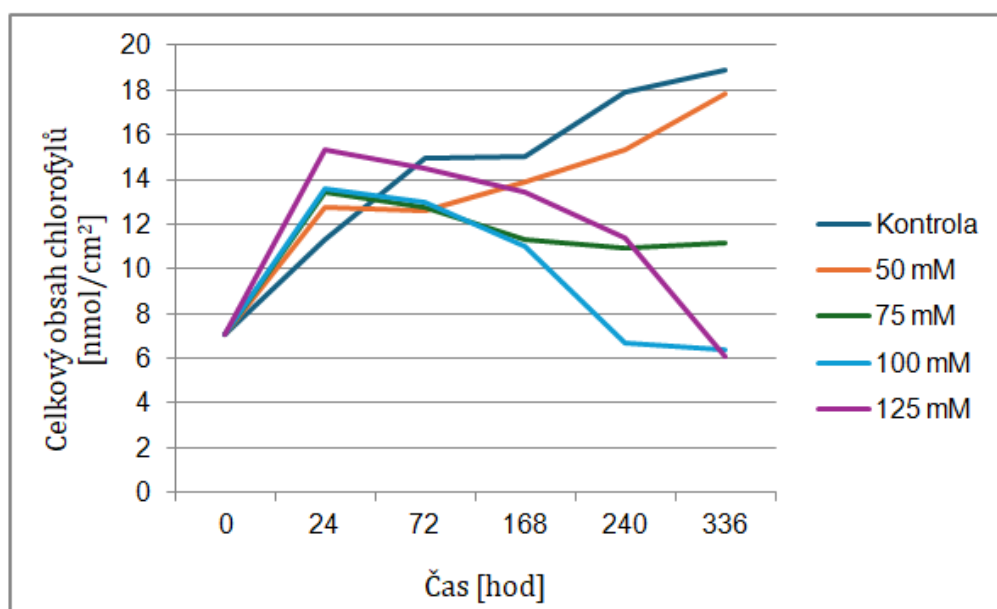
Rychlost výměny plynů byla měřena gaziometrickou metodou za použití přístroje LCpro+. Gaziometrické metody jsou založeny na principu měření poklesu koncentrace CO<sub>2</sub> v okolí rostliny vyvolaný fixací CO<sub>2</sub>. Přístroj LCpro+ je infračervený analyzátor plynů, který nedestruktivním způsobem měří hodnoty transpirace, výkonu čisté fotosyntézy, stomatální vodivosti, odporu průduchů, obsahu oxidu uhličitého v mezofilových buňkách a další charakteristiky dle nastavení přístroje. Skládá se z měřicí hlavičky a analyzátoru, který je vybaven vlastním zdrojem energie, LCD displejem a třemi válci upravujícími vlastnosti vzduchu proudícího do komory z okolního prostředí. Měřicí hlavičku tvoří klimatizovaná komora, do které je vložen vzorek a za konstantních podmínek dochází k měření požadovaných hodnot. Rychlost transpirace a fotosyntézy se vypočítá z průtoku a změny koncentrace plynů mezi výstupem a vstupem z komory (ADC BioScientific 2013). Rychlost výměny plynů byla měřena v dopoledních hodinách při hustotě ozáření 650  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  a teplotě 25 °C.

## 5 Výsledky

### 5.1 Fotosyntetické pigmenty

#### 5.1.1 Celkový obsah chlorofylů

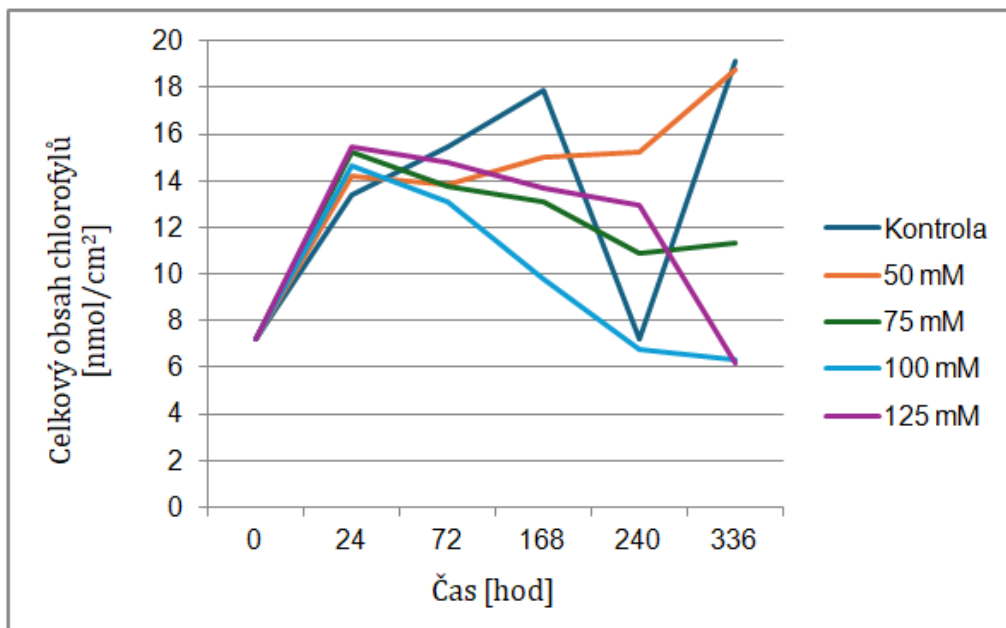
V grafu 1 je zobrazen celkový obsah chlorofylů v listech lociky seté. U kontroly a 50 mM NaCl je možné pozorovat nerovnoměrný nárůst obsahu chlorofylů v čase. Avšak od koncentrace 75 mM dochází v listech lociky k poklesu obsahu chlorofylů již od měření po 24 hodinách, v případě koncentrací 75 a 100 mM se obsah chlorofylů opět postupně stabilizuje. U varianty 75 mM došlo k mírnému nárůstu mezi měřeními po 240 a 336 hodinách a to z 10,9 na 11, 19 nmol/cm<sup>2</sup>. V případě dávky 100 mM byl pokles mezi měřeními zpomalen na 0,36 nmol/cm<sup>2</sup>. Varianta 125 mM zůstává v klesajícím trendu až do konečné hodnoty 6, 12 nmol/cm<sup>2</sup>, což je také nejnižší naměřená hodnota. Z grafu je tedy patrné, že míře zvýšená dávka NaCl do 75 mM je pro lociku únosná, nicméně obsah chlorofylů se při této dávce snížil téměř o polovinu oproti kontrole.



Graf 1 Změny celkového obsahu chlorofylů druhu *Lactuca sativa* v závislosti na čase a koncentraci NaCl

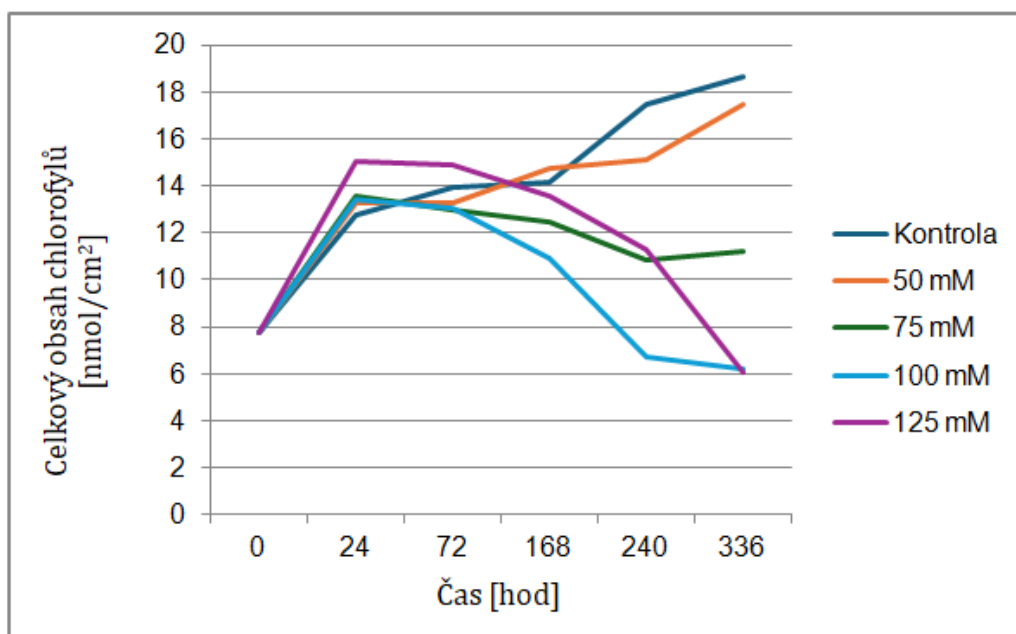
Graf 2 vyobrazuje změnu obsahu chlorofylů u listů portuláku, který celkově vykazuje vyšší hodnoty než locika, u variant 75, 100 a 125 mM NaCl je pokles obsahu chlorofylů postupnější, ve všech třech variantách je poměrně plynulý až do času 240 hodin, kdy varianta 75 mM vykazuje nárůst o 1,7 nmol/cm<sup>2</sup>, varianta 100 mM zpomalila v poklesu a u varianty 125 mM začal obsah chlorofylu prudce klesat. Zajímavý je průběh s 50 mM NaCl, kde se od 72 hodin ustálí růst, v čase 240 hodin je obsah chlorofylu na 15,25 a poté ještě prudce stoupne až na hodnotu 18, 74 nmol/cm<sup>2</sup> což je nejvyšší naměřený obsah chlorofylů u všech tří pokusných rostlin.





Graf 2 Změny celkového obsahu chlorofylů druhu *Portulaca oleracea* v závislosti na čase a koncentraci NaCl

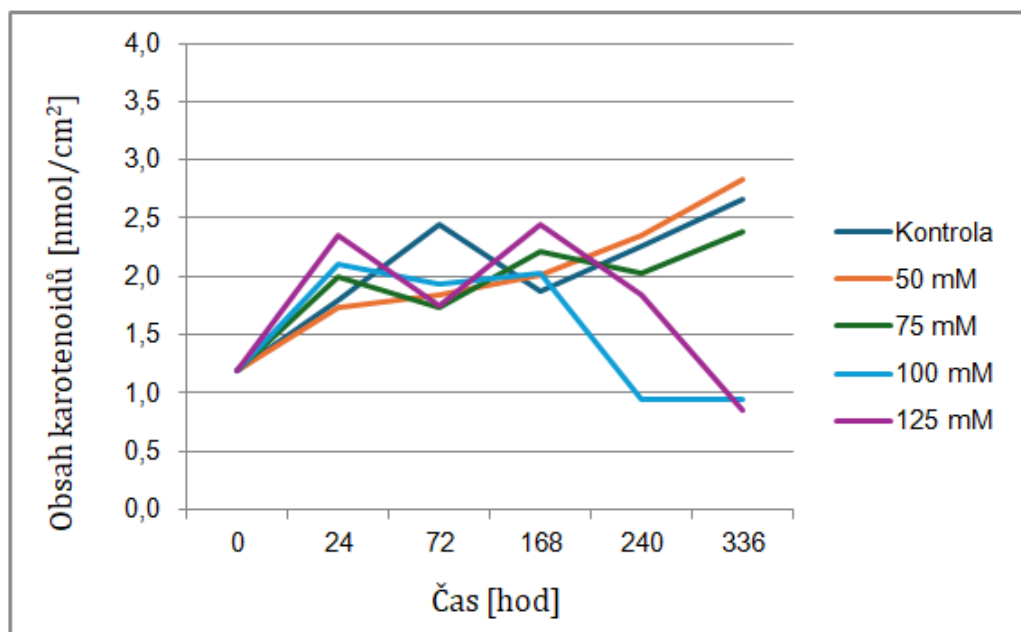
Graf 3 znázorňuje obsah celkového chlorofylu u druhu kozlíček polní, který vykazuje podobnou tendenci jako locika. Hodnoty se u variant 100, 75 a 50 mM v čase 24 hodin pohybují mírně nad 13 nmol/cm<sup>2</sup>, poté se hodnoty začínají rozcházet, varianta 50 mM začne stoupat průměrně o 1, 4 nmol/cm<sup>2</sup> při každém dalším měření. U koncentrace 100mM podobným tempem obsah chlorofylů rovnoměrně klesá a ve 240 hodině se pokles zpomalí, v čase 336 hodin je hodnota na 6,2 nmol/cm<sup>2</sup>, obsah chlorofylů u varianty 125mM je v tuto dobu téměř totožný a to 6,02 nmol/cm<sup>2</sup>, ovšem průběh poklesu byl pozvolnější než u varianty 100 mM a v čase 240 hodin u něj nedošlo ke zmírnění poklesu jako u varianty 100 mM.



