

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 u vybraných
druhů listové zeleniny**
Bakalářská práce

Jan Kodet

Zahradnictví

doc. Ing. František Hnilička, Ph.D.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Vliv zasolení na rychlost výměny plynů u vybraných druhů listové zeleniny" jsem vypracoval(a) 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(ka) uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 22.04.2022

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval doc. Ing. Františku Hniličkovi, Ph.D. za odbornou pomoc, konzultaci, rady a čas při psaní této bakalářské práce.

Vliv zasolení na rychlost výměny plynů u vybraných druhů listové zeleniny

Souhrn

V bakalářské práci byl sledován vliv zasolení na rychlost výměny plynů u vybraných druhů listové zeleniny: polníčku, salátu a čtyřboče. Cílem skleníkového pokusu bylo stanovení rychlosti transpirace, rychlosti fotosyntézy, rychlosti stomatální vodivosti a obsah pigmentů v listech v závislosti na rostlinném druhu, koncentraci NaCl a čase.

V částečně řízených podmínkách skleníku, při teplotě 25 °C ve dne a v noci 20 °C, byly v přirozených světelných podmínkách pěstovány tři druhy listové zeleniny: polníček, salát a čtyřboč. Rostliny byly pěstovány v nádobách 11 × 11 cm, v zahradním substrátu. Schéma pokusu zahrnovalo celkem pět variant: kontrola (0 mM NaCl), 50 mM NaCl, 75 mM NaCl, 100 mM NaCl a 125 mM NaCl. Měření se uskutečnila v následujícím časovém sledu: 0 h, poté 24 h, 72 h, 168 h, 240 h a 336 h. U pokusných rostlin byla sledována stomatální vodivost, rychlost transpirace a fotosyntézy, obsah fotosynteticky aktivních pigmentů.

Ze získaných výsledků vyplývá, že pro rostliny druhu *Valerianella locusta* jsou toxické zvýšené koncentrace NaCl, především 100 a 125 mM NaCl. Solný stres způsobuje změny v obsahu celkových chlorofylů, kdy nejnižší obsah chlorofylů vykazují rostliny polníčku z varianty 100 mM NaCl a 240 h po založení pokusu (4,770 nM/cm²) a naopak nejvyšší obsah chlorofylů vykazují rostliny čtyřboče v případě varianty 50 mM NaCl a 24 h od založení pokusu (12,807 nM/cm²). Nejvyšší obsah karotenoidů vykazoval čtyřboč v případě varianty 100 mM NaCl a 24 h od založení pokusu (3,067 nM/cm²). Na druhé straně nejnižší obsah karotenoidů vykazovaly rostliny polníčku v případě varianty 100 mM NaCl, 240 h po založení pokusu (3,881 nM/cm²). Nejvyšší obsah pigmentů měl čtyřboč (14,972 nM/cm²). Naopak nejnižší obsah pigmentů kozlíček (10,298 nM/cm²). Druhy *Lactuca sativa* a *Tetragonia tetragonioides* lze zařadit do skupiny rostlin, které jsou tolerantní k zasolení. Naopak druh *Valerianella locusta* lze zařadit do skupiny rostlin citlivých k zasolení. Solný stres způsobuje snížení rychlosti fotosyntézy, kdy nejnižší rychlost vykazoval polníček v případě varianty 125 mM NaCl (4,045 μM CO₂/m²/s). Na straně druhé nejvyšší hodnoty vykazoval čtyřboč v případě varianty 50 mM NaCl (14,745 μM CO₂/m²/s). V případě rychlosti transpirace u polníčku byly nejnižší hodnoty zaznamenány u varianty 125 mM NaCl (0,499 mM H₂O/m²/s). U rostlin salátu a čtyřboče byla rychlost transpirace nejnižší u varianty

75 mM NaCl, rostliny salátu byly zaznamenány hodnoty ($0,788 \text{ mM H}_2\text{O}/\text{m}^2/\text{s}$), u rostlin čtyřboče byly naměřeny hodnoty ($1,233 \text{ mM H}_2\text{O}/\text{m}^2/\text{s}$). Nejnižší hodnoty stomatální vodivosti vykazovaly rostliny polníčku u varianty 125 mM NaCl ($0,017 \text{ M CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$). U rostlin salátu a čtyřboče, jako v případě rychlosti transpirace, byly zaznamenány nejnižší hodnoty u koncentrace 75 mM NaCl, u rostlin salátu byla zaznamenána hodnota ($0,027 \text{ M CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$) a u rostlin čtyřboče byla naměřena hodnota ($0,055 \text{ M CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$). Byla potvrzena hypotéza o existenci rozdílů v měřených fyziologických charakteristikách v závislosti na koncentraci soli a délce jejího působení. Dále byly potvrzeny mezidruhové rozdíly v reakci rostlin na salinitu.

Klíčová slova: listová zelenina; výměna plynů; pigmenty; salinita

Influence of salinity stress on the rate of gas exchange in selected leafy vegetable species

Summary

In the bachelor's thesis, the effect of salinity on the gas exchange rate of selected types of leafy vegetables: cornmeal, lettuce and quadrilateral was studied. The aim of the greenhouse experiment was to determine the rate of transpiration, the rate of photosynthesis, the rate of stomatal conductivity and the content of pigments in the leaves depending on the plant species, NaCl concentration and time.

Under partially controlled greenhouse conditions, at a temperature of 25 ° C during the day and 20 ° C at night, three types of leafy vegetables were grown in natural light conditions: comfrey, lettuce and quadruped. The plants were grown in 11 × 11 cm pots, in garden substrate. The experimental scheme included a total of five variants: control (0 mM NaCl), 50 mM NaCl, 75 mM NaCl, 100 mM NaCl and 125 mM NaCl. The measurements were performed in the following time sequence: 0 h, then 24 h, 72 h, 168 h, 240 h and 336 h.

The obtained results show that increased concentrations of NaCl, especially 100 and 125 mM NaCl, are toxic for plants of the species *Valerianella locusta*. Salt stress causes changes in total chlorophyll content, where the lowest chlorophyll content is shown by the plants of the 100 mM NaCl variant and 240 h after the start of the experiment (4.770 nM/cm²) and conversely the highest chlorophyll content is shown by the quadrilateral plants in the case of 50 mM NaCl and 24 h since the start of the experiment (12,807 nM/cm²). The highest carotenoid content was quadrilateral for the 100 mM NaCl variant and 24 h from the start of the experiment (3.067 nM/cm²). On the other hand, the lowest carotenoid content was shown in the case of the 100 mM NaCl variant, 240 h after the start of the experiment (3.881 nM/cm²). The highest content of pigments had a quadrilateral (14.972 nM/cm²). In contrast, the lowest content of pigments had kidneys (10.298 nM / cm²). The species *Lactuca sativa* and *Tetragonia tetragonioides* can be included in the group of plants that are tolerant to salinity. Conversely, *Valerianella locusta* can be classified as a salt-sensitive plant. Salt stress causes a reduction in the rate of photosynthesis, with the lowest rate showing in the case of the 125 mM NaCl variant (4.045 μM CO₂/m²/s). On the other hand, the quadrilateral values showed the highest values in the case of the 50 mM NaCl variant (14.745 μM CO₂/m²/s). For lettuce and quadrilateral plants, the transpiration rate was the lowest in the 75 mM NaCl

variant, lettuce plants recorded values ($0.788 \text{ mM H}_2\text{O/m}^2/\text{s}$), and values for quadrilateral plants ($1.233 \text{ mM H}_2\text{O/m}^2/\text{s}$). The lowest values of stomatal conductivity are reported by the cornflower plant in the variant 125 mM NaCl ($0.017 \text{ M CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$). For lettuce and quadrilateral plants, as in the case of the transpiration rate, the lowest values were recorded at a concentration of 75 mM NaCl , for lettuce plants the value was recorded ($0.027 \text{ M CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$) and for quadrilateral plants the value was measured ($0.055 \text{ M CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$). The hypothesis of the existence of differences in the measured physiological characteristics depending on the salt concentration and duration of action was confirmed. Furthermore, interspecies differences in the response of plants to salinity were confirmed.

Keywords: leafy vegetable; gas exchange; pigments; salinity

Obsah

1	Úvod	9
2	Cíl a hypotézy práce	10
3	Literární přehled	11
3.1	Listová zelenina	11
3.2	Stres	12
3.3	Salinita	16
3.4	Reakce rostlin na zasolení	20
4	Metodika	23
4.1	Rostlinný materiál	23
4.2	Založení pokusu	24
4.3	Měření fyziologických charakteristik	24
4.3.1	Měření rychlosti výměny plynů a stomatální vodivosti	24
4.3.2	Stanovení pigmentů	24
5	Výsledky	26
5.1	Fotosynteticky aktivní pigmenty	27
5.1.1	Karotenoidy	27
5.1.2	Celkový obsah chlorofylů	30
5.2	Stomatální vodivost	33
5.3	Rychlost fotosyntézy	37
5.4	Rychlost transpirace	41
6	Diskuse	45
6.1	Fotosynteticky aktivní pigmenty	45
6.2	Stomatální vodivost	46
6.3	Rychlost výměny plynů	47
7	Závěr	48
8	Literatura	50

1 Úvod

Zelenina je v posledních letech častěji řazena na náš jídelníček, není tomu tak pouze díky vyššímu rozmachu filozofií a životních stylů veganství a vegetariánství, ale přispěla k tomu ve značné míře změna životního stylu většiny lidí, kteří aby se vyhnuli obezitě, konzumují velké množství zeleniny, která má vysoký obsah vitamínů a vody, ale nemá téměř žádnou energetickou hodnotu.

S vyšší poptávkou po zelenině a ostatních zemědělských plodinách, se zvyšuje poptávka po vyšší úrodnosti zemědělských půd, která se, leckdy nesprávně, vylepšuje a přihnojuje syntetickými hnojivy, při jejichž nesprávném používání v půdách zůstávají jejich zbytky, které se v půdě rozpadají na kationty a anionty. Čímž dochází k zasolení půdy. Mimo jiné k zasolování půd přispívají i velká města, která v zimním období používají k úpravě povrchu vozovek posypovou sůl, která se často nachází až 10 m od vozovek.

Salinita je ukazatelem slanosti půdy. Zasolení půdy je důsledkem zvýšení obsahu rozpustných solí v půdě, které vedou ke zhoršení fyzikálních a chemických vlastností půdy kvůli vysoké koncentraci půdního roztoku. Příčinou vzniku salinity je převažující výpar nad srážkami (časté v aridních oblastech), mořská sůl, která prosakuje s vodou do půdy, závlahová voda, vysoký obsah solí v mateční hornině, nebo nevhodné hnojení. Salinita u rostlin způsobuje omezení růstu, odumírání pletiv listů a dochází k poškozování kořenového systému. Postupně tedy dochází k oslabování rostlin a jejich postupnému úhynu.

2 Cíl a hypotézy práce

Vedle vodního deficitu a vysoké teploty působí na rostliny také zasolení. Zasolení může být způsobeno primárně zvýšeným obsahem solí v půdě, v aridních oblastech zvýšeným výparem, ale také sekundárně antropogenním působením, omezením srážek, použitím nevhodné závlahové vody apod.

Jsou navrženy následující cíle práce:

1. Stanovení vlivu salinity na primární metabolismus rostlin,
2. Vliv salinity na obsah pigmentů v listech.

Hypotézy práce jsou:

1. Existují rozdíly v primárním metabolismu a obsahu pigmentů v listech rostlin po dobu působení salinity,
2. Mezi vybranými druhy zelenin se při působení salinity projeví rozdílná reakce v primárním metabolismu, díky rychlému růstu listové zeleniny.

Listová zelenina byla vybrána kvůli její oblíbenosti na tuzemském trhu. Jako pokusné druhy byly do pokusu zařazeny: *Lactuca sativa*, *Valerianella locusta* a *Tetragonia tetragonoides*, protože patří mezi vyhledávané druhy listové zeleniny u nás.

3 Literární přehled

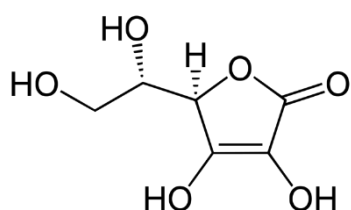
3.1 Listová zelenina

Listová zelenina je zelenina, u které se konzumují stonky, nebo listy. Bývá nejčastěji konzumována syrová v různých salátech. Většina druhů je pěstována jak pro domácí výrobu, tak i ve velkém objemu pro průmyslové zpracování. Má vysoký obsah vody a nízkou energetickou hodnotu. Svůj obsah vody ale rychle ztrácí a dochází tak k rychlému vadnutí.

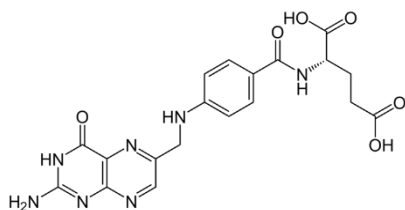
Listy obsahují také vysoké množství kyseliny askorbové, viz obr. 1, kyseliny listové, viz obr. 2 a minerálních látek. Karotenoidy (nejznámější β -karoten), viz obr. 3, jsou obsaženy především, v červených, nebo tmavě zelených listech. Listová zelenina podle Kopce (2010) obsahuje tyto významné nutriční látky: sacharidy (3 g/100 g), bílkoviny (1,4 g/100 g), lipidy (0,2 g/100 g), vlákninu (1,4 g/100 g). Makroprvky: Na, K, Mg, Ca, Cl, P, S; mikroprvky: Fe, Zn.

Listovou zeleninu v osevních plánech řadíme do zeleniny II. trati. Půda by neměla být výrazně kyselá a podmačená. Většina druhů má slabý kořenový systém, proto je potřeba zajistit dostatečnou zásobu rychle přístupných živin, jelikož má listová zelenina krátkou vegetační dobu (www.floranazahrade.cz)

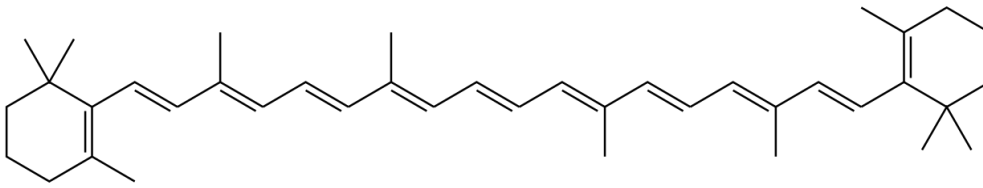
Podle výroční zprávy z roku 2021 se v roce 2020 zvýšila spotřeba veškeré zeleniny v ČR na 93,2 kg zeleniny na osobu a rok. (www.eagri.cz)



Obrázek 1 Vzorec kyseliny askorbové (vitamin C) (zdroj: <https://www.p-lab.cz/kyselina-l-askorbova>)



Obrázek 2 Vzorec kyseliny listové. (Zdroj: <https://www.p-lab.cz/kyselina-listova>)



Obrázek 3 Vzorec β -karotenu (Zdroj: <https://www.p-lab.cz/beta-karoten>)

Mezi listovou zeleninu řadí Gopalakirshnan (2007) například: lociku setou (*Lactuca sativa*), mangold (*Beta vulgaris* var. *cicla*), roketu setou (*Eruca sativa*), špenát setý (*Spinacia oleracea*), chřest lékařský (*Asparagus officinalis*), kozlíček polní (*Valerianella locusta*), čekanku listovou (*Cichorium endivia* var. *crispum*).

3.2 Stres

Ideální růstové podmínky jsou definovány jako podmínky, za jakých je rostlina schopna dosáhnout maximálního reprodukčního potenciálu a růstu. Stejně tak také hmotnosti, výšky a počtu vyprodukovaných semen (Taiz et al. 2015).

Kúdela et al. (2013) definují stres jako nepříznivý stav vyvolaný působením stresoru, kterým je vyvolána stresová reakce. Stres způsobuje nedostatek, ale také nadbytek pro rostliny běžného faktoru (vody, kyslíku, světla). Stresory se rozdělují na dva druhy, abiotické a biotické.

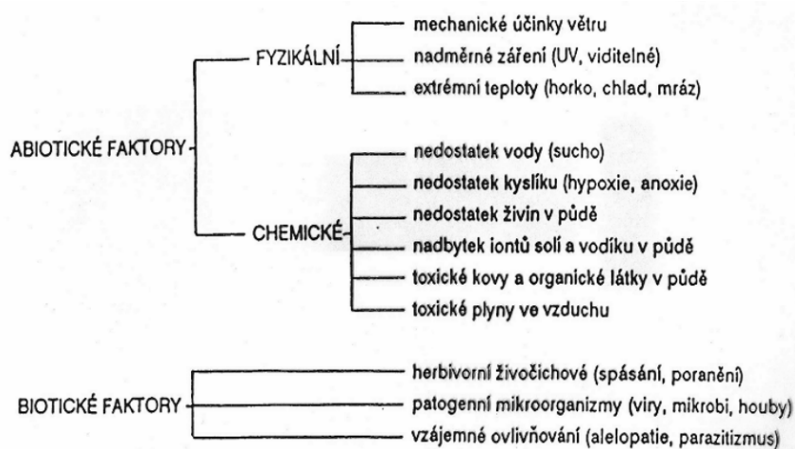
Stres můžeme rozdělit několika způsoby:

- podle původu stresoru na vnitřní a vnější,
- podle délky trvání na krátkodobý a dlouhodobý,
- podle vlivu stresu na rostlinu na eu-stres a dis-stres,
- podle původu stresoru na abiotický a biotický stres (Mosa, 2017).

Rostliny pro svůj růst potřebují energii v podobě slunečního svitu, vodu, uhlík a minerální látky. Rozdělení abiotických a biotických faktorů je uvedeno na obr. 4.

Abiotické stresy vznikají působením půdních, geografických, klimatických, povětrnostních, chemických a fyzikálních vlivů. Mezi hlavní abiotické činitele patří světlo, teplota, vzduch, voda a půda. Tyto faktory jsou rozhodující pro přežití a množení rostlin a jiných organismů, které jsou závislé na rostlinách (Kúdela et al. 2013).

Biotické stresové faktory jsou způsobeny činností živých organismů. Lze sem zařadit, jak vliv patogenů (bakterie, viry a houby), býložravé živočichy a invazivní druhy, ale také konkurenční vztahy mezi rostlinami (parazitismus, aleopatie) (www.biolib.cz).



