

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra botaniky a fyziologie rostlin



Vliv zasolení na rychlost výměny plynů a fluorescenci chlorofylů u juvenilních rostlin z čeledi *Cucurbitaceae*

Diplomová práce

Autor práce: Bc. Dominika Džačovská

Obor studia: Produkční zahradnictví AMZZ

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

© 2019 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Vliv zasolení na rychlost výměny plynů a fluorescenci chlorofylů u juvenilních rostlin z čeledi *Cucurbitaceae*" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 10.04.2019

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala doc. Ing. Františkovi Hnilčkoví. Ph.D. za ochotu, připomínky, rady a odborné vedení mé diplomové práce.

Vliv zasolení na rychlost výměny plynů a fluorescenci chlorofylů u juvenilních rostlin z čeledi *Cucurbitaceae*

Souhrn

Z globálního hlediska lze usoudit, že stres zasolením patří po stresu suchem mezi jeden z nejvýznamnějších stresových faktorů, a to především v aridních a semiaridních oblastech světa. Proto je cílem této práce sledování a vyhodnocení vlivu zasolení na rychlost výměny plynů a fluorescenci chlorofylů u vybraných juvenilních rostlin z čeledi *Cucurbitaceae*.

Salinita byla u rostlin navozena různými koncentracemi roztoku chloridu sodného prostřednictvím závlivy. Celkem byly 4 varianty, kontrola s nulovou koncentrací NaCl. Zbývající tři varianty měly koncentraci 0,15 M; 0,20 M a 0,25 M NaCl. Pokusnými rostlinami byly tři druhy plodové zeleniny – *Cucumis sativus* L. (okurka setá), *Cucurbita pepo* L. (tykev obecná) a *Lagenaria siceraria* (Molina) Standl. (lagenárie obecná). Rostliny byly zalévány 150 ml roztoku NaCl nebo destilovanou H₂O. V juvenilních fázích vývoje vybraných druhů plodové zeleniny byla měřena rychlost výměny plynů a stomatální vodivost pomocí infračerveného analyzátoru plynů LCpro+. Z hodnot fotosyntézy a transpirace byla vypočtena efektivita využití vody. Fluorescence chlorofylů byla měřena za pomoci fluorometru OS5p. Během pokusu se uskutečnilo 6 měření.

Dle získaných výsledků nejcitlivěji reagovala na zasolení okurka setá 'Markýza F1' (*Cucumis sativus* L.), u které byla naměřena nejnížší průměrná hodnota WUE (11 (10⁻³)) a zároveň měla nejvyšší rozdíl rychlosti fotosyntézy mezi kontrolní a stresovanou variantou 0,25 M v intervalu od 6,49 μmol CO₂.m⁻².s⁻¹ do 9,03 μmol CO₂.m⁻².s⁻¹. Jako odolná se jeví tykev obecná 'StartGreen F1' (*Cucurbita pepo* L.), která dosáhla nejvyšší průměrné hodnoty WUE 18,23 (10⁻³) a zároveň byl u ní naměřen nejnížší rozdíl rychlosti fotosyntézy mezi kontrolní a stresovanou variantou 0,25 M o 0,96 μmol CO₂.m⁻².s⁻¹, kdy v případě rostlin kontrolních byla rychlost fotosyntézy 7,63 μmol CO₂.m⁻².s⁻¹. Interval hodnot rychlosti transpirace byl od 0,37 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹ (0,20 M; tykev obecná) do 0,89 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹ (kontrola, lagenárie obecná). Fluorescence chlorofylů u všech plodin v kontrolní variantě byla 0,83. V případě stresové varianty byla nejnížší průměrná hodnota fluorescence chlorofylů naměřena u tykve obecné ve variantě 0,25 M (0,35), interval poměru Fv/Fm byl od 0,35 (0,25 M) do 0,83 (kontrola). Interval v případě lagenárie obecné byl od 0,39 (0,25 M) do 0,83 (kontrola), u okurky seté byl od 0,38 (0,25 M) do 0,83 (kontrola). Vlivem zasolení se rychlost stomatální vodivosti snížila u všech pokusných rostlin. Interval rychlosti se pohyboval od 0,02 mol.m⁻².s⁻¹ (0,20 M; tykev obecná) do 0,1 mol.m⁻².s⁻¹ (kontrola, okurka setá). Významná závislost byla zaznamenána u korelace transpirace se stomatální vodivostí, determinační koeficient byl u lagenárie obecné 0,77. V případě korelace fotosyntézy byla zjištěna slabá závislost u všech pokusných plodin.

Klíčová slova: zasolení, fotosyntéza, transpirace, WUE, fluorescence, tykev, okurka, lagenárie

The influence of salinity stress on gas Exchange and chlorophyll fluorescence in juvenile plants of the family *Cucurbitaceae*

Summary

From a global perspective, salinization stress is one of the most significant stress factors after drought stress, especially in arid and semiarid regions of the world. Therefore, the aim of this study is to monitor and evaluate the effect of salinization on the rate of gas exchange and chlorophyll fluorescence in selected juvenile plants of the *Cucurbitaceae* family. Salinity was induced in plants by various concentrations of sodium chloride solution. There were 4 variants in total. Control with zero NaCl concentration. The remaining three variants had a concentration of 0,15 M; 0,20 M and 0,25 M NaCl. The experimental plants were three species of fruit vegetables - *Cucumis sativus* L. (cucumber), *Cucurbita pepo* L. (gourd) and *Lagenaria siceraria* (Molina) Standl. (lagenaria). The plants were watered with 150 ml of NaCl solution or distilled H₂O. In the juvenile stages of development of selected species of fruit vegetables, the gas exchange rate and stomatal conductivity were measured using the infrared gas analyzer LCpro+. Efficiency of water utilization was calculated from photosynthesis and transpiration values. Chlorophyll fluorescence was measured using an OS5p fluorometer. Six measurements were made during the experiment.

According to the obtained results the most sensitive response to salinity stress was in cucumber 'Markýza F1' (*Cucumis sativus* L.), which had the lowest average value of WUE ($11(10^{-3})$) and equally had the highest rate of photosynthesis difference between control and stressed variant 0,25 M ranging from $6,49 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ and $9,03 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$.

The gourd 'StartGreen F1' (*Cucurbita pepo* L.) with the highest average value of WUE $18,23 (10^{-3})$ seems to be resistant to salinity stress. Here was measured the lowest difference between control and stressed groups of photosynthesis rate of $0,96 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, where in the case of control plants photosynthesis rate was $7,63 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. The rate of transpiration was $0,37 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (0,20 M, *Cucurbita pepo* L.) and $0,89 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (control, *Lagenaria siceraria*).

Chlorophyll fluorescence for all crops in the control variant was 0,83. In the case of a stress variant, the lowest average chlorophyll fluorescence value was measured for gourd (*Cucurbita pepo* L.) in the 0,25 M variant (0,35). The Fv / Fm interval was from 0,35 (0,25 M) and 0,83 (control). In general, the *Lagenaria siceraria* interval was from 0,39 (0,25 M) and 0,83 (control), and from 0,38 (0,25 M) and 0,83 (control) in cucumber. Due to salinity, the stomatal conductivity decreased in all experimental plants. The speed interval ranged from $0,02 \text{ mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (0,20 M; gourd) to $0,1 \text{ mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (control, cucumber). Significant dependence was observed in the correlation of transpiration with stomatal conductivity, the determination

coefficient was 0.77 in *Lagenaria siceraria*. In the case of photosynthesis correlation, a weak dependence was found in all experimental plants.

Keywords: salinity, photosynthesis, transpiration, WUE, fluorescence, gourd, cucumber, *Lagenaria siceraria*

Obsah

1	Úvod.....	1
2	Cíl práce.....	2
3	Literární rešerše	3
3.1	Čeleď <i>Cucurbitaceae</i> Juss.....	3
3.2	Historie a současnost pěstování	5
3.3	Botanická charakteristika druhu <i>Cucumis sativus</i> L.	6
3.4	Botanická charakteristika druhu <i>Lagenaria siceraria</i> (Molina) Standl.....	7
3.5	Botanická charakteristika druhu <i>Cucurbita pepo</i> L.	8
3.6	Stres a jeho definice	8
3.7	Zasolení půdy.....	12
3.8	Vliv zasolení na rostliny	15
4	Metodika.....	20
4.1	Charakteristika pokusného materiálu	20
4.2	Založení pokusu	21
4.3	Metody měření sledovaných charakteristik	22
4.3.1	Stanovení stomatální vodivosti a výměny rychlosti plynů	22
4.3.2	Stanovení fluorescence chlorofylů.....	23
4.3.3	Efektivita využití vody (WUE).....	23
4.4	Statistické metody	24
5	Výsledky.....	25
5.1	Rychlost fotosyntézy	25
5.2	Rychlost transpirace	30
5.3	Stomatální vodivost.....	35
5.4	Efektivita využití vody (WUE)	36
5.5	Fluorescence chlorofylu.....	37
6	Diskuze	38
6.1	Rychlost výměny plynů.....	38
6.1.1	Rychlost fotosyntézy	38
6.1.2	Rychlost transpirace	39
6.1.3	Stomatální vodivost.....	40
6.2	Efektivita využití vody (WUE)	41
6.3	Fluorescence chlorofylu.....	42
7	Závěr	44
8	Seznam literatury	45

1 Úvod

Salinita je jedním z nejvýznamnějších globálních problémů, která má negativní dopad na pěstování rostlin, a to především v aridních a semiaridních oblastech, kde převažuje výpar vody nad množstvím srážek. Zasolování se stává celosvětovým problémem. V 90. letech bylo zasolováním zničeno 45 miliónů hektarů půdy. Bezmála polovice všech zavlažovaných parcel a zhruba 20 % pěstebních ploch ve světě je ovlivněna salinitou. Rostlinné druhy a kultivary v rámci plodiny se liší ve svých reakcích na zvýšený obsah vodorozpustných solí v půdě. Předpokládá se, že do roku 2050 bude salinita a sucho v mnoha oblastech obzvláště rozšířená, a to může způsobit vážnou salinizaci na veškeré orné půdě. Proto studie stanovení míry tolerance či citlivosti vybraných druhů rostlin na zasolení má zvláštní význam.