Graf 3 Změny celkového obsahu chlorofylů druhu *Valerianella locusta* v závislosti na čase a koncentraci NaCl

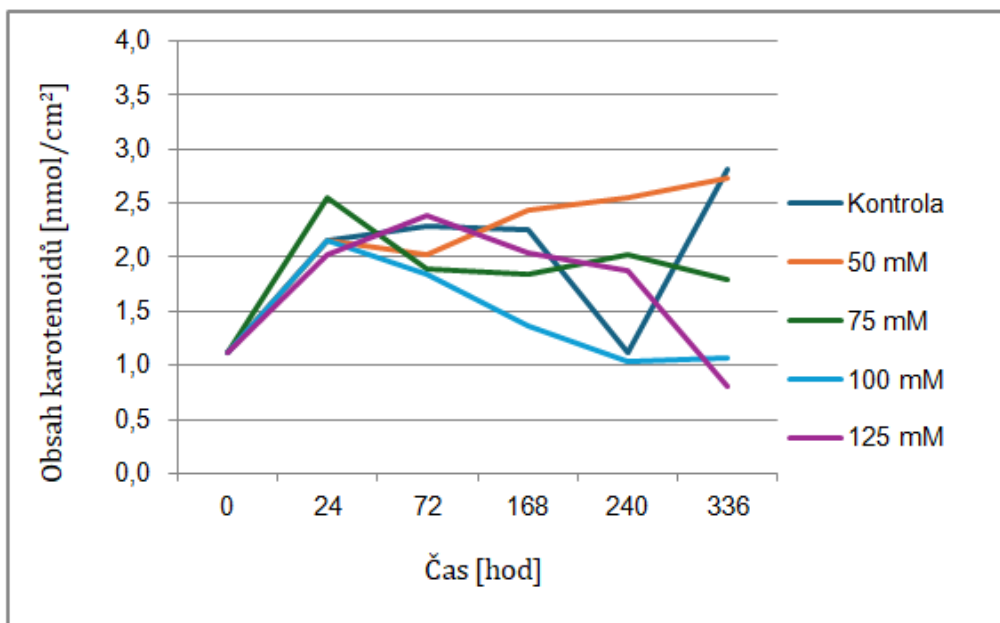
### 5.1.2 Obsah karotenoidů

Graf 4 ukazuje obsah karotenoidů v locice seté, jediná varianta s koncentrací 50 mM vykazuje pozvolný trend, obsah karotenoidů plynule bez výkyvů narůstá od 1,73 až do 2,83 nmol/cm<sup>2</sup>, což je nejvyšší naměřené množství karotenoidů ve všech třech pokusných materiálech. V ostatních variantách jsou značné výkyvy hodnot. Kontrola a 125mM mají téměř opačný charakter, kontrola v 72. hodině stoupla a ve 168. hodině klesla, zatímco varianta 125 mM přesně naopak. U varianty 100 mM je menší propad v měření po 72 hodinách, v čase 24 hodin a 168 hodin je hodnota okolo 2 nmol/cm<sup>2</sup> od 168 hodin obsah karotenoidů prudce klesá a poté se téměř ustálí na 0,86 nmol/cm<sup>2</sup>.



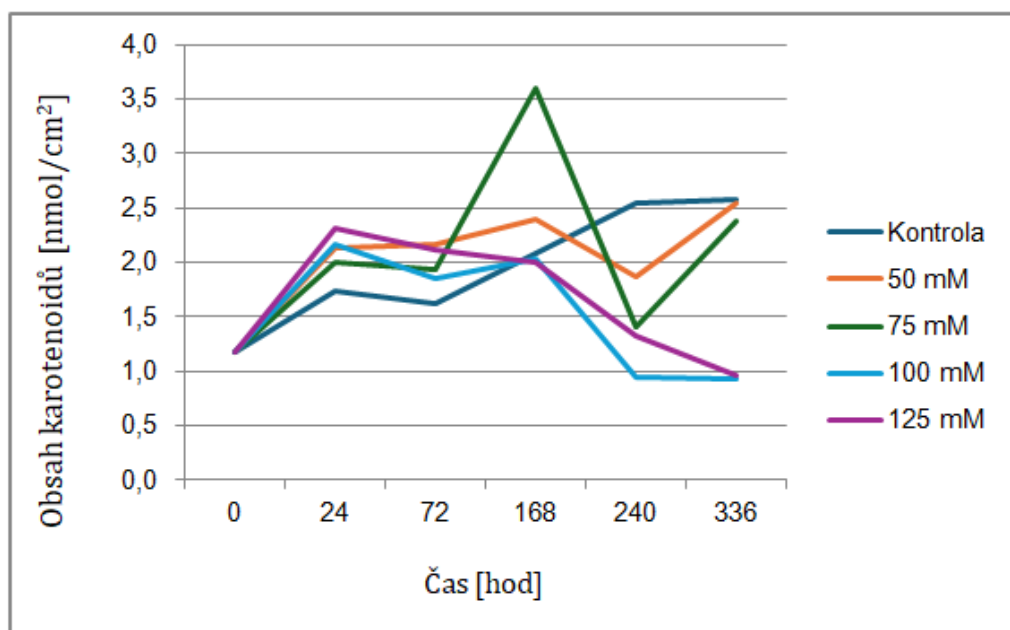
Graf 4 Změny obsahu karotenoidů druhu *Lactuca sativa* v závislosti na čase a koncentraci NaCl

Na Grafu 5 je obsah karotenoidů v portuláku, ve variantě 100 mM došlo během 216 hodin k poklesu obsahu karotenoidů o 52%, naopak s koncentrací 50 mM vzrostl obsah o 27% s propadem v 72 hodině na 2,02 nmol/cm<sup>2</sup>. Při dávce 125 mM je trend podobný kontrole až do 240 hodiny, kde je obsah karotenoidů ve variantě 125 mM o 0,76 nmol/cm<sup>2</sup> vyšší než v kontrole. Nejvyšší hodnoty, naměřené v čase 24 hodin, dosahuje varianta 75 mM a to 2,55 nmol/cm<sup>2</sup>, poté obsah prudce klesá do 72. hodiny, kde se mírně stabilizuje a kromě zvýšené hodnoty ve 240 hodině zůstává na přibližně stejném obsahu okolo 1,8 nmol/cm<sup>2</sup>.



Graf 5 Změny obsahu karotenoidů druhu *Portulaca oleracea* v závislosti na čase a koncentraci NaCl

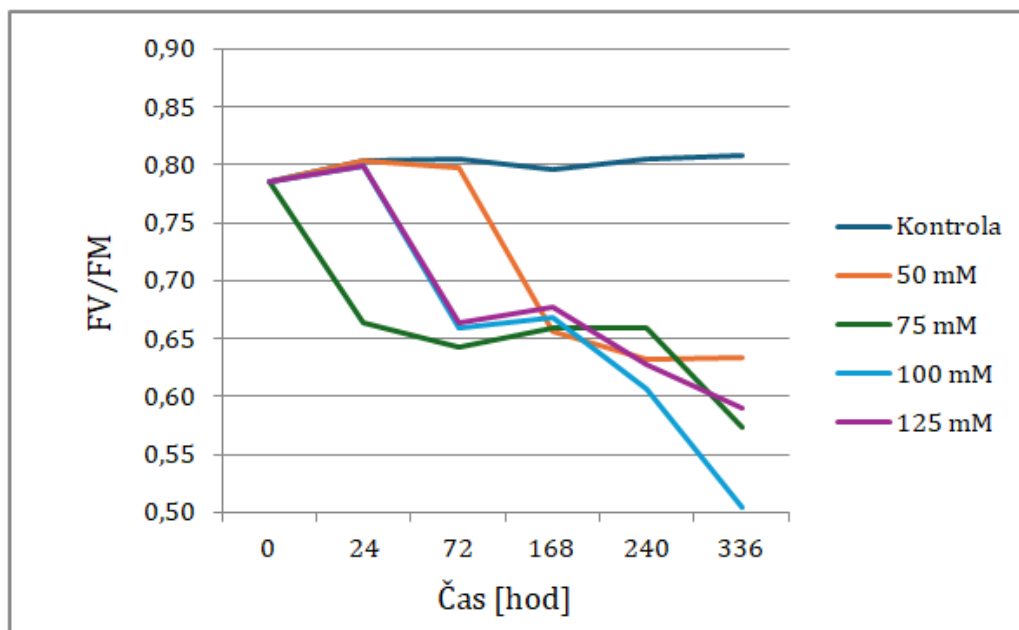
Graf 6 dokládá obsah karotenoidů v listech kozlíčku, nejproměnlivější variantou je v tomto grafu varianta 75 mM, u které došlo k prudkému výkyvu ve 168. hodině měření hodnoty obsahu karotenoidů dosahovaly 3,6 nmol/cm<sup>2</sup>, což je naprosté maximum naměřené při pokusu. Ostatní varianty nevykazují velké odchylky, kromě kontroly a varianty 100 mM, které se v bodě 168 hodin rozcházejí na opačnou stranu, ve 240 hodině se liší o 1,6 nmol/cm<sup>2</sup> a poté se víceméně stabilizují.