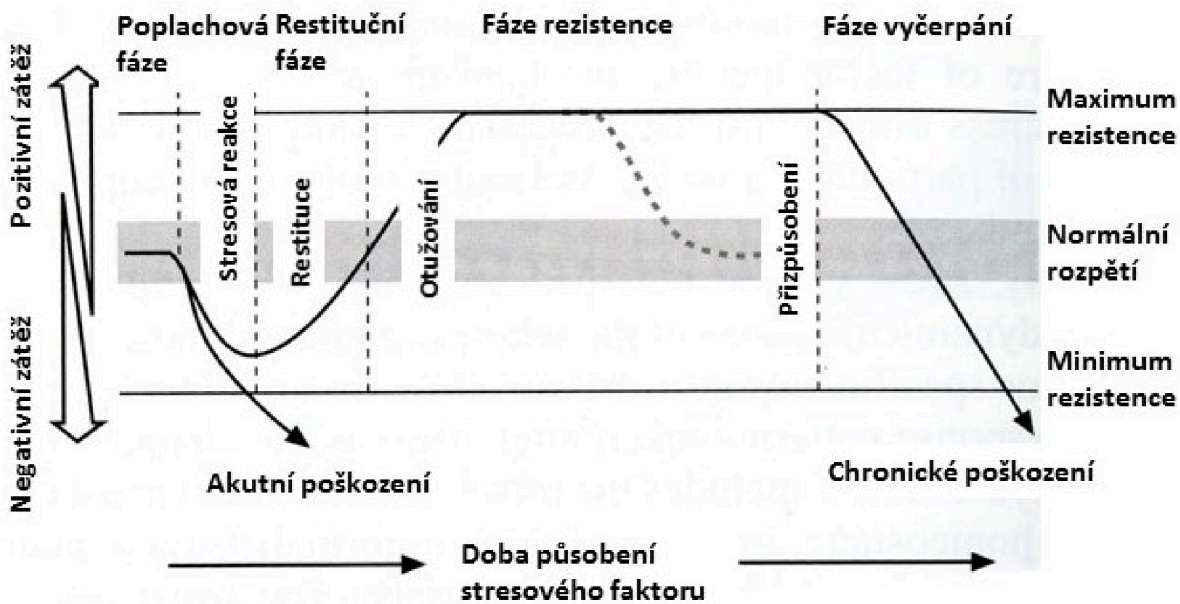
Obrázek 4: Souhrnná tabulka stresorů (PřFUK, Zdeněk Opatrný, 2013)

Stres je obecně nepříznivý stav, kdy na rostlinu působí určitý stresor. Stresem je vyvolána stresová reakce, což je aktivace obranných mechanismů. Stres je běžnou součástí života rostlin, mají proto mechanismy, jakými se se stresem vypořádají. Přisedlost rostlin nedovoluje rostlinám, aby se přesunuly na jiné místo, kde na ně nebude určitý stres působit, proto jsou vybaveny zvláště účinnými obrannými mechanismy a schopností regenerace, kterou umožňují totipotentní buňky (Procházka et al. 1998).

Se značným stresem se například musí potýkat rostliny, které byly pěstovány v systému in vitro (ve skle), při přechodu do podmínek ex vitro. Nejvyšší ohrožení rostlin vyplývá z nedostatku vody, kdy rostliny byly pěstovány v téměř 100% vzdušné vlhkosti, tudíž nemají zcela vyvinuté zavírání průduchů, mají slabou kutikulu a voskovou vrstvu, ale také zde hrozí velké riziko infekcí patogeny, protože rostliny v systému in vitro byly pěstovány ve sterilním prostředí. Aklimatizace na podmínky ex vitro musí být tedy hodně pozvolná (Procházka et al. 1998).

Reakci na stres, jak dokládá obr. 5, lze podle Larchera (2003) rozdělit do 4 fází:

- poplachová – rostlina pomocí receptorů zjistila přítomnost stresoru,
- restituční – rostlina aktivuje obranné mechanismy,
- rezistenční – rostlina přežívá za pomoci obranných mechanismů,
- v poslední fázi buď stres pomine a rostlina se vrací ke stejnému fungování, než na ni zapůsobil stres, nebo nastane úhyn z vyčerpání.



Obrázek 5 Schéma průběhu stresové reakce (Larcher, 2003)

Reakce rostlin na stres závisí na délce a intenzitě stresu, ale také na genetických předpokladech rostliny a jejích adaptačních vlastnostech.

Nejprve, kdy na rostlinu začíná působit stresor, nastává poplachová fáze, která mobilizuje rostlinu k vyšší odolnosti. Poté stres opadne a rostlina se vrací ke stejnému způsobu života, jako před tím, než na ni působily stresové faktory, nebo stres přetrvává a rostlina se na něj dokáže postupně adaptovat, nebo nastává úhyn (Jenks et al. 2005).

Existují dva způsoby, jakými se rostliny brání vůči stresu. V prvním případě se rostlina brání jakémukoli střetnutí rostliny se stresem. Tento způsob se nazývá „avoidance mechanismus“. V druhém případě se rostlina vůči stresu brání aktivně tento způsob obrany

nazýváme „tolerance mechanismus“, ta omezuje negativní dopady stresorů až po jejich proniknutí plazmatickou membránou a do symplastu (Ashraf et al. 2005).

Avoidance mechanismus je podle Kadioglu et al. (2007) proces, který rostliny používají a jedná se o mechanickou obranu, která je pasivního charakteru – silná kutikula, dostatečné zásoby vody, impregnace buněčných stěn (organickými látkami – ukládáním ligninu, dřevnatění). Mezi tyto mechanismy ale také řadíme například polohu listů v závislosti na denní době a intenzitě slunečního záření, kdy při plném slunci jsou listy natočeny tak, aby došlo k co nejnižšímu popálení. Naopak při stinném dni jsou listy natočeny tak, aby přijímaly co nejvíce slunečního světla. Dále sem patří také svinování listů, které zvyšuje odolnost listů, když je v prostředí nedostatek vody.

V případě mechanismu tolerance se průběh a výsledek stresové reakce na rostlině projeví podle toho, jak dlouho a jak intenzivně na danou rostlinu stres působil, ale také podle toho, jaký má rostlina genotyp, fenotyp, v jakém je stádiu vývoje, jaká je její vitalita, nebo jaké má adaptační schopnosti. Piterková et al. (2005) uvádí, že rostliny reagují na stres v přírodě odlišně v porovnání s řízenými podmínkami, jelikož na rostliny v přírodě působí více stresových faktorů najednou. Daný stresor většinou působí na určitou část rostliny, jejíž reakce na stresovou situaci může vyvolat řadu dalších stresových reakcí.

Z hlediska druhu působení stresu na rostliny dle Lichtentahlera (2006) rozdělujeme na:

- Eu-stres: jedná se o aktivační či stimulační stres. Má pozitivní účinek na vývoj a přežití rostlin. Mírný stres, který pozitivně působí na buněčný metabolismus a stimuluje fyziologickou aktivitu rostlin. Tento typ stresu nezpůsobuje poškození rostlin, i když působí dlouhodobě.
- Dis-stres: stres, který způsobuje poškození. Působí negativně na vývoj a přežití rostlin v daném prostředí. V reálných podmínkách dis-stres nastupuje v případě, kdy stresor překročí určitou prahovou hodnotu, kterou rostliny nejsou schopny kompenzovat svým metabolismem.

Během svého života jsou rostliny vystaveny působení několika různých stresových faktorů, které pak ovlivňují jejich fyziologické procesy, vedou k poškození rostlinných buněk, orgánů a v krajních případech může dojít ke smrti. Velmi často působí na rostlinu více stresorů najednou. Při působení stresoru na část rostliny dochází k lokální stresové reakci,

kteřá mŕže nŕslednŕ vyvolat stres i na jinŕch rostlinnŕch orgŕnech, takto dochŕzŕ k systŕmovŕ reakci (Kŕdela et al. 2013).

3.3 Salinita

Zasolenŕ pŕdy se projevuje vysokŕmi koncentracemi iontŕ Na^+ ; Cl^- . Vysokŕ koncentrace tŕchto iontŕ se projevujŕ zhoršenŕm vodnŕm potenciŕlem a zhoršenŕmi fyzikŕlnŕmi vlastnostmi pŕdy. Rostliny, kterŕ nejsou schopny pracovat s tŕmito ionty je hromadŕ ve svŕch buŕnkŕch v takovŕm mnoŕstvŕ, pŕi kterŕm normŕlnŕ nefungujŕ enzymy (Gloser, 1998). NaCl zpŕsobuje zvyšovŕnŕ hodnoty pH, z pŕdy se vyplavujŕ ionty Ca^{2+} , K^+ , nebo Mg^{2+} , dŕle pozorujeme rozpad pŕdnŕ struktury (Suchara, 1993).

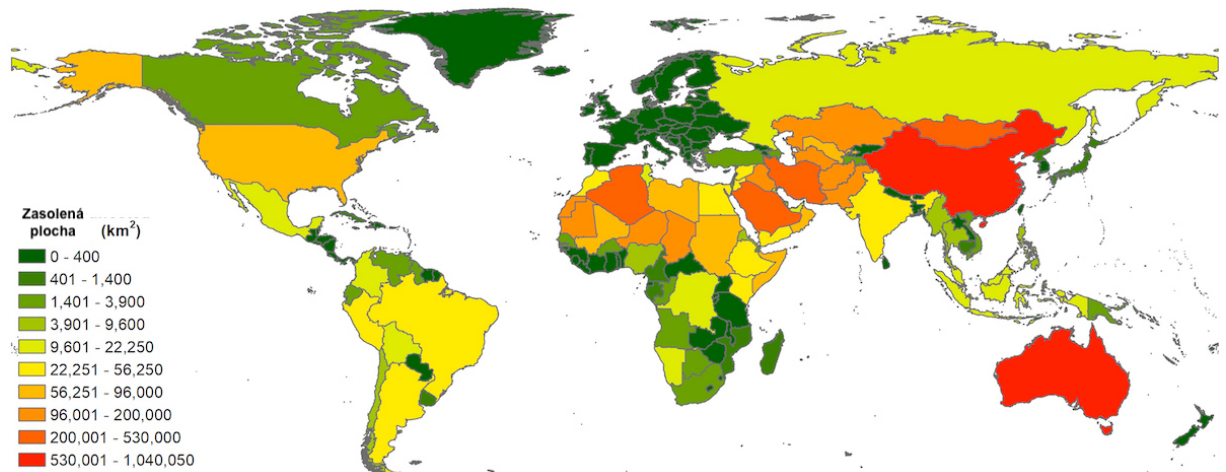
Zasolenŕ vznikŕ, pokud se pŕdnŕ roztok nasycenŕ vŕše uvedenŕmi ionty dostane k povrchu a zaŕne jeho odpařovŕnŕ. Dalšŕ pŕiŕinou je pouŕzŕvŕnŕ prŕmyslovŕch hnojiv, kterŕ se ve vŕtšinŕ pŕŕpadŕ dŕvkujŕ v nevhodnŕch (vŕššŕch) dŕvkŕch. K zasolenŕ dochŕzŕ takŕ tehdy, pokud k zŕlŕvce pouŕijeme vodu, kterŕ obsahuje vŕššŕi mnoŕstvŕ minerŕlŕ, kterŕ po odpařenŕ zŕstŕvajŕ v pŕdŕ (www.e-agri.cz).

Primŕrnŕ salinita je pojem, kterŕm Chari et al. (2012) oznaŕujŕ zasolenŕ, kterŕ vzniklo pŕŕrodnŕmi procesy, pŕedevšŕm fyzikŕlnŕm, nebo chemickŕm zvŕtrŕvŕnŕm a transportem z mateřskŕch hornin, geologickŕch loŕisek, nebo podzemnŕch vod. Pŕda mŕže bŕt zasolenŕ takŕ vlivem sloŕek mateřskŕch hornin, jako jsou napŕŕklad uhliŕitanovŕ minerŕly a/nebo ŕivce. S tŕm velmi ŕzce souvisŕ geologickŕ udŕlosti nebo specifickŕ ŕtvary, kterŕ mohou zvyšŕt koncentrace solŕ ve vodŕ a tŕm tedy i v pŕdnŕm profilu. Chesworth (2008) kontstauje, ŕe tyto faktory ovlivŕujŕ pŕdu v zŕvislosti na hydraulickŕ vodivosti geologickŕch vrstev a charakteristikŕch pŕdy, jako jsou pŕovitost, struktura a textura, sloŕenŕ jŕlovŕch minerŕlŕ, nasycenŕ a nenasyacenŕ hydraulickŕ vodivost a potenciŕlnŕ obsah solŕ.

Existujŕ typy slanŕch pŕd, nebo pŕd, kterŕ jsou nŕchylnŕ k zasolenŕ, pŕrozenŕ slanŕ pŕdy se vyskytujŕ ve Španŕlsku, Mařarsku, Slovensku, ŕecku, Rakousku, Bosnŕ, Srbsku, Chorvatsku, Rumunsku, Bulharsku, Ukrajinŕ a Kaspickŕ pŕnvi (Trnka et al. 2013).

Pokud nepočítáme zemědělské plochy, tak k zasolení přispívají také velké aglomerace, které v zimě používají NaCl jako posypový materiál na vozovky, ale vzhledem k dopravě můžeme pozorovat vyšší koncentrace NaCl až 10 m od vozovky (Kolařík et al. 2000).

Nadbytek solí v půdním roztoku je jedním ze základních stresových faktorů působících na rostliny (Kattab, 2007; Tausz, 2001). Podle webu eagri.cz míra zasolení půdy v České republice se týká velmi malého území, pokud se ale na tento jev zaměříme v celosvětovém měřítku, koncentrace solí v půdách se zvyšují. V současné době se míra zasolení zemědělské půdy pohybuje okolo 10 %, kdy se tyto půdy převážně vyskytují ve středovýchodní a střední Asii, v severní Africe a Severní americe a v Austrálii. Na obr. 6 jsou uvedeny výměry zasoleného území.



Obrázek 6 Mapa světa ukazující míru zasolení půdy (zdroj: iisgod.com)

Z uvedeného obrázku vyplývá, že výměra zasolených půd v rámci kontinentů je následující:

- Afrika: 1 899 000 km²,
- Asie, Tichomoří a Austrálie 3 107 000 km²,
- Blízký východ 1 808 200 km²,
- Latinská Amerika: 2 039 000 km²,
- Severní Amerika: 1 824 000 km²,
- Evropa: 2 011 000 km².

(FAO Land and Plant Nutrition Management Service z webu: <https://plantstress.com/salinity/>).

Hodnotu zasolení půd určujeme metodou dle amerického ministerstva zemědělství – USDA, kde měříme vodivost půdního roztoku v mS/cm a následně rozdělujeme do tříd, jak dokládá tab. 1. Z uvedené tabulky vyplývá, že pokud se hodnota vodivosti pohybuje mezi 0–4 mS/cm, jedná se o nezasolenou půdu, pokud se vodivost pohybuje mezi 4–8 mS/cm,

jedná se o slabě zasolenou půdu, pokud se vodivost pohybuje mezi 8–16 mS/cm, jedná se o středně zasolenou půdu a pokud vodivost přesáhne hodnotu 16 mS/cm, jedná se o půdu silně zasolenou (Gardner et al. 1999).

Tabulka 1: Hodnocení zasolení podle USDA. Pokud se hodnota vodivosti pohybuje mezi 0–4 mS/cm, jedná se o nezasolenou půdu, pokud se pohybuje mezi 4–8 mS/cm, jedná se o slabě zasolenou půdu, pokud se vodivost pohybuje mezi 8–16 mS/cm, jedná se o středně zasolenou půdu a pokud vodivost přesáhne 16 mS/cm, jedná se o půdu silně zasolenou. (Gardner et al. 1999)

Třída	Obsah solí (%)	Vodivost (mS/cm)	Slovní označení
0	0,00 - 0,15	0–4	nezasolené
1	0,15 - 0,35	4–8	slabě zasolené
2	0,35 - 0,65	8–16	středně zasolené
3	nad 0,65	nad 16	silně zasolené

Metoda USDA také rozděluje rostliny podle snášenlivosti zemědělských plodin k salinitě, jak dokládá tab. 2. Z uvedené tabulky vyplývá, že rostliny podle míry zasolení půdy rozdělujeme do čtyř kategorií, rostliny citlivé k zasolení mohou růst na půdách, jejichž vodivost dosahuje hodnoty pod 1,5 mS/cm, patří sem například fazol, jetel, mrkev, nebo salát. Rostliny středně citlivé k zasolení rostou na půdách, jejichž vodivost dosahuje hodnoty 1,5–3 mS/cm, patří sem např. kukuřice, vojtěška, nebo brambory. Plodiny středně snášenlivé rostou na půdách, u kterých vodivost půdního roztoku dosahuje hodnoty 6 mS/cm, patří sem např. sója, nebo pšenice. Rostliny snášenlivé mohou růst na půdách, u kterých hodnota vodivosti dosahuje až 10 mS/cm (Shannon et al. 1998).

Tabulka 2 Snášenlivost zemědělských plodin vzhledem k salinitě. Rostliny podle míry zasolení půdy rozdělujeme do čtyř kategorií, rostliny citlivé k zasolení mohou růst na půdách, jejichž vodivost dosahuje hodnoty pod 1,5 mS/cm, patří sem například fazol, jetel, mrkev, nebo salát. Rostliny středně citlivé k zasolení rostou na půdách, jejichž vodivost dosahuje hodnoty 1,5–3 mS/cm, patří sem např. kukuřice, vřes, nebo brambory. Plodiny středně snášenlivé rostou na půdách, u kterých vodivost půdního roztoku dosahuje hodnoty 6 mS/cm, patří sem např. sója, nebo pšenice. Rostliny snášenlivé mohou růst na půdách, u kterých hodnota vodivosti dosahuje až 10 mS/cm. (Shannon et al.1998).

Snášenlivost	Vodivost (mS/cm)	Plodiny
citlivé	pod 1,5	fazol, jetel, mrkev, salát
středně citlivé	1,5 - 3,0	kukuřice, brambory
středně snášenlivé	3,1- 6,0	sója, pšenice
snášenlivé	6,1 - 10	ječmen, cukrovka

Stanovení rozpustných solí v půdě na základě elektrické vodivosti je podle Škarpy (2020) rychlou metodou, kterou je možné využít ke stanovení celkového obsahu rozpustných solí, kde vlastní stanovení vychází z Ohmova zákona, viz rovnice 1. Odpor kapalných vodičů je za stejných podmínek, především teploty, stálý. Převrácenou hodnotou elektrického odporu je elektrická vodivost, jak dokládá rovnice 2.

$$R = \frac{U (V)}{I (A)} [\Omega]$$

Rovnice 1 Ohmův zákon

$$G = \frac{I (A)}{U (V)} [S]; G = \frac{1}{R (\Omega)} [S]$$

Rovnice 2 Vzorce pro výpočet vodivosti

3.4 Reakce rostlin na zasolení

Reakce rostlin na zasolení byly rozděleny do dvou hlavních fází. V první fázi dochází ke snížení růstu nezávislé na iontech, ke kterému dochází v řádu minut až dní. Způsobuje uzavření průduchů a inhibici růstu buněk především v růstovém vrcholu rostliny (Rajendran et al., 2009). V druhé fázi během několika dní až týdnů narůstají hladiny cytotoxických iontů, jakými jsou vysoké koncentrace Na^+ , Cl^- , nebo SO_4^{2-} , které zpomalují metabolické procesy, snižují příjem esenciálních živin, jako jsou P, K, N a Ca, způsobují předčasné stárnutí, a nakonec buněčnou smrt (Zhu, 2001 a Roy et al. 2014).

