

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra botaniky a fyziologie rostlin**



**Vliv zasolení na obsah fotosynteticky aktivních pigmentů  
a fluorescence chlorofylů u vybraných druhů zelenin**

**Bakalářská práce**

**Autor práce: Marek Malák**

**Vedoucí práce: doc. Ing. František Hnilička, Ph.D.**

© 2017 ČZU v Praze

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci: „**Vliv zasolení na obsah fotosynteticky aktivních pigmentů a fluorescence chlorofylů u vybraných druhů zelenin**“ jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne \_\_\_\_\_

### **Poděkování**

Rád bych touto cestou poděkoval panu doc. Ing. Františku Hnilčkoví, Ph.D. za trpělivost, ochotu a praktické rady při vedení mé bakalářské práce.

# Vliv zasolení na obsah fotosynteticky aktivních pigmentů a fluorescence chlorofylů u vybraných druhů zelenin

## Souhrn

Množství solí v půdě neustále stoupá, a to nejen při zimních měsících, kdy se sůl využívá k posypům komunikací a cest proti namrzání povrchu, ale také během letních měsíců, kdy každoročně klesá množství srážek a zvyšuje se možný výpar z půdy. Z tohoto důvodu je tato práce zaměřena na působení půdní salinity na vybrané fyziologické charakteristiky různých druhů listové zeleniny.

Pokus byl založen na rostlinách špenátu setého (*Spinacia oleracea* L.), šručky zelné (*Portulaca oleracea* L.) a čtyřboče rozkladité (*Tetragonia tetraginoides* (PALL.)) ve skleníku Katedry botaniky a fyziologie rostlin ČZU. Všechny tři druhy rostlin měli stejné pěstební podmínky, které byly udržovány po celou dobu pokusu. Teplota ve skleníku byla nastavena na 25 °C ve dne a 18° C během noci, světelný režim byl přirozený, tedy 14 hodin světla a 8 hodin tmy. Rostliny byly pěstovány v plastových nádobách o stejné velikosti, tedy 11x11 cm, ve směsi zahradního substrátu A a křemičitého písku ve stanoveném poměru 2:1. Schéma pokusu představuje 4 varianty. Jedna byla kontrolní a rostliny v ní byly zavlažovány destilovanou vodou. Ostatní tři varianty byly zalévány destilovanou vodou s danou koncentrací soli NaCl. Varianta označována jako S1 měla koncentraci 0,15 M NaCl, pro S2 byla koncentrace 0,25 M NaCl a nejslanější varianta S3 byla představována koncentrací soli ve výši zasolení měla varianta S3, což je koncentrace 0,5 M NaCl. Množství závlivkové kapaliny pro všechny varianty pokusu bylo 200 ml na nádobu. Jednou za 14 dní byly stresované rostliny zalaty destilovanou vodou.

V rámci pokusu byl sledován obsah pigmentů nedestruktivní metodou za využití chlorofylmetru CCM200. Druhou sledovanou charakteristikou byla fluorescence chlorofylů. Obsah pigmentů prokázal mnohem citelnější působení solí na rostliny než měření fluorescence chlorofylů a zároveň se s ním měřením podařilo zaznamenat mnohem větší rozdíly mezi jednotlivými druhy rostlin i mezi variantami zasolení. Měření fyziologických charakteristik bylo prováděno ve dvoudenních intervalech po dobu 14 dnů celkem sedmkrát.

Výsledky jsou až na drobné výjimky dle očekávání. Obecně se dá říci, že šručka se přizpůsobila nejlépe a špenát nejhůře ze všech pozorovaných rostlin. Obě metody se shodují, že nejcitlivější sledovanou rostlinou je špenát setý, který dokonce nevydržel variantu S3 0,5 M a uhynul již v první polovině stresu. Dle měření fluorescence je šručka nejodolnější

sledovanou rostlinou, měla ztráty oproti kontrolní variantě necelých 16 % a čtyřboč téměř 23 % při nejslanější variantě S3 0,5 M. Rozdílné pořadí vykazuje měření chlorofylů, kdy šruha měla snížené naměřené hodnoty ve variantě S3 0,5 M oproti kontrolní téměř 39 % a čtyřboč jen přes 36 %. Čtyřboč měl tedy menší poškození stresem při měření chlorofylmetrem.

Z těchto čísel vyplývá, že jednoznačně nejcitlivější na zasolení NaCl reaguje špenát setý a jako tolerantní se dají nazvat obě rostliny, jak šruha zelná, tak i čtyřboč rozkladitá.

**Klíčová slova:** špenát; šruha; čtyřboč; zasolení; obsah pigmentů; fluorescence

# The chlorophyll content and chlorophyll fluorescence of choice vegetable plants in response to salt stress carotenes

## Summary

The amount of salt in soil is constantly rising not only during winter months, when it is used for melting ice on roads, but also during summer months, when there is lesser amount of rainfall and the possibility of vapours is highly increased. This is the main reason why this text is focused on effect of soil salinity on specific physiological characteristics of various leafy vegetable species.

The experiment was based on specimen of Spinach (*Spinacia oleracea L.*), Purslane (*Portulaca oleracea L.*) and *Tetragonia tetraginoides* in the greenhouse of Department of Botany and plant physiology of ČZU. All three specimen had exactly the same growth conditions which was maintained during the whole experiment. Temperature was set on 25°C during day and 18°C during night, the light cycle was simulated to resemble natural light, i.e. 14 hours of light and 8 hours of dark. The plants were grown in plastic containers of the same size, i.e. 11x11cm, in a mixture of garden substrate A and a silica sand in a ration 2:1. The experiment pattern was based on 4 variations. One was a control specimen watered only with distilled water. The remaining three variants were watered by distilled water with a given concentration of salt NaCl. Variation marked as S1 had concentration of 0,15 M NaCl, for S2 the concentration was 0,25 M NaCl and the variation S3 had the strongest salinity which means concentration of 0,5 M NaCl. All four variation were watered by 200ml of their given liquid. Once in a two week period the stressed plants were watered just by distilled water.

During this experiment the amount of pigments was examined by non-destructive method, i.e. usage of chlorophyll-meter CCM200. The second observed characteristic was fluorescence of chlorophylls. The amount of pigments proved to serve as much stronger evidence of salinity effect on examined plants than measuring of chlorophyll fluorescence and at the same time it proved more valuable for distinguishing between all salinity variations and its effect on different specimens. The physiological characteristics measuring was done seven times in 2 day interval over a period of 14 days.

Results are, with minor exceptions, according to expectations. Overly it can be said that purslane has adapted the best and spinach the worst of all the observed plants. Both methods are correlating in a sense that the most sensitive of the observed specimen is *Spinacia oleracea L* which was unable to even survive variation S3 (0,5 M) and died in the first half of its stress test period. According to measuring of fluorescence the purslane is the most resilient of the observed plants with losses only about 16% while tetragonia had a loss of almost 23 % with variation S3 (0,5 M). Measuring of chlorophylls is showing a different order. In variation S3 (0,5 M) the purslane had almost 39 % lower examined values in comparison with control specimen and tetragonia just about 36 %. This proves tetragonia to

show less damage by stress during the chlorophyll-meter measuring.

According to these results it is apparent that the most sensitive plant in case of salinity is spinach and both of the remaining plants i.e. purslane and tetragonia can be considered resilient to it.

**Keywords:** spinach, purslane, new zealand spinach, salinity, pigment content, fluorescence

# Obsah

1. Úvod.....	9
2. Cíle a hypotézy práce .....	10
3. Literární přehled .....	11
<b>3.1. Botanická charakteristika .....</b>	<b>11</b>
3.1.1. Špenát setý – Spinacia oleracea L.....	11
3.1.2. Šrucha zelná – Portulaca oleracea L.....	12
3.1.3. Čtyřboč rozkladitá – Tetragonia tetraginoides (PALL.).....	13
<b>3.2. Obecná koncepce stresu.....</b>	<b>14</b>
3.2.2. Zasolení.....	16
3.2.3. Mechanizmy obrany rostlin vůči zasolení .....	17
4. Materiál a metodika.....	20
<b>4.1. Rostlinný materiál.....</b>	<b>20</b>
<b>4.2. Založení pokusu .....</b>	<b>21</b>
<b>4.3. Měření fyziologických charakteristik .....</b>	<b>21</b>
5. Výsledky .....	23
5.1. Obsah pigmentů .....	23
5.2. Fluorescence pigmentů .....	28
6. Diskuse .....	33
6.1. Obsah pigmentů .....	33
6.2. Fluorescence pigmentů .....	34
7. Závěr .....	36
Seznam použité literatury .....	37
Seznam obrázků.....	41



## 1. Úvod

Množství solí v půdě se zvyšuje, a to nejen lidskou činností, ale i klimatickými změnami. Člověk zasoluje půdu při zimních měsících, kdy se sůl využívá k posypům komunikací a cest proti namrzání povrchu, ale také během vegetačního období, kdy se používá závlahová voda, která obsahuje určité množství solí. Oproti tomu dešťová voda takového množství soli neobsahuje a tím stoupá salinita půd. Dalším přirozeným zdrojem solí je odpařování vody z půdy, vztlínání spodních vod, záplavy. Již existují místa na planetě, která jsou zasolena dlouhodobě, a zde se vytvořila flóra, která tyto podmínky zvládá. Jenže většina našich pěstovaných plodin na to není přizpůsobená a tato nenápadná, pozvolná změna nám snižuje výnosy. Z tohoto důvodu je práce zaměřena na působení salinity na vybrané druhé listové zeleniny (Pessarakli, 2011).

Dle Bláhy a kol. (2003) lze rostliny při tomto pohledu rozdělit na dvě skupiny, které nemají jasně stanovenou hranici, ale pozvolně se prolínají. Jednou skupinou jsou rostliny snášející zasolení, ty se nazývají halofyty, česky slanobytné. Jsou to rostliny přizpůsobeny k životu v podmínkách se zvýšeným množstvím solí. Jedná se především o rostliny žijící u pobřeží moří a pouští či polopouští flóru. Tato skupina rostlin má několik ochranných metod a většinou se nespolehá jen na jednu, nýbrž kombinuje více způsobů. Krom mechanického výběru vhodných a nevhodných solí, dokážou rostliny hromadit nadbytky solí v již odumírajících částech těla. Jiné tyto přesolené roztoky ukládají do specializovaných organel, či orgánů, vylučují je přímo na povrch těla. Obranných mechanismů je mnoho, ale ne vždy stačí na dané množství solí. Druhou skupinu tvoří rostliny halofóbní, neboli slanostřezné, které nemají tyto procesy dostatečné a ničí je i salinita pro jiné rostliny vyhovující.

V mírném klimatu české republiky se přirozeně přesolená půda zemědělsky nevyužívá, ale s postupem času, by se mohlo stát, že zasolí i intenzivně využívané polní oblasti. Jedním z jednodušších řešení bude pěstovat vhodné druhy a kultivary rostlin, které snesou i slanější půdy. Otázkou těchto zemědělsky využitelných rostlin se zabývá Flowers (2010).

Tato práce je založena na výsledcích pokusů s listovou zeleninou, kdy byly sledovány tři druhy bylin. Špenát setý jako velmi oblíbená listová pochutina a jemu dva podobně využívané druhy, šrucha zelná a čtyřboč rozkladitá.

## 2. Cíle a hypotézy práce

Jedním z významných stresorů především v aridních oblastech je vedle vodního deficitu také stres zasolením. Stres zasolením nepřímo ovlivňuje dostupnost vody z půdy rostlinám. Také u špenátové zeleniny existuje rozdílná míra odolnosti vůči zasolení, proto na základě těchto skutečností byly navrženy následující cíle práce:

- 1) Stanovit obsah pigmentů v listech ve vztahu k zasolení.
- 2) Stanovit obsah fotosynteticky aktivních pigmentů v závislosti na rostlinném druhu.
- 3) Stanovit změny fluorescence chlorofylů sledovaných druhů rostlin v závislosti na stresu zasolením.
- 4) Stanovit vliv zasolení na fluorescenci chlorofylů.