Graf 6 Změny obsahu karotenoidů u druhu *Valerianella locusta* v závislosti na čase a koncentraci NaCl

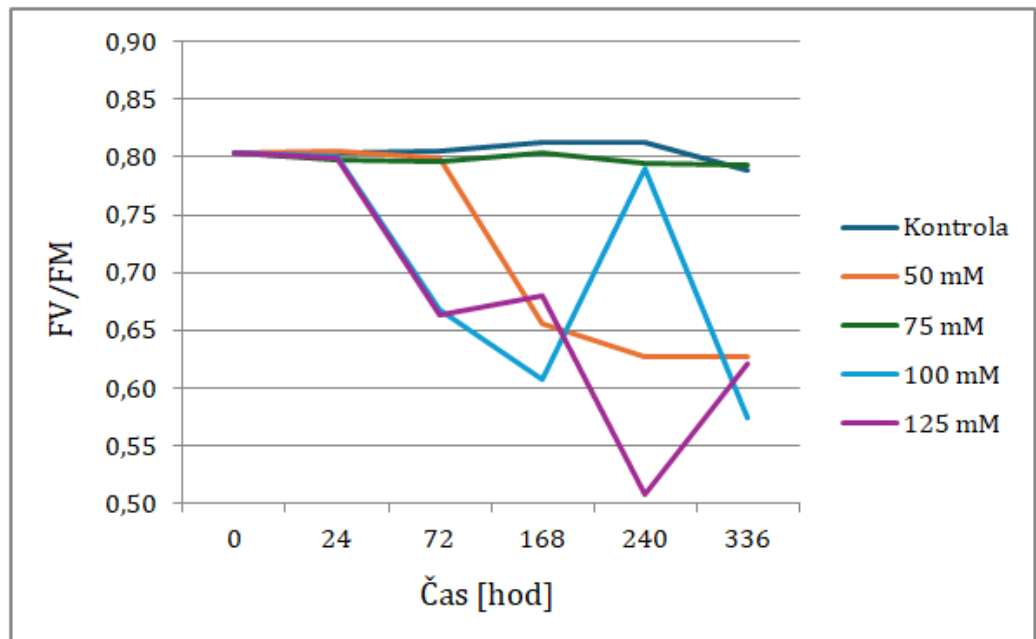
## 5.2 Fluorescence chlorofylů

Graf 7 zobrazuje fluorescenci chlorofylů lociky seté, největší pokles fluorescence vykazuje varianta 75 mM, která má již od počátku klesající charakter, ve 168. hodině ale začne mírně stoupat a ve 240. hodině překoná všechny ostatní varianty. Varianty 100 a 125 mM mají velmi podobný průběh, ovšem varianta 125 začne po 240 hodinách mírně růst, zatímco varianta 100 mM dále klesá, až do hodnoty 0,05 čím dosahuje nejnižšího naměřeného poměru Fv/Fm ze všech tří druhů zelenin. Varianta o koncentraci 50 mM NaCl poté vykazuje podobný průběh jako 125 mM, ale ve vyšší hladině hodnot.



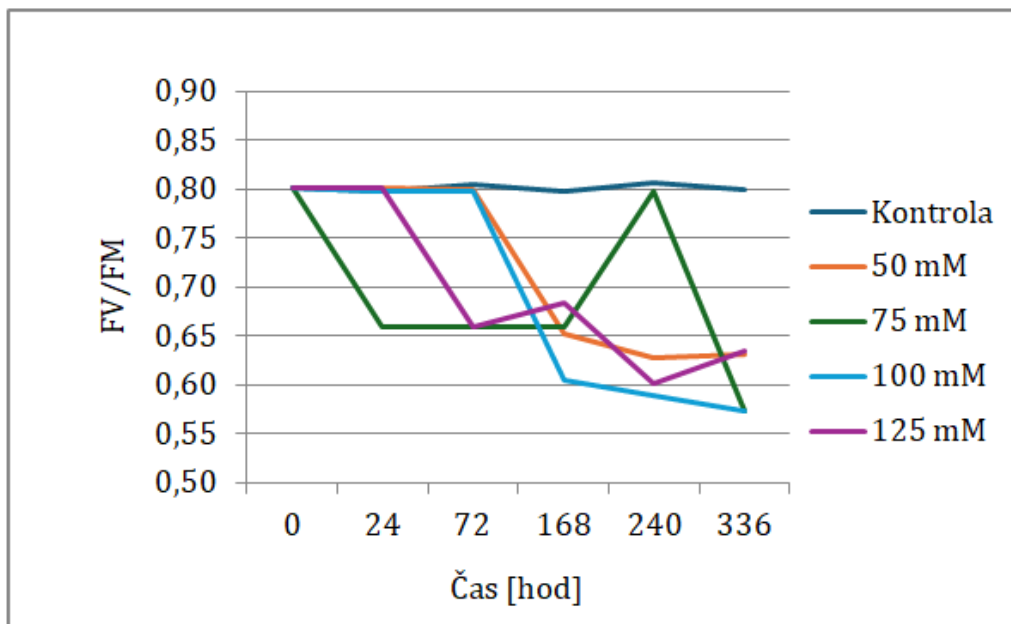
Graf 7 Změny hodnot fluorescenčního poměru u druhu *Lactuca sativa* v závislosti na čase a koncentraci NaCl

V Grafu 8 je znázorněna fluorescence chlorofylů u portuláku, nejpatrnější je v grafu linie varianty 75 mM, která nejen že dosahuje stejně vysokých hodnot jako kontrola, ale také se její hodnoty téměř nemění v čase. Varianty 50 a 125 mM jsou spíše klesajícího charakteru, varianta 125 mM dosahuje v nejnižším bodě hodnoty 0,5, ale poté opět prudce stoupá. V tomto bobě má varianta 100 opačný projev dosahuje své nejvyšší hodnoty a to 0,79 a poté prudce klesá.



Graf 8 Změny hodnot fluorescenčního poměru u druhu *Portulaca oleracea* závislosti na čase a koncentraci NaCl

V Grafu 9 jsou hodnoty fluorescence druhu *Valerianella locusta*, zde vykazují všechny varianty téměř totožný průběh, ovšem s rozdílným časovým odstupem. Od 168. hodiny jsou všechny varianty kromě varianty 75 mM, spíše klesající, varianta 75 mM má výkyv ve 240. hodině a poté taktéž klesá. Kromě varianty 75 se všechny ostatní varianty dlouho drží na hodnotě okolo 0,8, což je velmi dobrý výsledek v porovnání s ostatními druhy.

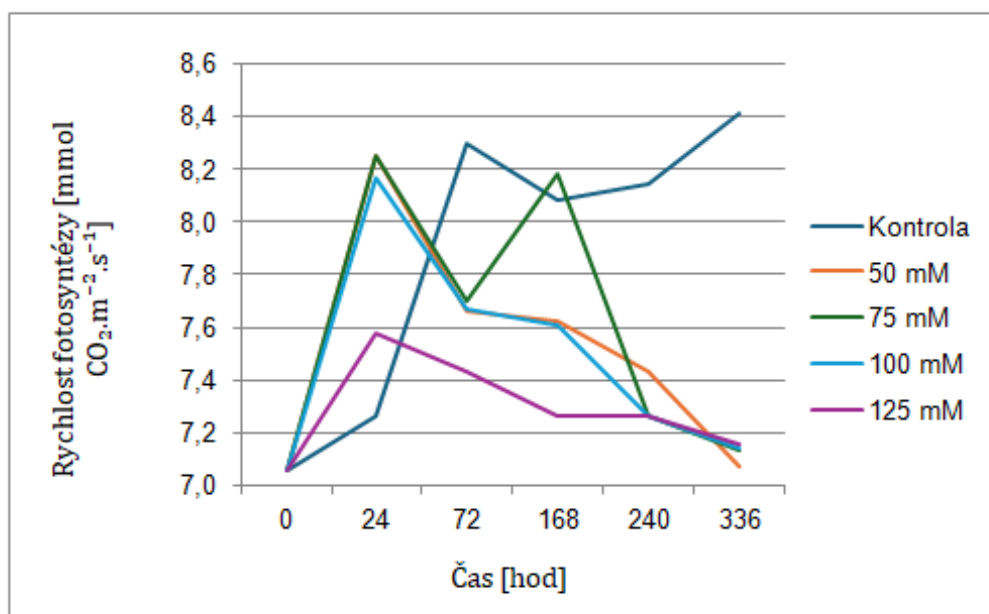


Graf 9 Změny hodnot fluorescenčního poměru druhu *Valerianella locusta* v závislosti na čase a koncentraci NaCl

## 5.3 Rychlost výměny plynů

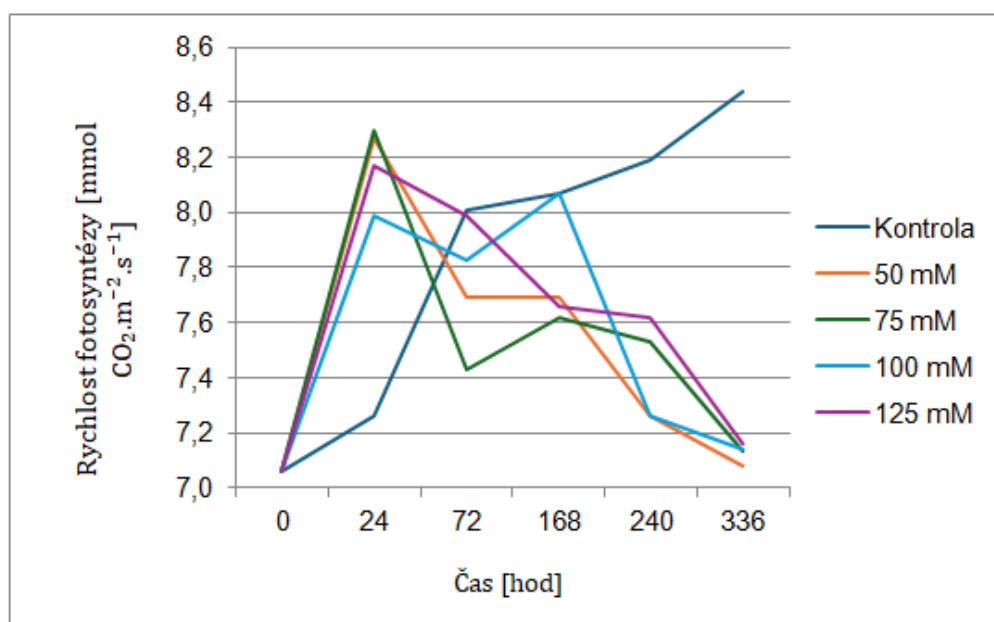
### 5.3.1 Rychlost fotosyntézy

Graf 10 zobrazuje změny rychlosti fotosyntézy u lociky seté, dávky 100, 75 a 50 mM NaCl vykazují podobný trend ve 24. hodině, kde dosahují maxima a to 8,25 a 8,17 mmol  $\text{CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ , všechny tři varianty poté klesají přibližně o 0,55 mmol při měření v 72. hodině, u variant 100 a 50 mM poté rychlost fotosyntézy dále klesá v čase, nejnižší naměřenou hodnotou u lociky je 7,07 mmol  $\text{CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  v čase 336 hodin. U varianty 125 mM nastane zpomalení fotosyntézy velmi rychle, již po 24 hodinách je snížena o 9% oproti variantám 50 a 75 mM, rychlost potom dále klesá, zprvu prudčeji a poté pozvolným tempem, při měření ve 240 hodině se shoduje s variantou 100 mM. Zatímco kontrola vykazuje zpočátku pomalejší rychlost a později spíše rostoucí trend, ostatní varianty mají spíše maximální hodnoty na začátku měření a poté většinou už jen klesají, výjimkou je varianta 75 mM, u které byl zaznamenán prudký nárůst ve 168 hodině, v tomto bodě překonala kontrolu.