Podle tolerance rostlin k zasolení je Mořková et al. (2014) rozděluje na dvě skupiny: halofyty – rostliny, které jsou velmi tolerantní k zasolení půdy, některé halofyty ke svému růstu dokonce vyžadují zasolenou půdu; druhou skupinou jsou glykofyty – rostliny silně citlivé na zasolení.

Podle uvedených autorů jsou dále halofyty rostliny, které jsou tolerantní k zasolení, nebo ke svému životu zasolení potřebují. Podle míry přizpůsobení k salinitě je rozděluje do tří skupin, na obligátní, fakultativní a přechodné.

Obligátní halofyty jsou rostliny, které ke svému správnému fungování a životu přímo vyžadují zasolené půdy (okolo 0,5 %). Nepřežívají při nízkých koncentracích. Mezi obligátně halofytní zeleninu řadíme například bařičku přímořskou (*Triglochin maritima*), která se v České republice vyskytuje na jediném místě, v Národní přírodní rezervaci Slanisko u Nesytu. Rostlina se dříve hojně pěstovala kvůli mírně slaným listům, které se v kuchyni zpracovávaly stejně, jako špenát (Danihelka et al. 2001).

Mezi častější druhy rostlin v České republice patří limonka obecná (*Limonium vulgare*), solnička rozprostřená (*Suaeda prostrata*), nebo také zblochanec oddálený (*Puccinellia distans*), který se vyskytuje v hojném počtu podél vozovek, které jsou v zimě solené (Danihelka et al. 2001).

Fakultativní halofyty jsou podle Mořková et al. (2014) rostliny, které dobře snášejí zasolené půdy, ale ke svému životu zasolenou půdu nepotřebují. Mezi fakultativně halofytní zeleninu patří například špenát setý (*Spinacia oleracea*), mezi ostatní fakultativní halofyty

patří mochna husí (*Potentilla anserina*), rostliny rodu *Tamarix*, dále druhy rodů *Chenopodium*, či *Atriplex*.

Přechodné halofyty prosperují na nezasolených půdách, ale snesou občasně zasolení. Do této skupiny jsou řazeny např. *Sporobulus marginatus*, *Haloxylon salicornicum*, *Datylactenium indicum* (Motřková et al. 2014).

Vliv zasolení na rostliny můžeme rozdělit na přímé a nepřímé vlivy. Mezi přímé vlivy patří dle Suchara (1993) a Kolaříka (2000) poškození pupenů, nezdřevnatělých výhonků a kůry, odumírání kambia, nekrózy a předčasný opad listů.

Mezi nepřímé (sekundární) vlivy zahrnují uvedení autoři iontový stres (jednostranné nahromadění iontů Na^+ a Cl^- v pletivech rostlin, osmotický stres, který se odráží ve snížení příjmu vody a projevuje se náhlým usycháním, omezení příjmu důležitých iontů.

Zasolení může rostlinu ovlivňovat různým způsobem. Vysoká koncentrace solí způsobuje ztráty vody a vyvolává v rostlině stres způsobený vodním deficitem. Nadbytek solí v půdním roztoku má na kořeny rostlin nepříznivý efekt. Vzrůstá vodní potenciál, který ovlivňuje proudění vody do kořenů. Voda s vyššími koncentracemi solí proudí do kořenů pomaleji než voda, která obsahuje solí méně. Tím dochází ke zpomalení růstu rostliny, neméně často dochází k vadnutí (Kutílek, 2012).

Ionty sodíku jsou podle Tausz (2001) pro rostliny toxické, pokud je rostlina rychle neuschová do vakuol. Hraniční toxicita sodných iontů závisí na množství těchto iontů pro většinu půd je to 150 mM a více (Rengasamy et al. 2003). Salinita způsobuje nerovnováhu i v minerální výživě rostlin. Může dojít k inhibici enzymů Calvinova cyklu, jež má za následek vyvolání oxidativního stresu v buňce, nebo dochází ke změnám v osmotickém potenciálu vodního roztoku. Všechny tyto procesy nejsou pro rostlinu vhodné a mohou vést k zastavení růstu, nebo dokonce k úhynu rostliny (Sairam et al. 2004).

Rostliny reagují na změnu vnějšího osmotického tlaku akumulováním osmolytů, mezi které patří cukerné alkoholy, sacharidy, nebo polární metabolity (Desingh et al. 2007). Mezi hlavní osmolyty řadíme prolin a u CAM rostlin malát, nebo oxalát.

Pokud působením vysokých koncentrací solí nastává omezení fotosyntézy, okamžitě se zvyšuje produkce ROS (reactive oxygen species – reaktivní formy kyslíku). Jejich množství je však omezeno rychlostí tvorby, reakce s lipidy, proteiny a jinými makromolekulami, rychlostí jejich degradace a rychlostí reakce antioxidantního systému buňky (Kattab, 2007). Odstraňování ROS, které vznikly působením solí o vysokých koncentracích, se uskutečňuje pomocí velkého množství enzymů. SOD (superoxid dismutáza) způsobuje přeměnu superoxidu na H_2O_2 , ten je dále zpracován peroxidázami, nebo katalázou (Sairam et al. 2004).

Vstup solí do kořenového systému spouští aktivaci několika signálních kaskád, jakými jsou ionty Ca^{2+} , kyselina abscisová, ethylen, nebo MAPK (Mitogen-activated protein kináza), které generují iontovou toleranci omezením přítoku Na^+ do kořene a snížením translokace Na^+ . Tolerance pletiv je zvýšena kompartmentací toxických iontů do vakuol, aby se zabránilo škodlivým účinkům na cytoplazmatické procesy. Výše uvedené strategie byly pozorovány u mnoha typů rostlin a rozdíly v toleranci mezi glykofyty a halofyty jsou způsobeny především vyšší robustností mechanismů používaných rostlinami, spíše než kvalitativním rozdílem (Maathius et al. 2014).

Salinita způsobuje rostlinám osmotický a vodní stres, ale zároveň poskytuje levné osmotikum ke snížení osmotického potenciálu buněk a tím zabraňuje ztrátám vody (Maathius et al., 2014).

Draselný kationt (K^+) je nejhojněji vyskytující se kationt v rostlinných pletivech a je základní živinou, která je důležitá pro mnoho enzymatických reakcí, iontovou a pH homeostázu a udržení přiměřeného membránového potenciálu (Ahmad a Maathius 2014). Cytosolický K^+ je také důležitým determinantem adaptivních reakcí rostlin na široké množství stresů pocházejících z životního prostředí. V hydratované formě jsou Na^+ a K^+ chemicky a strukturně velmi podobné, proto některé biofyzikální role K^+ , zejména generování turgoru, může plnit Na^+ . Nicméně K^+ je vyžadován pro mnoho fyziologických a biochemických procesů, zatímco Na^+ není. Transportní systémy, které se podílejí na příjmu a distribuci K^+ a Na^+ v kombinaci jsou klíčovými determinanty tolerance salinity vzhledem k jejich schopnosti určovat pletivové a cytosolické poměry K^+/Na^+ , což jsou parametry, o kterých se obecně předpokládá, že mají velký vliv na toleranci salinity (Shabala et al. 2008).

4 Metodika

Vliv salinity byl sledován na základě změn obsahu fotosyntetických pigmentů, stomatální vodivosti, rychlosti výměny plynů u juvenilních rostlin lociky seté, kozlíčku polního a čtyřboče rozkladité. Vliv salinity byl sledován v rámci následujících koncentrací NaCl 50, 75, 100 a 125 mM NaCl.

4.1 Rostlinný materiál

Pro pokus byly vybrány rostliny *Lactuca sativa*, *Tetragonia tetragonoides* L. a *Valerianella locusta*.

***Lactuca sativa* var. *capitata* 'Král Máje'**

Locika je letnička i dvouletka se světle i tmavě zelenými, načervenalými i tmavočervenými listy. Tvoří hlávkovité růžice s hladkými i zkadeřenými listy. Tradiční odrůda jarního salátu se středně velkou, dobře uzavřenou hlávkou a světle zeleným listem. Typickým znakem je červenání okrajů vrcholových listů při nižších teplotách. Odrůda má střední odolnost vůči vybíhání (www.semo.cz).

***Tetragonia tetragonoides* L.**

Jednoletá bylina tvořící mohutné trsy s rozvětvenými a až 1 m dlouhými lodyhami, které jsou bohatě rozvětvené. Plodem je peckovice, která může být až 1 cm velká, na povrchu je 4–8 růžků (www.semena.cz).

***Valerianella locusta* (L.) Laterr. 'Verte de Cambrai'**

Nenáročná listová zelenina, která má vysokou nutriční hodnotu. Pěstuje se pro chutné listové růžice, které se upravují jako salát. Listy jsou šťavnaté a mají vyšší biologickou hodnotu než salát. Obsahují vyšší množství vitamínu C a provitaminu A. Dále má také hodně vitamínů skupiny B, obsahuje vitamin E, kyselinu listovou, rutin a např. také vápník (www.dobrasemena.cz).

4.2 Založení pokusu

Rostliny byly pěstovány v nádobách o velikosti 11 × 11 cm. Jako pěstební medium byl použit zahradnický substrát jemného složení, skládá se z kvalitního kůrového kompostu, dřevního vlákna, vrchovištní světlé a černé rašeliny slabě, až středně rozložené, s přidavkem vápence pro úpravu hodnoty pH a minerálního hnojiva NPK, v poměru živin 18:6:19. Schéma pokusu bylo rozvrženo na 4 pokusné varianty (50, 75, 100, 125 mM NaCl) a jednu kontrolní, roztok byl aplikován ve formě zálivky. Roztoky chloridu sodného byly aplikovány v modifikovaném živném roztoku dle Hoaglanda. V průběhu se uskutečnilo 6 měření - 0, 1, 3, 7, 10 a 14 dnů po zahájení pokusu.

4.3 Měření fyziologických charakteristik

4.3.1 Měření rychlosti výměny plynů a stomatální vodivosti

Rychlost výměny plynů a stomatální vodivost byly sledovány pomocí infračerveného analyzátoru plynů LCpro+ (ADC BioScientific Ltd., Hoddesdon, Velká Británie). LCpro+ je gazometrický přenosný přístroj, který je určený na měření rychlosti fotosyntézy a transpirace, substomatální CO₂ a stomatální vodivosti. Rozsah měření CO₂ je 0 až 3000 μmol a rozsah pro měření H₂O 0 až 75,5 mmol (adc.co.uk 2019). Během procesu měření se zobrazí jak data, tak i grafické informace. Pro měření CO₂ využívá nerozptýlené infračervené záření, to vyplývá ze skutečnosti, že v poměru ke koncentraci plynu CO₂ absorbuje infračervené oblasti. Rychlost transpirace a fotosyntézy se vypočítá z průtoku a změny koncentrace plynů mezi výstupem a vstupem z komůrky. U zástupců listové zeleniny byly fyziologické charakteristiky měřeny při hustotě ozáření 650 mol.m⁻².s⁻¹ a teplotě 25 °C. Měření se uskutečnilo na základě metodických pokusů Holé et al. (2012).

4.3.2 Stanovení pigmentů

Ke stanovení chlorofylu v listech byla použita metoda podle Porra (1989). Z každé rostliny a z variant se odebralo cca 5 listů, ze kterých byly pomocí korkovrtu vyseknuty 2 terčíky o ploše 0,5 cm². Terčíky byly vloženy do 1 ml dimethylformamidu (DMF). Během 24 hodin se pigmenty extrahovaly v chladu, temnu za promíchávání. Druhý den by roztok

pigmentů spektrofotometricky vyhodnocen pomocí přístroje UV-Vis Evolution 2000 (ThermoScientific). Jako slepý vzorek se použil čistý dimethylformamid. Měření absorbancí probíhalo při vlnových délkách 480; 648,8; 663,8 a 710 nm.

Následující rovnice popisují výpočet fotosynteticky aktivních pigmentů:

$$\begin{aligned}Chl_A &= 12 \times A_{663,8} - 3,11 \times A_{646,8} \\Chl_B &= 20,78 \times A_{646,8} - 4,88 \times A_{663,8} \\Chl_{celkový} &= 7,12 \times A_{663,8} + 17,67 \times A_{646,8} \\Kar &= \frac{(1000 \times A_{480} - 1,12 \times Chl_A - 34,07 \times Chl_B)}{245}\end{aligned}$$

Výsledky všech rovnic jsou v mg/l neboli µg/ml.

Pro přepočítání výsledků na nM/ml byly hodnoty pro chlorofyly vynásobeny jejich koeficienty, které mají hodnotu pro Chl a 1,118 a Chlorofyl b 1,102.

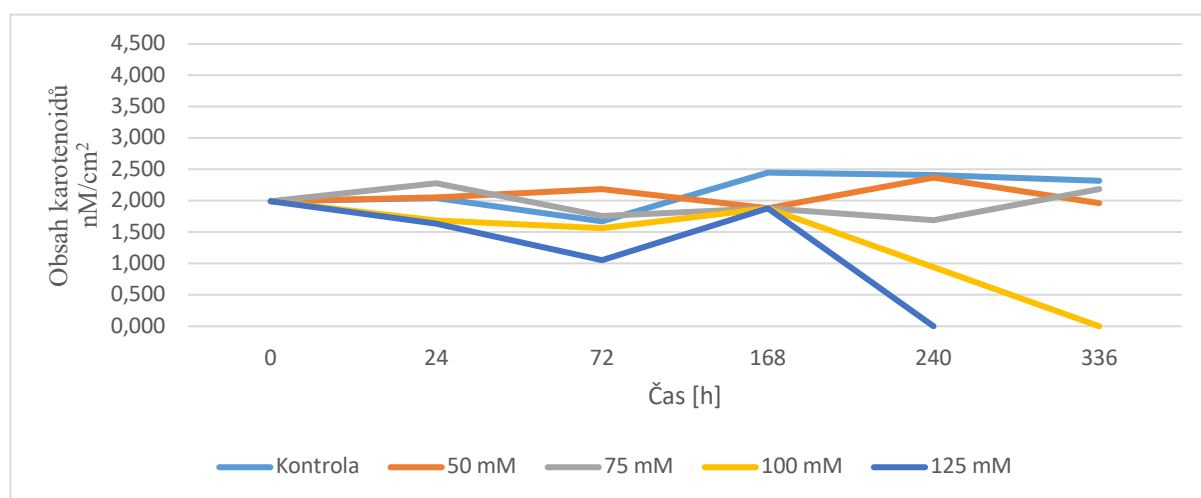
5 Výsledky

Modelovými rostlinami byly *Valerianella locusta* (L.) Laterr. 'Verte de Cambrai', *Lactuca sativa* var. *capitata* 'Král Máje' a *Tetragonia tetragonioides* L. v juvenilním stádiu. Jednalo se o nádobový pokus, kdy v každé nádobě bylo maximálně 6 rostlin jednoho druhu. Nádoby byly po celou dobu umístěny ve skleníku s částečně řízenými podmínkami. Rychlost výměny plynů a stomatální vodivost byly sledovány pomocí infračerveného analyzátoru plynů LCpro+. Ke stanovení chlorofylu v listech byla použita metoda podle Porra.

5.1 Fotosynteticky aktivní pigmenty

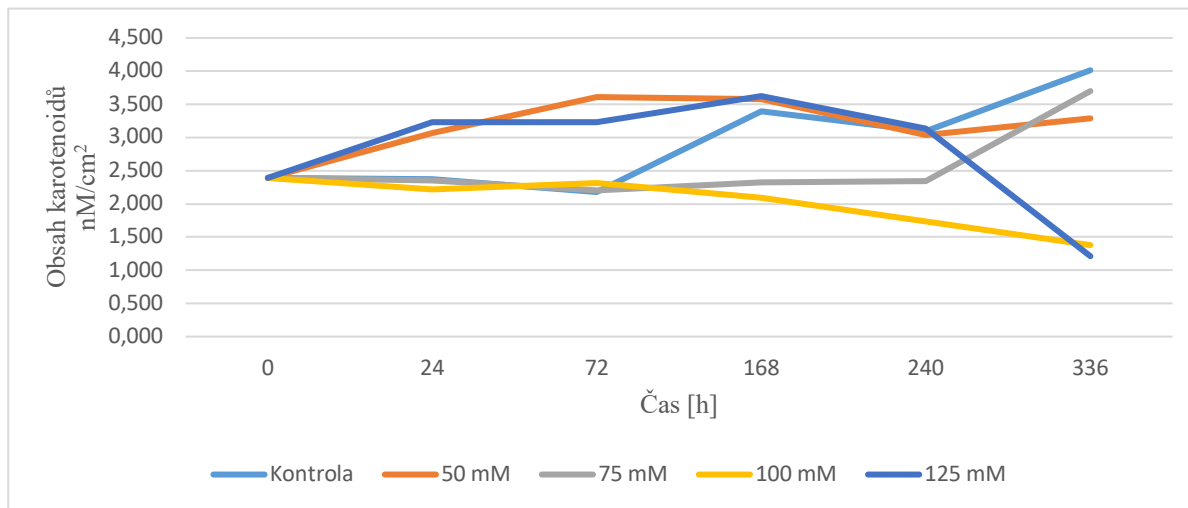
5.1.1 Karotenoidy

V grafu 1 jsou uvedeny změny v obsahu karotenoidů v listech polníčku. Z něho vyplývá, že polníček citlivě reagoval na zvýšenou koncentraci soli v prostředí, neboť u nejvyšších koncentrací bylo zaznamenáno odumření rostlin. V případě koncentrace 125 mM NaCl rostliny odumřely po 72 h a u varianty 100 mM NaCl to bylo po 240 h. U rostlin z kontrolních podmínek byl nejvyšší obsah karotenoidů naměřen po 168 h (2,449 nM/cm²) a naopak nejnižší po 72 h (1,672 nM/cm²). Od zahájení pokusu (1,993 nM/cm²) do 72 h se obsah karotenoidů v listech snižoval. Toto snížení bylo vystřídáno zvýšením obsahu karotenoidů na jejich maximální obsah, které bylo dále vystřídáno téměř lineárním poklesem do konce sledovaného období (2,317 nM/cm²). U rostlin rostoucích v koncentraci soli 50 mM se nejprve obsah karotenoidů zvyšoval z hodnoty 1,993 nM/cm² na hodnotu 2,190 nM/cm². Pokles byl zjištěn po 168 h. Uvedný pokles byl opět vystřídán zvýšením obsahu karotenoidů o 25 %. Na konci sledovaného období, jako v případě kontrolních rostlin se obsah karotenoidů snížil. Zcela odlišný trend byl zaznamenán u rostlin rostoucích v prostředí s 75 mM NaCl, jak dokumentuje graf 1. Z něho je patrné, že u rostlin z této varianty se nejprve v důsledku působení stresoru obsah karotenoidů zvýšil o 14 % na hodnotu (2,280 nM/cm²). Uvedené zvýšení bylo nahrazeno poklesem na minimální hodnotu 1,690 nM/cm², po níž následovalo opět nárůst, který byl doprovázen poklesem. Na konci pokusu se opět obsah karotenoidů zvýšil (2,186 nM/cm²).