Na základě stanovených cílů práce byly navrženy následující hypotézy:

- 1) Existují mezidruhové rozdíly v reakci rostlin na obsah soli v půdě?
- 2) Existují rozdíly v obsahu pigmentů na koncentraci soli a druhu rostliny?
- 3) Existují mezidruhové rozdíly ve fluorescenci chlorofylu v závislosti na koncentraci soli?

Zvolené pokusné rostlinné druhy byly vybrány proto, že listová a špenátová zelenina patří mezi oblíbené a rychle rostoucí druhy zelenin. V České republice je spotřeba listové a špenátové zeleniny se zvyšuje, přičemž nejvýznamnější podíl představuje čerstvá a mražená forma úpravy.

### 3. Literární přehled

#### 3.1. Botanická charakteristika

##### 3.1.1. Špenát setý – *Spinacia oleracea* L.

Tato rostlina pochází nejspíše z oblastí Blízkého Východu, tedy z Jižního Kavkazu až Afganistanu, odkud se přes Španělsko dostala dále do Evropy (Malý a kol., 1998).

Špenát setý patří do čeledi merlíkovité (*Chenopodiaceae*). Původně to byla dvoudomá bylina, jenže kvůli problémům s plísní šedou a předčasnému vybíhání do květů byla velmi intenzivně šlechtěna. Dnes se proto dává přednost výsevu jednodomých odrůd, které jsou odolnější. Rostlina má přes 30 cm dlouhý kuželový kořen, řapíkatou listovou růžici, z které vybíhá asi 30 cm dlouhá květní lodyha s bílými až zelenými drobnými květy, jak dokládá obr. 1. Semena jsou dle odrůdy ostrá či kulatá, stejně jako listy mohou být hladké, bublinaté, špičaté až kulovité (Hejný a kol., 2003).



Obr. 1: Rostlina špenátu setého (*Spinacia oleracea* L.)

[http://www.guh.cz/edu/bi/biologie\\_rostliny/foto02/foto\\_049.jpg](http://www.guh.cz/edu/bi/biologie_rostliny/foto02/foto_049.jpg)

Jako zemědělská plodina patří k těm více náročným na půdu. Nejlépe roste v neutrálních až slabě alkalických půdách, s dostatkem humusu. Často se přihnojuje dusíkatými hnojivy. Jeho vegetační doba je relativně krátká, 45 až 80 dní od výsevu, proto se pěstuje jako předplodina, kdy se výsev uskutečňuje v polovině dubna, nebo jako následná

podzimní plodina s výsevem v období srpna. Dá se také pěstovat jako ozimá plodina, kdy se vysévá na konci září (Malý a kol., 1998).

V dnešní době se špenát používá především jako zmražená listová zelenina, kde je jeho spotřeba přes 90 % celkové produkce. Zbytek se používá jako čerstvý, nebo vakuově sušený (Malý a kol., 1998).

Špenát setý se pěstuje jako rostlina II. nebo III. tratě a vyžaduje zásobu N okolo 120 kg.ha<sup>-1</sup>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 40 kg.ha<sup>-1</sup>, K<sub>2</sub>O 100 kg.ha<sup>-1</sup>, MgO 30 kg.ha<sup>-1</sup>. Upřednostňuje půdy hlinitopísčité s dostatkem organických látek. Výsev se uskutečňuje na jaře, však nejpozději do poloviny dubna, vzhledem k vybíhání do květu a hořknutí listů. Je také možný výsev v srpnu pro sklizeň na podzim anebo na konci září, jako ozimá plodina. Sklizeňová zralost je v době, kdy má rostlina 6 a více pravých listů, její výnosy se pohybují od 12 do 16 t (Oberbeil, 2003).

### 3.1.2. Šrucha zelná – *Portulaca oleracea* L.

Hejný a kol. (2003) uvádí, že šrucha roste téměř na celém světě, v Čechách se vyskytuje i volně v přírodě, především v místech s teplejším a suším klimatem. Na konzum se používá jako salátová zelenina, nebo jako zelené koření do polévek.



Obr. 2: Rostlina šruchy zelné (*Portulaca oleracea* L.)

[http://zivutek.cz/images/articles/potraviny/rostlinky/srucha\\_zelna\\_1\\_450x600.jpg](http://zivutek.cz/images/articles/potraviny/rostlinky/srucha_zelna_1_450x600.jpg)

Šruchu řadíme do čeledi šruchovité (*Portulacaceae*). Je to jednoletá rostlina, dorůstající délky až 30 cm. Lodyha je většinou poléhavá s obvejčitými listy. Květy má žluté, nenápadné. Semena jsou elipsoidní, smáčklá, bradavčitá (Hejný a kol., 2003). Z obr. 2 vyplývá, že tato rostlina má jeden hlavní kořen, který není příliš dlouhý a z kterého vyrůstají postraní slabší kořeny.

Tato léčivá rostlina je velmi citlivá na nízké teploty a proto se vysévá až později v květnu, nebo se sází z předpěstované sadby. První ze dvou až tří sklizní je již po čtyřech týdnech od výsevu a dá se sklízet až do doby jejího kvetení, později jsou listy tvrdé (Troníčková, 1985).

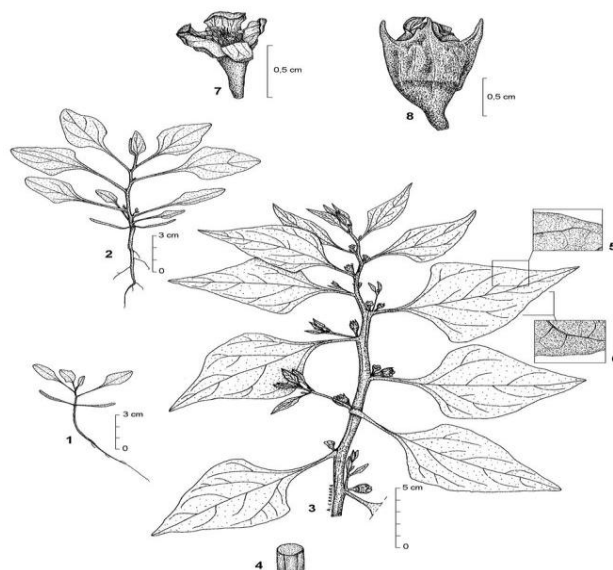
### **3.1.3. Čtyřboč rozkladitá – *Tetragonia tetraginoides* (PALL.)**

Jako náhrada za špenát setý se především na zahradách používá „Novozélandský špenát“, protože pro polní průmysl je sklizeň příliš nákladná. Vysévá se později na jaře, nebo se předpěstovává, kvůli značné citlivosti na nízké teploty a mráz. Jeho výhodou je průběžná sklizeň i během doby kvetení, protože jeho listy nehořknou. Sklízí se po 50 dnech od výsevu a to postupným odebráním listů (Pekárková, 2002).

Čtyřboč rozkladitá pravděpodobně pochází z Nového Zélandu a okolních ostrovů, kde se dodnes nachází jako planě rostoucí rostlina. V Evropě je jako relativně nová rostlina, která se pěstuje jako okrasná rostlina v záhonech a nádobách nebo jako vzácnější špenátová zelenina (Pekárková, 2002).

Tato rostlina je zařazena do čeledi kosmatcovitých (*Aizoaceae*). Pěstuje se jako jednoletá okrasná rostlina, tvořící velké „koberce“, je poléhavá až převislá, má velkou tendenci se větvit a její lodyhy dorůstají délky i jeden metr od kořene. Kořenový systém má značně slabý, málo hluboký, jak je patrné z obr. 3. Listy rostou ze stonků po celé délce a jsou velmi sytě zelené, na svrchní části často jemně ochmýřené. Květy jsou nevýrazné žlutozelené barvy a plody jsou peckovičky (Hejný a kol., 2003).

Čtyřboč rozkladitá je značně teplomilná s dlouhou vegetační dobou, proto se u nás vysazuje z předpěstované sadby až po posledních mrazech. Má relativně dlouhou dobu vzházení semen, která se většinou namáčí, z důvodu zlepšení a zrychlení klíčení. Rostliny se na venkovní stanoviště vysazují v době, kdy mají alespoň tři pravé listy a nehrozí jejich namrzání (Dolejší, 1989).



Obr. 3: Rostlina čtyřboče rozkladité (*Tetragonia tetraginoides* (PALL.))

<http://portal.wikwio.org/species/show/324>

### 3.2. Obecná koncepce stresu

Slovo stres je v dnešní době velmi moderní slovo, které se používá především v souvislosti s životním stylem člověka, nověji a masivně i pro živočichy, jenže stres poznamenává i ostatní organizmy. U rostlin se za stres dá považovat veškeré nepříznivé působení prostředí, které jí omezuje v přirozeném vývoji. Nepřízeň okolí lze rozlišit na několik úrovní dle síly či doby trvání. Dlouhodobé nebo krátkodobé, slabé nebo silné, které mohou vést k odumírání částí nebo dokonce celé rostliny či v nejkrajnějším případě celého postiženého prostoru (Lichtenthaler, 1998).

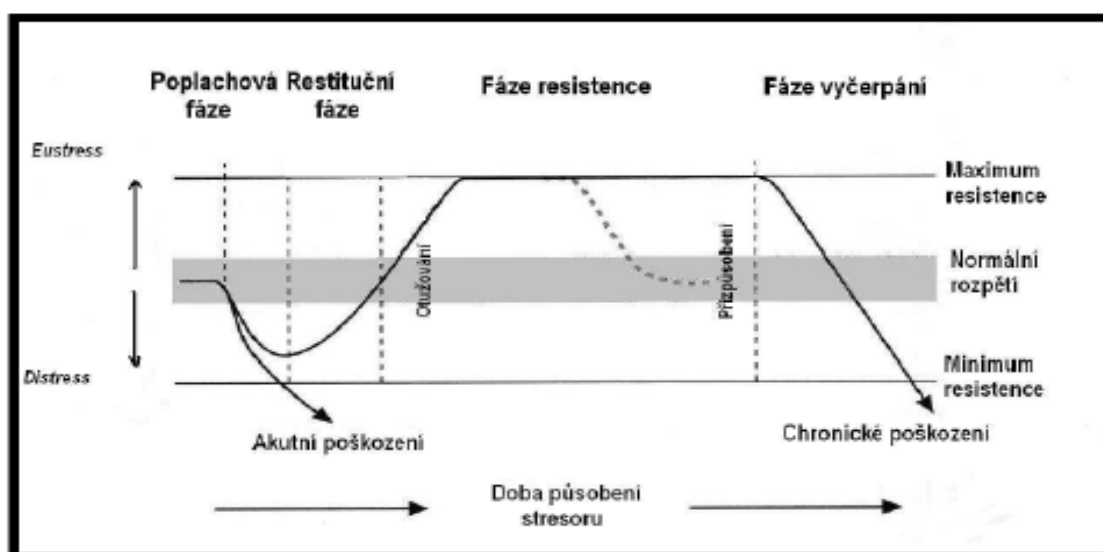
Dle Bláhy a kol. (2003) je rostlinný stres inhibující faktor v tvorbě biomasy, nebo alespoň v její kvalitě. Tento stav nastává, pokud je daná rostlina vystavena nějaké hraniční hodnotě jakéhokoliv faktoru. Těchto vlivů se většinou sejde rovnou několik najednou a vzájemně spolu souvisí. Stresory neboli negativní vnější příčiny stresů, mohou působit jen na jednu část těla rostlin, ale tím oslabují tělo jako celek, nebo přímo na celou rostlinu, kde je jejich působení většinou lépe patrné a rychlejší.

Stresory se dají dělit na dvě velké skupiny. Jednou z nich jsou biotické faktory, ke kterým řadíme, veškeré konzumenty rostlin, ať to jsou patogenní organismy, herbivoři, člověk, ale také i rostliny. Druhou část stresorů nazýváme abiotické faktory, které se dále dělí

na fyzikální, kam patří nedostatek či nadbytek záření, vysoká a nízká teplota a poškození větrem nebo předměty. Krom těchto fyzikálních jsou ještě stresory chemické, mezi které patří stres z nedostatku nebo nadbytku či špatného složení vody, vzduchu, živin, dále množství solí a iontů, nebo toxické prvky a sloučeniny (Bláha a kol, 2003)

Dalším pojmem, který pomáhá pochopit slovo stres, je stresová reakce. Ta nastává jako důsledek stresů v okamžiku, kdy již rostlina není ve svém běžném prostředí a musí začít nějak reagovat, ochraňovat se. Tento proces může trvat jen krátkou dobu, ale i velmi dlouho a to podle toho, jestli je rostlina schopna si na změněné podmínky přivyknout, nebo jim nějaký čas odolávat, ale může také podlehnout úplně. To zase záleží na mnoha okolních faktorech, jako je staří a vitalita rostliny, vliv dalších stresorů a hlavně na jejím druhu (Bláha a kol, 2003).