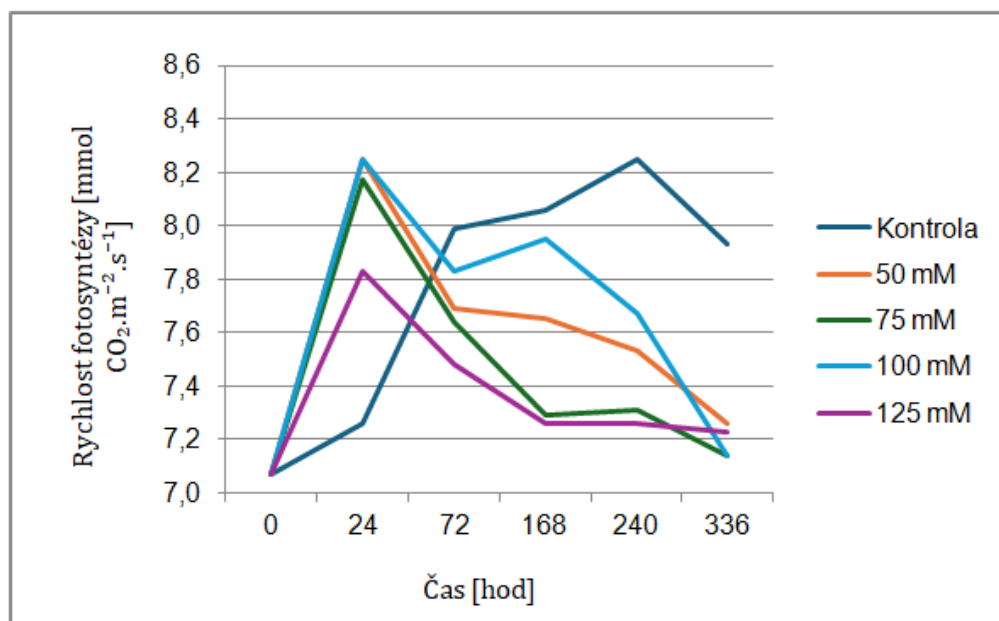
Graf 10 Změny rychlosti fotosyntézy u druhu *Lactuca sativa* v závislosti na čase a koncentraci NaCl

Graf 11 ukazuje změny rychlosti fotosyntézy u druhu šrucha zelná, zde opět dochází k prudkému nárůstu rychlosti u všech variant kromě kontroly, ty ve 24 hodinách překonávají kontrolu až o 1 mmol CO<sub>2</sub>.m<sup>-2</sup>.s<sup>-1</sup>. Následně dochází k prudkému poklesu, víceméně klesající rychlost vykazují pak všechny varianty až do konce měření, jen varianta 100 mM zrychluje ve 168 hodině a poté také klesá. Hodnoty se téměř scházejí v minimálním bodě, varianta 50 mM dosahuje v 336 hodině nejnižší hodnoty. Rozdíl v tomto bodě mezi kontrolou a průměrem variant je 1,31 mmol CO<sub>2</sub>.m<sup>-2</sup>.s<sup>-1</sup>, což je největší rozdíl z pozorovaných zelenin. Zajímavá je křivka hodnot varianty 125 mM, která nevykazuje značný pokles rychlosti oproti ostatním variantám, jako je to u druhých dvou pozorovaných rostlin, mezi 24. a 168. hodinou je rychlost dokonce vyšší než u variant 75 a 50 mM.



Graf 11 Změny rychlosti fotosyntézy u druhu *Portulaca oleracea* v závislosti na čase a koncentraci NaCl

V Grafu 12 je znázorněna rychlost fotosyntézy kozlíčku, všechny varianty vykazují v porovnání s druhými dvěma zeleninami podobný trend, bez extrémních výkyvů. I zde ale dochází ke zpomalení fotosyntézy s rostoucí koncentrací NaCl u variant 50, 75 a 125 mM. Jen u varianty 100 mM byly naměřeny vyšší hodnoty než u ostatních variant, od 24. hodiny převyšuje rychlost dalších tří až do 336. Hodiny, kde začne prudčeji klesat. Výrazně odlišnou lini oproti druhým vzorkům má u kozlíčku kontrola, kde po 240 hodinách rychlost fotosyntézy klesá.

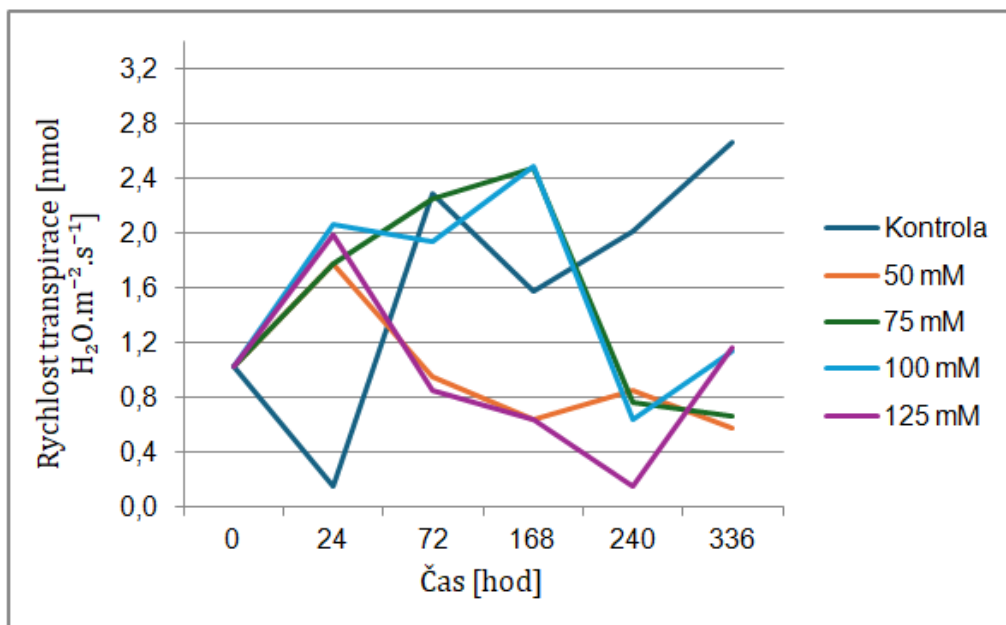


Graf 12 Změny rychlosti fotosyntézy u druhu *Valerianella locusta* v závislosti na čase a koncentraci NaCl

### 5.3.2 Rychlost transpirace

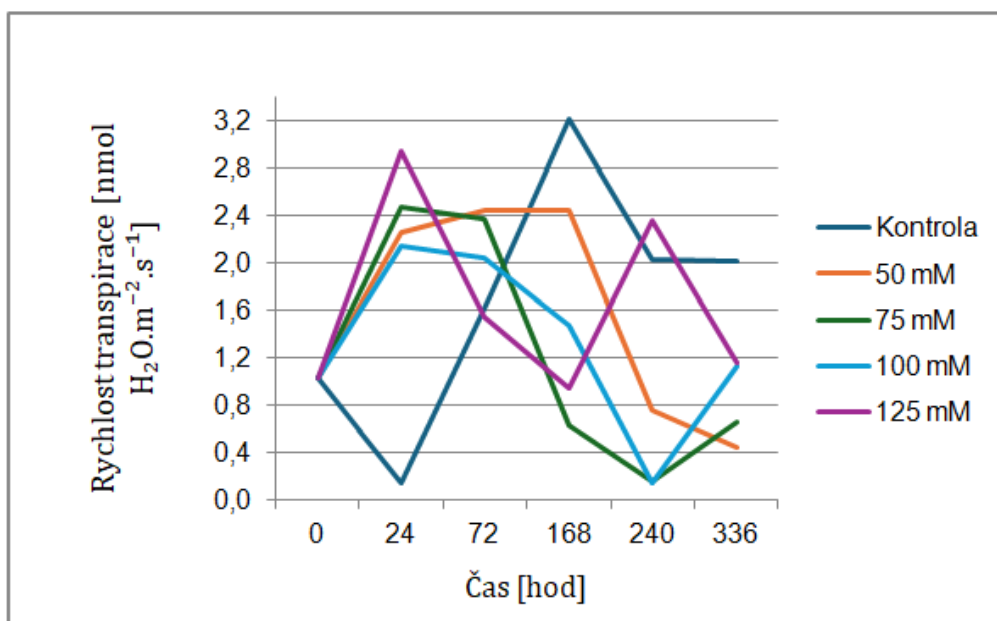


Graf 13 znázorňuje rychlost transpirace u lociky seté, varianty se značně liší změnami rychlosti transpirace, podobný průběh je možné vidět u variant 50 a 125 mM, kde rychlost od 24. hodiny postupně klesá, u varianty 50 mM pak mírně roste ve 240 hodině, v tomtéž bodě varianta 125 mM klesá až na 0,15  $\text{nmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ , což je rozdíl 1,86  $\text{nmol}$  oproti kontrole. U kontroly dochází k výraznému propadu ve 24. hodině, naopak všechny varianty dosahují v tomto čase vyšších hodnot okolo 1,8  $\text{nmol}$ , u variant 125 a 50 mM se jedná o maximum, u variant 100 a 75 mM rychlost transpirace dále roste až do hodnoty 2,48  $\text{nmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ , poté obě linie podobným tempem klesají, u varianty 100 mM se projevuje opětovný nárůst ve 336. hodině.



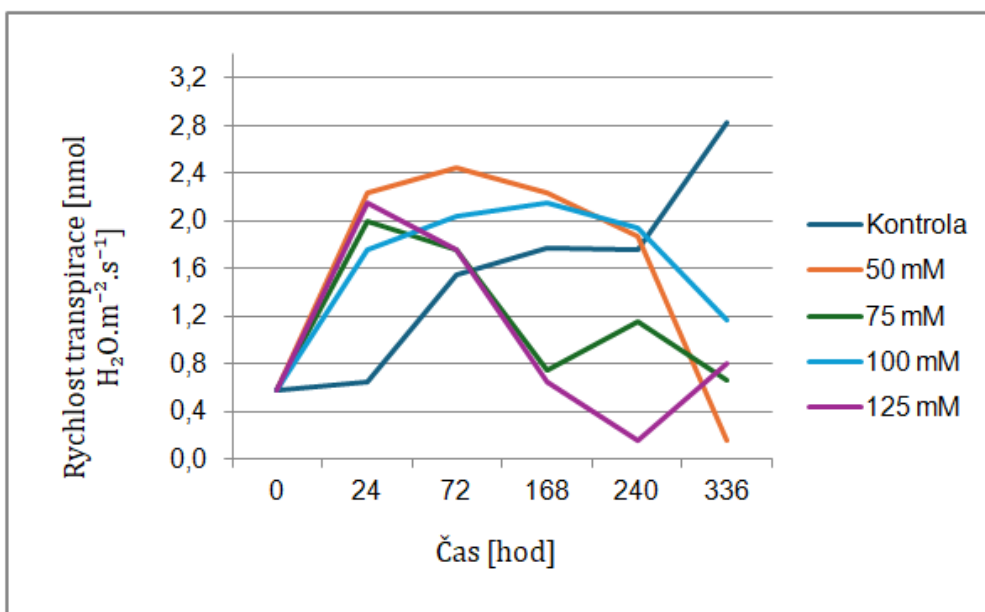
Graf 13 Změny rychlosti transpirace u druhu *Lactuca sativa* v závislosti na čase a koncentraci NaCl