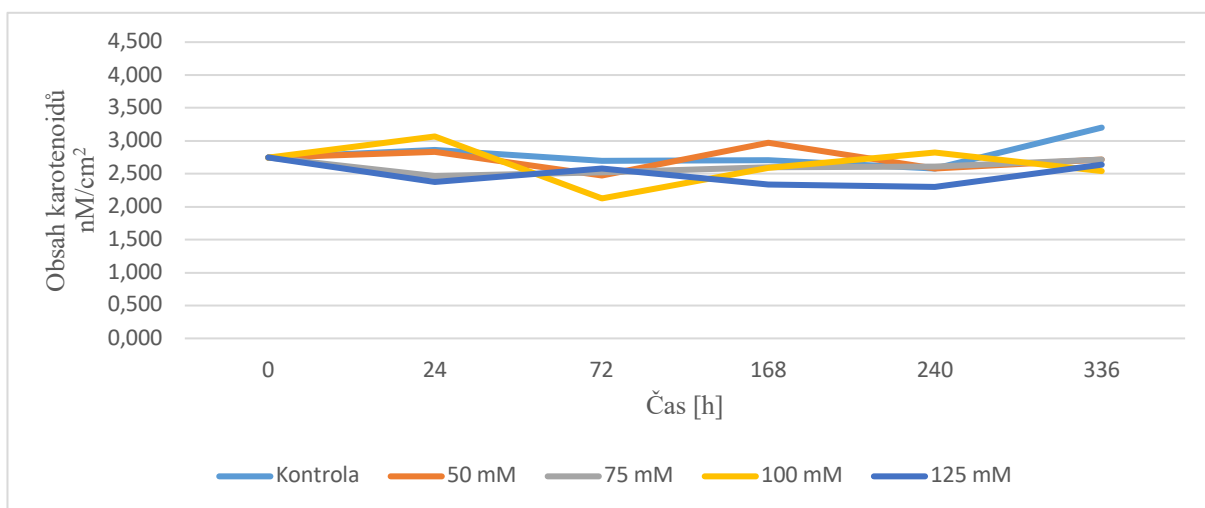
Graf 1 Změny obsahu karotenoidů u druhu *Valerianella locusta* [nM/cm²] v závislosti na koncentraci NaCl a čase

V grafu 2 jsou uvedeny změny v obsahu karotenoidů v listech salátu. Z něho vyplývá, že salát citlivě reagoval na zvýšenou koncentraci soli v prostředí, neboť u nejvyšších koncentrací bylo zaznamenáno postupné odumírání rostlin. V případě koncentrace 125 mM NaCl lze pozorovat výrazný pokles po 240 h, kdy obsah karotenoidů klesl z hodnoty 3,136 nM/cm² na hodnotu 1,211 nM/cm². Rostliny varianty 100 mM NaCl začaly odumírat po 72 h, kdy byl obsah karotenoidů 2,312 nM/cm², v posledním termínu byla naměřená hodnota obsahu karotenoidů 1,378 nM/cm². U rostlin z kontrolních podmínek byl nejvyšší obsah karotenoidů naměřen po 336 h (4,013 nM/cm²) a naopak nejnižší po 72 h (2,200 nM/cm²). Od zahájení pokusu (2,390 nM/cm²) do 72 h se obsah karotenoidů v listech snižoval. Toto snížení bylo vystřídáno zvýšením obsahu karotenoidů o 54 %. U rostlin rostoucích v koncentraci soli 50 mM se nejprve obsah karotenoidů lineárně zvyšoval od založení pokusu (2,390 nM/cm²) až do měření po 72 h na nejvyšší hodnotu (3,609 nM/cm²). Na konci sledovaného období, jako v případě kontrolních rostlin se obsah karotenoidů zvýšil. Podobný trend byl zaznamenán u rostlin rostoucích v prostředí s 75 mM NaCl, jak dokumentuje graf 2. Z něho vyplývá, že u rostlin z této varianty se nejprve v důsledku působení stresoru obsah karotenoidů nelišil.



Graf 2 Změny obsahu karotenoidů u druhu *Lactuca sativa* [nM/cm²] v závislosti na koncentraci NaCl a čase

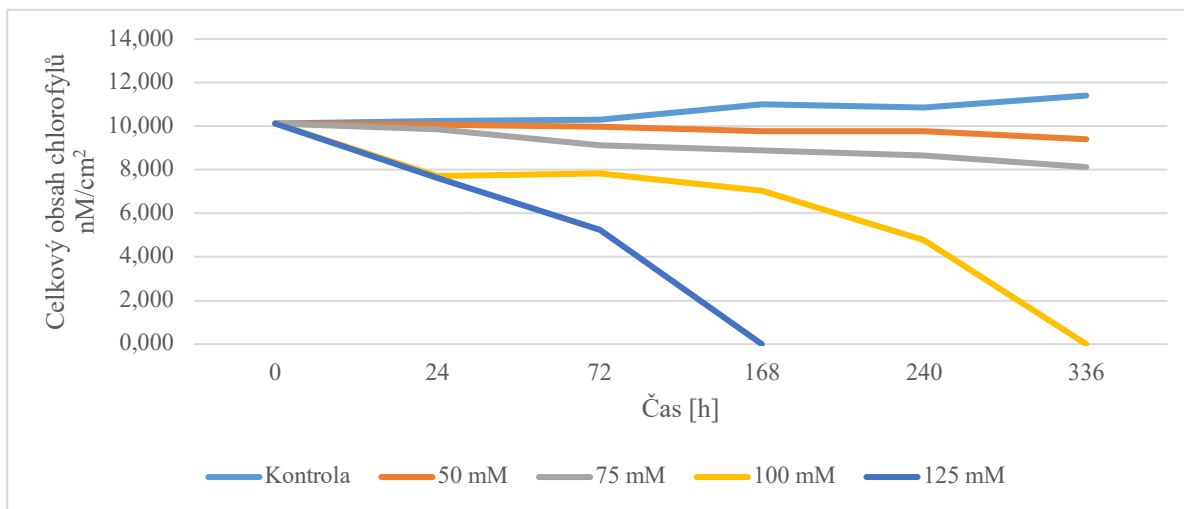
V grafu 3 jsou uvedeny změny v obsahu karotenoidů v listech čtyřboče. Z něho vyplývá, že čtyřboč nereaguje citlivě na salinitu, neboť nejsou zaznamenány výrazné změny v obsahu karotenoidů v rámci variant. Nejvýraznější pokles byl zaznamenán u koncentrace 100 mM NaCl. Po výrazném nárůstu od zahájení pokusu (2,748 nM/cm²) do 24 h (3,067 nM/cm²) je patrné snížení na nejnižší hodnotu v čase 72 h (2,216 nM/cm²). Dále se hodnoty zvyšovaly až na 2,828 nM/cm², které byly naměřeny 240 h po založení pokusu. Poté se obsah karotenoidů snížil o 11 %. Podobný průběh má křivka naměřených hodnot u varianty 50 mM NaCl. Nejnižší hodnota byla naměřena po 72 h (2,474 nM/cm²) a nejvyšší hodnota po 168 h (2,972 nM/cm²). V případě koncentrace 125 mM NaCl byla nejvyšší hodnota zjištěna po 336 h (2,643 nM/cm²), avšak nejnižší koncentrace byla zaznamenána po 240 h (2,301 nM/cm²). U rostlin z kontrolních podmínek byl nejvyšší obsah karotenoidů stanoven po 336 h (3,202 nM/cm²). Minimální obsah pigmentů byl zjištěn v termínu měření 72 h. V tomto termínu měření byl obsah karotenoidů 2,699 nM/cm². Snížení obsahu pigmentů bylo dále vystřídáno výrazným nárůstem obsahu pigmentů do konce sledovaného období (3,202 nM/cm²). U rostlin rostoucích v koncentraci soli 75 mM se nejprve obsah karotenoidů snížil z hodnoty (2,748 nM/ml) na hodnotu (2,467 nM/ml). Poté se obsah karotenoidů zvyšoval až do konce sledovaného období (2,721 nM/cm²).



Graf 3 Změny obsahu karotenoidů u druhu *Tetragonia tetragonioides* [nM/cm²] v závislosti na koncentraci NaCl a čase

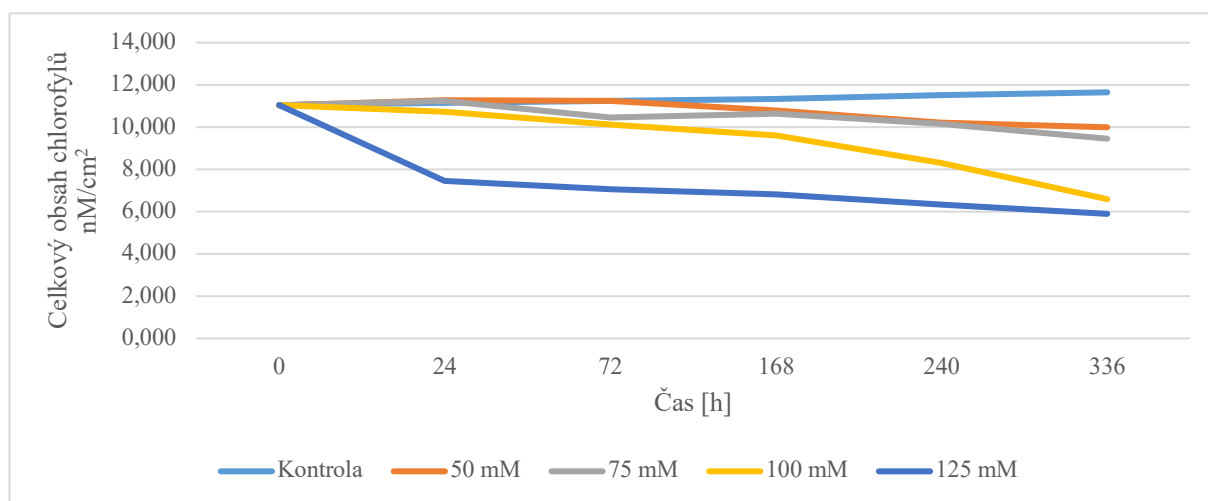
5.1.2 Celkový obsah chlorofylů

V grafu 4 jsou uvedeny změny v obsahu celkového chlorofylu v listech polníčku. Je patrné, že polníček citlivě reagoval na zvýšenou koncentraci soli v prostředí, neboť u nejvyšších koncentrací bylo zaznamenáno odumření rostlin. U kontrolních rostlin byl nejvyšší obsah celkového chlorofylu naměřen po 336 h (11,409 nM/cm²) a naopak nejnižší v den zahájení pokusu (10,124 nM/cm²). Od zahájení pokusu do 168 h se obsah celkového chlorofylu v listech zvyšoval. Toto zvýšení bylo vystřídáno snížením obsahu celkového chlorofylu (10,852 nM/cm²). Snížení obsahu pigmentů bylo dále vystřídáno nárustem, který byl zaznamenán až do konce pokusu. U rostlin rostoucích v koncentraci soli 50 mM se nejprve obsah celkového chlorofylu lineárně snižoval z počáteční hodnoty (10,124 nM/cm²) na konečnou hodnotu (9,403 nM/cm²), která byla zaznamenána na konci pokusu. Podobný trend byl zaznamenán u rostlin rostoucích v prostředí s 75 mM NaCl, jak dokumentuje graf 4. Z něho je patrný pokles obsahu chlorofylů od dne založení (10,124 nM/cm²) až do posledního měření, které se uskutečnilo po 336 h (8,126 nM/cm²).



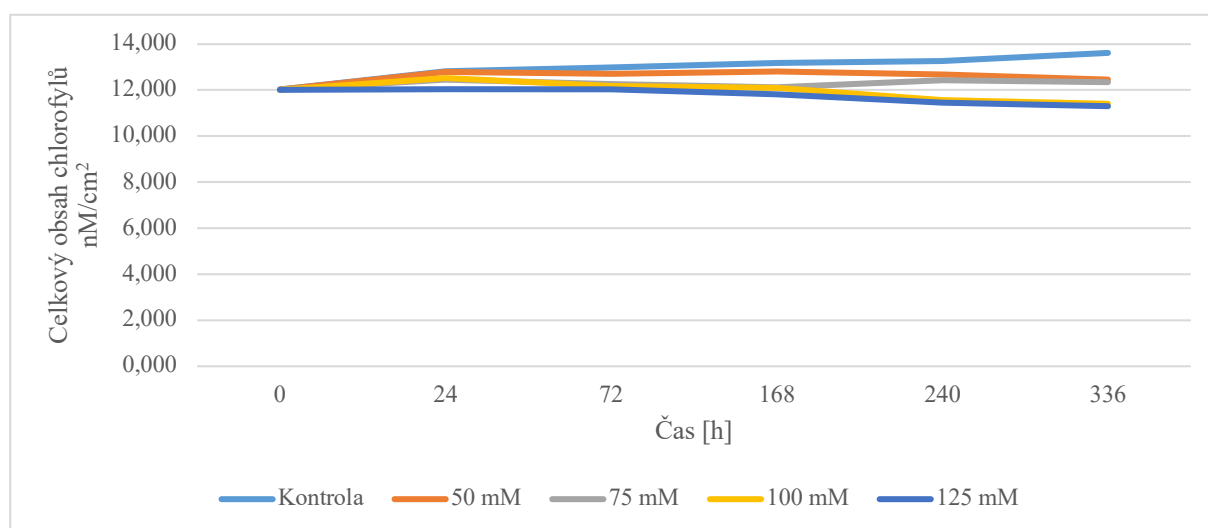
Graf 4 Změny obsahu celkového chlorofylu u druhu *Valerianella locusta* [nM/cm²] v závislosti na koncentraci NaCl a čase.

Graf 5 znázorňuje změny v obsahu celkového chlorofylu v listech salátu v rámci jednotlivých termínů odběru. V případě koncentrace 125 mM NaCl se obsah celkového chlorofylu snižoval po celou dobu. Nejvýraznější pokles je patrný po 24 h, kdy činil 48 %, poté je patrný lineární pokles až na hodnotu 5,898 nM/cm² (336 h). U varianty 100 mM NaCl se hodnoty obsahu chlorofylů snižovaly rovnoměrně v průběhu 168 h (9,595 nM/cm²), poté byl zaznamenán výrazný pokles až do konce měření o 47 %. U rostlin z kontrolních podmínek byl nejvyšší obsah celkového chlorofylu stanoven po 336 h (11,651 nM/cm²) a naopak nejnižší v den zahájení pokusu (11,046 nM/cm²), U varianty 50 mM NaCl se od zahájení pokusu (11,046 nM/cm²) do 24 h obsah celkového chlorofylu v listech zvýšil (11,279 nM/cm²). Toto zvýšení bylo vystřídáno postupným snižováním obsahu celkového chlorofylu na hodnotu 9,995 nM/cm². Tento obsah chlorofylů byl zjištěn po 336 h, tedy v posledním termínu měření. U rostlin rostoucích v koncentraci soli 75 mM byl pozorován podobný trend, jako v případě koncentrace 50 mM NaCl. Po 24 h (11,243 nM/cm²) byl zaznamenán pokles o 7 %, po kterém následoval mírný nárůst po 168 h (10,632 nM/cm²). Poté se až do konce pokusu obsah chlorofylu snižoval až na konečnou hodnotu 9,457 nM/cm².



Graf 5 Změny obsahu celkového chlorofylu u druhu *Lactuca sativa* [nM/cm²] v závislosti na koncentraci NaCl a čase.