Nahromadění vysokého obsahu solí v matečné hornině nebo podzemní vodě se pokládají za primární salinizaci, k sekundární dochází vlivem lidské činnosti, a to ku příkladu zavlažováním, kdy je použitý nevhodný zdroj závlahové vody s vysokým obsahem soli. Velké množství soli se do půdy dostává i nadměrným užíváním minerálních hnojiv, postřiků a zemědělské techniky.

Salinizace je nejrozšířenějším procesem degradace půdy. V zemích jako je Maďarsko, Řecko, Rumunsko, Itálie a Pyrenejský poloostrov zasolené půdy hrají významnou roli. Podle odhadů zasolení postihuje zhruba 1 až 3 miliony hektarů půdy na území Evropské unie. Zasolení půdy v České republice se týká malého území, tedy zde není zatím vážným problémem.

Zdrojem solí jsou nejčastěji anionty (SO_4^{2-} , Cl^- , CO_3^-) a kationty (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+). V kyselých půdách to je Al^{3+} a Fe^{3+} . Jejich nepříznivé toxické účinky mohou narušovat fyziologické a biochemické funkce buňky, a nakonec vést k jejich smrti. Nadbytečná koncentrace solí v půdě vede k negativním účinkům pro většinu rostlin.

Metody šlechtění rostliny bývají často používané k vývoji tolerantních genotypů plodin vůči zasolení v různých částech světa. V poslední době se stala nadějným nástrojem na tvorbu tolerantních odrůd technologie transformace genů za použití rekombinantní DNA.

Neexistuje žádný fyziologický proces, který objasňuje proč je rostlina tolerantní nebo citlivá, spíše to je souhra fyziologických procesů řízených skupinou genů.

Námi vybrané druhy plodové zeleniny se řadí k plodinám citlivým na zasolení. Cílem práce je měření rychlosti výměny plynů a fluorescence chlorofylů v závislosti na působení stresu ze zasolení u vybraných druhů rostlin z čeledi tykvovité: okurka setá 'Markýza F1', tykev obecná 'StartGreen F1', lagenárie obecná.

2 Cíl práce

Cílem práce je:

1. Sledování vlivu rozdílné koncentrace chloridu sodného na fyziologické parametry vybraných zástupců čeledi tykvovité.
2. Stanovení míry toleranci/ citlivosti juvenilních rostlin vybraných druhů na zasolení.

Na základě navržených cílů práce vyplývají následující hypotézy:

1. Existují mezidruhové rozdíly v reakci na zasolení?
2. Ovlivňuje zasolení rychlost fotosyntézy a transpirace, stomatální vodivosti a fluorescenci chlorofylů?
3. Existují mezidruhové rozdíly v hospodaření s vodou vlivem působení salinity, stanovené na základě hodnot WUE.

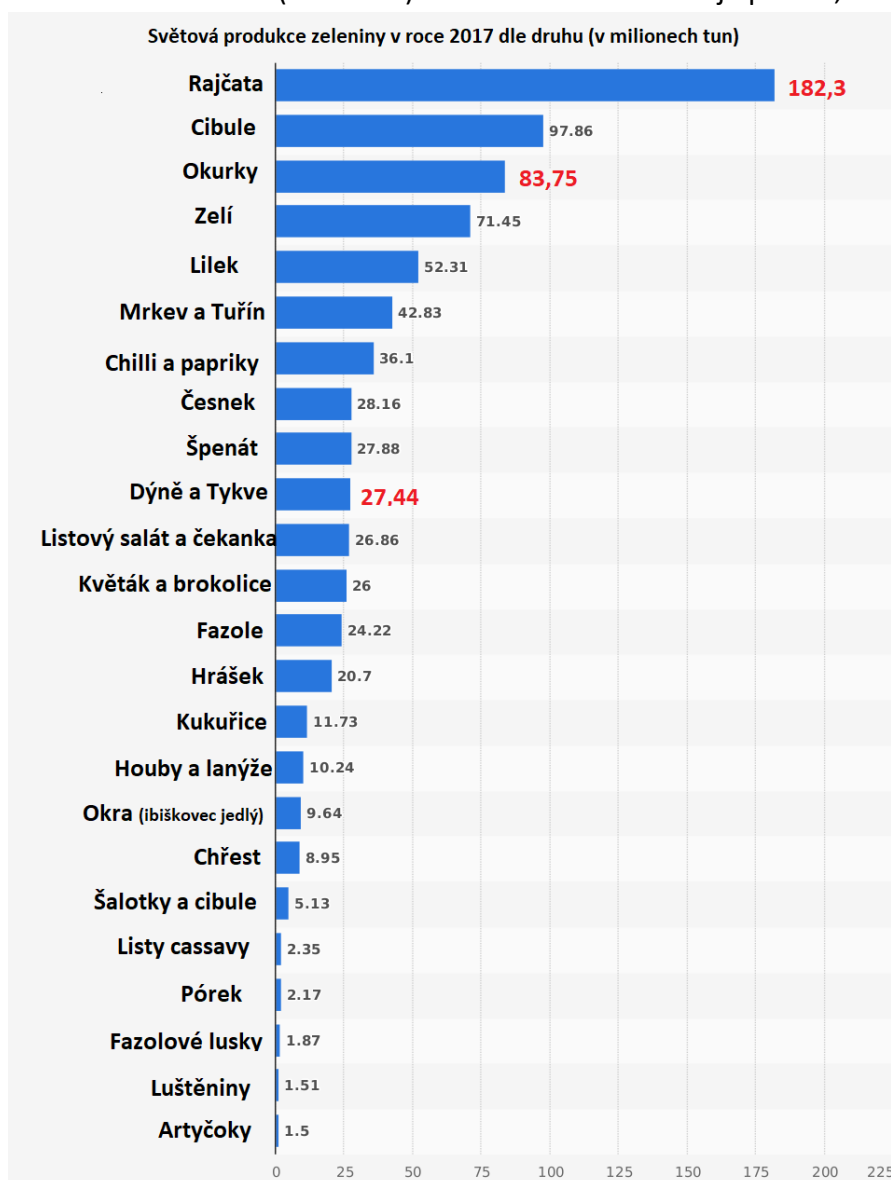
Zvolené pokusné druhy rostlin byly vybrány z důvodu především jejich domestikace a pěstování. Jedná se především o aridnější oblasti Země. Dalším kritériem byl předpoklad, že této druhy rostlin patří mezi nejpěstovanější ve světě, a je důležité poznat vliv salinity na vývoj a růst těchto plodin. Dle vybraných fyziologických parametrů lze stanovit toleranci, respektive citlivost na zasolení u vybraných druhů rostlin.

3 Literární rešerše

3.1 Čeleď *Cucurbitaceae* Juss.

Mezi nejčastěji pěstovanou zeleninu ve světě patří druhy z čeledi *Cucurbitaceae*, která je odrůdově bohatá. Do její taxonomie se dle Pessarakiho (2016) řadí zhruba 118 rodů a 825 druhů. Absolutní většina rostlin z této čeledi pochází z teplého klimatu a je náročná na teplo, živiny a vodu. Některé druhy jako jsou okurky, melouny, cukety apod. jsou v České republice dobře známé, zatímco jiné jsou pro toto podnebí nevhodné. V našich klimatických podmínkách vyžadují vhodné pěstitelské zařízení jako je skleník, fóliovník apod. (Hlava et al. 1998).

Tykvovité rostliny se primárně skládají z konzumních druhů užívané napříč celým světem jako potraviny. Celosvětově patří okurky na 3. místo nejpěstovanějších zelenin, tykve se umístili na 10. místě (viz obr. 1). Z uvedeného obrázku je patrné, že na 1. místě jsou rajčata.

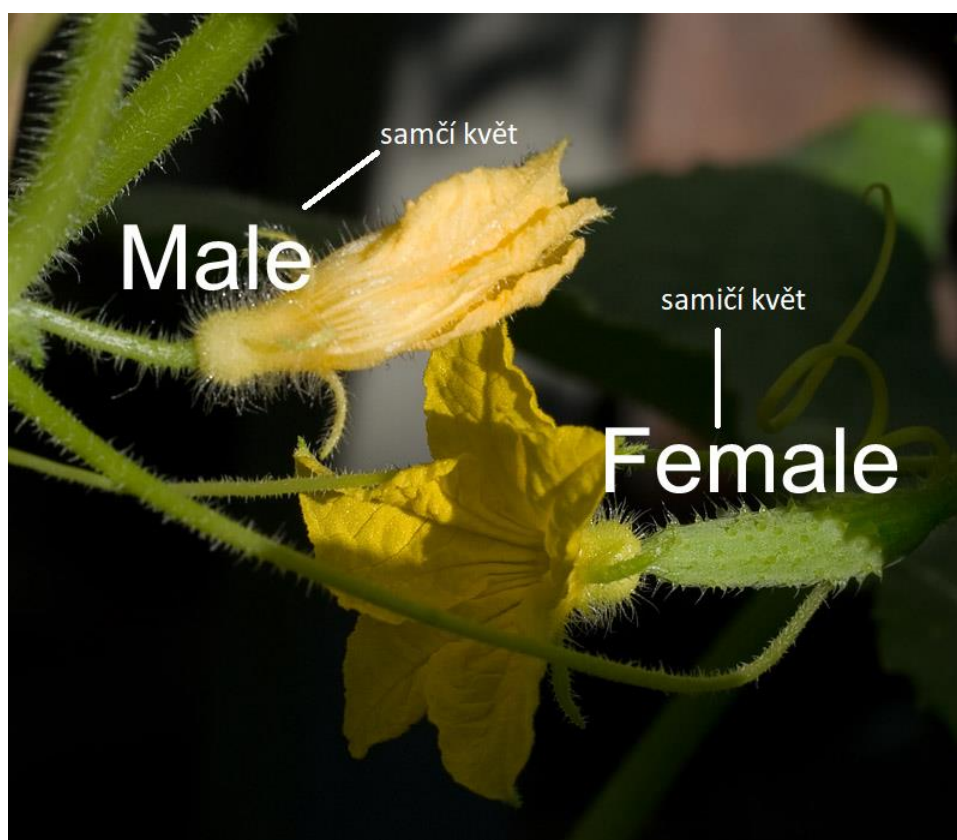


Obr. 1: Světová produkce zeleniny v roce 2017 (upraveno dle statista.com)

Čeď je kosmopolitně rozšířená, kromě polárních oblastí a chladných oblastí mírného pásma. Největší diverzita těchto plodin je uváděna v oblasti Afriky. V České republice není žádný druh z *Cucurbitaceae* původní (Hejný & Slavík 2003).