Graf 14 je znázorněním rychlosti transpirace portuláku, nejvyšší rychlosti zde kromě kontroly dosahuje varianta 125 mM ve 24 hodině, po poklesu až do nejnižší rychlosti ve 168. hodině, opět roste a v 240. hodině převyšuje průměr ostatních variant o 15%. Tato linie přibližně kopíruje opačný průběh kontroly až do 240. hodiny. Ostatní varianty vykazují zrychlování růstu do 24 hodin, poté stagnují do 168. hodiny a následně dochází k poklesu rychlosti transpirace, u variant 75 a 100 mM se rychlost ve 240. hodině opět prudce zvýší



Graf 14 Změny rychlosti transpirace u druhu *Portulaca oleracea* v závislosti na čase a koncentraci NaCl

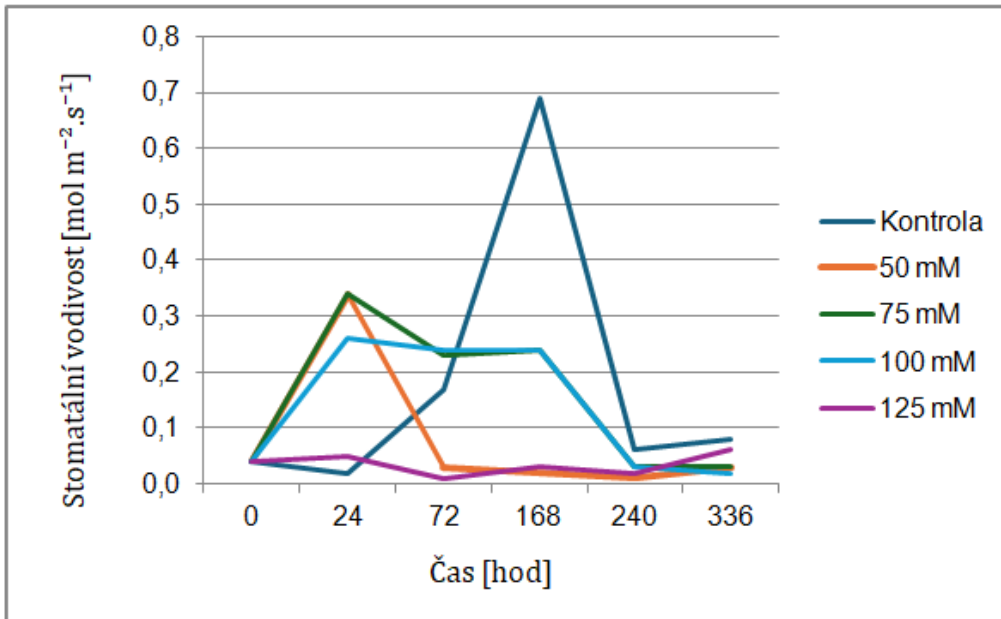
Graf 15 znázorňuje rychlost transpirace u kozlíčku, průběh je zde plynulejší než v předchozích dvou případech, varianty 50 a 100 mM podobným způsobem plynule rostou a ve velmi pozvolné tendenci poté klesají, varianta 50 mM v 336. hodině sníží rychlost až na  $0,15 \text{ nmol H}_2\text{O.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ . Podobně pomalý průběh se dostaví u varianty 125 mM, ale již v 240. hodině měření, poté rychlost znovu stoupá. Opačně se projevila varianta 75 mM, která ve 240. hodině stoupne, ale poté klesá. Nejvyšší hodnoty kromě kontroly dosahuje varianta 50 mM a to v 72. hodině  $2,44 \text{ nmol H}_2\text{O.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ .



Graf 15 Změny rychlosti transpirace u druhu *Valerianella locusta* v závislosti na čase a koncentraci NaCl

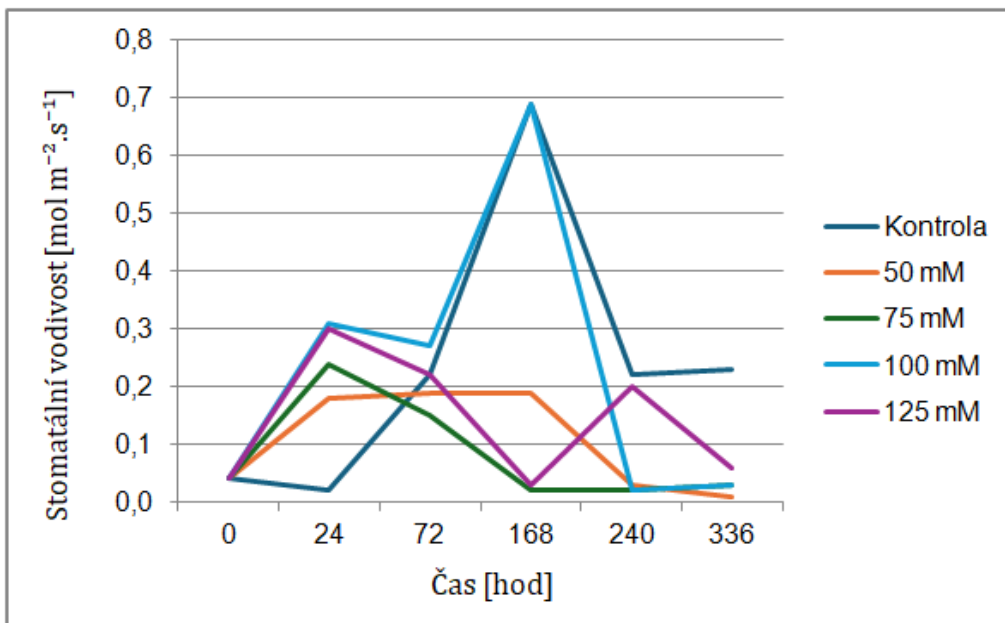
### 5.3.3 Stomatální vodivost

V Grafu 16 jsou zaznamenány změny hodnot stomatální vodivosti u lociky, u kontrolní varianty dochází ve 168. hodině k prudkému nárůstu hodnot, tento nárůst nebyl zaregistrován u žádné z dalších variant. Koncentrace 75 a 100 mM dosahjí v 168. hodině téměř o třetinu nižších hodnot, o dalších 0, 20 nmol je snížena hodnota u variant 50 a 125 mM, u těchto dvou se již od 72. hodiny udržuje stomatální vodivost mírně nad nulou. Po 336 hodinách se všechny varianty přibližují hodnotě do 0,1 nmol. Kromě kontroly jsou nejvyššími hodnotami varianty 75 a 50 mM ve 24. hodině obě shodně na 0,34 nmol.



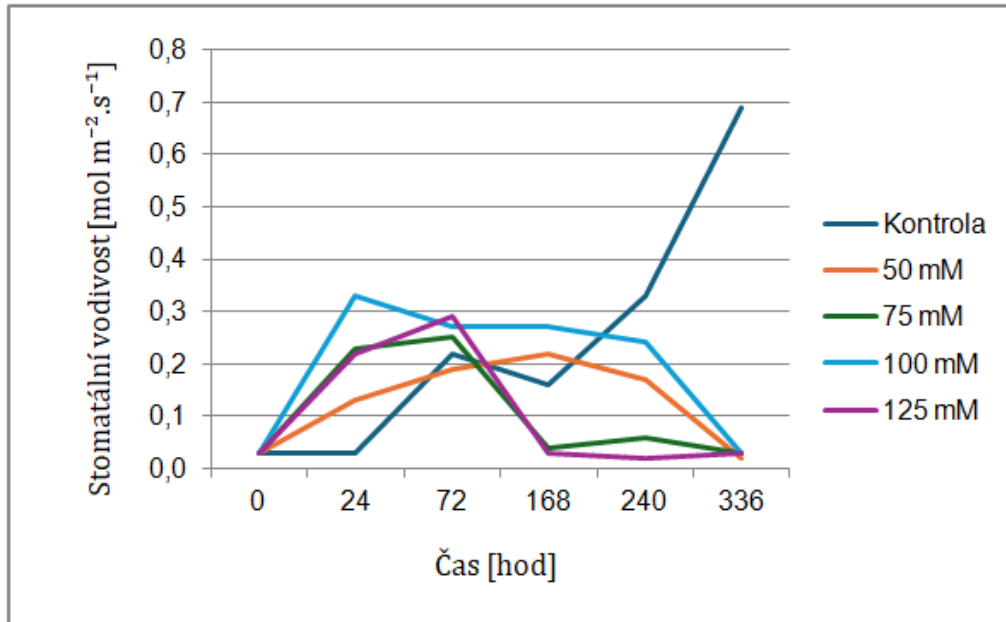
Graf 16 Změny stomatální vodivosti u druhu *Lactuca sativa* v závislosti na čase a koncentraci NaCl

Graf 17 vyobrazuje změny stomatální vodivosti v portuláku, zde linku kontroly poměrně těsně kopíruje linka 100 mM, rozdíl je v počáteční fázi, kde je stomatální vodivost vyšší u varianty 100 mM a poté po čase 240 hodin, kde naopak klesá níže než kontrola. Rozdíl oproti locice je také u varianty 125 mM, která se ve 24. hodině projevila zvýšenou hodnotou, srovnatelně s variantou 100 mM, a po propadu ve 168. hodině opětovným růstem ve 240. hodině. Varianta 50 mM po počátečním růstu udržuje téměř přímou linii a v 168. hodině klesá až do 0,01 mol. m<sup>-2</sup>.s<sup>-1</sup>, tedy nejnižší naměřené hodnoty ze všech tří druhů. Varianta 75 mM po počátečním nárůstu klesla a od 168. hodiny zůstala lineární.



Graf 17 Změny stomatální vodivosti u druhu *Portulaca oleracea* v závislosti na čase a koncentraci NaCl

V Grafu 18 jsou vyneseny změny stomatální vodivosti pro druh kozlíček polní, zde se výsledky výrazněji liší od předchozích dvou druhů a to včetně kontroly. Hodnoty jsou celkově nižší, kromě kontroly, která nerovnoměrně stoupá. Vrianty 100 a 50 mM mají postupně rostoucí a následně postupně klesající trend, kdežto dávky 75 a 125 mM NaCl dosahují hodnot vrcholu až v 72. hodině a poté prudce klesají a zůstávají na nízkých hodnotách až do konce měření. Zajímavý je čas 336 hodin, kdy se tři varianty scházejí v totožném bodě a to  $0,03 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  a varianta 50 mM se zastavila na hodnotě stomatální vodivosti  $0,02 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ .



Graf 18 Změny stomatální vodivosti u druhu *Valerianella locusta* v závislosti na čase a koncentraci NaCl

## 6 Diskuze

### 6.1 Fotosyntetické pigmenty

#### 6.1.1 Celkový obsah chlorofylů

Výsledky měření ukazují, že se zvyšující se koncentrací NaCl dochází ke snížení obsahu chlorofylů u variant 75, 100 a 120 mM, přičemž nejvýraznější pokles obsahu způsobuje dávka 100 mM a nejlépe zvládají pokusné rostliny dávku 125 mM. U varianty 50 mM, docházelo u všech tří zelenin k stabilnímu nárůstu obsahu chlorofylů, podobně jako u kontroly, ale vždy jsou obsahy u varianty 50 mM průměrně přibližně o dva  $\text{nmol/cm}^2$  nižší než u kontroly.