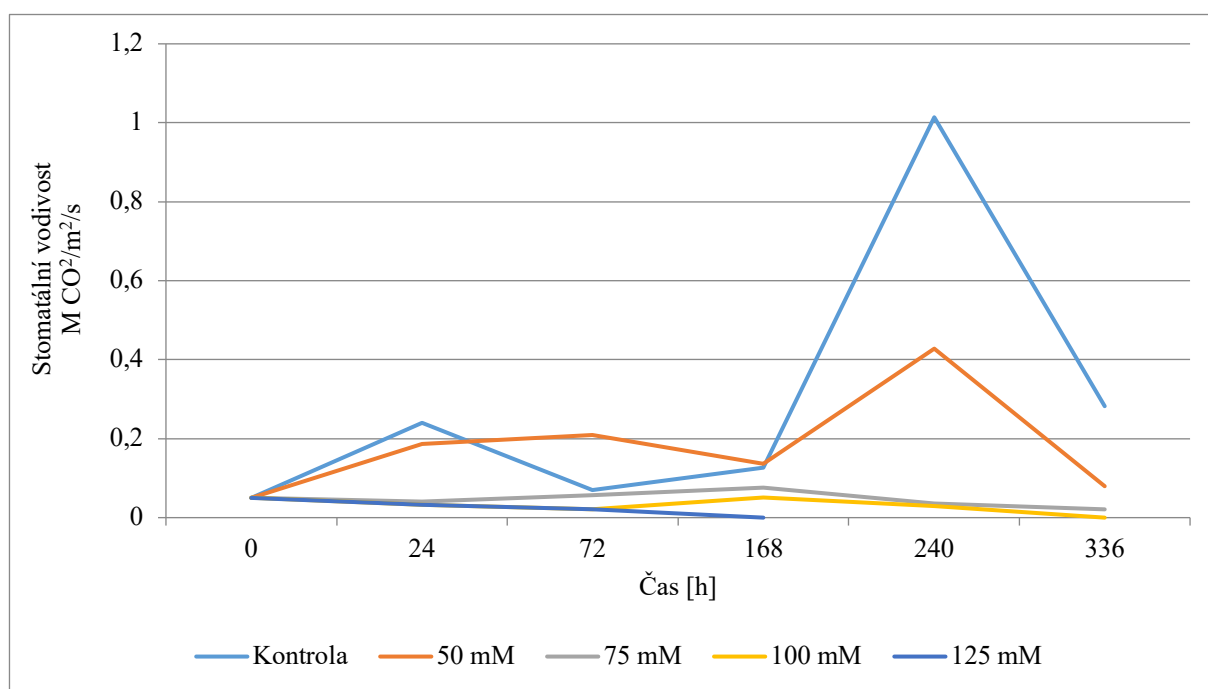
Graf 6 dokládá průběh změn obsahu celkového chlorofylu v listech čtyřboče v závislosti na koncentraci NaCl a čase. Z grafu je patrné, že u všech sledovaných variant, až na variantu 125 mM NaCl, se obsah chlorofylu zvyšoval. V případě varianty 125 mM NaCl se naopak obsah chlorofylů vlivem délky působení stresoru snižoval. Nejvýraznější rozdíl byl zaznamenán mezi měřeními po 72 h (12,037 nM/cm²) a 240 h (11,444 nM/cm²). U kontrolní varianty byl zaznamenán nárůst obsahu chlorofylů v listech, kdy na počátku pokusu jejich obsah činil 12,027 nM/cm² a po 24 h (12,818 nM/cm²). Na konci pokusu byl obsah chlorofylů ve výši 13,179 nM/cm². V případě varianty 50 mM NaCl byl nejvyšší nárůst na počátku sledovaného období, kdy se obsah chlorofylů zvýšil o 6 %. Maximální hodnota obsahu chlorofylů byla stanovena na konci pokusu (13,619 nM/cm²). U varianty 75 mM NaCl byl zaznamenán obdobný trend, jako u předcházejících variant pokusu, kdy na jeho počátku se obsah chlorofylů zvýšil o 4 % na hodnotu 12,807 nM/cm². Pokles byl zaznamenán až do 4. termínu (168 h), kdy obsah pigmentů činil 12,124 nM/cm². Na konci pokusu byl obsah chlorofylů 12,420 nM/cm². Také u rostlin rostoucích v koncentraci 100 mM NaCl se obsah pigmentů nejprve snižoval do 168 h (12,084 nM/cm²). Nejvyšší obsah pigmentů byl stanoven 24 h po zahájení pokusu (12,527 nM/cm²) a naopak nejnižší na jeho konci (11,407 nM/cm²).



Graf 6 Změny obsahu celkového chlorofylu u druhu *Tetragonia tetragonioides* [nM/cm²] v závislosti na koncentraci NaCl a čase.

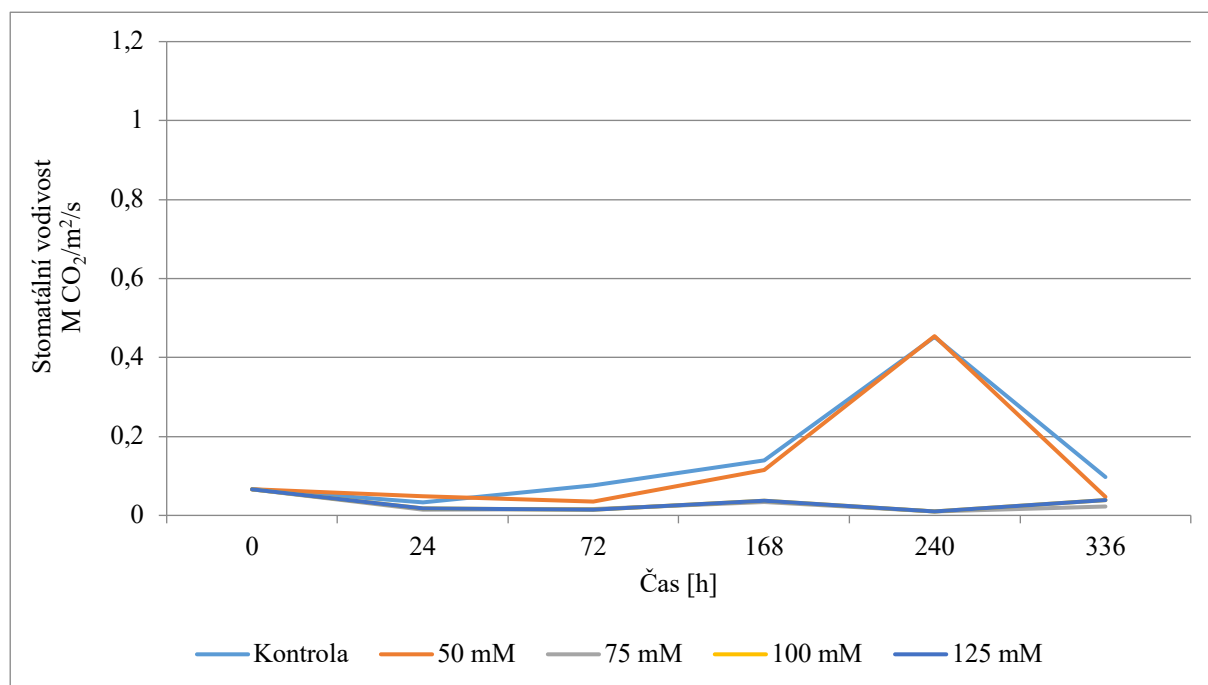
5.2 Stomatální vodivost

Graf 7 demonstruje hodnoty stomatální vodivosti polníčku v závislosti na koncentraci roztoků NaCl a čase. Z grafu je patrné, že nejvyšší hodnota stomatální vodivosti byla u kontrolní varianty u měření po 240 h (1,014 M CO₂/m²/s). Nejnižší hodnota u kontrolní varianty byla zaznamenána po 72 h (0,07 M CO₂/m²/s). U varianty 50 mM NaCl byl zaznamenán nárůst stomatální vodivosti po 72 h (0,05 M CO₂/m²/s), přičemž maximální hodnota byla zjištěna za 240 h po založení pokusu (0,428 M CO₂/m²/s). V případě dalších variant pokusu je možné zaznamenat obdobný trend vývoje změn stomatální vodivosti. U rostlin rostoucích ve variantě 75 mM NaCl byla maximální hodnota stomatální vodivosti naměřena po 168 h (0,076 M CO₂/m²/s) a na straně druhé nejnižší po 240 h od založení pokusu (0,029 M CO₂/m²/s). U variant 100 mM NaCl a 125 mM NaCl byly změny hodnot stomatální vodivosti v časové úseku od založení pokusu až do 72 h shodný. V tomto časovém úseku byly naměřené hodnoty stomatální vodivosti v intervalu hodnot od 0,05 M CO₂/m²/s (0 h) do 0,021 M CO₂/m²/s (72 h). Po 72 hodinách odumřela varianta 125 mM NaCl a po 240 h varianta 100 mM NaCl.



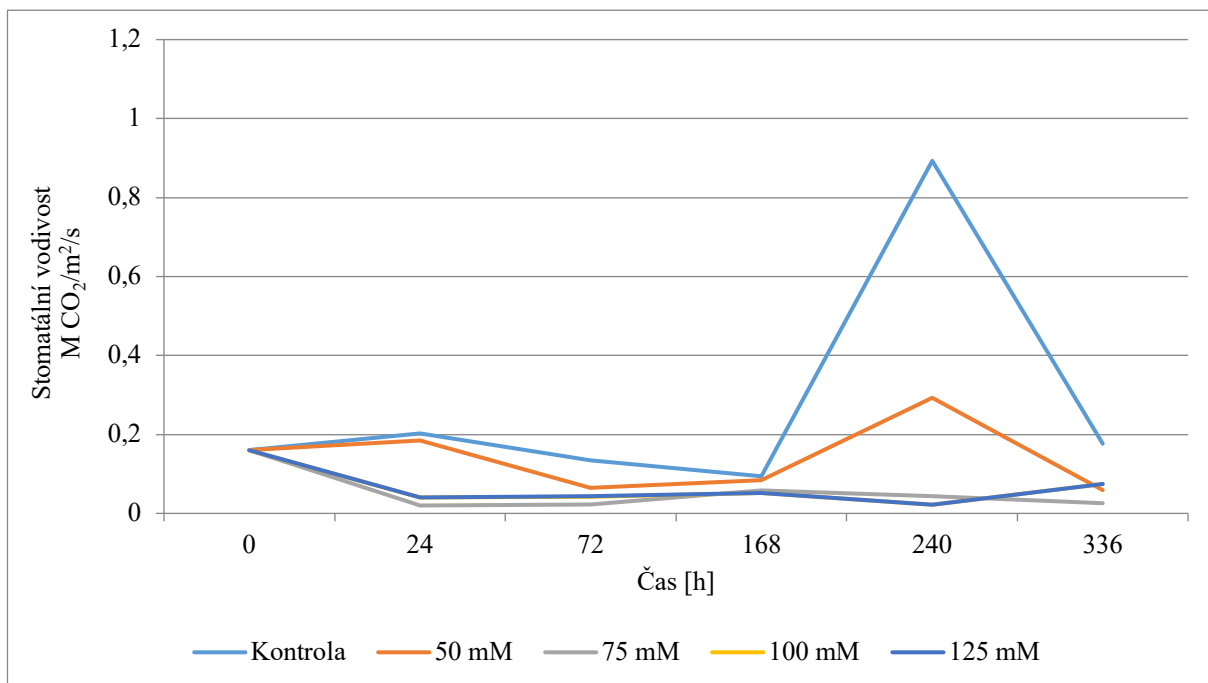
Graf 7 Změny hodnot stomatální vodivosti u druhu *Valerianella locusta* [M CO₂/m²/s] v závislosti na koncentraci NaCl a čase.

U rostlin salátu byly sledovány změny hodnot stomatální vodivosti, jak dokládá graf 8, ze kterého vyplývá, že naměřené hodnoty u kontrolní varianty a stresované varianty mají velmi podobný průběh. Nejvyšší hodnota byla u těchto variant zaznamenána po 240 h (0,453 M CO₂/m²/s), poté následoval výrazný pokles, u kontrolní varianty byla naměřena hodnota stomatální vodivosti po 336 hodinách 0,097 M CO₂/m²/s a u varianty 50 mM NaCl 0,047 M CO₂/m²/s. Z grafu 8 dále vyplývá, že obdobný trend měly stresované varianty 75 mM NaCl, 100 mM NaCl a 125 mM NaCl. U těchto variant se od založení pokusu (0,16 M CO₂/m²/s) hodnota stomatální vodivosti snížila na 0,04 M CO₂/m²/s (24 h). Po 168 hodinách byl zaznamenán na opak nárůst hodnot stomatální vodivosti (0,036 M CO₂/m²/s), který byl po 240 h vystřídán opětovným poklesem na 0,01 M CO₂/m²/s.



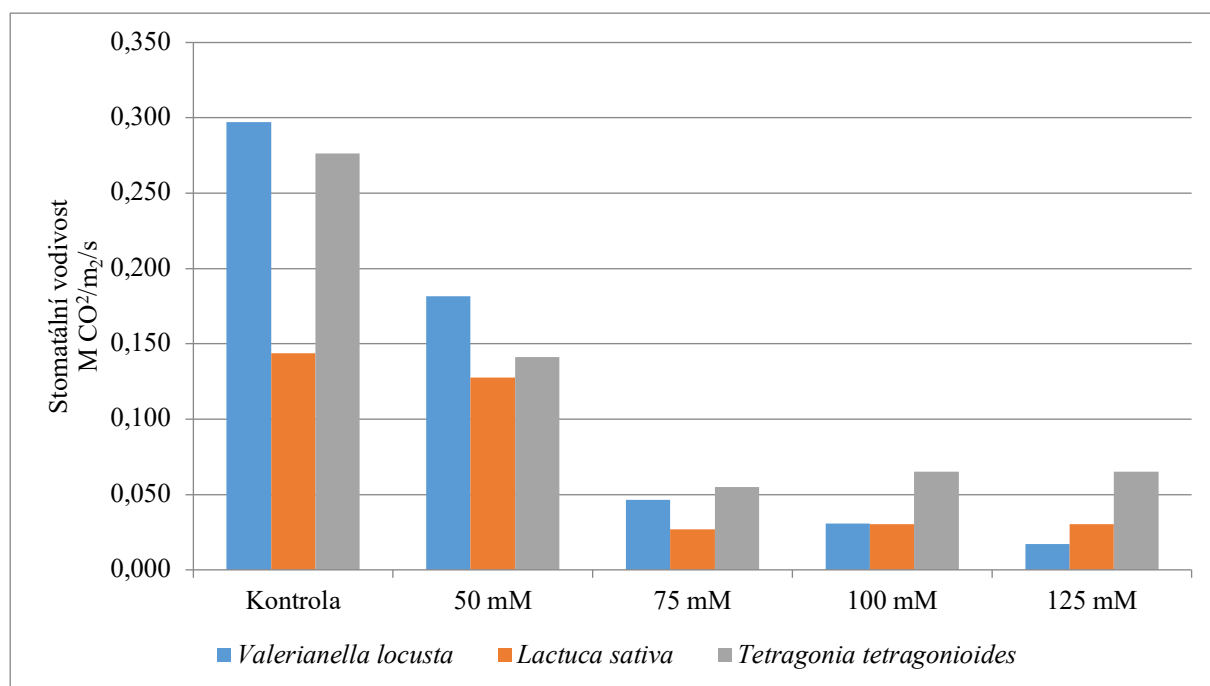
Graf 8 Změny hodnot stomatální vodivosti *Lactuca sativa* [M CO₂/m²/s] v závislosti na koncentraci NaCl a čase.

Graf 9 znázorňuje změny hodnot stomatální vodivosti u rostlin čtyřboče stresovaných zasolením. Z něho je patrné, že maximální hodnoty dosáhla kontrolní varianta po 240 h (0,893 M CO₂/m²/s). Naopak nejnižší hodnoty vykazuje kontrolní varianta v termínu 168 h (0,094 M CO₂/m²/s). Obdobný trend změn hodnot stomatální vodivosti v porovnání s kontrolou vykazují rostliny z varianty 50 mM NaCl. U této varianty byla stomatální vodivost v intervalu hodnot (0,059 M CO₂/m²/s) až (0,293 M CO₂/m²/s). Se zvyšující se koncentrací soli docházelo k postupnému poklesu hodnot stomatální vodivosti u zbývajících variant pokusu. V rámci těchto variant byla nejnižší hodnota otevřenosti průduchů stanovena 0,022 M CO₂/m²/s (240 h). Na straně druhé nejvyšší hodnota vodivosti byla ve výši 0,075 M CO₂/m²/s (336 h).



Graf 9 Změny hodnot stomatální vodivosti *Tetragonia tetragonioides* [M CO₂/m²/s] v závislosti na koncentraci NaCl a čase.

Graf 10 demonstuje vliv varianty v rámci sledovaných rostlin na hodnoty stomatální vodivosti. Z grafu vyplývá, že nejvýraznější rozdíl mezi varianty vykazují rostliny polníčku, kdy rozdíl mezi kontrolní variantou a variantou stresovanou 125 mM NaCl činil 94 %. Rozdíl u rostlin čtyřboče v rámci těchto variant byl 74 % a u rostlin salátu 73 %. Z výsledků je patrné, že nejcitlivěji reagovaly rostliny polníčku a nejméně citlivě reagovaly rostliny salátu.

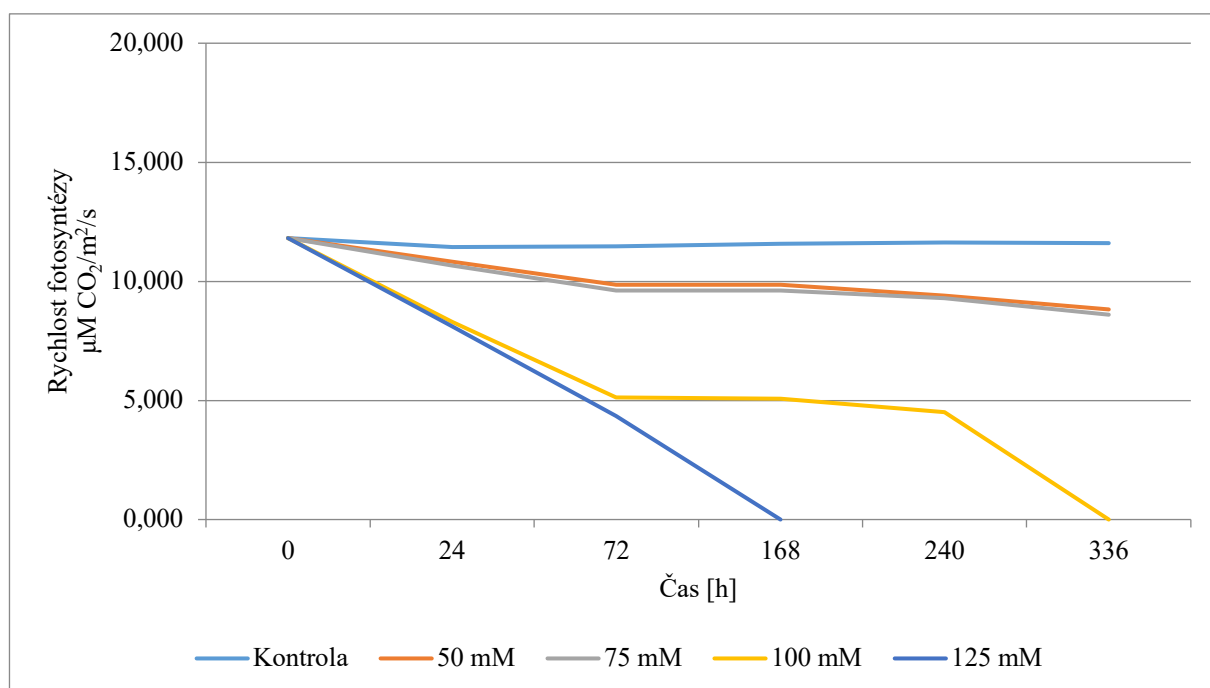


Graf 10 Rozdíly stomatální vodivosti v závislosti na rostlinném druhu a koncentraci NaCl [M CO₂/m²/s].