Stresová reakce je podle Lichtenthalera (1996) proces v rostlinném těle, který se dá dělit na čtyři fáze, jak dokládá obr. 4. Z něho vyplývá, že první část se nazývá poplachová fáze a je to ten čas, kdy je rostlina narušena stresem, či častěji stresy. Dále následuje takzvaná restituční fáze, při které začínají pracovat kompenzační mechanismy, aby uchránily rostlinu před stresem. Pokud se jim tento proces podaří a dříve neuhyne, pod příliš prudkým nástupem stresu, nastává fáze třetí. Tato část trvá zpravidla nejdéle, protože se jedná o fázi rezistence. Během ní se snaží vytvořit toleranci a získat zpět svou sílu k dalšímu růstu i vývoji. Pokud se to nezdaří dostatečně rychle, nebo stresor nepřestane působit, může dojít k fázi vyčerpání, při které jsou na těle rostliny již patrné známky únavy a dochází k odumírání.



Obr. 4: Schéma stresové reakce dle Lichtenthalera (1996)

Tolerance vůči stresu nastává v případě, že již není potřeba vynaložit žádnou další energii na ochranu před stresorem a rostlina může pokračovat v rozvoji až k jejímu přirozenému konci. Dochází tak ke dvěma různým druhům přizpůsobení se. Mechanismus obrany, který se neuloží do genetické výbavy a následné potomstvo by jej muselo opět vyvinout, je pojmenován jako modifikace. Na rostlině se může projevit změnou stavby těla, nejčastěji tvarem či velikostí v podzemní nebo zelené části jedince. Pokud se tato změna projeví i v dalších generacích, ač není vyvolaná stresem, jedná se již o mutaci, tedy o vznik nové odrůdy dané rostliny (Bláha, 2003).

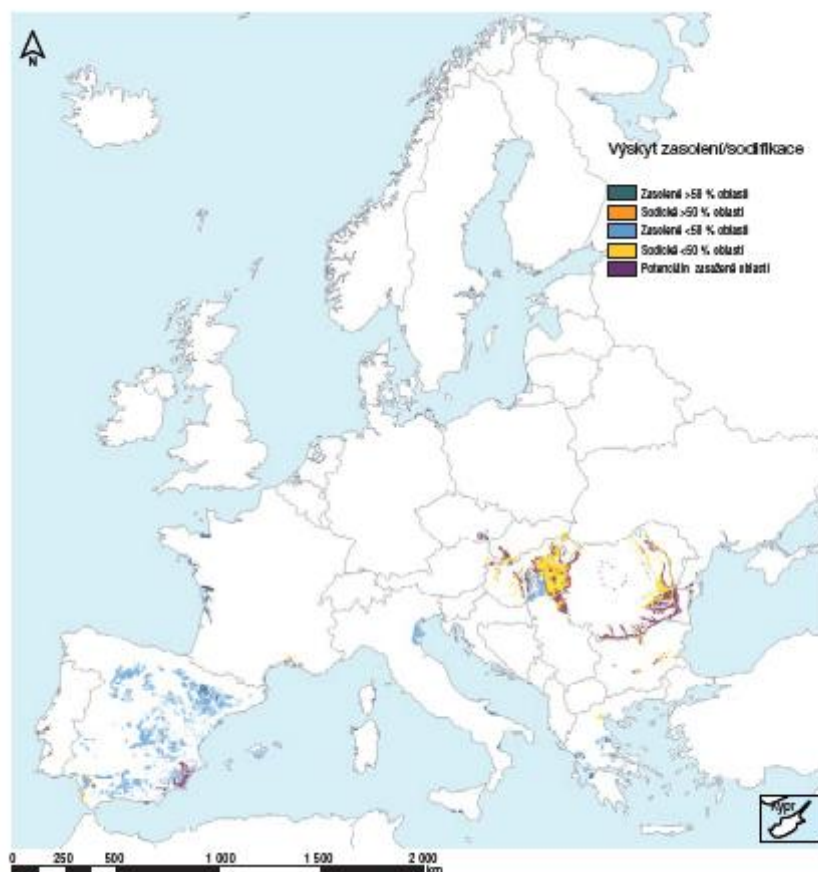
### **3.2.2 Zasolení**

Zasolení půdy je stav, kdy je půda přesycena solemi a minerály, které již nejsou vázány na vodu. V této míře jsou škodlivé pro veškeré přítomné organizmy.

Podle Niu et al. (2010) vznikají zasolené půdy z většího výparu vody, než je příjem srážek na daném území. To nastává nejen v blízkosti moří, kde salinitu zvyšuje slaná mořská voda, ale také ve středozeší. Zde je to dáno často tím, že výpar vody je značně vyšší než srážky na daném území a tím se sůl usazuje v horních vrstvách půdy a mohou vznikat až pouště. Další možností vzniku solných půd je v blízkosti slaného pramene, což bylo dříve i v Čechách. Relativně novým způsobem zasolení půdy je využívání posypové soli v zimním období, tato sůl rozpustí námrazu na povrchu, ale pod povrchem se již zadržuje a tím stoupá její koncentrace.

Dle Bláhy a kol. (2003) lze i na území naší republiky dají najít místa se zasolenou půdou, což dokazuje i obr. 5. Na tomto obrázku jsou půdy rozděleny dle původu zasolení na sodické, které jsou zasoleny  $\text{Na}^+$  kationty, a na zasolené, které v sobě skrývají zbývající ionty solí, např:  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ . Obr. 5 také rozlišuje intenzity zasolení hranicí 50 % a vykresluje potenciální místa, kde může k zasolení brzy dojít. U nás byly dříve lokality v okolí slaných pramenů v západních Čechách, v Podkušnohoří, ale dnes již tato slaniska většinou zanikla. Dalším zdrojem zasolených půd je vzlínání roztoků solí, kvůli nedostatečným srážkám. To se děje jenom místy, kde vznikají solné výkvěty, takové lokality se dají najít na jižní Moravě. Dále při nevhodném používání hnojiv a zavlažování může nastat problém se zasolenou půdou. Nejnovějším zdrojem slaných půd je solení cest během zimních měsíců, kde v blízkosti komunikací a chodníků zůstává sůl v půdě. Z toho důvodu se na některých částech území nesmí solit, jedná se třeba o okolí přehrady Želivka, kde je zcela zakázáno zimní solení.





Obr. 5: Mapa zasolení ve státech Evropské unie Dostupné také z:

<http://agrilife.jrc.ec.europa.eu/documents/CZFactSheet-04.pdf>

Zasolení je pro rostliny značným stresem, protože to nese velké komplikace v příjmu vody a v ní rozpuštěných látek skrz kořeny. Kromě vlastního toxického vlivu některých iontů, nejčastěji  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ , je dalším problémem množství přijatelné vody pro rostlinu. Tím se mění složení rostlinných pletiv, snižuje se tvorba enzymů a ostatních organických látek. S rostoucí koncentrací jednoho iontu, klesá dostupnost ostatních iontů, což vede k dalším problémům poškozujícím nejen kořeny, ale i nadzemní části rostlin jak konstatuje Jones et al. (2008).

### ***3.2.3. Mechanizmy obrany rostlin vůči zasolení***

Odolnost rostlin proti zasolení je schopnost tolerovat vyšší koncentraci solí bez následků na životní funkce. Tato vlastnost je druhově velmi specifická, rozdíly se ale vyskytují i mezi rostlinami a dokonce i v průběhu ontogenetického vývoje. Ozturki et al. (2012) zkoumali vliv zasolení na listech špenátu a potvrdili, že odolnost rostlin závisí také na délce a intenzitě zasolení. Existují rostliny, které snesou velmi vysoké hodnoty zasolení,

nazývají se slanobytné (halofytní) např: sivěnka přímořská (*Glaux maritima*), kuřinka solná (*Spergularia salina*), slanobýl (*Salsola kali*) nebo slanorožec (*Salicornia europaea*). Jedná se většinou o rostliny pobřežní či dřeviny mangrovových porostů, jak uvádí i Bláha a kol. (2003).

Druhou skupinou jsou rostliny halofóbní, neboli slanostřežné, které nesnesou vyšší hladinu solí v půdě. Je to skupina tvořená především ze středozezemních rostlin, z čeledi bobovitých (*Fabaceae*), vřesovcovitých (*Ericaceae*) a dále dřeviny mírného podnebí. Tyto rostliny nejsou schopny se vyrovnat s dlouhodobou salinitou půdy. Napřed zastaví svůj růst a snaží se přečkat nepříznivé období, postupně stárnou a mohou i uhynout, jak uvádí Bláha a kol. (2003).

Obranných systémů je hned několik a většinou fungují spolu, rostliny se nespolehají jenom na jeden z nich a vyvíjí se během ontogenetického vývoje. Menší tolerance je u klíčících rostli než u rostlin vyvinutých, což je třeba používáno u výsevu vojtěšky (*Medicago*), kdy se provádí důkladná záливka, aby se snížila salinita povrchové zeminy. Důležitá je vlastnost protoplazmy, která musí rostlině umožňovat snášet změny iontů. Odolné rostliny jsou schopny snášet koncentraci 4-8 % NaCl, ale citlivé odumírají již při 1 % NaCl (Larcher,1998). Kromě vlastního toxického působení iontů snižují ještě vodní potenciál a tím omezují přístupnost vody rostlinám. Proti této dehydrataci dokážou rostliny produkovat proteiny, které se nazývají dehydriny, ty jsou velmi hydrofilní a proto vážou značné množství vody, jak uvádí Ismal a kol. (1999). Dehydriny patří do skupiny proteinů LEA (Late Embryogenesis Abundant), což jsou metabolity chránící rostlinu proti nepříznivým vlivům okolního prostředí, především sucha (dehydratace). Krom již zmiňovaných dehydridů sem patří ještě induktivní enzymy, které zvyšují syntézu osmoticky aktivních látek (Hong-Bo a kol., 2005). Rouy et al. (2014) zkouší, jak pomocí genetického inženýrství vylepšit odolnost zemědělsky využívaných rostlin proti zasolení půd.

Jeden z ochranných procesů probíhá již v kořenech. Zde si rostliny vybírají pouze potřebné druhy solí a ty nevhodné téměř nepřijímají, což je známo u mangrovů na mořských březích. Velmi důležité je také zvýšení osmotického tlaku v kořenech, protože bez této změny by rostliny nebyly schopny přijímat vodu z půdy. Dále existují rostliny, které mají velmi dužnaté listy, v nichž hromadí značnou zásobu vody k ředění množství přijatých solí. Tímto způsobem jsou schopny se bránit některé druhy sukulentních rostlin, nebo třeba slanorožec (*Salicornia* sp.) jak uvádí Procházka a kol. (1998).

Jiným způsobem proti přesolení buněk je uskladnění solí ve specializovaných organelách, jako je vakuola či další rostlinné orgány. K tomu slouží například rychle stárnoucí

listy což je obranná reakce rostliny z čeledi sítinovitých (*Junceaceae*). Další možností obrany je jejich vyloučení na povrch listů, nebo do takzvaných solných trichomů na pokožce. Tento způsob ochrany je dobře znám u čeledi merlíkovitých (*Chenopodiaceae*). Rostliny z této čeledi jsou schopny se vyrovnávat i s velmi vysokými koncentracemi solí v těle. Často se u rostlin nacházejí speciální žlázy, které vylučují nadbytek solí přímo na povrch listů, což je i u rostlin v mangrovových porostech (Bláhy a kol., 2003).

## 4. Materiál a metodika

U vybraných druhů zelenin byl v částečně řízených teplotních a světelných podmínkách skleníku FAPPZ sledován vliv zasolení na množství fotosynteticky aktivních pigmentů v listech a jejich fluorescenci. Uvedené fyziologické charakteristiky byly měřeny celkem sedmkrát ve dvoudenních intervalech po dobu 14 dnů.