Bisognin (2002) uvádí, že jsou si tyto rostliny podobné ve vývinu nadzemních orgánů, avšak vykazují vysokou diverzitu tvaru plodů.

Hejný & Slavík (2003) dále řadí tykvovité mezi jednoleté či vytrvalé byliny, které mají nedřevnatící nadzemní stonek s popínavými či plazivými lodyhami. Hlava et al. (1998) konstatují, že se jedná především o jednoleté byliny. V menším zastoupení se zde vyskytují i dřevnaté liány s měkkým dřevem, které využívají pro svoji oporu kmen stromu. Tím se rostlina dostává do vyšších poloh a získává tak dostatek světla pro fotosyntézu. Kořeny jsou tenké nebo řepovitě či hlízovitě ztloustlé. U této čeledi jsou typické úponky, které jsou 2 až 3krát větvené nebo jednoduché, někteří zástupci je nemají. Cévní svazek je bikolaterální (Hejný & Slavík 2003). Kromě čajotu a lufy mají všechny druhy ochlupené stonky. Chlupy (trichomy) jsou jednoduché, na bázi s cystolity mineralizované. Listy jsou střídavé, jednoduché a méně často se zde vyskytují i dlanitě složené, bez palistů. Listová čepel je dlanitě laločnatá, s dlanitou žilnatinou (Hejný & Slavík 2003). Dle Robinsona (1997) má řapík listů na průřezu tvar půlměsíce. Květy jsou jednopohlavné, žluté nebo bílé a pravidelné. Květenství je hroznovité, vrcholičnaté. Samčí a samičí květy mohou být rozdílného vzhledu (viz obr. 2).



Obr. 2: Samčí a samičí květ *Cucumis sativus* L. (upraveno dle pbase.com)

Kalich a koruna pozůstávají z 5 až 7 lístků, méně často ze tří nebo šest. Koruna je srostlá anebo volná, kalich je na bázi srostlý v češuli. Samčí květy pozůstávají z 5 tyčinek, často srůstají ve 2 nebo 3. Samičí květ má typický spodní semeník, srostlý ze 3 až 6 plodolistů. Nejčastěji je plodem dužnatá bobule různého tvaru, velikosti a barvy s tenkým až silným vnějším oplodím, méně často se vyskytuje tobolka. Semena jsou plochá bez endospermu, pylová zrna jsou velká u některých rodů, jako je např. tykev je lze vidět pouhým okem (Hlava et al. 1998; Judd 2002; Hejný & Slavík 2003; Smith 2003).

3.2 Historie a současnost pěstování

Čeleď *Cucurbitaceae* Juss. je hospodářsky významná skupina tropických a subtropických rostlin, která je poměrně stará. Z evolučního hlediska se její stáří datuje na 15 000 let (Pessarakli 2016).

K nejpěstovanějším a nejznámějším plodinám této čeledi ve světě patří *Cucumis sativus* L. (okurka setá), která byla známá již 3000 let před naším letopočtem v Indii (Kroon et al. 1979; Pekárková 2001). Dle Petříkové et al. (2006) je původním místem výskytu okurky východní Indie. Dále tito autoři uvádějí, že nejstarší záznamy pocházejí z Egypta a jsou 4000 let staré. Ve střední Evropě byly nejstarší záznamy nalezeny v Mikulčicích a pocházejí z období Velkomoravské říše. Petříková et al. (2006) konstatují, že do severní Evropy ji rozšířili koncem středověku Slované. Kroon et al. (1979) dále uvádí, že byla okurka poté pěstována na východě a jihu Himalájí. Okurka setá se rozšířila do dalších oblastí jako jsou Řecko, Itálie nebo Čína. Swiader et al. (1992) ve své práci uvádí zachovalost záznamu, který dokazuje pěstování okurek v 9. století ve Francii, o 5 století později v Anglii a od poloviny 16. století v Severní Americe.

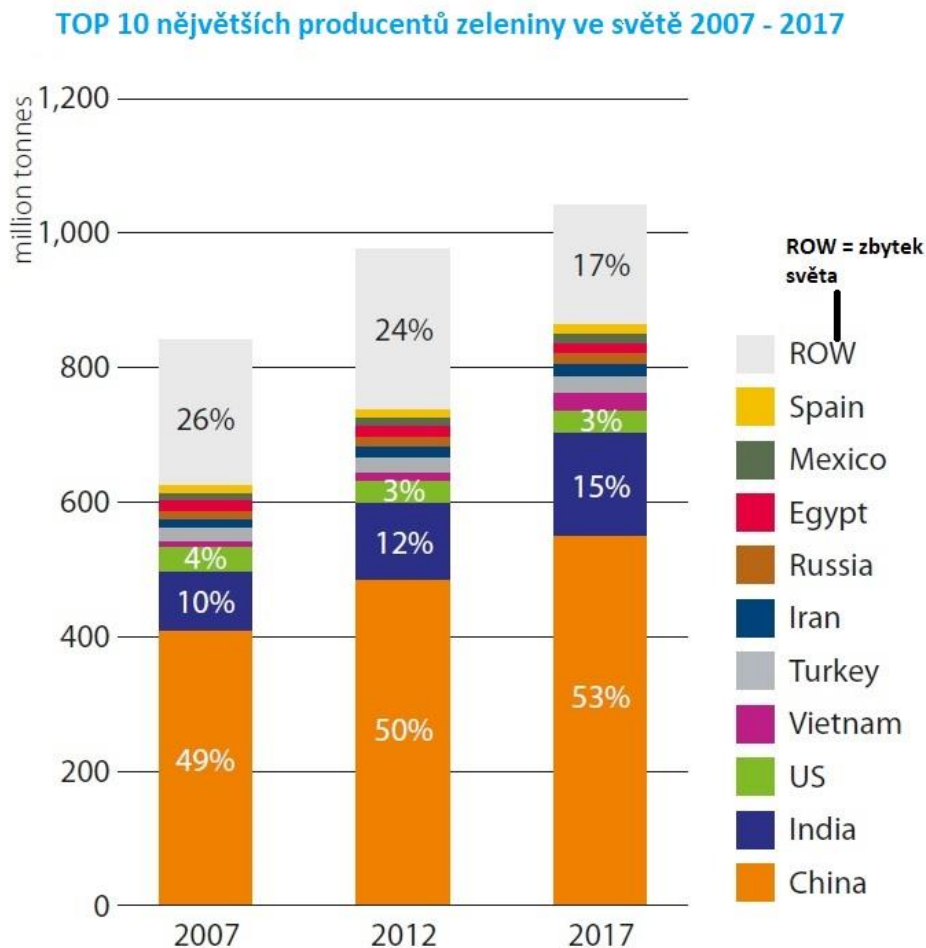
Podle statistického úřadu FAO (2019) se pěstovala v roce 2017 v České republice okurka setá na 337 ha půdy. V porovnání s rokem 2016 byl zaznamenán pokles o 119 ha. V roce 2017 se na území ČR vyprodukovalo 20 792 tun okurek, s výnosem 68 t. ha⁻¹. Celosvětově se v tomto roce vypěstovalo 83 miliónů tun, největším producentem je Asie s produkcí 73 miliónů tun. V Evropě byl zaznamenán pokles výnosu v srovnání s rokem 2016.

Nejstarší známé pozůstatky *Cucurbita pepo* L. byly dle Smitha (1997) získané v údolí Oaxaca v Mexiku v jeskyni zvané Guila Naquitz a jsou starší víc než 9000 let. Decker (1988) dále konstatuje, že semena planých druhů tykví se datují k nejstarším pozůstatkům *Cucurbita pepo* L. Nejstarší dochovaná semena pochází z období 5000 let před n. l. (Hlava et al. 1998). Tykev patří mezi nejstarší kulturní plodiny, které byly využívány původními obyvateli Ameriky, hlavně pro olejnatá semena a pro jedlé plody. Dnes se pěstuje hlavně v USA, ale také v jižní a východní Evropě (Hlava et al. 1998).

Tindall (1968) a Hlava et al. (1998) uvádí původ lagenárie v oblasti Afriky. Dle archeologických záznamů se tato plodina pěstovala zhruba 5000 až 7000 let před našim letopočtem (Rubatzky 1997).

Tykví a lagenárie se celosvětově vyprodukovalo 27 miliónů tun v roce 2017. Pěstební plocha byla 2 miliony ha. Ve srovnání s rokem 2016 byl registrován vzrůst výnosu. Nejvíce se jich dle FAO (2019) vyprodukovalo v Asii, a to 16 miliónů tun.