5.3 Rychlost fotosyntézy

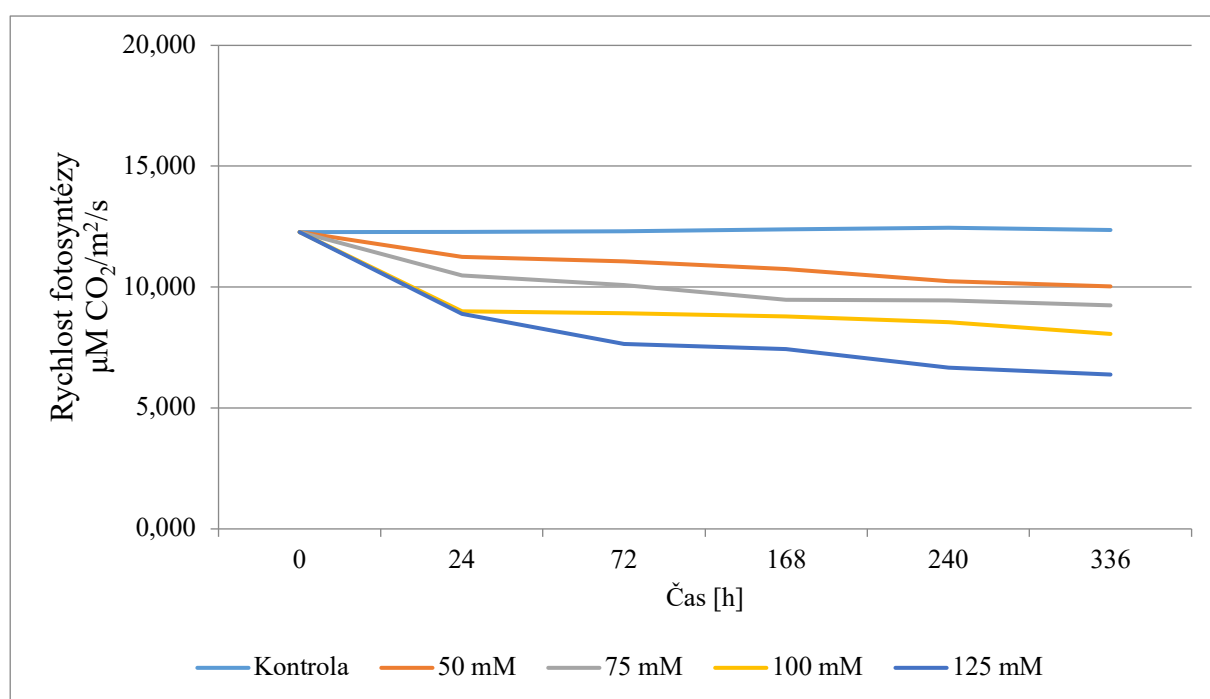
Graf 11 znázorňuje rychlost fotosyntézy polníčku. Je patrné, že polníček citlivě reagoval na zvýšenou koncentraci soli v prostředí, neboť u nejvyšších koncentrací bylo zaznamenáno odumření rostlin.

U rostlin z kontrolních podmínek byla nejvyšší fotosyntéza stanovena v den založení pokusu ($11,817 \mu\text{M CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$) a naopak nejnižší po 24 h od jeho založení ($11,441 \mu\text{M CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$). Toto snížení bylo vystřídáno zvýšením rychlosti fotosyntézy na hodnotu $11,623 \mu\text{M CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$ v termínu 240 h. U rostlin rostoucích v koncentraci soli 50 mM se fotosyntézy postupně snižovala z počáteční hodnoty ($11,817 \mu\text{M CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$) na konečnou hodnotu ($8,822 \mu\text{M CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$). Podobný trend byl zaznamenán u rostlin rostoucích v prostředí s 75 mM NaCl, jak dokumentuje graf 11. Z něho je patrný pokles fotosyntézy od dne založení ($11,817 \mu\text{M CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$) až do měření, které se uskutečnilo po 336 h ($8,601 \mu\text{M CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$).



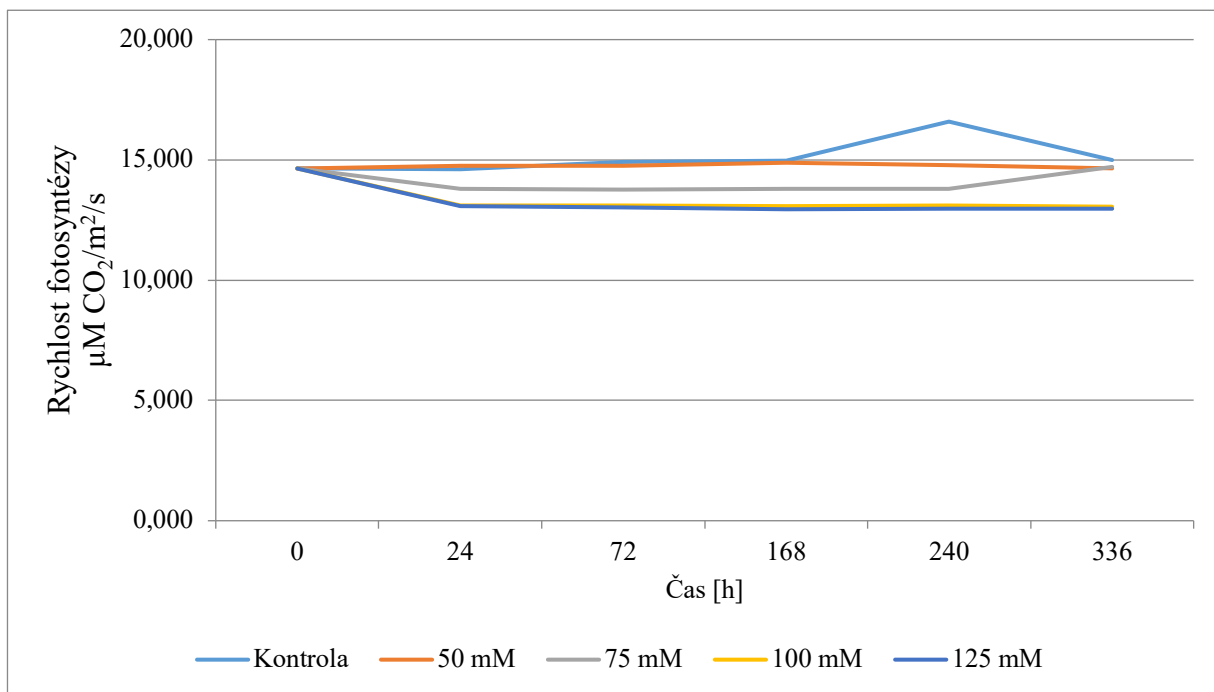
Graf 11 Rychlost fotosyntézy u druhu *Valerianella locusta* [$\mu\text{M CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$] v závislosti na koncentraci NaCl a čase.

Graf 12 popisuje změny rychlosti fotosyntézy salátu v závislosti na koncentraci NaCl a čase. Je patrné, že v případě kontrolních rostlin je rychlost fotosyntézy vyrovnaná a pohybuje se v rozpětí hodnot 12,277 $\mu\text{M CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$ (0 h) až 12,457 $\mu\text{M CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$ (240 h). U varianty 50 mM NaCl byl zaznamenán pokles fotosyntézy po 24 h (11,264 $\mu\text{M CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$), snížení o 18 % v porovnání s počátkem pokusu. Shodně reagovaly také rostliny z varianty 75 mM NaCl, přičemž u těchto rostlin byl pokles rychlosti fotosyntézy mezi počátkem a koncem pokusu 25 % ($\mu\text{M CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$). U stresovaných variant 100 mM NaCl a 125 mM NaCl byl také naměřen pokles fotosyntézy po 24 h, který činil 27 %. U varianty 100 mM NaCl rychlost fotosyntézy klesala pozvolna až na konečnou hodnotu naměřenou po 336 h - 8,065 $\mu\text{M CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$.



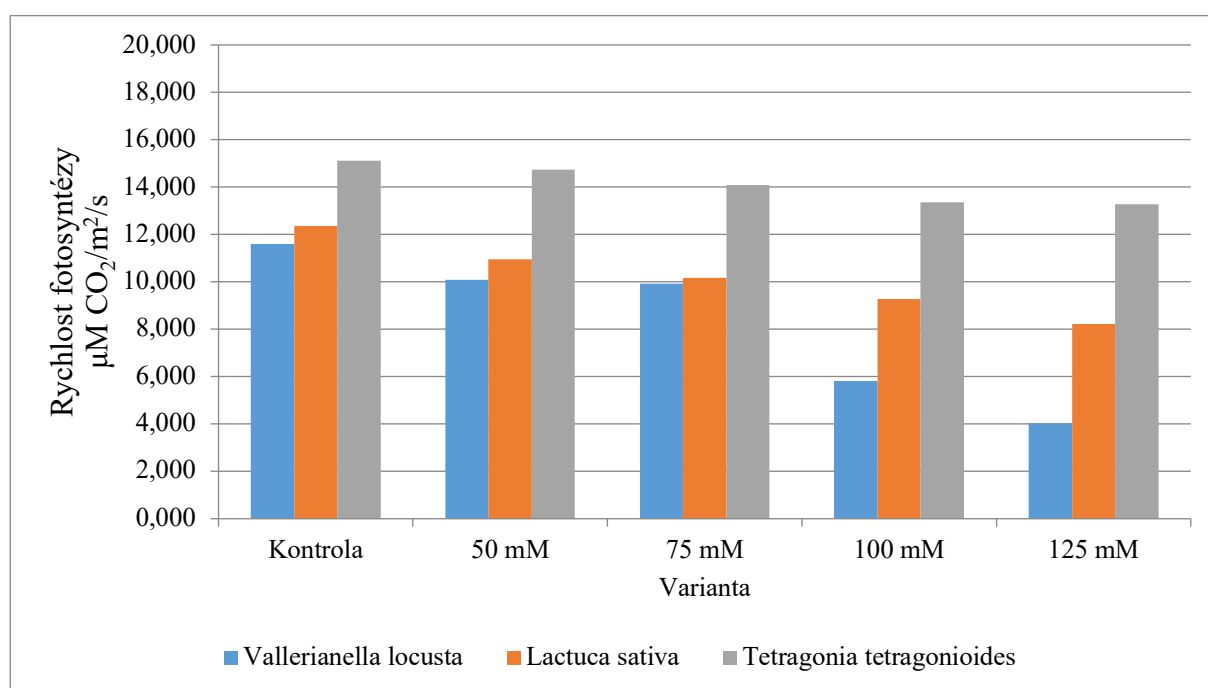
Graf 12 Rychlost fotosyntézy u druhu *Lactuca sativa* [$\mu\text{M CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$] v závislosti na koncentraci NaCl a čase.

Graf 14 dokládá hodnoty rychlosti fotosyntézy čtyřboče. Z grafu je patrné, že stabilní změny hodnot fotosyntézy měla stresovaná varianta 50 mM NaCl. Od dne založení pokusu (14,641 $\mu\text{M CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$) do 168 h se rychlost fotosyntézy zvyšovala až na maximum (14,882 $\mu\text{M CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$). Tento nárůst byl vystřídán poklesem rychlosti fotosyntézy na hodnotu 14,643 $\mu\text{M CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$ naměřenou poslední den. U kontrolní varianty byly naměřeny nejnižší hodnoty fotosyntézy po 24 h (14,611 $\mu\text{M CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$) a naopak nejvyšší fotosyntéza byla po 240 h (16,591 $\mu\text{M CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$). U variant stresovaných 100 mM NaCl a 125 mM NaCl byl po 24 h zaznamenán shodný pokles o 11 %. U varianty 100 mM NaCl byla nejnižší fotosyntéza naměřena při posledním odběru (13,055 $\mu\text{M CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$). U varianty stresované 125 mM NaCl byla zaznamenána nejnižší hodnota po 168 h (12,947 $\mu\text{M CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$).



Graf 13 Rychlost fotosyntézy u druhu *Tetragonia tetragonioides* [$\mu\text{M CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$] v závislosti na koncentraci NaCl a čase.

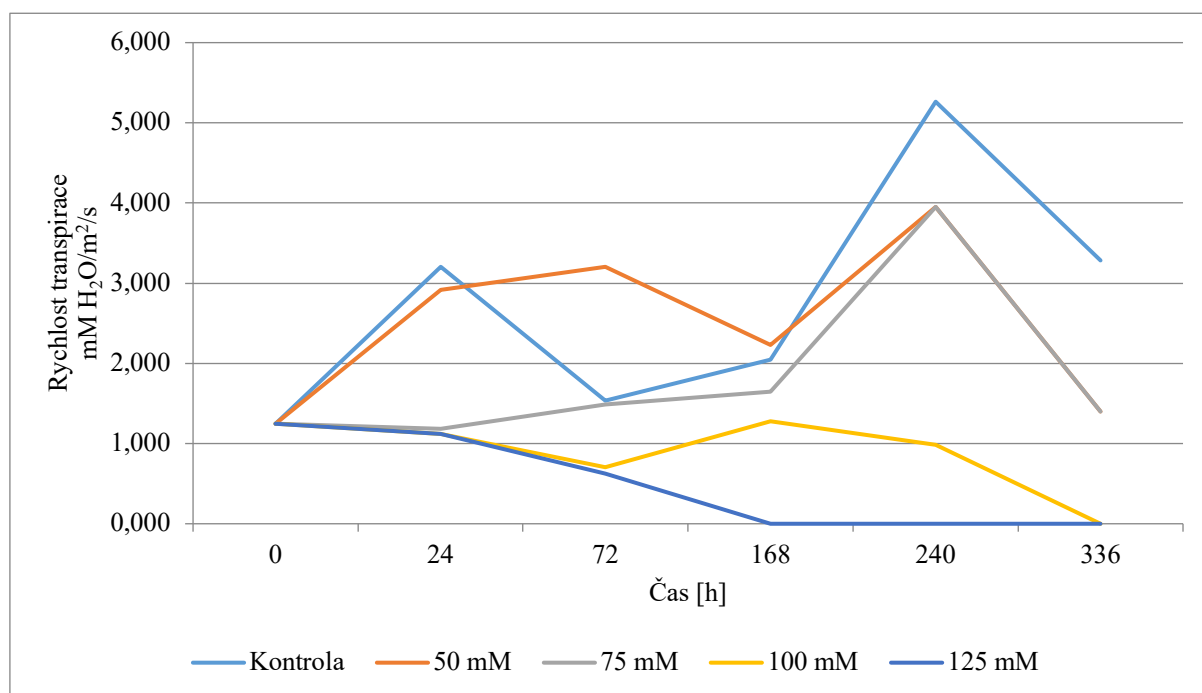
Graf 14 shrnuje vliv druhu rostliny a varianty pokusu na rychlost fotosyntézy. Z tohoto grafu vyplývá, že shodně se stomatální vodivostí byl nejvýraznější pokles rychlosti fotosyntézy u rostlin polníčku, který vykazoval snížení rychlosti fotosyntézy v porovnání kontrolní varianty a varianty stresované 125 mM NaCl o 65 %. U rostlin salátu byl pokles rychlosti fotosyntézy o 48 %. U rostlin čtyřboče byl tento pokles 14 %. Z grafu 14 tedy vyplývá, že na zasolení nejcitlivěji reagovaly rostliny polníčku a jako tolerantní se jeví rostliny čtyřboče.



Graf 14 Rozdíly v rychlosti fotosyntézy v závislosti na rostlinném druhu a koncentraci NaCl [$\mu\text{M CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$].

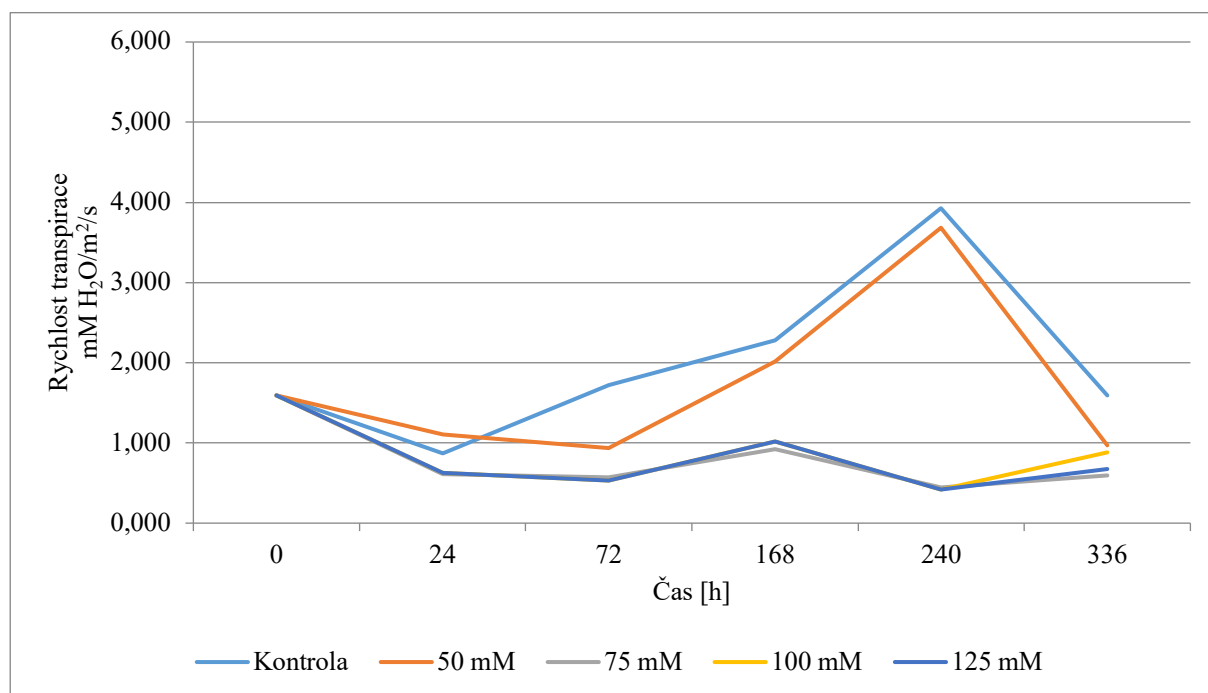
5.4 Rychlost transpirace

Graf 15 dokládá změny rychlosti transpirace u rostlin polníčku v závislosti na koncentraci NaCl a délce působení stresoru. Z grafu 15 je patrné, že nejcitlivěji reagovaly rostliny stresované koncentracemi 100 mM NaCl a 125 mM NaCl, kdy v průběhu pokusu bylo zaznamenáno odumření rostlin. U kontrolní varianty byla nejvyšší hodnota transpirace stanovena 240 h od založení pokusu (5,263 mM \cdot H₂O/m²/s). Nejnižší hodnota byla zaznamenána v den založení pokusu (1,247 mM H₂O/m²/s). U varianty 50 mM NaCl během 72 h byl zaznamenán nárůst rychlosti transpirace na hodnotu 3,208 mM H₂O/m²/s. Toto zvýšení vystřídal pokles rychlosti transpirace naměřený po 168 h (0,936 mM H₂O/m²/s). Po 240 h od založení pokusu rychlost transpirace dosáhla svého maxima (3,951 mM H₂O/m²/s), tento nárůst vystřídal pokles o 65 %. U varianty 75 mM NaCl po 24 h nastal pokles rychlosti transpirace (1,184 mM H₂O/m²/s), kterou vystřídal lineární nárůst hodnot až do 4. odběru (1,648 mM H₂O/m²/s). Maximální hodnota byla naměřena po 240 h (3,951 mM H₂O/m²/s) naproti tomu nejnižší hodnota byla zaznamenána po 24 h (1,184 mM H₂O/m²/s).