Dhokne et al. (2022) během pokusu se změnami ve struktuře tylakoidů hrachu při solném stresu došli k závěru, že fotosystém II je inhibován stresem ze slanosti, což vede k tvorbě ROS, které poté způsobují degradaci zásadních proteinových struktur a buněčnou smrt. V souladu s Dhokne se vyjadřují i Gill & Tuteja (2010), ti konstatují, že fotosystémy I a II v chloroplastech jsou hlavními místy tvorby superoxidových radikálů  $\text{O}_2^-$ . Zároveň ale dodávají, že rostliny jsou vybaveny antioxidačním mechanismem chránícím je před oxidativním stresem. Je tedy možné vyvodit, že míra poškození chloroplastů při zasolení je také závislá na schopnosti rostliny odbourávat reaktivní formy kyslíku. Při pokusu na cibuli zkoumali Chaudhry et al. (2020) poškození fotosystému měřením genové exprese, výsledky ukázaly různý stupeň degradace fotosystému II dle citlivosti odrůdy cibule.

#### 6.1.2 Obsah karotenoidů

Při pozorování obsahu karotenoidů již byly výsledky méně uniformní a často značně kolísavé v čase. Obsah karotenoidů neměl u žádné ze tří pokusných zelenin jednoznačně stoupající či klesající charakter, souhrně lze říci, že u koncentrací NaCl 100 a 125 mM byl koncový obsah karotenoidů nízký, nejpatrnější propad byl pozorován u lociky, kde ostatní tři varianty projevíly v koncové fázi měření spíše stoupavý charakter. K extrémnímu vychýlení došlo u polníčku ve 168. hodině měření, kde byl naměřen nepoměrně zvýšený obsah karotenoidů ( $3,6 \text{ nmol/cm}^2$ ) oproti všem ostatním variantám i u druhých dvou zelenin, patrně se může jednat i o chybu v měření.

Výzkumy řasy *Dunaliella salina* (Borowitzka et al. 1990) ukázal specifický jev při změně obsahu karotenoidů vlivem zasolení. V počáteční fázi zasolení docházelo ke snižování obsahu karotenoidů a podílu luteinu, ale zároveň se navyšoval obsah zeaxanthinu a to se projevilo v pozdější fázi měření, kde byl pozorován skokový nárůstu obsahu karotenoidů. Změna obsahu karotenoidů se tedy během měření projevila s opožděnou reakcí na dané koncentrace NaCl.

### 6.2 Fluorescence

Z grafů fluorescenčního poměru  $F_v/F_m$  vyplývá, že locika a kozlíček projevíly podobné hodnoty, nejhůře si vedla varianta 75 mM, která vykazovala pokles poměru již v začátku měření, druhá nejvíce propadová byla varianta 100 mM, která měla dobrý fluorescenční poměr na začátku, ale ke koci měření se propadala na nejnižší hodnoty. U portuláku byla varianta 75 mM naopak nejlépe se projevující linií, je možné usoudit, že je takto zvýšená

koncentrace pro portulák vyhovující, neboť hodnoty fluorescenčního poměru se držely blízko optima. Ale variantě 125 mM již docházelo k propadu hodnot a tato koncentrace byla pro portulán naprosto nevhovující.

Při zkoumání vlivu solného stresu na *P. dulcis* madle byla zaznamenána řada parametrů fluorescence chlorofylu a obsahu chlorofylu za účelem stanovení reakce mandle na zasolení. Solný stres podpořil zvýšení F0 a snížení FM téměř ve všech případech. Obsah chlorofylu byly také významně sníženy při zvýšené koncentraci solí. (Ranjbarfordoei et al. 2006)

## 6.3 Rychlost výměny plynů

### 6.3.1 Rychlost fotosyntézy

Při sledování rychlosti fotosyntézy došlo k předpokádané snžující se rychlosti fotosyntézy se zvyšující se mírou zasolení. Obecně docházelo prudkému snížení rychlosti fotosyntézy mezi 24. a 72. hodinou, poté mezi 72. a 168. rychlost mírně stoupala nebo stagnovala a následně opět poměrně rychle klesla, všechny varianty se při měření v 336. hodině šesly v průměrné hodnotě 7,4 mmol CO<sub>2</sub>.m<sup>-2</sup>.s<sup>-1</sup>. U všech tří zelnin došlo ve 168. hodině k jednorázovému zrychlení fotosyntézy, nejpatrnější bylo u portuláku, tato zelenina také jako jediná vykazuje dobrou reakci na koncentraci 125 mM, u které nebyl zaznamenán propad rychlosti v porovnání s ostatními variantami. Naopak je kromě výše zmíněného výkyvu u varianty 100 mM, tato koncentrace pro portulák nepřijatelnější a reaguje na ni nejvyšší rychlostí fotosyntézy.

Dle Abreu et al. (2013) vedou vysoké hladiny soli k uzavření průduchů, a narušení fotosyntetického systému rostliny, což vede ke snížení rychlosti fotosyntézy. Během testování vlivu zasolení na výměnu plynů u cherry rajčat docházelo ke snižování čisté rychlosti fotosyntézy úměrně se zvyšováním koncentrací NaCl a při silném stresu (0,25 mol/L NaCl) se již rychlost významně lišila od ostatních variant (Zhang et al. 2018).

### 6.3.2 Rychlost transpirace

Z výsledků hodnot rychlosti transpirace nejsou patrné shodné reakce jednotlivých druhů na dané koncentrace solí. Druh *Lactuca sativa* vykazuje po 24 hodinách propad rychlosti transpirace u variant 50 a 125 mM a růst u variant 75 a 100 mM až do 168. hodiny a poté prudké zpomalení rychlosti transpirace. U druhu *Valerianella locusta* je podobný trend, ale brzy klesající varianty jsou 75 a 125 mM a u variant 50 a 100 mM rychlost transpirace pozvolna roste i klesá a vrchol má mezi 72. a 168. hodinou. *Protulaca oleracea* dosahuje nejvyšší rychlosti transpirace mezi 24. a 72. hodinou a to u všech variant, výrazně rychlejší transpirace dosahuje varianta 125 mM a to i v porovnání s druhými dvěma druhy.

Tian et al. (2020) při zkoumání vlivu salinity na transpiraci a růst rostlin, došli k závěru, že transpirace se vlivem zasolení snížila, což vedlo k zakrnělému růstu vojtěšky, tudíž i k menší zapojenosti porostu. Se zvyšující koncentrací soli se úměrně snižovala plocha pokryvu a zpomaloval se růst rostlin.

### 6.3.3 Stomatální vodivost

Z grafů stomatální vodivosti jasně vyplývá, že téměř všechny varianty vykazují sníženou stomatální vodivost oproti kontrolám a to o více než polovinu, jedinou výjimkou je u portuláku varianta 100 mM, která dosahovala hodnot velmi podobných kontrole. Lze tedy z měření usoudit, že zvýšený obsah soli snižuje stomatální vodivost, nicméně vliv dávky NaCl je méně určující než u jiných charakteristik. Všechny dávky vykazují víceméně podobné omezení vodivosti v prvních 168 hodinách, poté se u některých variant hodnoty prudce snižují, dle druhu. Největší propad byl zaznamenán u lociky, kde se hodnoty varianty 50 mM propadly již v 72. hodině a varianta 125 mM vykazovala velmi nízké hodnoty po celou dobu měření, na rozdíl od druhých dvou druhů, kde se tyto varianty příliš nejišily od ostatních. U portuláku a kozlíčku mají (kromě kontroly) průměrnou nejvyšší hodnotu jednoznačně koncentrace 100 mM, zatímco u lociky to byla v mírném přesahu varianta 75 mM.

Zhang et al. (2018) testovali reakci listových stomat a výměnu plynů při stresu ze zasolení u cherry rajčat. Rajčata byla schopna maximalizovat účinnost výměny plynů změnou tvaru a velikosti stomat, ovšem při zvýšené koncentraci NaCl byla tato schopnost omezena.



## 7 Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo stanovit vliv salinity na primární metabolismus rostlin a obsah pigmentů, analyzovat data z měření vybraných charakteristik a posoudit souvislost případných změn s přítomností NaCl. Dle zjištěných údajů můžeme konstatovat že:

- Bylo potvrzeno, že zvyšující se míra zasolení způsobuje snižování rychlosti fotosyntézy
- Změny v důsledku zasolení se projevovaly odlišně na různých rostlinných druzích
- Zasolení má vliv na celkové snížení stomatální vodivosti u všech pozorovaných druhů o více než polovinu v rozdílu s kontrolou.
- Jako nejméně citlivý se projevil druh *Portulaca oleracea*, který vykazoval vyšší hodnoty při vyšší koncentraci NaCl v případě rychlosti fotosyntézy (125 mM), fluorescence chlorofylů (75 mM) a rychlosti transpirace (125 mM).
- Obsahy fotosyntetických pigmentů neprokázaly jednoznačné rozdíly mezi druhy, zobecnitelným výstupem je pouze zvyšující se obsah celkového chlorofylu při koncentraci 50 mM NaCl, který byl pozorován u všech tří druhů.

## 8 Literatura

ABBAS, Ghulam; SAQIB, Muhammad; RAFIQUE, Qaisir; RAHMAN; JAVAID, Akhtar; ANWAR UL HAQ, Muhammad; NASIM. Effect of salinity on grain yield and grain quality of wheat (*Triticum aestivum* L.). Online. *Pakistan Journal of Agricultural Research*. 2013, roč. 50, s. 185-189. ISSN 2076-0906. Dostupné z:

[https://www.researchgate.net/profile/Ghulam-Abbas-17/publication/276172495\\_Effect\\_of\\_salinity\\_on\\_grain\\_yield\\_and\\_grain\\_quality\\_of\\_wheat\\_Triticum\\_aestivum\\_L/links/5c482e67299bf12be3dcab7c/Effect-of-salinity-on-grain-yield-and-grain-quality-of-wheat-Triticum-aestivum-L.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Ghulam-Abbas-17/publication/276172495_Effect_of_salinity_on_grain_yield_and_grain_quality_of_wheat_Triticum_aestivum_L/links/5c482e67299bf12be3dcab7c/Effect-of-salinity-on-grain-yield-and-grain-quality-of-wheat-Triticum-aestivum-L.pdf). [cit. 2024-04-19].

ABDELGAWAD, Hamada; ZINTA, Gaurav; HEGAB, Momtaz M.; PANDEY, Renu; ASARD, Han et al. High Salinity Induces Different Oxidative Stress and Antioxidant Responses in Maize Seedlings Organs. Online. *Frontiers in Plant Science*. 2016, roč. 7. ISSN 1664-462X. Dostupné z: <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00276>. [cit. 2024-04-19].

ABREU, Isabel A.; FARINHA, Ana Paula; NEGRÃO, Sónia; GONÇALVES, Nuno; FONSECA, Cátia et al. Coping with abiotic stress: Proteome changes for crop improvement. Online. *Journal of Proteomics*. 2013, roč. 93, s. 145-168. ISSN 18743919. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jprot.2013.07.014>. [cit. 2024-04-19].