Z obrázku č. 3 je patrné, že Čína patří celkem k největším pěstitelům zeleniny ve světě (seedquest.com 2018).



Obr. 3: Top 10 producentů zeleniny (upraveno dle seedquest.com)

3.3 Botanická charakteristika druhu *Cucumis sativus* L.

Okurka setá patří k nejdůležitějším zeleninám s nejvyšším výnosem (Pekárková 2001). V Evropě je známá již z dob Karla Velikého z přelomu 7. a 8. století. Za přímého předka se považuje drobnoplodý druh *Cucumis harddwickii*, který dodnes planě roste na úpatí Himalájí. Pochází z Indie a postupně se rozšiřovala do všech oblastí mírného podnebného pásma (Pekárková 2001).

Okurka dosahuje délky až 200 cm, větví se, je poléhavá a vytváří úponky (Pekárková 2001; Hejný & Slavík 2003). Je výrazně teplomilná, při teplotách nižších než 10 °C zastavuje růst. Při optimální teplotě roste rychle a plodí. Škodí ji nedostatek vláhy, živin a pokles teploty.

Kořeny mají okurky mělce pod povrchem půdy, proto jsou choulostivé na přeschnutí i prochlazení, snadno podléhá chorobám (Pekárková 2001). Petříková et al. (2006) konstatují, že při dosáhnutí asi 100 mm délky hlavního kořene, se zastaví růst a kořeny se dále rozvíjejí do šířky. Za nepříznivých podmínek dochází k snižování tvorby samičích květů (Yaghi et al. 2013).

Rostliny jsou drsně štětinatě chlupaté, jednoleté s hranatou lodyhou (Petříková et al. 2006). Listy jsou pětialočné pokryté chloupky. Bartoš et al. (2000) uvádí, že se jedná o jednodomé rostliny, které mají odděleně samčí a samičí květy. Barva květu je sytě žlutá a má v průměru velikost 2 až 4 centimetry. Vyskytují se zde i partenokarpické typy, které vytvářejí plody bez opylení a bez semen, jsou proto vhodné na pěstování do skleníku. Trendem posledních let je, že starší odrůdy jsou vytlačovány F_1 hybridy. Mají o 20 % vyšší výnos než původní odrůdy, neboť jsou převážně tvořeny samičími květy. Plodem je dužnatá tří až pětipouzdrá bobule, válcovitého tvaru (Petříková et al. 2006). Dle těchto autorů je povrch plodu jemně či hrubě bradavičnatý. Barva je různá od světlazelené až po tmavozelenou. Jejich délka se pohybuje kolem 5 až 40 centimetrů a šířka 2 až 10 centimetrů (Hejný & Slavík 2003). Na slizovité placentě v plodu vyrůstají semena s výjimkou partenokarpických odrůd. U semen se udává klíčivost až 6 let, HTS je 20–30 g (Petříková et al. 2006).

Dle Petříkové & Malého (1998) obsahuje okurka zhruba 3,5 až 4,5 % sušiny, 0,7 % bílkovin, 0,1 % tuků a 0,75 až 1,2 % cukrů. Z vitamínů obsahuje β – karoten, B1 a B2. Jsou poměrně těžko stravitelné a mají nízkou energetickou hodnotu.

3.4 Botanická charakteristika druhu *Lagenaria siceraria* (Molina) Standl.

Ze šesti známých druhů lagenárie obecné pět pochází z tropické části západní Afriky. Nejvýznamnější z nich má původ v jižní a jihovýchodní Asii, odkud se dále šířil do tropů a subtropů všech kontinentů, obzvláště do Indie a Afriky (Hlava et al. 1998). Tindall (1983) uvádí pěstování i lokálně ve Spojených státech.

Hlava et al. (1998) konstatují, že se jedná o statnou, popínavou jednoletku s drsně chlupatou lodyhou, která je teplomilná. Dorůstá 3 až 4 metrů. Listy mají tvar srdčitý, ledvinovitý či laločnatý o šířce 10 až 40 cm a řapík má délku 5 až 30 centimetrů. Barva je světle zelená. Při jejich porušení dochází k zápachu. Dva úponky vyrůstají ze stonku a dál se větví. Květy jsou jednopohlavné s pětičetným kalichem a korunou, vyrůstají z podpaždí listů a mají bílou barvu. Samčí květ vyrůstá na dlouhých stopkách a tvoří ho tři tyčinky. Samičí květy vyrůstají na krátkých stopkách se spodním semeníkem. Samčí a samičí květy se otevírají pozdě večer. Plod je dužnatá bobule, která má různý tvar a velikost, často se u lagenárie vyskytují i bizarní tvary. Povrch plodu je bělavý anebo zelenavý, může se také vyskytovat panašovaný. Semena má podlouhlá (Tindall 1983; Hlava et al. 1998; Valíček 2004).

Pěstování lagenárie se neliší od pěstování ostatních druhů tykvovité zeleniny. Prosperuje především na bohatých a dobře vyhnojených půdách. Doporučuje se ji pěstovat na písčité či hlinité půdě, dobře propustné s pH kolem sedmi. V klimatických podmínkách České republiky je vhodné ji pěstovat ve fóliovnících nebo studených sklenících. V tropech a subtropích se vysévá přímo na trvalé stanoviště (Rubatzky 1997; Hlava et al. 1998).

U nás je tento druh známý jako indická okurka. Dle Hlavy et al. (1998) slouží mladé plody jako zelenina. V čerstvém stavu obsahují 95 % vody, 3 % sacharidů, 1 % vlákniny, 0,6 % bílkovin, 0,5 % minerálních látek a 0,1 % tuku. Z vitamínů obsahuje provitamin A, vitamín B1 a B2, vitamín C.

V plné zralosti dochází u lagenárie ke zdřevnatění plodu a dužnina vyschne. Suché plody se využívají k výrobě nádob či hudebních nástrojů (Hlava et al. 1998).

3.5 Botanická charakteristika druhu *Cucurbita pepo* L.

Tykev má svůj původ v Jižní a Střední Americe, především v jižním Mexiku. Hlava et al. (1998) konstatují, že rod *Cucurbita* tvoří zhruba 25 druhů. Většina z nich jsou prastaré kulturní plodiny, které využívaly již původní obyvatelé Ameriky dlouho před našim letopočtem (Petříková et al. 2006). Některé se pěstovaly pro olejnatá semena, jiné pro jedlé plody nebo kvašením z nich připravovaly alkoholické nápoje.

Tykev obecná se v současnosti pěstuje především v USA. Dle Petříkové et al. (2006) zde byly vyšlechtěny stovky odrůd, tradice Halloweenu se rozšířila i do Evropy. Dle těchto autorů se tykev v Evropě pěstuje od objevení Ameriky, kdy se dovezla spolu s paprikou a kukuřicí.

Je jednoletá plazivá rostlina, která má šlahouny dlouhé až 5 metrů (Pekárková 2001). Petříková et al. (2006) uvádějí převážně keříčkový růst. Listy jsou dlouze řapíkaté s velkou různě členěnou čepelí, jejich průměr se pohybuje od 8 do 70 centimetrů. Často se u listů vyskytují bílé skvrny, ne však u hlavní žilnatině (Petříková et al. 2006). Stonek je pětihranný, listy jsou chlupaté a okraj listu je mírně pilovitý. Květy jsou žluté, velké a jednodomé. Koruna je zvonkovitá asi 10 cm dlouhá. Samčí květy se rozvíjejí dříve než samičí. Plodem je dužnatá bobule, která se dle tvaru, velikosti a zbarvení člení do řady variet. Vnější oplodí tuhé, měkké, kožovité, barva žlutá až oranžová (Biggs 1997, Hlava et al. 1998; Hejný & Slavík 2003).

Ke svému rychlému růstu vyžadují tykve teplé prostředí a slunné stanoviště. Jsou citlivé na jarní a podzimní mráz. Potřebují dobře vyhnojenou půdu s obsahem humusu (Bartoš et al. 2000). V našich podmínkách je hojně pěstována vzhledem k tomu, že je široce přizpůsobivá. V méně příznivých podmínkách se osvědčuje předpěstování pod fóliovým tunelem nebo v otevřeném pařeništi.

Dle Petříkové & Malého (1998) obsahuje dužnina tykve z 86 až 90 % vodu a dále minerální látky železo, draslík, hořčík a sodík. Obsahuje také alfa a beta karoten.

3.6 Stres a jeho definice

Produkce zemědělství ve všech oblastech světa je limitována mnoha faktory. Mezi nejvíce omezující faktory patří biotické a abiotické stresory. Mezi biotické faktory patří

herbivorní živočichové (spásání, poranění), patogenní mikroorganismy (viry, mikroorganismy, houby) a vzájemné negativní ovlivňování se rostlinami jako je alelopatie nebo parazitismus. Abiotické faktory se dělí na fyzikální a chemické. Mezi fyzikální řadíme nadměrné záření (UV, viditelné), mechanické účinky větru a extrémní teploty (horko, chlad). Mezi chemické stresové faktory patří nedostatek vody, nedostatek kyslíku (hypoxie, anoxie) a živin v půdě, toxické kovy v půdě, nadbytek iontů solí, nadbytek vodíku v půdě, toxické plyny ve vzduchu (Flynn 2003, Kúdela et al. 2013). Abiotický stres vede k řadě změn morfologických, biochemických, fyziologických a molekulárních, které ovlivňují produktivitu (Wang et al. 2001). Tyto faktory zpravidla nejenže zpomalují životní funkce rostlin, ale nepříznivě ovlivňují výši a kvalitu získaného produktu, a také mohou vést k odumření jedince či celé populace (Hnilička & Hniličková 2006). Celosvětově začleňujeme mezi nejzávažnější abiotický stres vodní deficit (Yancey et al. 1982). Dle Böhma et al. (2017) salinita patří na druhé místo po vodním stresu a negativně ovlivňuje růst rostlin a produkci ve světě. Mezi další omezující faktory patří nedostatek živin či toxicita některých prvků. V důsledku působení stresorů je dle Boyera (1982) výnosový potenciál plodin omezen celosvětově zhruba z 25 %. Tolerance k těmto vážným stresorům má v pozornosti mnoho šlechtitelů, kteří se zabývají zemědělskými plodinami, zejména v semiaridních a aridních oblastech světa a také v částech, kde se závlahové zemědělství a zasolení půdy vyskytuje nejčastěji (McCue & Hanson 1990). Zasolení omezuje zhruba sto zemí a kolem 800 miliónů hektarů zemědělské půdy ve světě, to je zhruba 6 % z celkové půdy (Munns & Tester 2008).