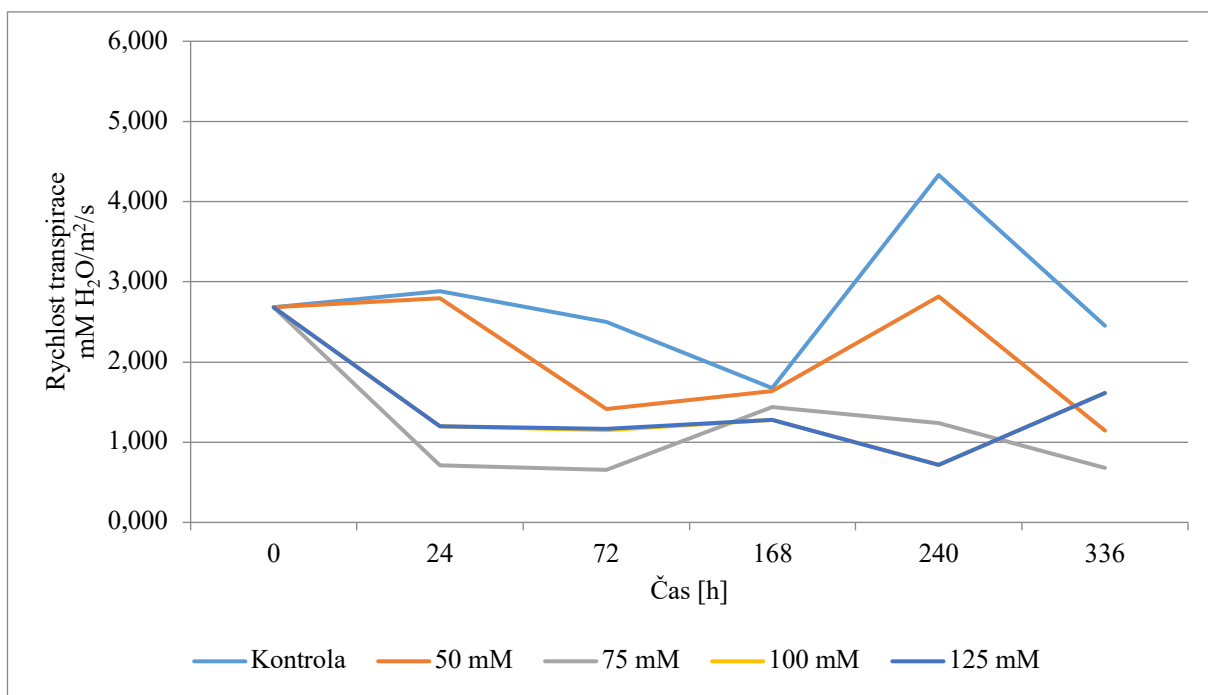
Graf 15 Rychlost transpirace u rostlin *Valerianella locusta* [mM H₂O/m²/s] v závislosti na koncentraci NaCl a čase.

Graf 16 popisuje změny rychlosti transpirace u rostlin salátu v závislosti na koncentracích NaCl. V případě kontrolní varianty, u které byla naměřena nejnižší hodnota transpirace po 24 h (0,87 mM H₂O/m²/s), kdežto na jeho začátku byla transpirace ve výši 1,593 mM H₂O/m²/s. Maximální hodnota transpirace byla zjištěna po 240 h (3,927 mM H₂O/m²/s). Tento nárůst vystřídal 59% pokles. U varianty 50 mM NaCl byl zaznamenán lineární pokles transpirace po dobu 72 h až na nejnižší naměřenou hodnotu (0,936 mM H₂O/m²/s). Tento pokles vystřídal její výrazný nárůst až na hodnotu 3,684 mM H₂O/m²/s, který byl opět vystřídán poklesem v důsledku uzavření průduchů. Změny rychlosti transpirace u ostatních variant byly shodné až do 240 hodin od zahájení pokusu. Po 72 h byla u všech variant zaznamenána nejnižší transpirace v rámci sledovaného časového údobí (0,535 mM H₂O/m²/s). Navýšení hodnot transpirace bylo poté zaznamenáno po 168 hodinách, kdy naměřený intravál činil 0,921 mM H₂O/m²/s (75 mM NaCl) až 1,018 mM H₂O/m²/s u variant 100 a 125 mM NaCl.



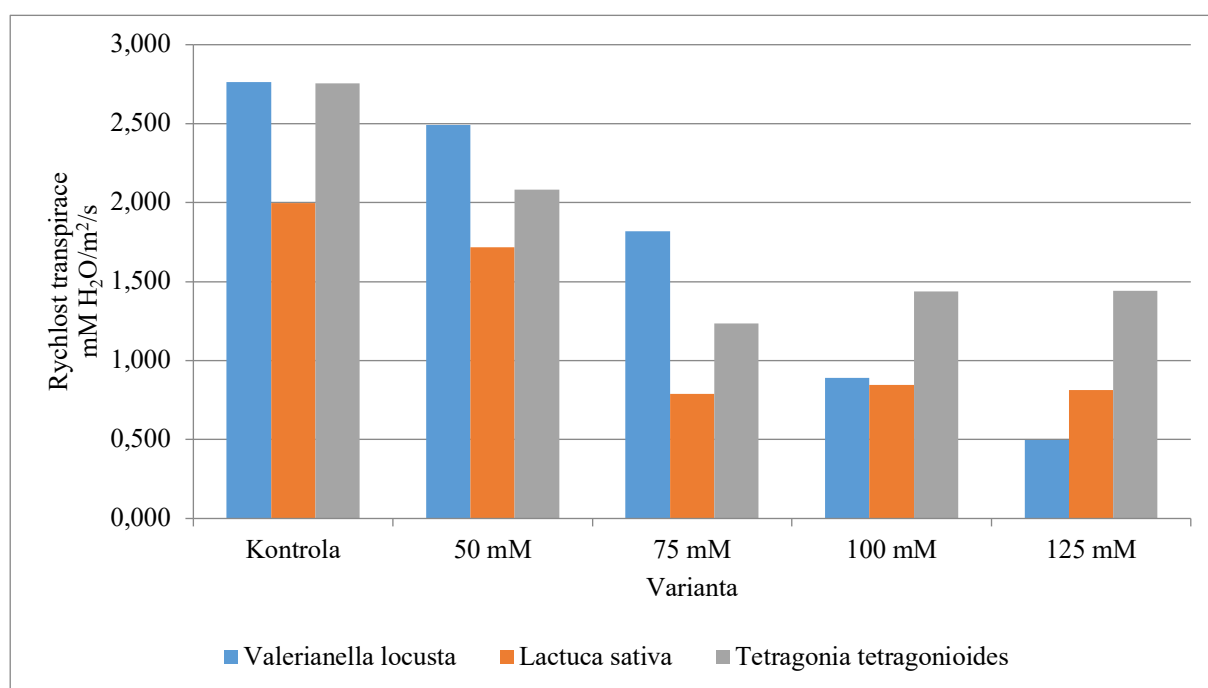
Graf 16 Rychlost transpirace u rostlin *Lactuca sativa* [mM H₂O/m²/s] v závislosti na koncentraci NaCl a čase.

Z grafu 17 jsou uvedeny změny transpirace v závislosti na koncentraci soli a délce působení stresoru na rostliny čtyřboče. Z naměřených hodnot vyplývá shodný průběh u variant 100 mM NaCl a 125 mM NaCl po celou dobu měření. Po 24 h od začátku měření (2,681 mM H₂O/m²/s) se rychlost transpirace u těchto variant snížila o 55 %. Po 240 hodinách působení stresoru byly zjištěna nejnižší hodnota transpirace ze všech měření (0,717 mM H₂O/m²/s). Varianta 75 mM NaCl měla nejvýraznější pokles rychlosti transpirace o 73 % v 2. termínu měření. Po 168 hodinách rychlost transpirace u této varianty dosáhla svého maxima (1,434 mM H₂O/m²/s), poté až do konce měření transpirace postupně klesala až na hodnotu 0,677 mM H₂O/m²/s. Varianta 50 mM NaCl dosáhla maximální transpirace po 240 h od založení pokusu (2,817 mM H₂O/m²/s) a naopak nejnižší transpirace byla zaznamenána po 336 h (1,145 mM H₂O/m²/s). Kontrolní varianta dosáhla minimální hodnoty rychlosti transpirace po 168 h (1,675 mM H₂O/m²/s) a na straně druhé maximální transpirace činila 4,332 mM H₂O/m²/s (240 h).



Graf 17 Rychlost transpirace u rostlin *Tetragonia tetragonoides* [mM H₂O/m²/s] v závislosti na koncentraci NaCl a čase.

Graf 18 shrnuje vliv rostliny a varianty pokusu na rychlost transpirace. Z tohoto grafu vyplývá, že shodně se stomatální vodivostí a fotosyntézou byl nejvýraznější pokles rychlosti transpirace u rostlin polníčku, který vykazoval snížení rychlosti transpirace v porovnání kontrolní varianty a varianty stresované 125 mM NaCl, o 82 %. U rostlin salátu byl pokles rychlosti transpirace o 60 %. U rostlin čtyřboče tento pokles byl 48 %. Z grafu 18 je patrné, že na zasolení nejcitlivěji reagovaly rostliny polníčku a jako tolerantní se jeví rostliny čtyřboče.



Graf 18 Rozdíly v rychlosti transpirace v závislosti na rostlinném druhu a koncentraci NaCl [mM H₂O/m²/s].

6 Diskuse

V pokusu byly pěstovány vybrané druhy listové zeleniny: *Valerianella locusta*, *Lactuca sativa* a *Tetragonia tetragonioides*. U uvedených druhů byl sledován vliv salinity na obsah fotosynteticky aktivních pigmentů, stomatální vodivost, rychlost fotosyntézy a transpirace.

6.1 Fotosynteticky aktivní pigmenty

Z uvedených výsledků obsahu karotenoidů vyplývá, že salinita neměla v průběhu měření na obsah karotenoidů v listové zelenině výrazný vliv. V porovnání s kontrolními variantami obsahovaly stresované varianty méně karotenoidů. Sarker a Oba (2018) sledovali obsah fotosynteticky aktivních pigmentů u druhu *Amaranthus tricolor* a uvádí, že se s vyšší koncentrací NaCl obsah karotenoidů zvyšoval. Uvedený závěr nebyl u juvenilních rostlin zelenin potvrzen, neboť se zvyšující se koncentrací soli se obsah karotenoidů snižoval. Patrně je to způsobené tím, že se jednalo o juvenilní rostliny.

Shodné závěry potvrzují i Leiva-Ampurero et al. (2020), kteří sledovali obsah karotenoidů v plodech rajčat rostoucích v zasolené půdě. Měřili obsah karotenoidů v nezralých rajčetech a zjistili, že se se zvyšující koncentrací NaCl zvyšuje i obsah karotenoidů v nezralých rajčetech. Tento trend se potvrdil až do koncentrace 120 mM NaCl, u koncentrace 160 mM NaCl se obsah karotenoidů snížil oproti variantě 120 mM NaCl. Měření u zralých plodů rajčat ukázalo, že se s vyšší koncentrací NaCl v půdě zvyšuje i obsah karotenoidů ve zralých plodech. S výjimkou koncentrace 80 mM NaCl, která vykazovala nižší hodnoty než kontrolní varianta.

Naproti tomu Al-Huqail et al. (2020) sledovali účinek vodního stresu na obsah karotenoidů u bazalky. U varianty stresované suchem byl zaznamenán výrazný pokles obsahu karotenoidů v listech. Obdobné výsledky potvrzují také Behzadi Rad et al. (2021), kteří sledovali vliv zasolení na obsah karotenoidů v listech u 3 různých odrůd podnoží u pistácie. Zjistili, že se bez ohledu na odrůdu se s vyšší koncentrací NaCl v prostředí obsah karotenoidů v listech snižuje. Obdobný trend byl zaznamenán v případě zasolení u juvenilních rostlin listové zeleniny. Shodně byly potvrzeny závěry Saker a Oba (2018).

Lim et al. (2012) sledovali důsledky salinity na pohankové klíčky. Zjistili, že pohankové klíčky pěstované v koncentracích 50 mM NaCl a 100 mM NaCl obsahovaly dvakrát více karotenoidů a nutričních látek než klíčky pěstované v kontrolních podmínkách.

U vybraných druhů zelenin dochází ke změnám v obsahu chlorofylů, kdy celkový obsah chlorofylu se snižuje v závislosti na koncentraci. Uvedené výsledky potvrzují ve své práci

např. Spyropoulos a Mavrommatis (1978), kteří sledovali obsah pigmentů v listech dubu. Během sledování změn celkového obsahu chlorofylů bylo zjištěno, že u rostlin čtyřboče dochází během působení stresu, k postupnému snižování obsahu chlorofylů. Shodné výsledky uvádějí i Ashraf et al. (2000), kteří sledovali vliv salinity na různé genotypy rýže a zjistili, že je rýže velmi citlivá na zasolení.

Dle výsledků Giordano et al. (2021) vlivem tepelného stresu, sucha a stresu ze zasolení na různé druhy zeleniny, dochází u rýže se ke zvýšení obsahu chlorofylů v listech. Tento závěr nebyl potvrzen u vybraného sortimentu zelenin, kdy naopak byl zaznamenán pokles chlorofylů. Naproti tomu v listech perilly se obsah chlorofylů v listech se zvyšující se koncentrací soli zvyšoval. Obdobné výsledky potvrzují i Šamec a kol (2021), kteří sledovali vliv salinity na obsah chlorofylu na modelových rostlinách čínského zelí, bílého zelí a kapustě. Z jejich výsledků vyplývá rozdílná mezidruhová reakce rostlin na zasolení, kdy se u rostlin kapusty obsah chlorofylů vlivem salinity zvyšoval a na straně druhé u rostlin bílého a čínského zelí naopak snižoval.

Chourasia et al. (2022) sledovali vliv salinity na obsah chlorofylu u kořenové zeleniny, kdy zjistili snížení obsahu chlorofylu v listech u kořenové zeleniny. Mezidruhové rozdíly v obsahu chlorofylů byly zjištěny také u sledovaných druhů zelenin.

6.2 Stomatální vodivost

V rámci pokusu nebyly zjištěny rozdíly hodnot stomatální vodivosti u kontrolních rostlin. Obecně bylo zaznamenáno snížení hodnot stomatální vodivosti u rostlin stresovaných koncentracemi 75–125 mMol. Tento trend byl potvrzen u všech pokusných rostlin. Snížení hodnoty stomatální vodivosti uvádí i Osakabe et al. (2014), kteří sledovali vliv vodního deficitu na hodnoty stomatální vodivosti.

Vliv salinity na stomatální vodivost sledovali také Lotfi et al. (2020), u klíčků fazole Mungo, kteří uvedený závěr potvrzují. Získané výsledky a závěry se též shodují s prací Hassan (2004), který sledoval vliv salinity a znečištění ozonem na stomatální vodivost u pšenice. Dle uvedeného autora salinita snižuje rychlost stomatální vodivosti. Obdobné konstatování potvrzují také Nemeskéri a Helyes (2019), kteří sledovali vliv vodního deficitu na rostliny zeleného hrášku a rajčete a Maksimović et al. (2010), kteří sledovali vliv salinity na rostlinách hrachu. Oproti tomu Hirich et al. (2014) sledovali vliv salinity na rostliny cizrny a quinoy, kdy zjistili mezidruhový rozdíl v reakci na zasolení. Uvedený závěr je v souladu se

získanými výsledky, kdy jako citlivý na zasolení se jeví polníček a naopak jako tolerantní čtyřboč a hlávkový salát.

6.3 Rychlost výměny plynů

Jonet et al. (1990) uvádí, že rychlost fotosyntézy po zatížení stresem klesá, shodný závěr byl získán i v porovnání vlivu zasolení na sledované druhy zelenin.

Bláha et al. (2016) konstatují, že při porovnání vlivu sucha na rostliny dochází ke snížení otevřenosti průduchu čímž je ovlivněna intenzita dýchání, fotosyntézy. I toto konstatování bylo potvrzeno získanými výsledky. Z práce Kočové et al. (2009) je patrné, že intenzita fotosyntézy je úměrná transpiraci. Mezi fotosyntézou a transpirací nebyla zjištěna přímá úměra poklesu hodnot, přesto lze konstatovat, že oba tyto parametry jsou stresem ovlivněny. Naproti tomu Neocleous et al. (2018), sledovali vliv salinity na rostliny baby salátu a uvádí, že se se zvýšením koncentrace soli snižuje rychlost fotosyntézy. Uvedený trend byl zjištěn také u sledovaných druhů listové zeleniny.

Yousis et al. (2010) porovnávali rozdíl v toleranci salinity u čtyřboče a povíjnice vodní. Z jejich výsledků vyplývá, že čtyřboč je halofytní rostlina, neboť ve vyšších koncentracích NaCl rostliny rychleji rostly na rozdíl od rostlin povíjnice. Zároveň se však snižovala rychlost výměny plynů u obou druhů.

Eisa et al. (2012) sledovali vliv salinity na quinou. Z jejich výsledků vyplývá, že rychlost výměny plynů u quinoy se s vyšší koncentrací NaCl snižuje. Shodné výsledky Hussin et al. (2013), kteří sledovali vliv zasolení na *Atriplex nummularia* (L.).

Z výsledků pokusu je patrné, že salinita snižuje rychlost transpirace u všech sledovaných druhů ve všech stresovaných variantách. To dokládá i Jabeen et al. (2008), kteří sledovali vodní deficit u kukuřice. Snížení transpirace v rámci vodního deficitu uvádí také Shan (2006). Získané výsledky jsou v souladu s těmito pracemi, neboť stres zasolením sekundárně způsobuje vodní deficit. Obdobně byly potvrzeny výsledky Neocleous et al. (2018), kteří sledovali vliv salinity na rostliny baby salátu.