APSE, Maris P a BLUMWALD, Eduardo. Engineering salt tolerance in plants. Online. *Current Opinion in Biotechnology*. 2002, roč. 13, č. 2, s. 146-150. ISSN 09581669. Dostupné z: [https://doi.org/10.1016/S0958-1669\(02\)00298-7](https://doi.org/10.1016/S0958-1669(02)00298-7). [cit. 2024-04-19].

AVGOUSTAKI, Dafni Despoina; VATSIKA, Gioula; GIAKOUMATOS, Andreas a BARTZANAS, Thomas. How different daily light integrals and spectral treatments influence the development of *Valerianella locusta* plants grown in an indoor vertical farm. Online. *Scientia Horticulturae*. 2024, roč. 332. ISSN 03044238. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2024.113044>. [cit. 2024-04-19].

BAGHOUR, Mourad; GÁLVEZ, Francisco Javier; SÁNCHEZ, M. Elena; ARANDA, M. Nieves; VENEMA, Kees et al. Overexpression of *LeNHX2* and *SISOS2* increases salt tolerance and fruit production in double transgenic tomato plants. Online. *Plant Physiology and Biochemistry*. 2019, roč. 135, s. 77-86. ISSN 09819428. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2018.11.028>. [cit. 2024-04-19].

BEHERA, Tusar Kanti; KRISHNA, Ram; ANSARI, Waquar Akhter; AAMIR, Mohd; KUMAR, Pradeep et al. Approaches Involved in the Vegetable Crops Salt Stress Tolerance Improvement: Present Status and Way Ahead. Online. *Frontiers in Plant Science*. 2022, roč. 12. ISSN 1664-462X. Dostupné z: <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.787292>. [cit. 2024-04-19].

BOROWITZKA, Michael A.; BOROWITZKA, Lesley J. a KESSLY, David. Effects of salinity increase on carotenoid accumulation in the green alga *Dunaliella salina*.

Online. *Journal of Applied Phycology*. 1990, roč. 2, č. 2, s. 111-119. ISSN 0921-8971. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/BF00023372>. [cit. 2024-04-19].

BRADY, Nyle; WEIL, Ray; WEIL, Ray. *The nature and properties of soils*. Online. Prentice Hall, 2008. ISBN 978-0-13-227939-0. Dostupné z: [https://testbank4textbook.com/pdf\\_samples/Solutions\\_Manual\\_for\\_Nature\\_and\\_Properties\\_of\\_Soils\\_14th\\_Edition\\_by\\_Brady\\_sample\\_chapter.pdf](https://testbank4textbook.com/pdf_samples/Solutions_Manual_for_Nature_and_Properties_of_Soils_14th_Edition_by_Brady_sample_chapter.pdf). [cit. 2024-04-19].

BYRT, Caitlin Siobhan; XU, Bo; KRISHNAN, Mahima; LIGHTFOOT, Damien James; ATHMAN, Asmini et al. The Na<sup>+</sup> transporter, Ta HKT 1;5-D, limits shoot Na<sup>+</sup> accumulation in bread wheat. Online. *The Plant Journal*. 2014, roč. 80, č. 3, s. 516-526. ISSN 0960-7412. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/tpj.12651>. [cit. 2024-04-19].

COLLA, Giuseppe; ROUPHAEL, Youssef; REA, Elvira a CARDARELLI, Mariateresa. Grafting cucumber plants enhance tolerance to sodium chloride and sulfate salinization. Online. *Scientia Horticulturae*. 2012, roč. 135, s. 177-185. ISSN 03044238. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2011.11.023>. [cit. 2024-04-19].

COLLA, Guiseppa; ROUPAHEL, Youssef; CARDARELLI, Mariateresa; REA, Elvira. Effect of salinity on yield, fruit quality, leaf gas exchange, and mineral composition of grafted watermelon plants. Online. *HortScience*. 2003, roč. 41, s. 622-627. Dostupné z: <https://journals.ashs.org/downloadpdf/journals/hortsci/41/3/article-p622.pdf>. [cit. 2024-04-19].

CULEK, Martin. *Austrálie*. Online. Pedagogická fakulta Masarykovy univerzity, 2013. Dostupné z: <https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/pedf/js13/australie/web/pages/08-pudy.html>. [cit. 2024-04-19].

DHOKNE, Kunal; PANDEY, Jayendra; YADAV, Ranay Mohan; RAMACHANDRAN, Pavithra; RATH, Jyoti Ranjan et al. Change in the photochemical and structural organization of thylakoids from pea (*Pisum sativum*) under salt stress. Online. *Plant Physiology and Biochemistry*. 2022, roč. 177, s. 46-60. ISSN 09819428. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2022.02.004>. [cit. 2024-04-19].

FLOWERS, T. J. a FLOWERS, S. A. Why does salinity pose such a difficult problem for plant breeders? Online. *Agricultural Water Management*. 2005, roč. 78, č. 1-2, s. 15-24. ISSN 03783774. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2005.04.015>. [cit. 2024-04-19].  
FLOWERS, T. J. Improving crop salt tolerance. Online. *Journal of Experimental Botany*. 2004, roč. 55, č. 396, s. 307-319. ISSN 1460-2431. Dostupné z: <https://doi.org/10.1093/jxb/erh003>. [cit. 2024-04-19].

GHOSH, Bhaswati a ALI MD, Nasim. Response of Rice under Salinity Stress: A Review Update. Online. *Rice Research: Open Access*. 2016, roč. 4, č. 2. ISSN 23754338. Dostupné z: <https://doi.org/10.4172/2375-4338.1000167>. [cit. 2024-04-19].

GILL, Sarvajeet Singh a TUTEJA, Narendra. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. Online. *Plant Physiology and Biochemistry*. 2010, roč. 48, č. 12, s. 909-930. ISSN 09819428. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2010.08.016>. [cit. 2024-04-19].

GIORDANO, Maria; PETROPOULOS, Spyridon A. a ROUPHAEL, Youssef. Response and Defence Mechanisms of Vegetable Crops against Drought, Heat and Salinity Stress. Online. *Agriculture*. 2021, roč. 11, č. 5. ISSN 2077-0472. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/agriculture11050463>. [cit. 2024-04-19].

GORETA, SMILJANA; BUCEVIC-POPOVIC, VILJEMKA; SELAK, GABRIELA VULETIN; PAVELA-VRANCIC, MAJA a PERICA, SLAVKO. Vegetative growth, superoxide dismutase activity and ion concentration of salt-stressed watermelon as influenced by rootstock. Online. *The Journal of Agricultural Science*. 2008, roč. 146, č. 6, s. 695-704. ISSN 0021-8596. Dostupné z: <https://doi.org/10.1017/S0021859608007855>. [cit. 2024-04-19].

CHAUDHRY; GÖKÇE; GÖKÇE. Effects of salinity and drought stresses on the physio-morphological attributes of onion cultivars at bulbification. Online. *International Journal of Agriculture & Biology*. 2020, roč. 24, s. 1681-1691. ISSN 1560-8530. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/profile/Usman-Chaudhry-3/publication/347547883\\_Effects\\_of\\_Salinity\\_and\\_Drought\\_Stresses\\_on\\_the\\_Physio-Morphological\\_Attributes\\_of\\_Onion\\_Cultivars\\_at\\_Bulbification\\_Stage/links/600fd4b3a6fdccdc87f3882/Effects-of-Salinity-and-Drought-Stresses-on-the-Physio-Morphological-Attributes-of-Onion-Cultivars-at-Bulbification-Stage.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Usman-Chaudhry-3/publication/347547883_Effects_of_Salinity_and_Drought_Stresses_on_the_Physio-Morphological_Attributes_of_Onion_Cultivars_at_Bulbification_Stage/links/600fd4b3a6fdccdc87f3882/Effects-of-Salinity-and-Drought-Stresses-on-the-Physio-Morphological-Attributes-of-Onion-Cultivars-at-Bulbification-Stage.pdf). [cit. 2024-04-19].

CHELE, Kekeletso H.; TINTE, Morena M.; PIATER, Lizelle A.; DUBERY, Ian A. a TUGIZIMANA, Fidele. Soil Salinity, a Serious Environmental Issue and Plant Responses: A Metabolomics Perspective. Online. *Metabolites*. 2021, roč. 11, č. 11. ISSN 2218-1989. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/metabo11110724>. [cit. 2024-04-19].

CHEN, Guanjie; ZHENG, Dianfeng; FENG, Najjie; ZHOU, Hang; MU, Dewei et al. Physiological mechanisms of ABA-induced salinity tolerance in leaves and roots of rice. Online. *Scientific Reports*. 2022, roč. 12, č. 1. ISSN 2045-2322. Dostupné z: <https://doi.org/10.1038/s41598-022-11408-0>. [cit. 2024-04-19].

CHOURASIA, Kumar Nishant; LAL, Milan Kumar; TIWARI, Rahul Kumar; DEV, Devanshu; KARDILE, Hemant Balasaheb et al. Salinity Stress in Potato: Understanding Physiological, Biochemical and Molecular Responses. Online. *Life*. 2021, roč. 11, č. 6. ISSN 2075-1729. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/life11060545>. [cit. 2024-04-19].

CHOURASIA, Kumar Nishant; MORE, Sanket Jijabrao; KUMAR, Ashok; KUMAR, Dharmendra; SINGH, Brajesh et al. Salinity responses and tolerance mechanisms in underground vegetable crops: an integrative review. Online. *Planta*. 2022, roč. 255, č. 3. ISSN 0032-0935. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s00425-022-03845-y>. [cit. 2024-04-19].

IVUSHKIN, Konstantin; BARTHOLOMEUS, Harm; BREGT, Arnold K.; PULATOV, Alim; KEMPEN, Bas et al. Global mapping of soil salinity change. Online. *Remote Sensing of Environment*. 2019, roč. 231. ISSN 00344257. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.111260>. [cit. 2024-04-19].

KARUPPANAPANDIAN, Thirupathi; MOON, Jun-cheol; KIM, Changsoo; MANOHARAN, Kumariah; WOOK, Kim. Reactive oxygen species in plants: Their generation, signal transduction, and scavenging mechanisms. Online. *Australian Journal of Crop Science*. 2011, s. 709-725. ISSN 1835-2707. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/225029206\\_Reactive\\_oxygen\\_species\\_in\\_plants\\_Their\\_generation\\_signal\\_transduction\\_and\\_scavenging\\_mechanisms](https://www.researchgate.net/publication/225029206_Reactive_oxygen_species_in_plants_Their_generation_signal_transduction_and_scavenging_mechanisms). [cit. 2024-04-19].

KILIÇ, Cenk Ceyhun; ANAÇ, Dilek; AKSOY, Uygun; ANAÇ, Süer. Academic Journals Purslane and natural vegetation as bioremediation tools to cope salinity in Satsuma mandarin orchards. Online. *African Journal of Agricultural Research*. 2010, roč. 23, č. 5, s. 3316-3321. ISSN 1991-637X. Dostupné z: [https://academicjournals.org/article/article1380799403\\_Kilic%20et%20al.pdf](https://academicjournals.org/article/article1380799403_Kilic%20et%20al.pdf). [cit. 2024-04-19].