Jednotlivé stresory v přirozených i uměle vytvořených ekosystémech dle Hniličky & Hniličkové (2006) nepůsobí jednotlivě, ale vždy v kombinaci, v porovnání s živočišnou stresovou fyziologií je rostlinná stresová fyziologie proto mnohem komplikovanější. Mittler (2006) uvádí působení více faktorů současně v přirozených podmínkách, ku příkladu kombinace vodního deficitu, vysoké teploty a vysokého slunečního záření. Dreher & Callis (2007) také uvažují o stresu u rostlin jako o složitém v porovnání se stresem, který můžeme pozorovat u živočichů. Jako hlavní důvod uvádějí přisedlý způsob života, který rostlinám neumožňuje uniknutí před stresovým faktorem. Dle Larchera (2003) je komplikovanost ve stresové fyziologii dána rovněž mezidruhovou variabilitou a heterogenitou vnitřního prostředí.

Kúdela et al. (2013) definuje stav organismu, který se liší od normálu jako stres. Stres lze obecně popsat jako působení jakýchkoli negativních vlivů na rostlinu. Termín „stres“ jak je v současnosti používán, byl vytvořen v roce 1936 kanadským endokrinologem Hansem Selyem, který ho definoval jako nescifickou reakci organismu na jakoukoli poptávku po změně. Levitt (1980) popisuje stres jako působení nepříznivých přírodních faktorů na organismus. Dle tohoto autora stres lze charakterizovat ve dvou rovinách, první ve smyslu síly, která působí na těleso a definuje ho jako faktor vnějšího prostředí. Tento faktor indukuje v rostlině škodlivý účinek. Dle druhé koncepce, změny vnějšího prostředí, které ovlivňují růst a vývoj rostlin, tedy jejich normální funkce, představují biologický stres. Biologický strain nazývá redukovanou neboli pozměněnou funkci. Levitt (1982) definuje fyziologickou změnu, která je reakcí na působení stresu jako strain neboli napětí či deformace. Strain roztřídil na elastický (reversibilní) neboli plastický (ireversibilní) (Čiamporová & Mistrík 1991). Schulze et al. (2005) označují sílu, kterou

je organismus napínám stresem neboli tlakem. Organismus, který je vystavený stresu prochází sekvencí charakteristických fází, které lze označit pojmem stresová reakce. Stresové reakce jsou závislé na době trvání stresu a jeho intenzitě. Larcher (2001) rozděluje reakci stresu na akutní neboli krátkodobé, u kterých je reakce nápadnější, silnější a rychle dochází k poškození. Chronické reakce, které působí dlouhodobě, lze popsat jako pozvolnější, méně specifické, u kterých k poškození dochází se zpožděním. Franz (1981) ve své práci uvádí, že stres se projevuje na úrovni buňky, pletiva, rostlinného orgánu, celé rostliny, ekosystému a krajiny. Gaspar et al. (2002) uvádí stres jako faktor prostředí, který vyvolává poplachovou reakci na nepříznivé podmínky neboli stav, který vykazuje změny životních funkcí. Larcher (2001) upřesňuje, že stres může být považován za odchylku od optimálních hodnot vhodných pro růst a vývoj rostlin.

Larcher (1987) rozdělil na základě poznatků Levitta (1982) a Selyeho (1973) stres na eustres, počátek stresu, který u rostliny nezpůsobuje poškození a distres, který na organismus působí zátěžově a negativně. Dle Křivohlavého (2001) k tomu dochází, pokud rostlina vyhodnotí daný stresový faktor jako nevládnutelný. Lichtenthaler (1998) charakterizuje eustres jako stimulační stres neboli aktivační, který má pozitivní účinek na přežití rostliny. Dle tohoto autora může mírný stres aktivovat buněčný metabolismus, a tak stimulovat fyziologickou aktivitu rostlin. Ani v případě dlouhodobého působení nezpůsobuje eustres poškození, naproti tomu distres má na přežití rostlin negativní vliv. Kebza (2005) rozlišuje stres dle intenzity projevu na hypostres a hyperstres. Hypostres charakterizuje jako slabší, u kterého může dojít k adaptaci či aklimatizaci. Naopak u hyperstresu organismus přesahuje hranici adaptability, rostlina se nevyrovnává s daným stresovým faktorem, nastává poškození a případně i smrt.

Se stresem dále souvisí pojmy adaptace a aklimace. Gaspar et al. (2002) rozlišuje tyto pojmy a definuje projev adaptace na úrovni populace a aklimaci na úrovni jedince. Flegr (2007) charakterizuje aklimaci jako přizpůsobení se jedince změnám, které se vyskytly během jeho vývoje. Adaptaci objasňuje jako evoluční proces, průběhem kterého se rostlina přizpůsobuje podmínkám, které převládají v místě jejího výskytu. Adaptace vzniká kombinací genů, které později převládají v prostředí vystavenému stresu (Gaspar et al. 2002). Dle Levitta (1980) můžeme dosáhnout adaptací pasivním vyhýbáním se stresu, tzv. stres avoidance nebo vytvořením vnitřní tolerance či rezistence, tzv. stres tolerance, kdy rostlina aktivně odolává stresu pomocí specifických reparačních mechanismů. Rostlina vytváří různé bariéry, které zamezují pronikání stresových faktorů (chemické, fyzikální, metabolické či morfologické), jako příklad lze uvést rostliny s metabolismem CAM, kdy rostliny v případě vysokých denních teplot uzavírají průduchy a v noci při poklesu je otevírají a přijímají CO₂. Může se jednat také o vytvoření silné kutikuly na listech, tvorba prodloužených kořenů anebo impregnace buněčné stěny. Jako další ochranné struktury uvádí tento autor oddálení vysychání (z angličtiny drought postponement) u sukulentů, kdy rostlina za extrémních podmínek je schopna uchovat dostatek vody pro přežití. Jako příklad v případě rezistence lze uvést schopnost zadržovat vodu a tím zvyšovat vodní potenciál rostlin (Hnilička & Hniličková 2016). Levitt (1980) rozděluje stres tolerance na strain avoidance (vyhýbání se strainu), kdy rostlina nevykazuje morfologické či

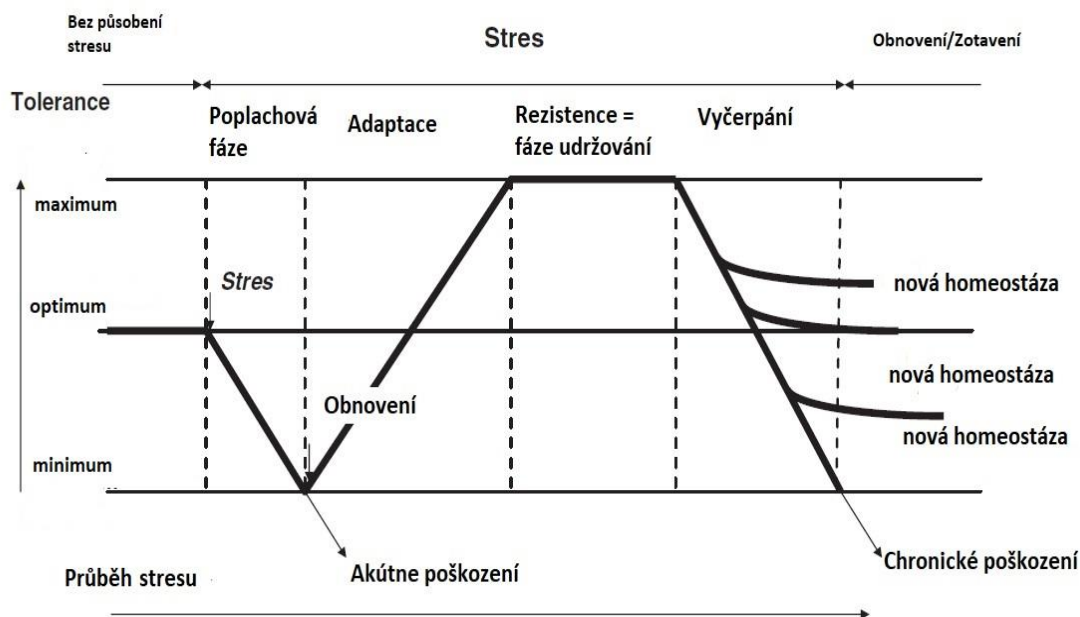
fyziologické změny i přesto, že je vystavena stresu. U strain tolerance dochází ke zhoršení fyziologických procesů, rostlina přežívá vlivem jejích kompenzačních procesů.

Aklimace může být trvalá nebo dočasná, která se podle Hniličky & Hniličkové (2016) vyznačuje indukcí exprese stovek specifických genů, dalším projevem jsou změny v metabolismu a přestavby buněk na úrovni proteinů a enzymů. Dle Nilsen & Orcutt (1996) je aklimace přizpůsobení se různým podmínkám prostředí.