7 Závěr

Cílem této práce bylo zjistit, jaký vliv má zasolení na vybrané druhy listové zeleniny, byly vybrány druhy *Valerianella locusta*, *Lactuca sativa* a *Tetragonia tetragonoides*. Z výsledků vyplývají následující závěry:

- Pro rostliny druhu *Valerianella locusta* jsou toxické zvýšené koncentrace NaCl, především 100 a 125 mM NaCl.
- Solný stres způsobuje změny v obsahu celkových chlorofylů, kdy nejnižší obsah chlorofylů vykazují rostliny polníčku z varianty 100 mM NaCl (4,770 nM/cm²), naměřené po 240 h, a naopak nejvyšší obsah chlorofylů vykazují rostliny čtyřboče v případě varianty 50 mM NaCl 24 h (12,807 nM/cm²).
- Nejvyšší obsah karotenoidů vykazoval čtyřboč v případě varianty 100 mM NaCl a 24 h od založení pokusu (2,835 nM/cm²). Na druhé straně nejnižší obsah karotenoidů vykazovaly rostliny polníčku v případě varianty 100 mM NaCl, 240 h (0,940 nM/cm²).
- Nejvyšší obsah pigmentů měl čtyřboč (14,972 nM/cm²). Naopak nejnižší obsah pigmentů kozlíček (10,298 nM/cm²).
- Druhy *Lactuca sativa* a *Tetragonia tetragonoides* lze zařadit do skupiny rostlin, které jsou tolerantní k zasolení.
- Naopak druh *Valerianella locusta* lze zařadit do skupiny rostlin citlivých k zasolení.
- Solný stres způsobuje snížení rychlosti fotosyntézy, kdy nejnižší rychlost vykazoval polníček v případě varianty 125 mM NaCl (4,045 μM CO₂/m²/s). Na straně druhé nejvyšší hodnoty vykazoval čtyřboč v případě varianty 50 mM NaCl (14,745 μM CO₂/m²/s).
- V případě rychlosti transpirace u polníčku byly nejnižší hodnoty zaznamenány u varianty 125 mM NaCl (0,499 mM H₂O/m²/s).
- U rostlin salátu a čtyřboče byla rychlost transpirace nejnižší u varianty 75 mM NaCl (0,788 mM H₂O/m²/s) v případě rostlin salátu a (1,233 mM H₂O/m²/s) v případě rostlin čtyřboče.
- Nejnižší hodnoty stomatální vodivosti vykazovaly rostliny polníčku u varianty 125 mM NaCl (0,017 M CO₂/m²/s).
- U rostlin salátu a čtyřboče, jako v případě rychlosti transpirace, byly zaznamenány nejnižší hodnoty u koncentrace 75 mM NaCl, v případě salátu byla tato hodnota 0,027 M CO₂/m²/s a v případě čtyřboče tato hodnota byla 0,055 M CO₂/m²/s.

- Byla potvrzena hypotéza o existenci rozdílů v měřených fyziologických charakteristikách v závislosti na koncentraci soli a délce jejího působení.
- Byly potvrzeny mezidruhové rozdíly v reakci rostlin na salinitu.

8 Literatura

Ashraf, M., & Harris, P. (Ed.). (2005). *Abiotic stresses: plant resistance through breeding and molecular approaches*. CRC press.

Ashraf, M. Y., & Bhatti, A. S. (2000). Effect of salinity on growth and chlorophyll content in rice. *Biological Sciences-PJSIR*, 43(2), 130-131.

Beek, K. J., Blokhuis, W. A., Driessen, P. M., Breemen, N. V., Brinkman, R., & Pons, L. J. (1980). Problem soils: their reclamation and management. *Land reclamation and water management. Developments, problems and challenges*, 9-72.

Borghesi, E., González-Miret, M. L., Escudero-Gilete, M. L., Malorgio, F., Heredia, F. J., & Meléndez-Martínez, A. J. (2011). Effects of salinity stress on carotenoids, anthocyanins, and color of diverse tomato genotypes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(21), 11676-11682.

Bláha, L., & Středa, T. (2016). Plant Integrity—the important factor of adaptability to stress conditions. In *Abiotic and Biotic Stress in Plants-Recent Advances and Future Perspectives*. IntechOpen.

Bláha, L., Kohout, L., Hnilicka, F., Gottwaldová, P., Kadlec, P., & Jankovská, P. (2005). The effect of environmental factors on the traits of seeds. *Scientia Agriculturae Bohemica (Czech Republic)*.

Chourasia, K. N., More, S. J., Kumar, A., Kumar, D., Singh, B., Bhardwaj, V., ... & Lal, M. K. (2022). Salinity responses and tolerance mechanisms in underground vegetable crops: An integrative review. *Planta*, 255(3), 1-25.

Čermák, J., Deml, M., & Penka, M. (1973). A new method of sap flow rate determination in trees. *Biologia plantarum*, 15(3), 171-178.

Danihelka, J., & Šmarda, P. (2001). *Triglochin maritima* na Slanisku u Nesytu. *Zprávy České botanické společnosti*, (1).

Di Mola, I., Cozzolino, E., Ottaiano, L., Nocerino, S., Rouphael, Y., Colla, G., ... & Mori, M. (2020). Nitrogen use and uptake efficiency and crop performance of baby spinach (*Spinacia oleracea* L.) and Lamb's Lettuce (*Valerianella locusta* L.) grown under variable sub-optimal N regimes combined with plant-based biostimulant application. *Agronomy*, 10(2), 278.

Eisa, S., Hussin, S., Geissler, N., & Koyro, H. W. (2012). Effect of NaCl salinity on water relations, photosynthesis and chemical composition of Quinoa ('*Chenopodium quinoa*' Willd.) as a potential cash crop halophyte. *Australian Journal of Crop Science*, 6(2), 357-368.

Giordano, M., Petropoulos, S. A., & Rouphael, Y. (2021). Response and defence mechanisms of vegetable crops against drought, heat and salinity stress. *Agriculture*, 11(5), 463.

Goodwin, S. M., & Jenks, M. A. (2005). Plant cuticle function as a barrier to water loss. *Plant abiotic stress*, 14-36.

Gopalakrishnan, T. R. (2007). *Vegetable crops* (No. 4). New india publishing. ISBN 81-89422-41-3

Mondal, S., Singh, R. P., Crossa, J., Huerta-Espino, J., Sharma, I., Chatrath, R., ... & Joshi, A. K. (2013). Earliness in wheat: a key to adaptation under terminal and continual high temperature stress in South Asia. *Field crops research*, 151, 19-26.

Hai-Jing, C., & He-Shan, S. (2006). Quantum secure direct communication with W state. *Chinese Physics Letters*, 23(2), 290.

Hassan, I. A. (2004). Interactive effects of salinity and ozone pollution on photosynthesis, stomatal conductance, growth, and assimilate partitioning of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Photosynthetica*, 42(1), 111-116.

Hernández, V., Botella, M. Á., Hellín, P., Cava, J., Fenoll, J., Mestre, T., ... & Flores, P. (2021). Phenolic and carotenoid profile of lamb's lettuce and improvement of the bioactive content by preharvest conditions. *Foods*, 10(1), 188.

Hirich, A., Jelloul, A., Choukr-Allah, R., & Jacobsen, S. E. (2014). Saline water irrigation of quinoa and chickpea: seedling rate, stomatal conductance and yield responses. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 200(5), 378-389.

Hussin, S., Geissler, N., & Koyro, H. W. (2013). Effect of NaCl salinity on *Atriplex nummularia* (L.) with special emphasis on carbon and nitrogen metabolism. *Acta Physiologiae Plantarum*, 35(4), 1025-1038.

Isayenkov, S. V., & Maathius, F. J. (2019) Plant salinity stress: many unanswered questions remain. *Frontiers in plant science*, 10, 80.

Jabeen, F., Shahbaz, M., & Ashraf, M. (2008). Discriminating some prospective cultivars of maize (*Zea mays* L.) for drought tolerance using gas exchange characteristics and proline contents as physiological markers. *Pak. J. Bot*, 40(6), 2329-2343.

Jones, H. P., Hole, D. G., & Zavaleta, E. S. (2012). Harnessing nature to help people adapt to climate change. *Nature Climate Change*, 2(7), 504-509.

Francisco-Ortega, J., Santiago-Valentín, E., Acevedo-Rodríguez, P., Lewis, C., Pipoly, J., Meerow, A. W., & Maunder, M. (2007). Seed plant genera endemic to the Caribbean Island biodiversity hotspot: a review and a molecular phylogenetic perspective. *The Botanical Review*, 73(3), 183-234.

Kočová, M., Holá, D., Wilhelmová, N., & Rothová, O. (2009). The influence of low-temperature on the photochemical activity of chloroplasts and activity of antioxidant enzymes in maize leaves. *Biologia Plantarum*, 53(3), 475-483.

Karel, K. (2010). *Zelenina ve výživě člověka*. Grada Publishing as. ISBN 978-80-247-2845-2.

Král, V. (Ed.). (1972). *Malý encyklopedický slovník: A-Ž*. Academia.s. 74. ISBN: 21-082-72

- Lim, J. H., Park, K. J., Kim, B. K., Jeong, J. W., & Kim, H. J. (2012). Effect of salinity stress on phenolic compounds and carotenoids in buckwheat (*Fagopyrum esculentum* M.) sprout. *Food chemistry*, 135(3), 1065-1070.
- Leiva-Ampuero, A., Agurto, M., Matus, J. T., Hoppe, G., Huidobro, C., Inostroza-Blancheteau, C., ... & Vega, A. (2020). Salinity impairs photosynthetic capacity and enhances carotenoid-related gene expression and biosynthesis in tomato (*Solanum lycopersicum* L. cv. Micro-Tom). *PeerJ*, 8, e9742.
- Lotfi, R., Ghassemi-Golezani, K., & Pessarakli, M. (2020). Salicylic acid regulates photosynthetic electron transfer and stomatal conductance of mung bean (*Vigna radiata* L.) under salinity stress. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 26, 101635.
- Maksimović, I., Putnik-Delić, M., Gani, I., Marić, J., & Ilin, Ž. (2010). Growth, ion composition, and stomatal conductance of peas exposed to salinity. *Open Life Sciences*, 5(5), 682-691.
- Mosa, K. A., Ismail, A., & Helmy, M. (2017). *Plant stress tolerance: an integrated omics approach*. Cham: Springer ISBN 978-3-319-59377-7.
- Mořková, K., Podlipná, R., Vaněk, T., & Kafka, Z. (2014). Halofytní rostliny a jejich možné využití ve fytořemediacích. *Chemické listy*, 108(6), 586-591.
- Negrão, S., Schmöckel, S. M., & Tester, M. (2017). Evaluating physiological responses of plants to salinity stress. *Annals of botany*, 119(1), 1-11.
- Nemeskéri, E., & Helyes, L. (2019). Physiological responses of selected vegetable crop species to water stress. *Agronomy*, 9(8), 447.
- Neocleous, D., Koukounaras, A., Siomos, A. S., & Vasilakakis, M. (2018). Changes in photosynthesis, yield, and quality of baby lettuce under salinity stress.
- Ors, S., Suarez, D. L. (2017). Spinach biomass yield and physiological response to interactive salinity and water stress. *Agricultural water management*, 190, 31-41.

Osakabe, Y., Osakabe, K., Shinozaki, K., & Tran, L. S. P. (2014). Response of plants to water stress. *Frontiers in plant science*, 5, 86.

Procházka, S. (1998). *Fyziologie rostlin*. Academia.

Prokinová, E. (2014). Abiotikózy rostlin: poruchy, poškození a poranění—Plant abioticosis: disorders, damage and injuries. *Plant Protection Science*, 50(2), 111.

Rajendran, K., Tester, M., & Roy, S. J. (2009). Quantifying the three main components of salinity tolerance in cereals. *Plant, cell & environment*, 32(3), 237-249.

Rosypal, S., *Přehled biologie*. Praha: Scientia 1994. ISBN 80-85827-32-8

Roy, S. J., Negrão, S., & Tester, M. (2014). Salt resistant crop plants. *Current opinion in Biotechnology*, 26, 115-124.

Sarker, U.; Oba, S. (2019). Salinity stress enhances color parameters, bioactive leaf pigments, vitamins, polyphenols, flavonoids and antioxidant activity in selected *Amaranthus* leafy vegetables. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99.5: 2275-2284.

Shannon, M. C., & Grieve, C. M. (1998). Tolerance of vegetable crops to salinity. *Scientia horticulturae*, 78(1-4), 5-38.

Skirycz, A., & Inzé, D. (2010). More from less: plant growth under limited water. *Current Opinion in Biotechnology*, 21(2), 197-203.

Stegelmeier, B. L., Edgar, J. A., Colegate, S. M., Gardner, D. R., Schoch, T. K., Coulombe, R. A., & Molyneux, R. J. (1999). Pyrrolizidine alkaloid plants, metabolism and toxicity. *Journal of natural toxins*, 8(1), 95-116.

Suchara, I. (1993): *Význam a funkce zeleně v tvorbě a ochraně životního prostředí*. Střední zahradnická škola Mělník

Spyropoulos, C. G., & Mavrommatis, M. (1978). Effect of water stress on pigment formation in *Quercus* species. *Journal of Experimental Botany*, 29(2), 473-477.

Šamec, D., Linić, I., & Salopek-Sondi, B. (2021). Salinity stress as an elicitor for phytochemicals and minerals accumulation in selected leafy vegetables of Brassicaceae. *Agronomy*, 11(2), 361.

Taiz, L., Zeiger, E., Møller, I. M., & Murphy, A. (2015). *Plant physiology and development* (No. Ed. 6). Sinauer Associates Incorporated.

Urlić, B., Dumičić, G., Romić, M., & Ban, S. G. (2017). The effect of N and NaCl on growth, yield, and nitrate content of salad rocket (*Eruca sativa* Mill.). *Journal of Plant Nutrition*, 40(18), 2611-2618.

Ward, J. C. (1990). *Environmental indicators for State of the Environment Reporting*. Information Paper-Centre for Resource Management, (21).

Xu, B., Li, F., Shan, L., Ma, Y., Ichizen, N., & Huang, J. (2006). Gas exchange, biomass partition, and water relationships of three grass seedlings under water stress. *Weed biology and management*, 6(2), 79-88.

Yousif, B. S., Nguyen, N. T., Fukuda, Y., Hakata, H., Okamoto, Y., Masaoka, Y., & Saneoka, H. (2010). Effect of salinity on growth, mineral composition, photosynthesis and water relations of two vegetable crops; New Zealand spinach (*Tetragonia tetragonioides*) and water spinach (*Ipomoea aquatica*). *International Journal of Agriculture and Biology*, 12(2), 211-216.

Xu, C., & Mou, B. (2015). Evaluation of lettuce genotypes for salinity tolerance. *HortScience*, 50(10), 1441-1446.

Zhu, J. K. (2001). Plant salt tolerance. *Trends in plant science*, 6(2), 66-71.

ARS Home: USDA ARS [online]. Copyright ©W [cit. 19.01.2022]. Dostupné z: https://www.ars.usda.gov/arsuserfiles/20360500/pdf_pubs/P1567.pdf

Biotický faktor | BioLib.cz [online]. [cit. 2021-12-02]. Dostupné z: <https://www.biolib.cz/cz/glossaryterm/id4189/>

KODÍČEK, M. auxiny. [online]. Dostupné z: Biochemické pojmy: výkladový slovník Praha: VŠCHT Praha, 2007 [cit. 2022-03-30].

Dostupné z www: <http://vydavatelstvi.vscht.cz/knihy/uid_es-002/ebook.html?p=auxiny>

Kozlíček polníček – VERTE DE CAMBRAI - 2 g | Dobrasemena.cz. Semena zeleniny, rostlin i květin a bylinek | Prodej semen online [online]. Copyright © 2012 [cit. 01.04.2022]. Dostupné z:

https://dobrasemena.cz/VERTE-DE-CAMBRAI-2-g-Kozlicek-polnicek_711311.htm

KYSELINA LISTOVÁ | P-LAB = Potřeby pro laboratoř, Chemikálie, Life Science, Nábytek. P-LAB = Potřeby pro laboratoř, Chemikálie, Life Science, Nábytek [online]. Copyright © 2022 P [cit. 03.02.2022]. Dostupné z: <https://www.p-lab.cz/kyselina-listova>

KYSELINA L-(+)-ASKORBOVÁ | P-LAB = Potřeby pro laboratoř, Chemikálie, Life Science, Nábytek. P-LAB = Potřeby pro laboratoř, Chemikálie, Life Science, Nábytek [online]. Copyright © 2022 P [cit. 03.03.2022]. Dostupné z: <https://www.p-lab.cz/kyselina-l-askorbova>

Mapping the impact of soil salinity – I Is God. Home – I Is God [online]. Copyright © Copyright [cit. 03.04.2022]. Dostupné z: <https://iisgod.com/mapping-the-impact-of-soil-salinity/>

Pěstujeme listovou zeleninu | Flóra na zahradě. Flóra na zahradě | Webová verze časopisu Flóra na zahradě [online]. Copyright © Časopisy pro volný čas s.r.o., Domažlická 1256 [cit. 11.04.2022]. Dostupné z: <https://www.floranazahrade.cz/pestujeme-listovou-zeleninu/>

Plant physiology: Mohr, Hans, 1930- : Free Download, Borrow, and Streaming : Internet Archive. Internet Archive: Digital Library of Free & Borrowable Books, Movies, Music & Wayback Machine [online]. Dostupné z: <https://archive.org/details/plantphysiology0000mohr>

Salát hlávkový Král Máje 1 | SEMO eshop. SEMO | Šlechtění, produkce a prodej, osiva a semena, zelenina, květiny, bylinky [online]. Copyright © 1993 [cit. 01.04.2022]. Dostupné z: <https://www.semo.cz/eshop/salat-hlavkovy-kral-maje-1-3805/>

ScienceDirect. ScienceDirect [online]. Copyright © [cit. 2022 03.02.]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969716318794>

Stanovení rozpustných solí na základě elektrické vodivosti [online]. Dostupné z: https://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/laborator/index.php?N=1&I=3&J=7&K=2

Špenát novozélandský – čtyřboč - *Tetragonia tetragonioides* - pěstování. semena, osivo, cibuloviny – užitkové i okrasné [online]. Copyright © všechna práva vyhrazena [cit. 01.04.2022]. Dostupné z: <https://www.semena.cz/spenat/206-spenat-novozelandsky-ctyrboc-tetragonia-tetragonioides-semena-35-ks.html>

Zasolování půdy (Půda, eAGRI). [online]. Copyright © 2009 [cit. 2022 02.03.]. Dostupné z: <https://eagri.cz/public/web/mze/puda/ochrana-pudy-a-krajiny/degradace-pud/zasolovani-pudy/>

β-KAROTEN | P-LAB = Potřeby pro laboratoř, Chemikálie, Life Science, Nábytek. P-LAB = Potřeby pro laboratoř, Chemikálie, Life Science, Nábytek [online]. Copyright © 2022 P [cit. 03.02.2022]. Dostupné z: <https://www.p-lab.cz/beta-karoten>