### 4.1. Rostlinný materiál

Všechny sledované rostliny byly pěstovány z komerčně dodávaného osiva.

#### Špenát setý

Rostliny špenát setého 'Matador' je ranou odrůdou, která má vzrůst střední až trochu větší s polovzpřímenými listy, které jsou oválné se zakulacenou špičkou, bublinaté, světle zelené. Tato odrůda je odolná vůči plísni špenátové i k vybíhání do květu. Její rychlý nástup do sklizňové zralosti umožňuje brzkou sklizeň ([www.semo.cz](http://www.semo.cz)).

#### Šrucha zelná

Šrucha zelná, odrůda 'Green Purslane' je velmi rychle rostoucím druhem s léčivými účinky. Tento kultivar je vzpřímenější a vyšší, s většími a dužnatějšími listy, než plané formy. Chuť má příjemně nakyslou až lehce slanou a proto se hodí zejména do salátů, kde neprochází tepelným zpracováním, při kterém ztrácí svou výraznost. Rostlina je citlivá na nízké teploty a upřednostňuje slunné stanoviště. Také vzchází rychle, téměř jako špenát (Troníčková, 1985).

#### Čtyřboč rozkladitá

Čtyřboč rozkladitá je rostlina nízkého vzrůstu s velmi větvenou lodyhou, která vytváří v pozdějším období až souvislý přízemní kryt listů. Téměř trojúhelníkovité listy jsou dužnaté s řapíky. Květy vyrůstají jednotlivě v paždí listů, ale jsou jen nenápadné, žlutozelené. Tato rostlina je poměrně náročná na vlhko a vyšší teploty, proto se pěstuje na chráněných místech, nebo v pařeništích. Semena se nechávají nabobtnat ve vodě a až pak se předpěstovává. První sklizeň se provádí obvykle 50 až 70 dní od výsevu a je postupná, protože se ořezávají jen vrchní části výhonů s listy. Kvůli náročnosti ji pěstují většinou jenom zahrádkáři (Troníčková, 1985).

## 4.2. Založení pokusu

Pokus byl založen na ve skleníku Katedry botaniky a fyziologie rostlin FAPPZ ČZU v Praze. Teplota byla nastavena na 25 °C ve dne a 18 °C během noci. Rostliny byly pěstovány za přirozeného světelného režimu.

Pokusné rostliny byly pěstovány v nádobách o velikosti 11x11 cm, ve směsi zahradního substrátu A a křemičitého písku, v poměru 2:1. Zahradní substrát A je jemný (maximálně 10 % částic nad 10 mm), udržující vzdušnost prostředí, neslévavý, nezasolený s pH hodnotou v rozmezí 5,5 až 6,5. Je bez škůdců a semen jiných rostlin. Obsahuje 55 % spalitelných látek ve vysušeném stavu, s podílem částic nad 25 mm maximálně 5 %. Obsah živin byl následující: N: 80-120 mg.l<sup>-1</sup>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 50-100 mg.l<sup>-1</sup>, K<sub>2</sub>O 100-150 mg.l<sup>-1</sup>. Obsah rizikových prvků splňuje zákonem stanovené limity mg.kg<sup>-1</sup> sušiny: Cd 1, Pb 100, Hg 1, As 10, Cr 100, Cu 100, Ni 50, Zn 200 (www.raselina.cz).

Schéma pokusu představuje 4 varianty. Jedna byla kontrolní a rostliny v ní byly zavlažovány destilovanou vodou. Ostatní tři varianty byly zalévány destilovanou vodou s danou koncentrací soli NaCl. Varianta označována jako S1 měla koncentraci 0,15 M NaCl, pro S2 byla koncentrace 0,25 M NaCl a nejslanější varianta S3 byla představována koncentrací soli ve výši zasolení měla varianta S3, což je koncentrace 0,5 M NaCl. Množství záливkové kapaliny pro všechny varianty pokusu bylo 200 ml na nádobu. Jednou za 14 dní byly stresované rostliny zalaty destilovanou vodou.

## 4.3. Měření fyziologických charakteristik

### 4.3.1. Stanovení obsahu pigmentů

Obsah pigmentů v listech byl měřen nedestruktivní metodou za využití přístroje CCM 200 (Opti Sciences, Velká Británie), viz obr 6. Uvedený přístroj využívá sondu z optického vlákna pro stanovení emisního poměru fluorescence v červené části spektra při vlnových délkách 700 nm a 735 nm. Tento poměr je přesným měřítkem obsahu chlorofylu v rostlinách, a proto je vhodným nástrojem na stanovení změn chlorofylů při stresu.



Obr. 6: Chlorofyl CCM 200 ([www.hellotrade.com](http://www.hellotrade.com))

#### 4.3.2. Stanovení fluorescence chlorofylů

Pro stanovení fluorescence byl používán přístroj OS1-FL (Opti-Sciences, Velká Británie) viz obr. 7. Jedná se o přenosný fluorometr, který slouží pro rychlé měření a hodnocení stresu. Byla použita varianta měření s listovými klipsami pro zatemnění dané části čepele.



Obr. 7 : Přístroj OS1-FL ([www.damarus.com](http://www.damarus.com))

## 5. Výsledky

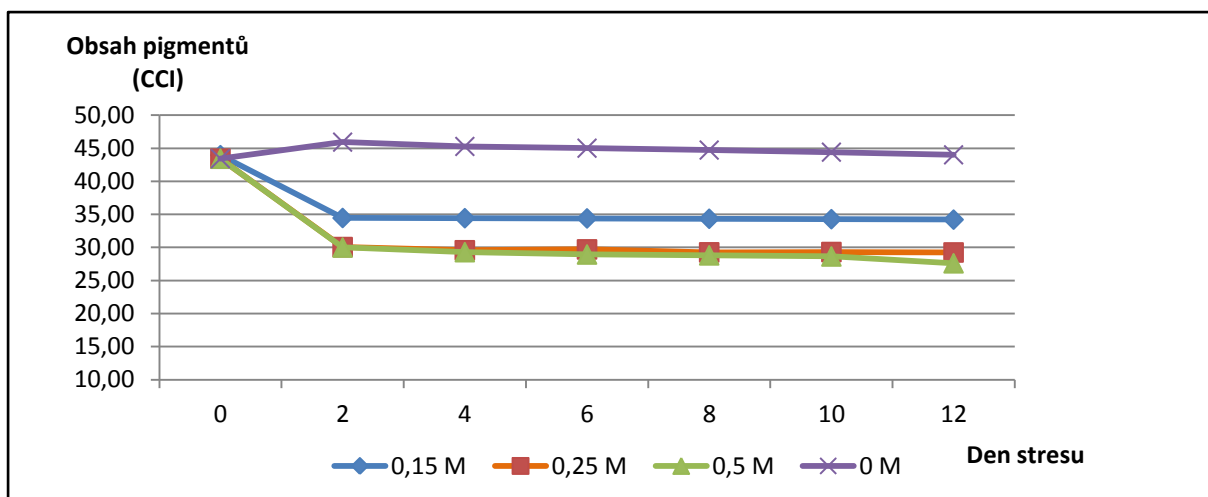
V pokusu byl sledován vliv zasolení na obsah pigmentů v listech a fluorescenci chlorofylů u tří druhů listové zeleniny: špenát setý (*Spinacia oleracea* L.), šrucha zelná (*Portulaca oleracea* L.) a čtyřboč rozkladitá (*Tetragonia tetraginoides*).

### 5.1. Obsah pigmentů

Z grafu 1 vyplývá, že měření chlorofylu je závislé na salinitě více než na stáří čtyřboče rozkladité. U rostlin kontrolních byl nejnižší obsah pigmentů naměřen na počátku pokusu, kdy jejich obsah činil 43,43 CCI. Ve druhém dnu měření se obsah pigmentů v listech kontrolních rostlin zvýšil o necelých 6 % ve srovnání s přecházejícím termínem měření. Od 4. dne stresu až do konce pokusu byl obsah pigmentů relativně stabilní a jejich množství se snižovalo téměř lineárně. V tomto období se obsah pigmentů pohyboval v intervalu hodnot od 44,02 CCI (12. den) do 45,28 CCI (4. den). U rostlin stresovaných rozdílnými koncentracemi soli v záливkové vodě byl zjištěn nižší obsah pigmentů v porovnání s rostlinami kontrolními, jak dokazuje graf 1.

Z něho je dále patrné, že u rostlin zavlažovaných 0,15 M roztokem NaCl (varianta S1) se obsah pigmentů nejvýrazněji změnil mezi 0. dnem a 2. dnem působení stresu. Zatímco na počátku pokusu byl obsah pigmentů 43,43 CCI, po navození stresu se jejich množství snížilo na 34,47 CCI, tedy o necelých 20 %. Od 2. dne navození salinity až do konce pokusu se obsah pigmentů v listech pokusných rostlin téměř lineárně snižoval, až na hodnotu 34,22 CCI.

Obdobný trend je možné nalézt také v případě koncentrací 0,25 M (S2) a 0,5 M (S3). V případě těchto variant se obsah pigmentů snížil druhý den po navození stresu v porovnání s počátkem pokusu bezmála 30 % (30,07 CCI) ve variantě 0,25 M (S2) a téměř o 31 % (30,00 CCI) u 0,5 M (S3). V případě varianty S2 byl pokles obsahu pigmentů v listech pozvolný, neboť naměřený interval hodnot byl 29,25 CCI (12. den) až 29,58 CCI (4. den). V případě nejvyšší koncentrace soli se obsah pigmentů mezi 4. dnem působení soli až do 10. dne stresu snižoval pozvolna, z hodnoty 29,30 CCI na hodnotu 28,65 CCI. Na konci sledovaného pokusu se obsah snížil v porovnání s předcházejícím termínem o 3,6 %, tedy na hodnotu 27,62 CCI, jak dokumentuje graf 1.



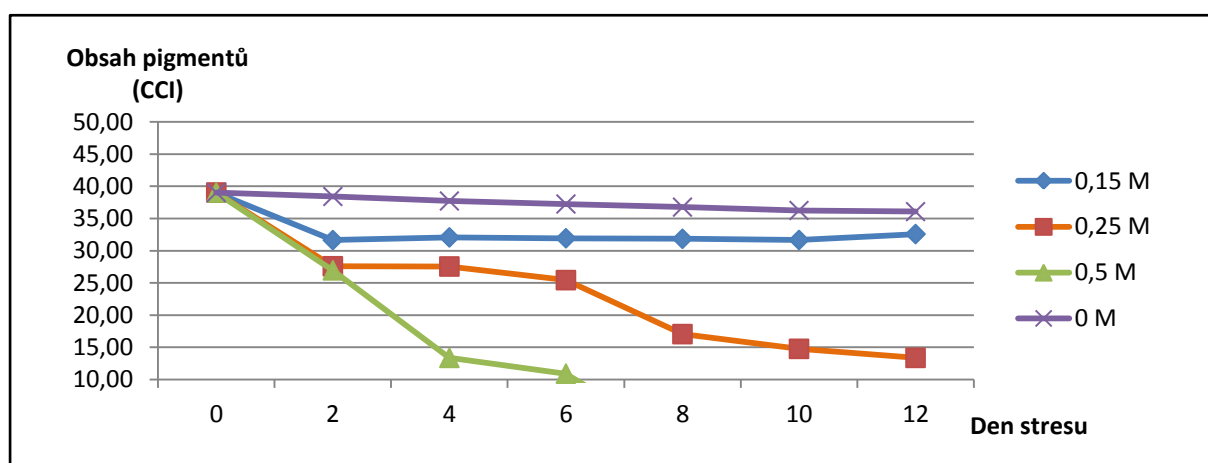
Graf 1: Obsah pigmentů v listech čtyřboče rozkladité (*Tetragonia tetraginoides*) v závislosti na délce stresu a koncentraci soli v roztoku

V grafu 2 je uveden obsah pigmentů v listech špenátu setého v závislosti na obsahu soli v roztoku a na délce působení stresu. Z tohoto grafu vyplývá, že obsah pigmentů v listech kontrolních rostlin špenátu se v průběhu pokusu téměř lineárně snižoval. Na počátku pokusu byl obsah pigmentů v listech špenátu ve výši 39,3 CCI, kdežto na jeho konci 36,07 CCI. Jedná se o bezmála 8 % snížení.