Hnilička & Hniličková (2016) uvádí, že stres představuje komplex mnoha reakcí, u kterých závisí na tom, jestli na rostliny působí abiotický či biotický stresor. Dle těchto autorů mohou být změny, které nastanou v počáteční fázi vratné, ale později se mohou stát trvalými. Bláha et al. (2010) uvádí, že nejcitlivěji na stres reagují kořeny rostlin. Lichtenthaler (1998) dále konstatuje, že v kořenech je vyvolána lokálně stresová reakce, která se poté na rostlině projevuje sekundárně.

Hnilička & Hniličková (2016) konstatují, že poškozování rostlin je v mnoha případech ovlivněna kombinací různých stresorů ale také druhem rostliny či její stářím. Podle těchto autorů nemá v majoritních případech významný vliv na poškozování rostlin krátkodobé působení různých stresorů. V případě, že bude vystavena rostlina nepříznivým podmínkám dlouhodobě, bude docházet k poškozování jednotlivých orgánů i celých rostlin. K tomu, aby rostlina překonala stresové faktory neboli stresory je nutné, aby mobilizovala své energetické zdroje a obranné fyziologicky – biochemické reakce. Z botanického hlediska popisuje Larcher (1988) stres jako stav, ve kterém zvýšené požadavky na rostlinu směřují k destabilizací funkcí, následuje normalizace a odolnost.

Při působení těchto různých stresorů, prochází rostlina čtyřmi fázemi, které nazýváme stresové reakce (Hnilička & Hniličková 2006). Larcher (1995) definuje tyto čtyři fáze a popisuje, že bezprostředně po začátku stresu nastává poplachová fáze s nárůstem stresu, která je zahájena ihned po účinku stresoru, kdy jsou narušeny životní funkce rostliny a její vitalita. Následuje restituční fáze mobilizace kompenzačních mechanismů za podmínky, že nedojde k překročení letální meze a nenastane úhyn. V rezistentní fázi je skrz adaptační proces obnovena homeostáze rostliny a později je zvýšena její odolnost. Ne vždy je tato odolnost trvalá, a proto dochází k poslední fázi vyčerpání, ve které nastává přetížení organismu, rostlina ztrácí schopnost přizpůsobit se, dochází k chronické slabosti. Při dlouhodobém působení stresoru může nastat úhyn rostliny, jak je patrné z obr. 4.



Obr. 4: Obecné schéma odezvy rostlin na abiotický stres (upraveno dle Kosové et al. 2011)

Z uvedeného obrázku je patrné, že v počáteční fázi tzv. alarmu neboli poplachu, kdy na rostlinu působí nějaká forma stresu, klesá tolerance rostliny (Kosová et al. 2011). Dle Gaspar et al. (2002) to vede ke změně metabolismu. Následuje adaptační fáze, která trvá několik dní a dle Kosové et al. (2011) vede k vytvoření nové homeostázy v metabolisme rostliny, která je pod vlivem stresu. Ve fázi rezistenci je udržována nová homeostáza v zátěžových podmínkách až do fáze vyčerpání. Tato fáze nastává v případě dlouho přetrvávajícího stresu nebo při silném stresu, kdy nedochází k otužení či obnovení stability. Nastává nevratné poškození, které dle Larchera (2003) může vést k odumření jedince. V případě, že stresový faktor přestane působit před odumřením jedince, rostlina obnoví homeostázu, kterou měla před působením daného stresoru (Hnilička & Hniličková 2016).

3.7 Zasolení půdy

Za nejvýznamnější chemický vliv na půdu a rostliny lze považovat salinitu (Holubec 2016). Salinizaci ovlivněné půdy se objevovaly již u první lidské civilizace před tisíci lety v oblasti Mezopotámie, dnešní jižní část Iráku. Již od prvních osídlení využívaly závlahy pro pěstování rostlin. Kvůli zasolené půdě, obyvatelé tyto oblasti opouštěli a přesouvali se mírně k severu. Postupem času lidé přišli na způsoby, jak se bránit následkům salinizace. Před 5 500 lety pěstovali obyvatelé Mezopotámie tolerantní plodiny, především ječmen. Využívaly také techniku sloupnutí povrchově zasoleného horizontu anebo ponechaly plochy úhorem. Na těchto půdách se poté uchytily plevele odolné salinitě, které měly hluboký kořenový systém.

Pomocí kořenů odčerpávaly podzemní vodu a zasolení zeslabovalo. Využívaly také promývání půdy, značným množstvím vody systémem příkopů (Kutílek 2012).

Allbed et al. (2014) popisuje salinizaci jako celosvětový problém životního prostředí, který se vyskytuje převážně v aridních a semiaridních oblastech a způsobuje degradaci půdy. Vznik zasolených půd dle Niu et al. (2010) a Kúdely et al. (2013) zapříčiňuje převládající výpar nad srážkami v aridních oblastech, kde rozpuštěné roztoky solí ze spodních vrstev vzlínají k povrchu, vysrážejí se a koncentrují. V humidních oblastech se zasolení tvoří na mořském pobřeží a dále lze zasolení pozorovat také u vývěru minerálních pramenů. V ČR se jedná o lokalitu SOOS u Františkových Lázní (Kúdela et al. 2013). Zasolené půdy se dělí na 2 třídy: sasiloly a typy solončak (Kúdela et al. 2013). Hlavní příčinou salinity je hromadění rozpustných solí v půdě. Jedná se o soli, které obsahují hořečnaté (Mg^{2+}), chloridové (Cl^-), draselné (K^+), vápenaté (Ca^{2+}), uhličitanové (CO_3^{2-}), síranové (SO_4^{2-}), hydrogenuhličitanové (HCO_3^-) a sodné ionty (Na^+) (Jackson et al. 2013). Kutílek (2012) uvádí zvýšení koncentrace solí sodíku jako nepříznivé pro půdu, z důvodu že ionty Na^+ zapříčiňují silné bobtnání a smršťování půdy. Hromadění iontů sodíku se rovněž nazývá sodifikace. Půdy se zvýšenou koncentrací sodíku dělíme na alkalické a slané (Mořková et al. 2014). Podle těchto autorů alkalické půdy obsahují zvýšenou koncentraci sodných kationtů a uhličitanových aniontů, avšak v slaných půdách převažují anionty chloridové a síranové. Flowers & Flowers (2005) konstatují, že hodnota pH a sodíkového poměru SAR (tzn. hodnota adsorpce sodíku z půdního roztoku) jsou v porovnání s alkalickými půdami nižší. Dle Mořkové et al. (2014) se hodnota pH v alkalických půdách může pohybovat v rozmezí 8,5 až 10,8. Kúdela et al. (2013) uvádějí hodnotu pH u slaných půd pod 8,5. Půdy, které netrpí zasolením mají běžně vyšší poměr draslíku vůči sodíku, a to z důvodu, že sorpce sodíku na půdní koloidy je slabá a sodík se z půdy vymývá (Kúdela et al. 2013). Dle těchto autorů je poměr K ku Na v zasolených půdách obrácený. V těchto půdách se kumuluje vysoké množství sodíkových a chloridových iontů, rovněž je v nich extrémně nízká koncentrace Ca a P. Sodík ze sorpčního komplexu vytěsňuje vápník, půda mění svoji strukturu vlivem sodných solí, které způsobují odvápnění. Půda se stává hutnější a méně vhodná pro mikroorganismy (Kúdela et al. 2013).

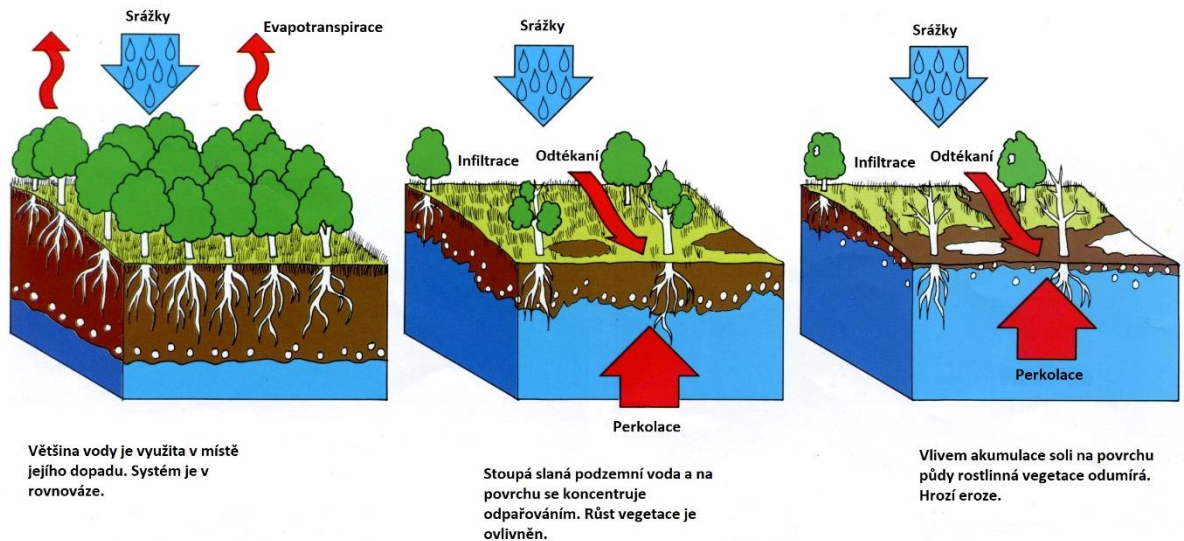
Všechny tyto formy soli jsou rozpuštěny ve vodě a voda je přenáší. Po odpaření vody, soli zůstávají na povrchu půdy. Munns (2005) konstatuje, že salinita je známkou dehydratace půdy. Za zasolené jsou považované půdy s elektrickou konduktivitou půdního extraktu větší než $4 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ (Jackson et al. 2013). Dle Chinnusam et al. (2005) hodnota $4 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ odpovídá zhruba koncentraci $40 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1} \text{ NaCl}$. Podle Khaled & Fawy (2011) tato půda obsahuje nejméně $2,6 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$ rozpustných solí. Kobza (2002) konstatuje, že za mírné zasolení se považuje již hodnota $2 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ až $4 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$, respektive obsah soli 0,1 až 0,2 %.