KOSOVÁ; VÍTÁMVÁS; URBAN; PRÁŠIL. Plant proteome responses to salinity stress – comparison of glycophytes and halophytes. Online. *Functional Plant Biology*. 2013. roč. 40, č. 9, s. 775-786. ISSN 1445-4408. Dostupné z: [https://www.novabotanika.eu/Vitamvas\\_NB\\_2021\\_2.pdf](https://www.novabotanika.eu/Vitamvas_NB_2021_2.pdf). [cit. 2024-04-19].

KRAVCHIK, Michael a BERNSTEIN, Nirit. Effects of salinity on the transcriptome of growing maize leaf cells point at cell-age specificity in the involvement of the antioxidative response in cell growth restriction. Online. *BMC Genomics*. 2013, roč. 14, č. 1. ISSN 1471-2164. Dostupné z: <https://doi.org/10.1186/1471-2164-14-24>. [cit. 2024-04-19].

MOŤKOVÁ, Kateřina; PODLIPNÁ Radka; VANĚK Tomáš; KAFKA, Zdeněk. Halofytní rostliny a jejich možné využití ve fytořemediacích. Online. *Chemické listy*. 2014. roč. 108, č. 6, s. 586-591. ISSN 0009-2770. Dostupné z: [http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2014\\_06\\_586-591.pdf](http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2014_06_586-591.pdf). [cit. 2024-04-19].

MOUGIOU, Niki; DIDOS, Spyros; TSOTSOULI, Konstantina; AVGOUSTAKI, Despoina Dafni a ARGIRIOU, Anagnostis. Assessment of Nutritional Properties of Valerianella locusta Growing in Indoor Vertical Farms under Different Lighting Conditions. Online. In: *Foods* 2023. Basel Switzerland: MDPI, 2023, 10-. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/Foods2023-15040>. [cit. 2024-04-19].

NTATSI, G.; VOUTSINOS, O.; KARAVIDAS, I.; PETROPOULOS, D.; ZIOVIRIS, G. et al. Effects of different isosmotic salt solutions on leaf gas exchange of hydroponically-grown Valerianella locusta. Online. *Acta Horticulturae*. 2023, č. 1377, s. 631-638. ISSN 0567-7572. Dostupné z: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2023.1377.77>. [cit. 2024-04-19].

PARDO, Jose M a QUINTERO, Francisco J. Online. *Genome Biology*. Roč. 3, č. 6. ISSN 14656906. Dostupné z: <https://doi.org/10.1186/gb-2002-3-6-reviews1017>. [cit. 2024-04-19].

QURESHI, M. Irfan; ABDIN, Malik Zainul; AHMAD, Javed a IQBAL, Muhammad. Effect of long-term salinity on cellular antioxidants, compatible solute and fatty acid profile of Sweet Annie (*Artemisia annua* L.). Online. *Phytochemistry*. 2013, roč. 95, s. 215-223. ISSN 00319422. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2013.06.026>. [cit. 2024-04-19].

RANJBARFORDOEI, A.; SAMSON, R. a VAN DAMME, P. Chlorophyll fluorescence performance of sweet almond [*Prunus dulcis* (Miller) D. Webb] in response to salinity stress induced by NaCl. Online. *Photosynthetica*. 2006, roč. 44, č. 4, s. 513-522. ISSN 03003604. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s11099-006-0064-z>. [cit. 2024-04-26].

RENGASAMY, P. Transient salinity and subsoil constraints to dryland farming in Australian sodic soils: an overview. Online. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 2002, roč. 42, č. 3. ISSN 0816-1089. Dostupné z: <https://doi.org/10.1071/EA01111>. [cit. 2024-04-19].

RENGASAMY, Pichu. World salinisation with emphasis on Australia. Online. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A Molecular & Integrative Physiology*. 2005, roč. 141, s. 337-348. ISSN 1531-4332. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/283969475\\_World\\_salinisation\\_with\\_emphasis\\_on\\_Australia](https://www.researchgate.net/publication/283969475_World_salinisation_with_emphasis_on_Australia). [cit. 2024-04-19].

RENGASAMY, Pichu. World salinization with emphasis on Australia. Online. *Journal of Experimental Botany*. 2006, roč. 57, č. 5, s. 1017-1023. ISSN 1460-2431. Dostupné z: <https://doi.org/10.1093/jxb/erj108>. [cit. 2024-04-19].

SARITA DEVI, Sarita Devi; ASHWANI KUMAR, Ashwani Kumar; MANN, A.; ARYA, S. S.; GURDEV CHAND, Gurdev Chand et al. Intra-habitat variability of halophytic flora of north-west India. Online. In: HASANUZZAMAN, M.; SHABALA, S. a FUJITA, M. (ed.). *Halophytes and climate change: adaptive mechanisms and potential uses*. UK: CABI, 2019, s. 38-54. ISBN 9781786394330. Dostupné z: <https://doi.org/10.1079/9781786394330.0038>. [cit. 2024-04-19].

SHAH, Wasifa Hafiz; RASOOL, Aadil; SALEEM, Seerat; MUSHTAQ, Naveed Ul; TAHIR, Inayatullah et al. Understanding the Integrated Pathways and Mechanisms of Transporters, Protein Kinases, and Transcription Factors in Plants under Salt Stress. Online. *International Journal of Genomics*. 2021, roč. 2021, s. 1-16. ISSN 2314-4378. Dostupné z: <https://doi.org/10.1155/2021/5578727>. [cit. 2024-04-19].

SHAHID, Shabbir A.; ZAMAN, Mohammad; HENG, Lee; ZAMAN, Mohammad; SHAHID, Shabbir A. et al. Soil Salinity: Historical Perspectives and a World Overview of the Problem. Online. In: *Guideline for Salinity Assessment, Mitigation and Adaptation Using Nuclear and Related Techniques*. Cham: Springer International Publishing, 2018, s. 43-53. ISBN 978-3-319-96189-7. Dostupné z: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-96190-3\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-319-96190-3_2). [cit. 2024-04-19].

SHAMS, Mostafakamal a KHADIVI, Ali. Mechanisms of salinity tolerance and their possible application in the breeding of vegetables. Online. *BMC Plant Biology*. 2023, roč. 23, č. 1. ISSN 1471-2229. Dostupné z: <https://doi.org/10.1186/s12870-023-04152-8>. [cit. 2024-04-19].

SINGH, Hira; SETHI, Sorabh; KAUSHIK, Prashant a FULFORD, Anthony. Grafting vegetables for mitigating environmental stresses under climate change: a review. Online. *Journal of Water and Climate Change*. 2020, roč. 11, č. 4, s. 1784-1797. ISSN 2040-2244. Dostupné z: <https://doi.org/10.2166/wcc.2019.177>. [cit. 2024-04-19].

SOLIS, Celymar Angela; YONG, Miing-Tiem; ZHOU, Meixue; VENKATARAMAN, Gayatri; SHABALA, Lana et al. Evolutionary Significance of NHX Family and NHX1 in Salinity Stress Adaptation in the Genus *Oryza*. Online. *International Journal of Molecular Sciences*. 2022, roč. 23, č. 4. ISSN 1422-0067. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/ijms23042092>. [cit. 2024-04-19].

SZABOLCS, I. Amelioration of soils in salt affected areas. Online. *Soil Technology*. 1989, roč. 2, č. 4, s. 331-344. ISSN 09333630. Dostupné z: [https://doi.org/10.1016/0933-3630\(89\)90001-9](https://doi.org/10.1016/0933-3630(89)90001-9). [cit. 2024-04-19].

ŠARAPATKA, Bořivoj. *Půda - přehlížené bohatství*. Online. Univerzita Palackého v Olomouci, 2021. ISBN 978-80-244-6023-9. Dostupné z: <https://agronavigator.cz/sites/default/files/users/user427/puda-2021.pdf>. [cit. 2024-04-19].

TIAN, Fei; HOU, Mengjie; QIU, Yuan; ZHANG, Tong a YUAN, Yusen. Salinity stress effects on transpiration and plant growth under different salinity soil levels based on thermal infrared remote (TIR) technique. Online. *Geoderma*. 2020, roč. 357. ISSN 00167061. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2019.113961>. [cit. 2024-04-19].

TOMASI, Nicola; PINTON, Roberto; DALLA COSTA, Luisa; CORTELLA, Giovanni; TERZANO, Roberto et al. New 'solutions' for floating cultivation system of ready-to-eat salad: A review. Online. *Trends in Food Science & Technology*. 2015, roč. 46, č. 2, s. 267-276. ISSN 09242244. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2015.08.004>. [cit. 2024-04-19].

UDDIN, Md. Kamal; JURAIMI, Abdul Shukor; HOSSAIN, Md Sabir; NAHAR, Most. Altaf Un; ALI, Md. Eaqub et al. Purslane Weed (*Portulaca oleracea*): A Prospective Plant Source of Nutrition, Omega-3 Fatty Acid, and Antioxidant Attributes. Online. *The Scientific World Journal*. 2014, roč. 2014, s. 1-6. ISSN 2356-6140. Dostupné z: <https://doi.org/10.1155/2014/951019>. [cit. 2024-04-19].

ÜNLÜKARA, Ali; CEMEK, Bilal; KARAMAN, Sedat a ERŞAHIN, Sabit. Response of lettuce (*Lactuca sativa* var. *crispa*) to salinity of irrigation water. Online. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*. 2008, roč. 36, č. 4, s. 265-273. ISSN 0114-0671. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/01140670809510243>. [cit. 2024-04-19].

ÜNLÜKARA, Ali; CEMEK, Bilal; KARAMAN, Sedat a ERŞAHIN, Sabit. Response of lettuce (*Lactuca sativa* var. *crispa*) to salinity of irrigation water. Online. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*. 2008, roč. 36, č. 4, s. 265-273. ISSN 0114-0671. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/01140670809510243>. [cit. 2024-04-19].

VOUTSINOS-FRANTZIS, Orfeas; KARAVIDAS, Ioannis; PETROPOULOS, Dimitrios; ZIOVIRIS, Georgios; FORTIS, Dimitrios et al. Effects of NaCl and CaCl<sub>2</sub> as Eustress Factors on Growth, Yield, and Mineral Composition of Hydroponically Grown *Valerianella locusta*. Online. *Plants*. 2023, roč. 12, č. 7. ISSN 2223-7747. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/plants12071454>. [cit. 2024-04-19].

ZAMAN, Shah; BILAL, Muhammad; DU, Hongmei a CHE, Shengquan. Morphophysiological and Comparative Metabolic Profiling of Purslane Genotypes (*Portulaca oleracea* L.) under Salt Stress. Online. *BioMed Research International*. 2020, roč. 2020, s. 1-17. ISSN 2314-6133. Dostupné z: <https://doi.org/10.1155/2020/4827045>. [cit. 2024-04-19].

ZHANG, Hao; GUO, Lili; TY, Jia; ZHANG, Lei; WANG, Qingtao; LI, Fei; ZHANG, Xixi; CAO, Xu; XU, Ming; HAO, Lihua; ZHENG, Yupu. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering. Online. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*. 2018, roč. 34, č. 5, s. 107-113. Dostupné z: <https://www.ingentaconnect.com/content/tcsae/tcsae/2018/00000034/00000005/art00014#expand/collapse>. [cit. 2024-04-19].