V případě rostlin zavlažovaných 0,15 M roztokem NaCl (varianta S1) byl zjištěn výrazný pokles obsahu pigmentů mezi 0. a 2. dnem měření, kdy ve druhém dnu působení stresu byl obsah pigmentů 31,65 CCI, ale v porovnání s předcházejícím termínem měření se jedná o 19 % pokles z výchozí hodnoty 39,03 CCI. Od 4. dne působení zasolení na rostliny špenátu se obsah pigmentů měnil pouze nevýznamně až do konce sledovaného období. Z grafu 2 je patrné, že obsah pigmentů u rostlin rostoucích ve variantě S1 se v tomto časovém úseku pokusu pohyboval v rozpětí hodnot od 31,67 CCI (10. den) do 32,58 CCI (12. den). Jak je dále z uvedeného grafu patrné, jedná se téměř o pozvolný, lineární nárůst, přesto obsah pigmentů v listech těchto rostlin byl nižší než v případě rostlin kontrolních. Se zvýšenou koncentrací soli v roztoku na úroveň 0,25 M NaCl dochází k postupnému, výraznému poklesu obsahu pigmentů v listech. První pokles je možné u rostlin z této varianty zaznamenat opět mezi 0. dnem (39,03 CCI) a 2. dnem (27,58 CCI) pokusu, jak dokládá graf 2. Z něho dále vyplývá, že poté se obsah pigmentů stabilizoval, ale tento téměř stálý stav byl vystřídán výrazným poklesem obsahu pigmentů v listech. Značný pokles obsahu pigmentů byl



zaznamenán mezi 6. dnem působení stresu, kdy jejich množství činilo 25,43 CCI, až do 12. dne stresu (13,37 CCI). Nejvýraznější pokles během závlivky slanou vodou byl zaznamenán mezi 6. a 8. dnem stresu bezmála o 33 %. V případě rostlin rostoucích v nejvyšší koncentraci soli (varianta S3) je možné zaznamenat výrazný pokles obsahu pigmentů od počátku pokusu, kdy v 0. dnu pokusu byl obsah pigmentů 39,03 CCI, kdežto ve 4. dnu pouze 13,37 CCI. Jedná se o snížení ve výši 25,67 CCI (66 %). Mezi 4. a 6. dnem působení zasolení na rostliny nebyl již pokles obsahu pigmentů tak výrazný. Naměřená hodnota obsahu pigmentů byla tento den 10,92 CCI. Poté již došlo k odumření rostlin.



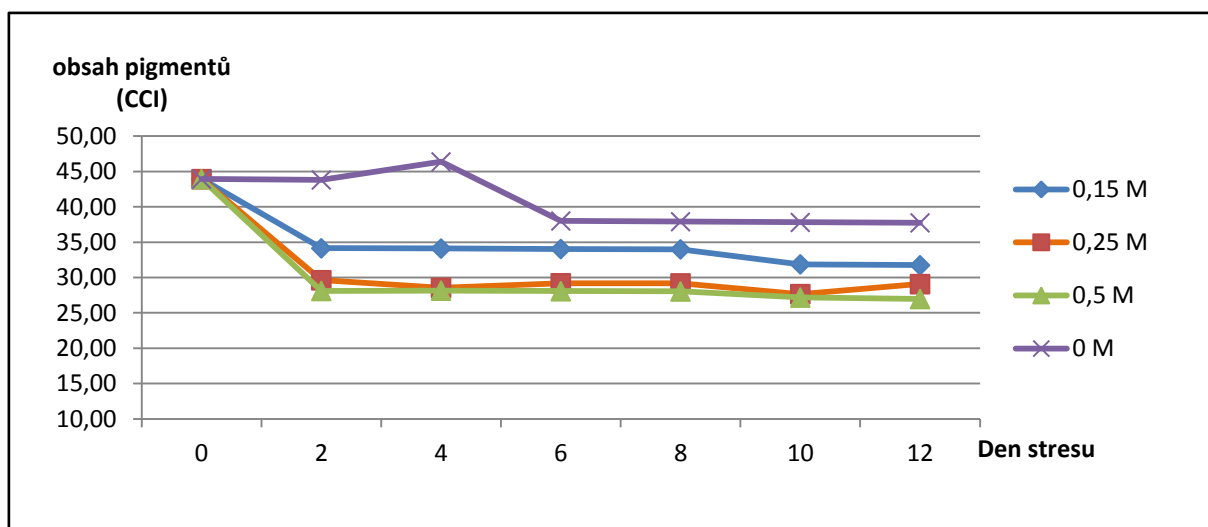
Graf 2: Obsah pigmentů v listech špenátu setého (*Spinacia oleracea* L.) v závislosti na délce stresu a koncentraci soli v roztoku

V grafu 3 je uveden obsah pigmentů v listech šruchy zelné. Z něho vyplývá, že rostliny šruchy reagují na stres obdobně, jako předcházející sledované druhy zelenin. V případě rostlin kontrolních se nejprve obsah pigmentů v listech zvyšoval, neboť na počátku pokusu byl ve výši 43,93 CCI a ve 4. dnu měření dosahoval hodnoty 46,38 CCI, což byla zároveň hodnota maximální. V následujícím termínu měření se obsah pigmentů v listech snížil na hodnotu 38,02, ale tento skokový pokles byl poté vystřídán téměř lineárním, pozvolným klesáním až do 12. dne působení stresu. Na konci pokusu byl obsah pigmentů v listech kontrolních rostlin 37,75 CCI.

Z grafu 3 dále vyplývá, že u rostlin šruchy, které byly pěstovány v podmínkách nejnižšího zasolení (varianta S1) je možné zaznamenat dvě období snížení obsahu pigmentů. První snížení nastává bezprostředně po navození stresu, tedy již druhý den, kdy obsah pigmentů v listech činil 34,15 CCI, což je v porovnání s předcházejícím termínem méně o 22 %. Od 2. dne působení soli na rostliny až do 8. dne se obsah pigmentů v listech šruchy

pozvolna, téměř lineárně snižoval až na hodnotu 34,00 CCI. Poté je možné zaznamenat druhý značný pokles obsahu pigmentů v listech až do konce pokusu (31,75 CCI). Obdobně jako u varianty S1 reagovaly na počátku pokusu rostliny pěstované v podmínkách vyšší koncentrace soli – 0,25 M NaCl (varianta S2). Z grafu 3 je patrný pokles obsahu pigmentů na počátku pokusu, kdy před jeho zahájením byl obsah pigmentů ve výši 43,93 CCI, kdežto již druhý den pokusu se snížil na hodnotu 29,63 CCI. Poté je možné zaznamenat mírné kolísání obsahu pigmentů. Nejprve zvýšení v období mezi 4. (28,57 CCI) a 8. dnem stresu (29,18 CCI). Tento nárůst je opět vystřídán poklesem, ale na konci pokusu se obsah pigmentů opět zvýšil na hodnotu 29,08 CCI.

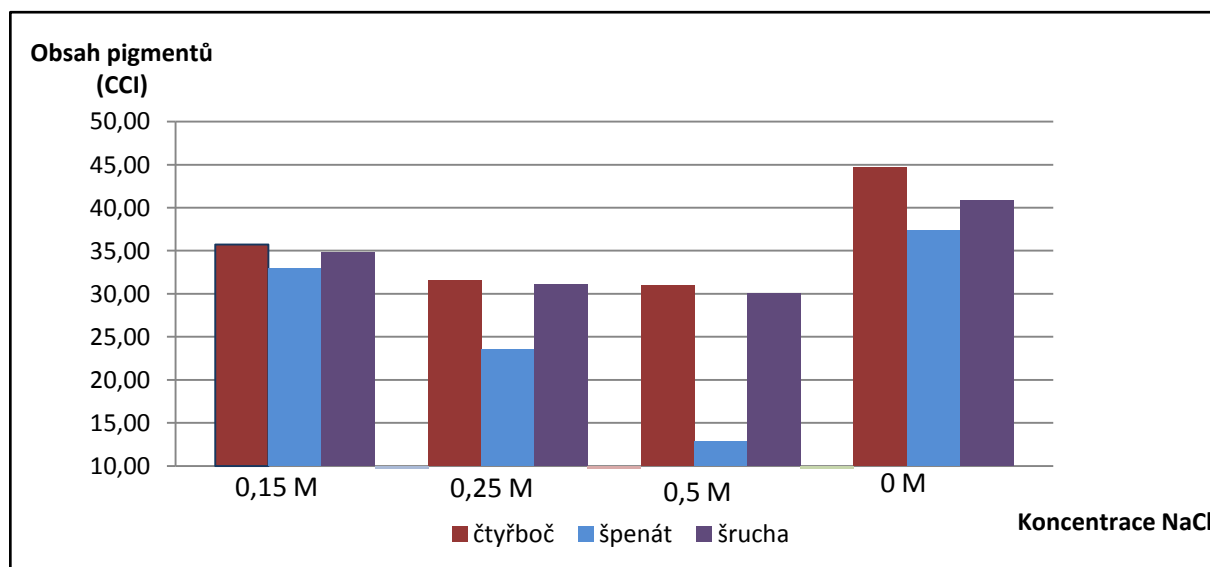
V případě rostlin šruchy pěstované v nejvyšší koncentraci soli (0,5 M NaCl, varianta S3) dochází k postupnému snižování obsahu pigmentů až do konce sledovaného období. Nejvyšší snížení je možné zaznamenat opět na počátku pokusu, kdy naměřená hodnota obsahu pigmentů byla 28,12 CCI. Po té se obsah pigmentů snižoval pozvolna až do konce pokusu, kdy naměřený obsah pigmentů činil 26,98 CCI, viz graf 3.



Graf 3: Obsah pigmentů v listech šruchy zelné (*Portulaca oleracea* L.) v závislosti na délce stresu a koncentraci soli v roztoku

V grafu 4 je shrnut vliv varianty na obsah pigmentů v listech pokusných rostlin. Z něho je patrné, že nejvyšší obsah pigmentů vykazují kontrolní rostliny v porovnání s rostlinami ze stresovaných podmínek. Nejvyšší obsah pigmentů v listech kontrolních rostlin vykazují rostliny čtyřboče (44,69 CCI) a nejnižší obsah pigmentů měly rostliny špenátu (37,36 CCI). U všech sledovaných rostlin byl zaznamenán pokles obsahu pigmentů v listech vlivem salinity. Nejvýraznější pokles obsahu pigmentů vykazují rostliny pěstované v nejvyšší koncentraci NaCl v roztoku. Nejnižší obsah pigmentů vykazovaly rostliny špenátu (12,90 CCI). Toto snížení bylo dáno také tím, že rostliny špenátu odumřely. Nejvyšší obsah pigmentů u této varianty měly rostliny čtyřboče (31,97 CCI). Snížení obsahu pigmentů mezi kontrolou a nejvyšší koncentrací NaCl činil u čtyřboče téměř 31 % a u špenátu přes 65 %. Nejméně citlivě reagovaly pokusné rostliny na nejnižší koncentraci soli v roztoku, kdy průměrné hodnoty obsahu pigmentů u čtyřboče byl 35,65 CCI a u špenátu 32,97 CCI, jak dokládá graf 4.

Z grafu 4 dále vyplývá, že na stres zasolením citlivěji reagují rostliny špenátu a jako tolerantní se jeví rostliny čtyřboče.