Vlivem dlouhodobého zasolování nastává dle Mořkové et al. (2014) nerovnováha v přijímání esenciálních látek. Prvky jako draslík, hořčík a vápník jsou inhibované sodíkem. Také dochází ke zpomalenému příjmu mikroprvků Fe, Zn, Mn a Cu, posléze dochází k narušování homeostázy v plodinách. Sodík rovněž zvyšuje pH půdy (Kudo et al. 2010).

K zasolení dochází vlivem akumulace solí na svrchní části půdy. Jak již bylo zmíněno s tímto jevem se setkáváme nejčastěji v aridní oblasti. Příčina je přírodní nebo antropogenní.

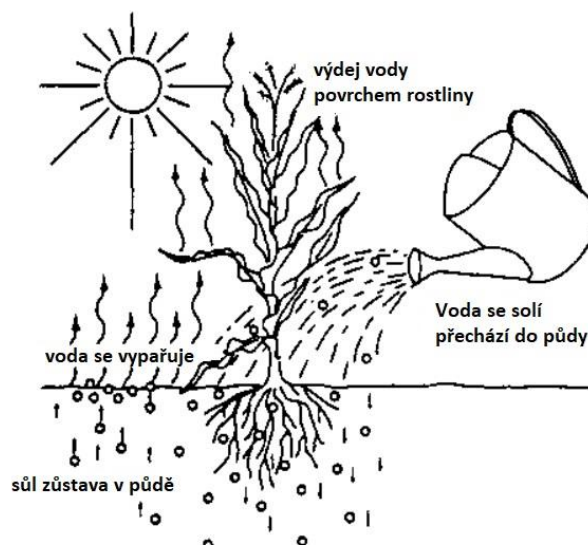
Za přírodní činitele (tzv. primární salinizace) považujeme půdní a klimatické faktory. Allbed et al. (2014) mezi půdní vlivy zařazují nahromadění vysokého obsahu soli v matečné hornině nebo v podzemní vodě a její následné prosakování na povrch, kde se následně koncentruje a odpařuje, jak je patrné z obr. 5.

Z klimatických faktorů uvádí Tavakkoli et al. (2012) například nadměrný výpar vody z půdy. Douaik et al. (2008) do klimatických faktorů řadí nahromadění solí z pobřežních oblastí do vnitrozemí větrem. Sekundární zasolování způsobuje zvýšená hladina podzemní vody, nevhodné hnojení, aplikace zakázaných látek do půdy, různé odpady z průmyslu a kontaminace půdy produkty, které obsahují zvýšené množství soli (Douaik et al. 2008).



Obr. 5: Vztlínání roztoků solí ze spodních vrstev na povrch (upraveno dle vro.agriculture.vic.gov.au)

K sekundárnímu zasolení dochází i zavlažováním vodou, která obsahuje vysoké množství soli (viz obr. 6). Bedrna (2002) uvádí optimální obsah soli v kvalitní závlahové vodě menší než $0,5 \text{ g.l}^{-1}$.



Obr. 6: Salinizace způsobená zavlažováním slanou vodou (upraveno dle fao.org)

Nově slané půdy vznikají používáním posypové soli na komunikace. Sůl, která se aplikuje v zimních měsících proti tvorbě ledu, se v půdě neakumuluje, protože je velmi rozpustná ve vodě a je splavena při jarním odtoku. Akumuluje se však v místech hromadění vody a také poblíž křižovatek, kde je intenzita solení vysoká. Sůl se tady nadměrně hromadí a rostliny ji nasávají. Kúdela et al. (2013) uvádí, že na 1 km dálnice se ročně nasype 10 až 20 tun soli. Další příčinou je ničení míst, kde se nachází hluboce kořenící vegetace, které slouží jako záchytná místa pro vodu.

Jenks & Hasegawa (2005) řadí zasolení jako jeden z nejméně omezujících faktorů ve světě co se týče rostlinné výroby. Odhaduje se, že 20 % zemědělské půdy a téměř polovina zavlažované půdy je značně ovlivněna zasolením. Salinita je akutním problémem hlavně kvůli nízké kvalitě závlahové vody (Flowers 2004).

V České republice je ovlivněno zasolením přibližně 6600 ha půdy, tzn. kolem 0,13 % zemědělského půdního fondu. Zde se nejedná o typické zasolení, ale spíše jde o slabší ovlivnění půdního profilu v hlubší vrstvě půdy (Brtnický et al. 2012).

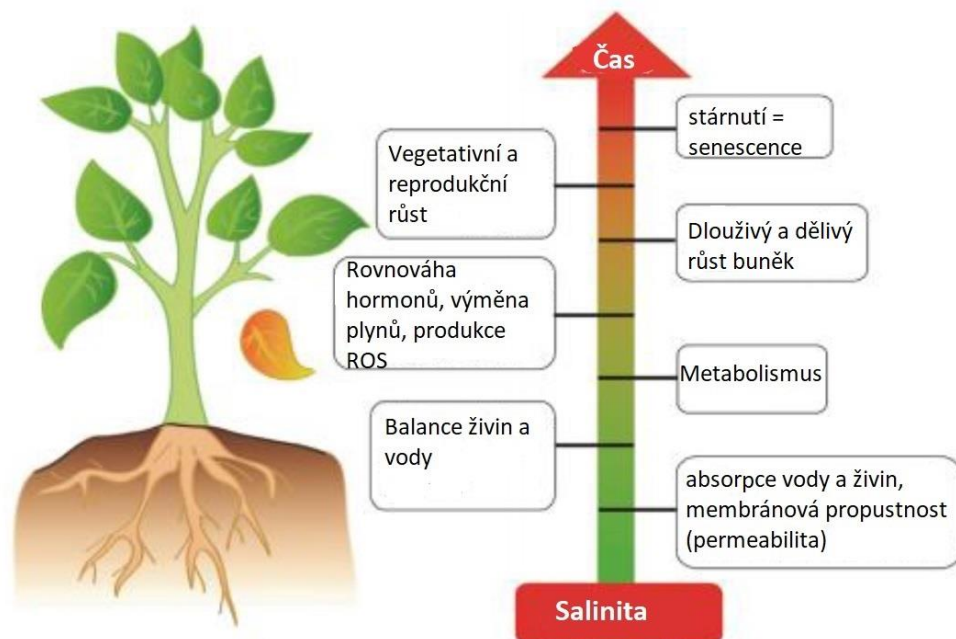
3.8 Vliv zasolení na rostliny

Dle Ashraf & Fooland (2007) se vlivem zvyšování koncentrace solí v půdě snižuje výnos a tvorba biomasy plodin. Prvky jako chlór, sodík a další působí na organismus škodlivě. Při vysokém obsahu soli v půdě nastává úhyn rostlin. Dle Kutílka (2012) je příčinou tzv. osmotický efekt. Soli, které jsou ve velkém množství obsažené v půdní vodě, způsobují vzrůst potenciálu půdní vody, tedy energii, kterou je poutána voda v půdě. Průtok vody z půdy do kořenů rostlin je zpomalený v porovnání s průtokem vody, ve které je obsažené minimum soli. Růst rostlin je zpomalený, obdobně jako je to v případě značného poklesu vlhkosti v půdě. Při výrazném zvýšení obsahu soli, rostliny vadnou stejně tak jako při poklesu vlhkosti pod bod vadnutí (Kutílek 2012). Prisco et al. (2016) uvádí, že koncem 19. století botanik Andreas Franz Wilhelm Schimper definoval škodlivé účinky slanosti jako výsledek fyziologického sucha (Schimper 1898). Podle něj byl přebytek rozpustných solí nahromaděný v půdě odpovědný za pokles osmotického a vodního potenciálu půdního roztoku. To má za následek snížení gradientu potenciálu vody mezi půdou a rostlinami, a to vede ke snižování absorpce vody rostlinami (Prisco et al. 2016). Dle těchto autorů rostliny rostoucí v těchto podmínkách trpí deficitem vody, kdy rychlost transpirace je mnohem vyšší než rychlost absorpce vody.

Vlivem různých činitelů dochází k omezení příjmu živin a vody z půdy, a postupem se vytvoří u rostlin dehydratace. Většina rostlin není schopná adaptace k takovým podmínkám. Vysoká úroveň roztoku soli v půdě vyvolává v rostlinách řadu fyziologických změn, jak je patrné z obrázku 7, a mnohdy dochází k jejich úhynu. Schopnost tolerovat vyšší obsah soli je specifická, rozdíly se vyskytují mezi různými druhy rostlin, a dokonce i v průběhu jejich ontogenetického vývoje. Vliv salinity na listy špenátu zkoumali Ozturki et al. (2012) a definovali závislost tolerance rostlin na délce a intenzitě působení stresu. Huang et al. (2009) pozorovali vliv zasolení na naroubované okurce (*Cucumis sativus* L.) kultivar Jinchun No. 2 a na lagenárii (*Lagenaria siceraria* Standl. Molina) kultivar Chaofeng 8848 a nenaroubované. Pokus se

uskutečnil v hydroponickém roztoku s NaCl (100mM) 10 dní. Autoři dospěli k závěru, že naroubované rostliny jsou tolerantnější vůči zasolení. V porovnání s nenaroubovanými rostlinami dosahovaly jejich kořeny vyšší obsah prolinu a rozpustných cukrů, dále byl zaznamenán vyšší obsah draslíku a menší obsah molonyldialdehydu. Podle nich větší tolerance rostlin souvisí také se změnou rovnováhy mezi anorganickými a organickými látkami. Vliv zasolení na růst okurky, tykve a lagenárie lze pozorovat na obrázku 8.