Graf 4: Průměrný obsah pigmentů v listech pokusných rostlin v závislosti na koncentraci soli v roztoku

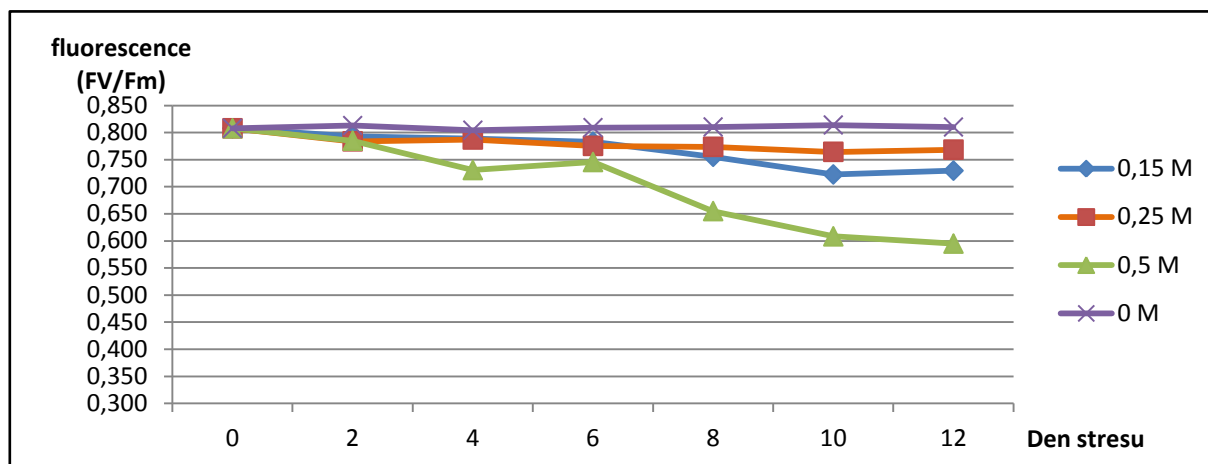
## 5.2. Fluorescence pigmentů

V grafu 5 je uveden vliv zasolení a ontogenetického vývoje rostlin čtyřboče na fluorescence pigmentů. Z uvedeného grafu vyplývá, že hodnoty fluorescence u kontrolních rostlin jsou víceméně vyrovnané. Na počátku pokusu byla hodnota fluorescence, stanovená na základě poměru  $F_v/F_m$  ve výši 0,808. V následném termínu měření se nepatrně fluorescence zvýšila na hodnotu 0,813. Od tohoto termínu měření až do konce sledovaného období byl poměr  $F_v/F_m$  u kontrolních rostlin čtyřboče relativně stabilní, neboť na konci pokusu byla fluorescence 0,810.

Hodnoty fluorescence byly ovlivněny salinitou prostředí, kdy u všech stresovaných rostlin byl zaznamenán pokles hodnot fluorescence v závislosti na délce trvání pokusu a koncentraci soli v zálivkové vodě. V případě rostlin rostoucích v nejnižší koncentraci soli v roztoku (S1) je možné zaznamenat téměř lineární pokles fluorescence, jak dokládá graf 5. Z něho je patrné, že na počátku pokusu byla hodnota fluorescence nejvyšší (0,808) a bezprostředně po zahájení pokusů se fluorescence snížila na hodnotu 0,723. Snižování hodnot fluorescence chlorofylů je možné zaznamenat až do 10. dne působení stresu (0,723). Na konci pokusu se fluorescence nepatrně zvýšila na hodnotu 0,730.

V případě rostlin pěstovaných ve variantě S2 je možné konstatovat, že pokles hodnot fluorescence je v porovnání s předcházející variantou téměř lineární. Naměřený interval hodnot fluorescence byl u této varianty v rozpětí hodnot poměru  $F_v/F_m$  0,764 (10. den) do 0,808 (0. den).

V případě fluorescence rostlin čtyřboče, které byly pěstovány v podmínkách nejvyšší koncentrace soli v roztoku (S3) je možné konstatovat v souladu s hodnotami uvedenými v grafu 5, že pokles hodnot fluorescence má dvě období. První pokles je možné zaznamenat na počátku pokusu, mezi 0. dnem pokusu a 4. dnem pokusu, kdy naměřené hodnoty fluorescence se pohybovaly v rozpětí od 0,808 (0. den) do 0,731 (4. den). Tento pokles je vystřídán zvýšením fluorescence na hodnotu 0,746. Avšak v následujícím termínu měření se již fluorescence opět snížila o 12 % na hodnotu 0,608. Tento pokles trval až do konce pokusu, kdy hodnota poměru  $F_v/F_m$  dosáhla výše 0,595.



Graf 5: Fluorescence v listech čtyřboče rozkladité (*Tetragonia tetraginoides*) v závislosti na délce stresu a koncentraci soli v roztoku

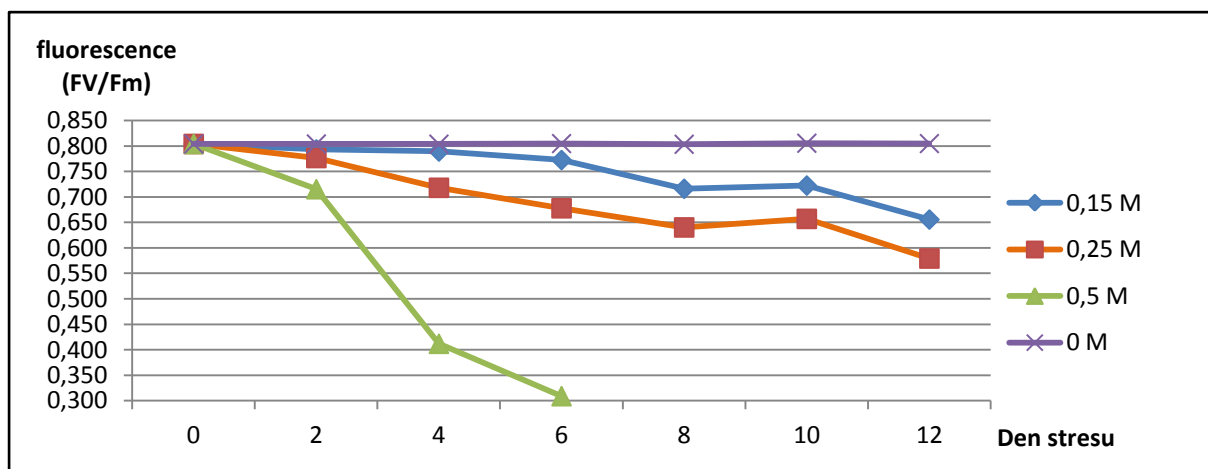
Na grafu 6 je vidět fluorescence špenátu setého v závislosti na obsahu soli v roztoku a na délce působení stresu. Z toho grafu je zřejmé, že fluorescence kontrolních rostlin špenátu se v průběhu pokusu neměnila. První naměřená hodnota poměru Fv/Fm byla 0,804, která vyšla i z druhého a třetího měření. Nejvyšší naměřená hodnota pro rostliny špenátu byly v kontrolní variantě při desátém dni měření (0,806). Ostatní varianty byly stresem značně poznamenány, jak dokazuje i graf 6.

Ve variantě zalévané roztokem 0,15 M NaCl (varianta S1) docházelo k postupnému úbytku, který se pozvolna zrychloval. Druhý den stresu byla naměřena hodnota 0,793 fluorescence, což je oproti prvnímu měření (0,804) o 1 % méně. Z grafu 6 je dále patrné, že postupný sestup hodnot, nebyl pravidelný, ale téměř setrvalý. Poslední a zároveň nejnižší hodnota pro variantu S1 (0,15 M) špenátu byla 0,656.

Stejný, ale rychlejší a výraznější trend úbytku fluorescence měla i středně slaná varianta S2 s 0,25 M NaCl, ve které byl v druhém dni stresu naměřena hodnota poměru Fv/Fm 0,777, což je o 3 procenta méně než při prvním měření. Dále hodnoty klesaly až s výjimkou desátého dne zasolení, protože to byla naměřena fluorescence špenátu 0,657, což je o více jak 2 % více než v předcházejícím měření (0,640). Při dvanáctém dni stresu byla hodnota opět znatelně menší (0,579) než v předchozím měření, konkrétně o víc jak 11 %.

Rostliny se zálivkou o koncentraci 0,5 M (S3) projeví známky stresu již v druhém dni a to snížením fluorescence o 11 % z původních 0,804 na 0,715. V této variantě byl pokles velmi drastický, čtvrtý den stresu byly hodnoty 0,412 a šestý den 0,309, což je úplně nejnižší

hodnota fluorescence všech sledovaných rostlin. Dále již nebylo co měřit, protože rostliny tomuto zasolení podlehly.



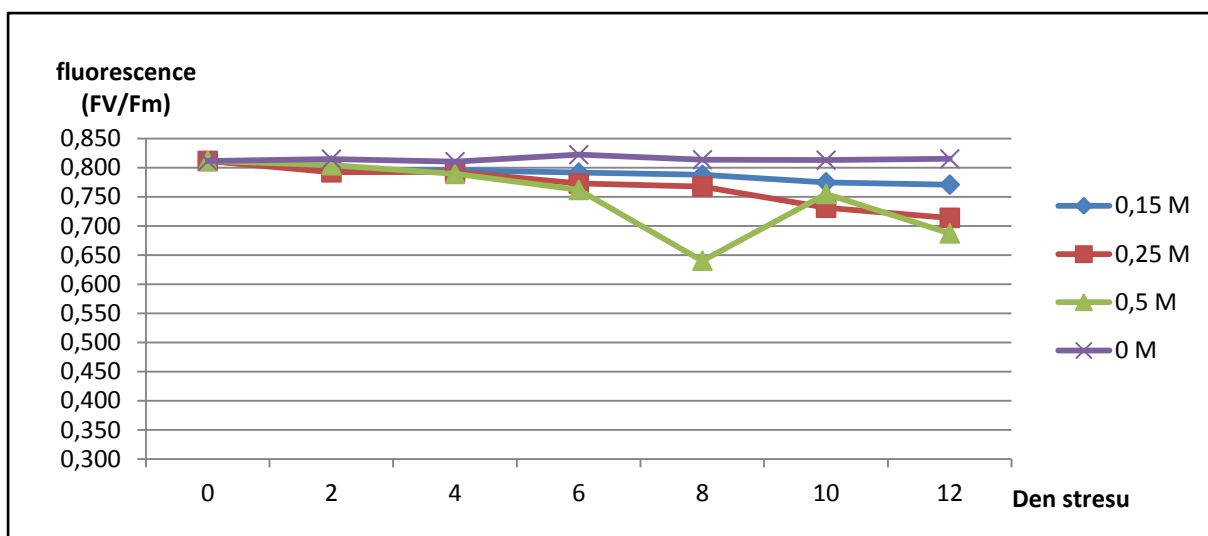
Graf 6: Fluorescence v listech špenátu setého (*Spinacia oleracea* L.) v závislosti na délce stresu a koncentraci soli v roztoku

Na grafu 7 je znázorněna fluorescence šruchy zelné. Z něho vyplývá, že rostliny šruchy reagují na sůl jenom méně než předcházející rostliny při měření fluorescence. V kontrolní variantě se rostliny šruchy zelné držely v intervalu od 0,810 (4. den stresu) do 0,822 (6. den stresu). První měření mělo hodnotu 0,812 a poslední 0,815, což ukazuje, že k výraznějším změnám nedochází.

Jak je velmi dobře vidět na 7. grafu, obdobné hodnoty si udržovala i varianta S1 (0,15 M), kdy při druhém dnu zasolení je naměřeno 0,796, což je téměř o 2 % méně než před zasolením (0,812). Mezi čtvrtým a dvanáctým dnem stresu hodnoty klesaly od 0,796 (4. den) až k 0,771 (12. den).

Velmi podobně se rostliny chovaly i při slanější variantě S2 (0,25 M). Ve druhém dnu stresu byly hodnoty fluorescence šruchy 0,792, což je o více jak 2 % menší hodnota oproti prvnímu měření (0,812) ve variantě S2. V následujícím období tento snižující trend pokračoval téměř lineárně až k hodnotě poměru Fv/Fm 0,714 ve dvanáctém dni zasolení.

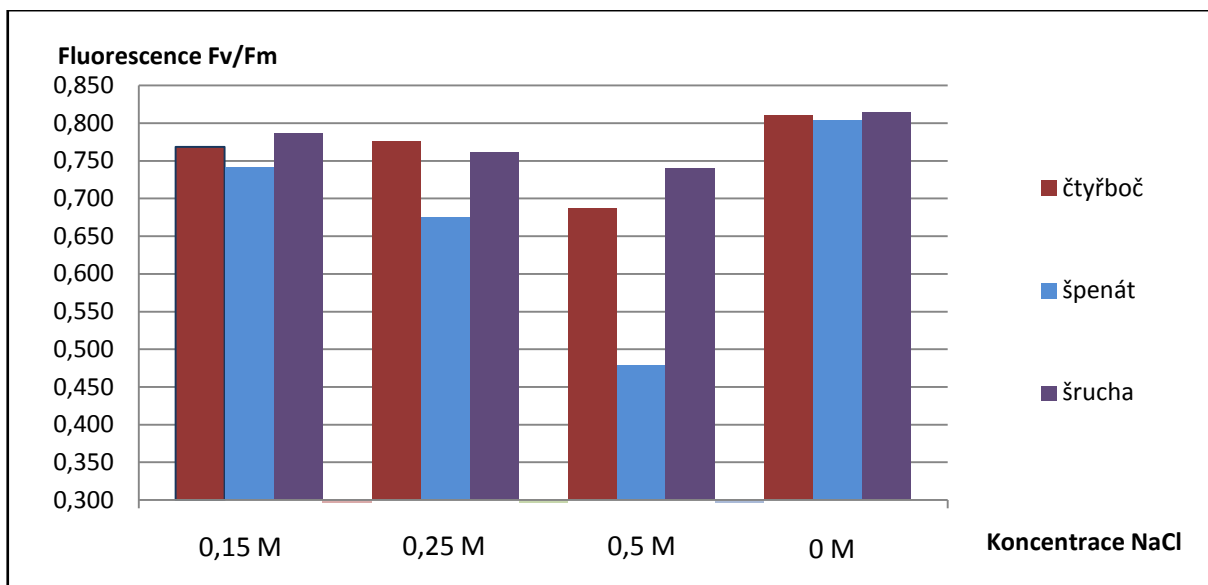
Trochu rozdílnou reakci měla salinita 0,5 M (S3). Nejprve pozvolně klesala její fluorescence, kdy při druhém dni zasolení bylo naměřeno 0,804 až k 6 dnu s hodnotou 0,773. Pak nastal velký sestup, jak je vidět i na grafu 7, až na 0,640, což je o snížení o téměř 16% oproti předcházejícímu měření. Následné desáté měření mělo opět hodnoty vyšší (0,755) a při posledním měření byla zjištěna 0,687 fluorescence šruchy.



Graf 7: Fluorescence v listech šruchy zelné (*Portulaca oleracea* L.) v závislosti na délce stresu a koncentraci soli v roztoku

V grafu 8 je shrnutý vliv zasolení na fluorescence všech třech sledovaných rostlin. Z něj je zřejmé, že lepší průměrné hodnoty najedeme v kontrolní variantě, než v jakékoliv variantě se solí. Úplně největší průměrnou hodnotu poměru Fv/Fm měla šrucha zelná (0,814) a to v rámci celého pokusu. Dále pak byla čtyřboč rozkladitá (0,810) a špenát (0,804) také v kontrolní variantě. Všechny stresované rostliny měly sníženou hodnotu fluorescence a to úměrně na zasolení, krom rostlin čtyřboče. U této rostliny byl lepší průměr ve variantě S2 (0,25 M) s hodnotou 0,775 ale v méně slané variantě S1 (0,15 M) byl průměr pouhých 0,769. Ostatní druhy rostlin reagovaly dle očekávání snížením fluorescence dle intenzity solí. Nejnižší získané hodnoty jsou u všech rostlin varianty 0,5 M (S3), kdy čtyřboč měla průměr 0,687. Jen o něco málo lépe vyšla šrucha (0,740) a nejhůře dopadly rostliny špenátu s průměrnou hodnotou 0,479, jak dokazuje i graf 8. Při porovnání nejstresovanější varianty S3 (0,5 M) a kontrolní varianty, je zjištěno, že ztráty fluorescence jsou pro čtyřboč přes 15%. Špenát projevil snížení o 40% a nejmenší známku stresu projevila šrucha s pouhými 9% při zasolení 0,5 M (S3) v porovnání s kontrolní variantou.

Z grafu 8 je zřejmé, že na stres zasolením při měření fluorescence reagují nejcitlivěji rostliny špenátu a jako značně tolerantní se projevují rostliny šruchy zelné.



Graf 8: Průměrný fluorescence pokusných rostlin v závislosti na koncentraci soli v roztoku



## 6. Diskuse

U vybraných zástupců listové zeleniny (špenát, šrucha a čtyřboč) byl sledován vliv rozdílné koncentrace soli v záливkové vodě na obsah pigmentů v listech (chlorofylový index) a fluorescenci chlorofylů.

### 6.1. Obsah pigmentů

Azooz et Ahmad (2016) zkoumali ztráty na výnosu pšenice a sóji při stresu. Kvalitu sóji jako veledůležitou potraviny zkoumá i Ng (2011). V této bakalářské práci jsme došli k závěru, že největší poškození na pozorovaných rostlinách vlivem zasolení bylo naměřeno u varianty S3 0,5M, kde nejhůře dopadl špenát, který nevydržel zasolení a během první poloviny odumřel. Kaya a kol. (2001) také pozorovali rostliny špenátu setého a došli k závěru, že snižování biomasy má jednoznačnou souvislost se stresem ze zasolení a to se při pokusu projevilo i zde. Šrucha v tomto druhu měření měla ztráty téměř 27 % (S3 je 30,07) s porovnáním průměrných hodnot kontrolní varianty (40,80). V této koncentraci solí přišel čtyřboč o necelých 31 % (0,5 M je 30,97 a 0 M je 44,69). Naopak nejnižší ztráty naměřených hodnot jsou viditelné u S1 varianty se zasolením 0,15M. Zde je nejmenší pokles u špenátu necelých 12 % (0,15M je 32,97 a 0M je 37,36). Druhá by se umístila šrucha se ztrátou 15,5 % (0,15M je 34,48 a 0M je 40,8) a největší míru stresu zaznamenáváme u čtyřboče, kde jsou ztráty naměřených hodnot přes 20 % (0,15M je 35,73 a 0M je 44,69). Poškození soli zkoumali i Ozturki et al. (2012), jenže ti se zabývali listy hrachu a také učinili závěr, že rostliny jsou více omezovány solí než vlastním stářím, ač s délkou zasolení se tento stav prohlubuje. Negativní vliv solí byl potvrzen i na výkonnosti rostlin bavlníku (Saleh, 2012). Dalšími, kdo potvrdili nepříznivé účinky stresu na rostlinách, byli Ahammed et Yu (2016), ti se zabývají vlivem stresu na fytohormonech.

Čtyřboč se jeví jako úplně nejvitalnější sledovaná rostlina při tomto způsobu měření. Její hodnoty jsou nejvyšší ve všech variantách v průběhu celého měření avšak i tato rostlina reaguje na zasolení negativně. Její naměřené hodnoty se snížily dle závislosti na salinitě záливky a jen nepatrně dle stáří. Špenát reaguje velmi intenzivně na přesolený roztok 0,5 M a to uhynutím již v první polovině měření. V koncentraci 0,25 M rostliny skomíraly celou dobu, ale u varianty 0,15 M si ke konci měřeného období relativně přivykly. U kontrolní varianty byl zaznamenán pokles hodnot v průběhu celého měření jen nepatrný. Což dokazuje, že rostlina mnohem více reaguje na salinity, než na vlastní stáří. Tento způsob měření u šruchy rozkladitě ukazuje, že je částečně proměnlivá v průběhu svého vývoje, ale mnohem znatelněji

reaguje na slanost. Toto zjištění je v souladu s Rahdari et al. (2012), kteří zkoumali šruchu zelnou vůči stresu zasolením a vyhodnotili ji jako soli částečně odolnou.

Z grafického vyjádření výsledku je zjevné, že všechny tři druhy rostlin měly nejlepší výsledky ve variantě bez zasolení, na čemž se shodují oba druhy měření. To, že některým rostlinám škodí zasolení, rozvádí ve své publikaci i Belkhodja et al. (1994), kde sledují ječmen při stresu ze zasolení ve tmě a za světla. Dále je zřejmé, že chlorofylmetr zaznamenal mnohem citelnější působení solí na rostliny. Ztráty u druhé metody měření jsou také značné, ale již ne tolik. Výsledky jsou až na drobné výjimky dle očekávání. Obecně se dá říci, že šrucha se přizpůsobila nejlépe a špenát nejhůře ze všech pozorovaných rostlin, což je v souladu s Rahdari et al. (2012), kteří stresovali šruchu zelnou a uvádí, že je soli částečně odolná.

## 6.2. Fluorescence pigmentů

U sledovaných rostlin listové zeleniny byly zaznamenány nejvyšší změny fluorescence chlorofylu v rámci stresované varianty S3, kdy jejich aktivita dosahovala následujících průměrných hodnot – 0,221 (špenát), 0,658 (šrucha), 0,779 (čtyřboč). Diference průměrných hodnot aktivity fotosystému II u sledovaných rostlin byly statisticky průkazné.

U špenátu se projevila výrazná změna aktivity fotosystému II v rámci stresované varianty S3 (0,5 M), kdy hodnoty aktivity PSII kolísaly od 0,6 do 0, kdy nastal úhyn rostlinného materiálu. Podobný závěr uvádějí ve své práci Zuo et al. (2014). Uvedení autoři konstatují, že byla zjištěna redukce kvantového výtěžku ( $F_v/F_m$ ) u řasy *Chlamydomonas reinhardtii* vlivem zasolení. U čtyřboče vykazovaly hodnoty v rámci všech variant stabilní charakter. U této rostliny byly průměrné hodnoty fluorescence chlorofylů – 0,787 (kontrolní varianta), 0,776 (stresovaná varianta S1), 0,782 (stresovaná varianta S2), 0,779 (stresovaná varianta S3).

Nejvyšší pokles hodnot aktivity transportu elektronů byl zaznamenán u špenátu, kdy se průměrná aktivita transportu elektronů pohybovala v rozmezí hodnot – 0,762 (kontrolní varianta) do 0,221 (stresovaná varianta S3). Shodně se špenátem bylo snížení aktivity PSII vlivem zasolení potvrzeno také u šťovíku (*Rumex sp. L.*), jak dokládají Chen et al. (2004).

Aktivita transportu elektronů se u šruchy měnila v závislosti na zvyšujícím se zasolením, kde nejvyšší hodnota aktivity PSII byla naměřena u stresované varianty S1 (0,15 M) – 0,769 a nejnižší u stresované varianty S3 (0,658). He et al. (2014) zkoumali vliv

zasolení o koncentraci 150 mM NaCl na fotochemický efekt PSII u sóji luštinaté (*Glycine max* L.). Uvedení autoři konstatují, že změna aktivity transportu elektronů u zmiňované koncentrace není v porovnání s kontrolou signifikantní, ale změny v rámci sledované stresované varianty v závislosti na termínu byly patrné. Obdobné závěry byly potvrzeny také u šruchy zelné, kdy se hodnota aktivity PSII u stresované varianty S1 snižovala v závislosti na ontogenetickém vývoji.

Z uvedených výsledků u listové zeleniny vyplývá snížení aktivity fluorescence pigmentů v rámci sledovaných rostlinných druhů, kdy u šruchy a špenátu byl zaznamenán pokles fluorescence chlorofylu v závislosti na koncentraci zasolení NaCl. Nejvyšší hodnota aktivity fotosystému II byla zaznamenána u všech sledovaných druhů v rámci stresované varianty S1.

## 7. Závěr

Cílem měření bylo stanovení pigmentů a stanovení změn fluorescence chlorofylů v závislosti na síle zasolení, a na rostlinném druhu. Z těchto pokusů vyplývá, že vliv zasolení je u všech sledovaných špenátových zelenin převažujícím faktorem nad stářím rostlin. Síla ovlivnění závisí na druhu rostliny a dávce soli.

1. Byl stanoven obsah pigmentů v rostlinách a díky tomu i závěr, že rostliny snižují jen pomalu aktivitu pigmentů. Toto snížení je pozvolné a závisí na síle zasolení. Při měření bylo prokázáno, že všechny rostliny reagují negativně na salinitu a to v různé míře. Nejcitlivěji reaguje špenát setý, který při nejslanější variantě S3 0,5 M podlehl stresu zasolení. Rostliny, šrucha zelná a čtyřboč rozkladitá, reagovaly vzájemně podobně, při měření chlorofylmetrem mezi nimi nebyly zaznamenány výrazné rozdíly.
2. Při měření fluorescence chlorofylů bylo potvrzeno, že rostliny jsou schopny vydržet stres ze zasolení i při salinitě 0,5 M, kromě již zmiňovaného špenátu, vcelku dobře. Tímto způsobem byly ale zjištěny rozdíly i mezi ostatními dvěma rostlinami. Kromě varianty 0,25 M má čtyřboč setý menší hodnoty než šrucha.
3. Také byly zodpovězeny předem stanovené hypotézy. Na hypotézu, jestli existují mezidruhové rozdíly v reakci rostlin na obsah solí v půdě, je odpověď zcela jednoznačně kladná. Tyto rozdíly jsou patrné již při prvních dnech a malém zasolení, ale značně rostou hlavně ve vyšších dávkách soli. Při měření obsahu pigmentů je pokles razantní již velmi brzy a dále se jen nepatrně mění, kdežto při měření fluorescence je tento stav pozvolný a výrazné rozdíly nastávají až v průběhu pokusu.
4. Na další položenou hypotézu existence rozdílů v obsahu pigmentů na koncentraci soli a druhu rostliny je odpověď opět kladná. Rozdíly jsou dokonce patrné během prvních dní stresu a tento stav se posléze mění jenom méně. Při měření chlorofylmetrem je rozdíl ve variantách zasolení patrný na první pohled, protože je to skokový rozdíl u všech třech rostlin.
5. Při poslední hypotéze, jestli existují mezidruhové rozdíly ve fluorescenci chlorofylu v závislosti na koncentraci soli, je odpověď jednoznačně kladná. I tyto rozdíly jsou patrné na všech grafech.

## Seznam použité literatury

- Ahammed, G. J., Yu, J. Q. 2016. Plant hormones under challenging environmental factors. Springer Science. Dordrecht. 269 s. ISBN: 9789401777568.
- Azooz, M. M., Ahmad, P. 2016. Plant-environment interaction, responses and approaches to mitigate stress. Wiley Blackwell. West Sussex. 368 s. ISBN: 9781119081005.
- Belkhdja, R., Morales, F., Abadia, A., Gomez-Aparisi, J., Abadia, J. 1994. Chlorophyll fluorescence as a possible tool for salinity tolerance screening in barley (*Hordeum vulgare* L.). *Plant Physiology*, 104 (2). 667-673.
- Bláha, L., Hnilička, F., Hniličková, H., Holubec, V., Möllerová, J., Štolcová, J., Zieglerová, J. 2003. Rostlina a stres. Výzkumný ústav rostlinné výroby. Praha. 156 s. ISBN: 8086555321.
- Chen, R., Rouzic, E., Kearney, J. A., Mansky, L. M., Benichou, S. 2004. V pr-mediated in corporation of UNG2 itno HIV-1 particles is required to modulate the virus station rate and for replication in macrophages. *J. Biol. Chem.* Dostupné také z: <http://www.jbc.org/content/early/2004/04/19/jbc.M403875200.full.pdf>
- Dolejší, A. 1989. Zelenina na zahrádce. Státní zemědělské nakladatelství. Praha. 216 s. ISBN: 0701589.
- Flowers, T. J., Galal, H. K., Bromham, L. 2010. Evolutin of halophytes: multiple origins of salt tolerance in land plants. *Functional Plant Biology*. 37. 604-612.
- He, Y., Yu, C., Zhou, L., Chen, Y., Liu, A., Jin, J., Hong, J., Qi, Y., Jiang, D. 2014. Rubisco decrease is involved in chloroplast protrusion and Rubisco-containing body formativ in soyben (*Glycine max.*) under salt stress. *Plant Physiology and Biochemisty* 74 (2014) 118-124. Dostupné také z: [https://www.researchgate.net/profile/Yi\\_He32/publication/259108741\\_Rubisco\\_decrease\\_is\\_involved\\_in\\_chloroplast\\_protrusion\\_and\\_Rubisco-containing\\_body\\_formation\\_in\\_soybean\\_Glycine\\_max\\_under\\_salt\\_stress/links/54f1328e0cf24eb87941da41/Rubisco-decrease-is-involved-in-chloroplast-protrusion-and-Rubisco-containing-body-formation-in-soybean-Glycine-max-under-salt-stress.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Yi_He32/publication/259108741_Rubisco_decrease_is_involved_in_chloroplast_protrusion_and_Rubisco-containing_body_formation_in_soybean_Glycine_max_under_salt_stress/links/54f1328e0cf24eb87941da41/Rubisco-decrease-is-involved-in-chloroplast-protrusion-and-Rubisco-containing-body-formation-in-soybean-Glycine-max-under-salt-stress.pdf)
- Hejný, S., Slavík, B. (eds.). 2003. Květena České republiky 2. Academia. Praha. 540 s. ISBN: 8020010890.
- Hong-Bo, S., Zong-Suo, L., Ming-An, S. 2005. LEA proteins in higher plants: structure, function, gene expression and regulativ. *Colloids Surf B Biointerfaces*. Vol. 45. P. 135-135. Dostupné také z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16199145>
- Ismal, A. M., Hall, A. E., Close, T. J. 199. Purification and partial characterization of a dehydrin involved in shilling tolerance during seedling emergence of cowpea. *Plant Physiology*. Vol. 120 (1), p. 237-244

Jones, H. G., Flowers, T.J., Jones, M. B. (Eds.). 2008 Plants under stress: Biochemistry, physiology and ecology and their application to plant improvement. Cambridge university press. p. 257. ISBN: 052105375.

Kaya, C., Higgs, D., Kirnak, H. 2001. The effects of high salinity (NaCl) and supplementary phosphorus and potassium on physiology and nutrition development of spinach. Bulgarian journal of plant physiology. Vol. 27. p. 47-59. Dostupné také na: [http://www.bio21.bas.bg/ipp/gapbfiles/v-27/01\\_3-4\\_47-59.pdf](http://www.bio21.bas.bg/ipp/gapbfiles/v-27/01_3-4_47-59.pdf)

Larcher, W. 1987. Stress bei Pflanzen. Naturwissenschaften. 74 (4). 158-167.

Larcher, W. 1998. Fyziologická ekologie rostlin. Academia. Praha 368 s.

Lichtenthaler, H. K. 1996. Vegetation Stress: an Introduction to the Stress Concept in Plants. Journal of Plant Physiology. Vol 148, 1-2, p. 4-14. ISSN: 01761617. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0176161796802872>

Lichtenthaler, H. K. 1998. The Stress Concept in Plants: An Introduction, Annals of the New York Academy of Sciences. 851. 187-198.

Liu, M. Zhang, Z. P., Song, Z. W., Kou, T. J., Zhang, W. J., Yu, J. L. 2012, Response of photosynthesis and chlorophyll fluorescence to drought stress in two maize cultivars. African Journal of Agricultural Research. 7 (34). 4751-4760.

Malý, I. (eds). 1998. Polní zelinářství. Agrospoj. Praha. 196 s.

Ng, T. B. 2011. Soybean - biochemistry, chemistry and physiology. InTech. Rijeka. 642 s. ISBN: 9789533072197. Dostupné z: <https://www.intechopen.com/books/soybean-biochemistry-chemistry-and-physiology/soybean-performance-under-salinity-stress>

Niu, G., Cabrera, R. I. 2010. Growth and Physiological Responses of Landscape Plants to Saline Water Irrigation: A Review. HortScience. 45 (11). 1605-1609.

Oberbeil, K., Lenzová, Ch. 2003. Léčba ovocem a zeleninou. 2. vydání. Fortuna Print. Praha. 294 s. ISBN: 8073092425.

Ozturki, L., Demir, Y., Unlukara, A., Karatas, I., Kurunc, A., Duzdeemir, O. 2012. Effects of long-term salt stress on antioxidant system, chlorophyll and proline contents in pea leaves. Romanian Biotechnological Letters. 17 (3). 7227-7236.

Pekárková, E. 2002. Pěstujeme salát, špenát a další listové zeleniny. Grada. Praha. 96 s. ISBN: 8024702835.

Pessarakli, M. 2011. Handbook of Plant and Crop Stress. CRC Press. p. 1216. ISBN: 9781439813966.

Procházka, S., Macháčková, I., Krekule, J., Šebánek, J. (eds.). 1998. Fyziologie rostlin. Academia. Praha. 484 s. ISBN: 8020005862.

Rahdari, P., Tavakoli, S., Hosseini, S. M. 2012. Studying of Salinity Stress Effect on Germination, Proline, Sugar, Protein, Lipid and Chlorophyll Content in Purslane (*Portulaca oleracea* L.) Leaves. *Journal of Stress Physiology & Biochemistry*. 8 (1). 182-193.

Rouy, S. J., Negrão, S., Tester, M. 2014. Salt resistant crop plants. *Current Opinion in Biotechnology*. 26. Elsevier. 115-124p.

Saleh, B. 2012. Salt stress alters physiological indicators in cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *Soil & Environment*. 31 (2). 113-118.

Troníčková, E., 1985. *Zelenina*. Artia. Praha. 223 s. ISBN: 3701286.

Zuo, Z., Zhu, Y., Bai, Y., Wang, Y. 2012. Acetic acid-induced programmed cell death and release of volatile organic compounds in *Chlamydomonas reinhardtii*. *Plant Physiology and Biochemistry* 51 (2012) 175-184. Dostupné také z:

<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.845.9139&rep=rep1&type=pdf>

Ostatní zdroje:

Online dostupné z: <https://www.semo.cz/eshop/spenat-sety-matador-3902/>

Online dostupné z: <http://www.raselina.cz/cs/produkty/substraty-a-zeminy>



## Seznam obrázků

Obr. 1: Rostlina špenátu setého (*Spinacia oleracea* L.). Online dostupné z: [http://www.guh.cz/edu/bi/biologie\\_rostliny/foto02/foto\\_049.jpg](http://www.guh.cz/edu/bi/biologie_rostliny/foto02/foto_049.jpg)

Obr. 2: Rostlina šruchy zelné (*Portulaca oleracea* L.). Online dostupné z: [http://zivutek.cz/images/articles/potraviny/rostlinky/srucha\\_zelna\\_1\\_450x600.jpg](http://zivutek.cz/images/articles/potraviny/rostlinky/srucha_zelna_1_450x600.jpg)

Obr. 3: Rostlina čtyřboče rozkladité (*Tetragonia tetraginoides* (PALL.)). <http://portal.wikwio.org/species/show/324>

Obr. 4: Schéma stresové reakce dle Lichtenthalera (1996)

Obr. 5: Mapa zasolení ve státech Evropské unie. Online dostupné také z: <http://agrilife.jrc.ec.europa.eu/documents/CZFactSheet-04.pdf>

Obr. 6: Chlorofyl CCM 200. Online dostupné z: <http://www.ekotechnika.cz/ccm-200-plus-pristroj-pro-mereni-obsahu-chlorofylu?kat=rostliny-ostatni>

Obr. 7: Přístroj OS1-FL. Online dostupné z: <http://www.damarus.com/product/64/os1-fl.htm>

Graf 1: Obsah pigmentů v listech čtyřboče rozkladité (*Tetragonia tetraginoides*) v závislosti na délce stresu a koncentraci soli v roztoku

Graf 2: Obsah pigmentů v listech špenátu setého (*Spinacia oleracea* L.) v závislosti na délce stresu a koncentraci soli v roztoku

Graf 3: Obsah pigmentů v listech šruchy zelné (*Portulaca oleracea* L.) v závislosti na délce stresu a koncentraci soli v roztoku

Graf 4: Průměrný obsah pigmentů v listech pokusných rostlin v závislosti na koncentraci soli v roztoku

Graf 5: Fluorescence v listech čtyřboče rozkladité (*Tetragonia tetraginoides*) v závislosti na délce stresu a koncentraci soli v roztoku

Graf 6: Fluorescence v listech špenátu setého (*Spinacia oleracea* L.) v závislosti na délce stresu a koncentraci soli v roztoku

Graf 7: Fluorescence v listech šruchy zelné (*Portulaca oleracea* L.) v závislosti na délce stresu a koncentraci soli v roztoku

Graf 8: Průměrný fluorescence pokusných rostlin v závislosti na koncentraci soli v roztoku