Průběhem evoluce se vyvinuly rostliny, které mají schopnost růst na zasolených půdách, nazýváme je halofyty (slanobytné). Uvádí se, že ke svému růstu jsou schopny využít i vodu s více než 0,5 % obsahem soli. Mezi tyto rostliny řadíme např. ječmen přímořský (*Hordeum marinum*), ječmen setý (*Hordeum vulgare*), lebedu (*Atriplex* sp.). Rostlin tolerantních k zasolení je mnoho, častokrát odolávají koncentracím, které přesahují 400 mM. Flowers et al. (1977) konstatují, že některé přímořské rostliny jsou závislé na určité koncentraci NaCl. Naopak halofóbní rostliny nejsou schopny odolávat těmto podmínkám zasolení, označujeme je i jako glykofyty nebo slanostřežné. Jejich obranný systém selhává při dlouhodobém působení vlivu salinity. Toto označení se týká většiny zemědělských plodin. Jak již bylo zmíněno tyto rostliny nesnáší vysoké koncentrace solí v půdě, skupina těchto rostlin je rozsáhlá, např. pšenice tvrdá (*Triticum durum*), rostliny z čeledi *Fabaceae*, rýže (*Oryza sativa*) a většina druhů zeleniny (Bartels & Sunkar 2005, Munns & Tester 2008).



Obr. 7: Hypotetická řada fyziologických změn, které se projevují, pokud je rostlina vystavena zasolení (upraveno dle Prisco et al. 2016): Lze předpokládat, že přítomnost koncentrace soli v kořenovém prostředí zapříčiňuje řadu změn. První proces, který postihuje salinita je absorpce vody a živin z půdy. To odráží vztah vody a rovnováhu živin, kdy narušuje jejich bilanci a dochází k ovlivňování metabolismu rostlin. Mezi další ovlivněné procesy patří rovnováha hormonů, výměna plynů a produkce reaktivních forem kyslíku (ROS). Hned poté následuje nebo paralelně s tím jsou pozorovány změny v dlouhivém a dělivém růstu buněk.

Této následky lze pozorovat na vegetativním a reprodukčním růstu. V poslední fázi rostlina předčasně stárne (senescence) a odumírá.



Obr. 8: Vliv zasolení různých koncentrací roztoku NaCl na okurku, tykev a lagenárie. (foto autor)

Obranné systémy rostlin se vyvíjí během jejich ontogenetického vývoje. Z tohoto důvodu lze pozorovat vliv salinity na rostlinu již od počátku klíčení semen (Kúdela et al. 2013). Pro klíčení a vzejití se doporučuje co nejnižší koncentrace soli v půdě. Klíčící rostliny jsou v porovnání s rostlinami plně vyvinutými méně snášenlivé na zasolení v půdě. Stres ze zasolení se projevuje již na buněčné úrovni, kdy dochází ke zvětšování objemů protoplazmy a k zastavování dlouhivého a dělivého růstu (Prisco et al. 2016). Vlastnost protoplazmy je důležitá, a to z důvodu, že umožňuje rostlině snášet změny iontů. Larcher (1988) konstatuje, že odolný protoplast přežije koncentraci 4 až 8 % chloridu sodného, kdežto rostliny citlivé na sůl odumírají již při koncentraci 1,5 % NaCl. Rostliny si udržují vnitřní osmotický potenciál, pokud jsou vystaveny salinitě. Takto si udržují schopnost, přijímat kořeny vodu za podmínky udržení osmotického potenciálu pod hodnotu potenciálu roztoku soli (McKersie & Leshem 1994). Larcher (1995) rovněž konstatuje, že rostlina je schopna přijímat vodu ze zasolené půdy v případě, že bude schopna vytvořit nižší osmotický potenciál v porovnání s potenciálem solného roztoku. McKersie & Leshem (1994) dále uvádějí, že po překročení této hodnoty se

začínají projevovat příznaky stresu ze zasolení, z důvodu, že rostlina není nadále schopná zvyšovat osmolaritu.

Sůl působí na rostliny škodlivě, jednak tím, že osmoticky váže vodu a za druhé ionty soli specificky působí na cytoplazmu rostlinné buňky (Kůdela et al. 2013). Larcher (1995) konstatuje, že zvyšováním koncentrací roztoků solí se zadržuje vysoké množství vody, která se stává pro rostliny nepřístupná. Rostliny produkují proteiny, tzv. dehydriny (DHN) pomocí, kterých se rostlina dokáže vypořádat s nedostatkem vody způsobenou zvýšením soli v půdě. Dehydriny jsou dle Ismala et al. (1999) hydrofilní povahy a vážou na sebe značné množství vody. Dehydriny řadíme do LEA proteinů (z angl. Late Embryogenesis Abundant), které mají funkci chránit organismus především před suchem. Primárně se DHN vyskytují v cytoplasmě a jádru, avšak dle Rorata (2006) a Saavedra et al. (2006) byly nedávno objeveny i v jiných organelách, jako jsou mitochondrie a chloroplasty.

Dle Aslama et al. (2012) dochází vlivem hyperosmotického stresu k inhibici růstu a po delší době nastává úhyn rostlin. Působením tohoto stresu dochází dle těchto autorů k narušení membránového systému a k změně aktivity enzymů. Dle Mořkové et al. (2014) nastává poškození fotosyntetického aparátu a narůstá oxidativní stres. Vlivem zasolení se zvyšuje koncentrace sodíku v okolí kořene, a to zapříčiňuje zhoršení příjmu draslíku, který udržuje membránový potenciál. V případě proniknutí sodíku do cytoplasmy, nastává inhibice aktivity enzymů.

Nukleové kyseliny, lipidy a proteiny jsou poškozovány ROS (reaktivní formy kyslíku), vznikem oxidativního stresu rostliny (Eryilmaz 2006). Groß et al. (2013) ku příkladu uvádí formu samostatného kyslíku, superoxid, peroxid vodíku a hydroxylový radikál. Jsou to vedlejší produkty aerobního metabolismu. Vlivem zasolení se snižuje turgor a uzavírají se průduchy, pro lepší hospodaření rostliny s vodou. Chinnusamy et al. (2005) konstatují, že právě zavírání průduchů vede ke snížené fixaci C a produkci ROS. Některé formy ROS se považují za vysoce toxické, např. peroxid vodíku (Quan et al. 2008). Během stresu se zvyšuje množství prolinu v rostlinách, který následně udržuje buněčný turgor a membránovou stabilitu. Zvyšuje se tolerance a rostlina je schopná bránit se oxidativnímu stresu vlivem udržování reaktivních forem kyslíku v normálních hodnotách (Hayat et al. 2012).

Syntéza organických osmolytů je dle Mořkové et al. (2014) metabolickou reakcí na solný stres. Tito autoři uvádějí ku příkladu sacharidy, aminokyseliny, polyalkoholy a kvarterní amoniové sloučeniny, které se podílejí na udržování osmotického potenciálu a chrání subbuněčné struktury před poškozením volnými radikály.

Dle Chinnusamy et al. (2005) stabilizuje amin glycin–betain a sacharid trehalóza kvarterní strukturu proteinů a mimo jiné chrání membrány v rostlinách. Dle těchto autorů patří mannitol mezi další pomocnou látku, která má funkci vychytávat volné radikály. Glycin–betain se hojně vyskytuje u rostlin jako je ječmen nebo řepa, v souvislosti s reakcí na stres. Dalším významným osmoprotektantem je aminokyselina prolin. Nejenomže vychytává volné radikály, ale rovněž slouží jako zásobárna dusíku a uhlíku. Stabilizuje subbuněčné struktury a vyrovnává buněčný redox potenciál (Mořková et al. 2014).

Wang et al. (2008) konstatují, že reakci rostliny na stres, lze řídit rovněž regulátory růstu. Jedná se především o fytohormony, které stimulují fyziologické reakce. Ryu & Cho (2015) mezi fytohormony s účinkem při stresu zasolením nebo vodním stresu zařazují kyselinu abscisovou (ABA), kyselinu giberelovou (GA_3), cytokininy (CK), kyselinu indol-3-oxidovou (IAA) aj.. Kyselina abscisová umožňuje rostlinám překonat nepříznivé podmínky, například zasolení a teplotní stres. Rovněž hraje roli při klíčení semen a při jejich zrání. ABA podporuje uzavírání průduchů (Keskin et al. 2010). Úlohou GA_3 podle Shomeili et al. (2010) je zlepšit příjem živin a morfologicko – fyziologické vlastnosti rostliny. Dále zmírňuje solný stres vlivem aktivace enzymů. Dle Afzal et al. (2005) inhibiční účinky soli má rovněž kyselina indol-3-oxidová. Když se tento fytohormon aplikuje na semeno urychlí jeho klíčení. Cytokininy regulují průduchy a inhibují apikální růst kořenů (Chen et al. 1985).

4 Metodika

V pokusu byl sledován vliv zasolení u vybraných zástupců čeledi tykvovité. Pokusnými rostlinami byly: lagenárie obecná, tykev obecná 'Startgreen F1', okurka setá 'Markýza F1'. U juvenilních rostlin byla sledována rychlost výměny plynů, stomatální vodivosti a fluorescence chlorofylů. Z hodnot fotosyntézy a transpirace byla vypočtena hodnota efektivity využití vody.

4.1 Charakteristika pokusného materiálu

U následujících druhů zástupců čeledi tykvovité byly hodnoceny sledované fyziologické charakteristiky. Osivo sledovaných druhů rostlin bylo získáno z komerčního zdroje.

Cucurbita pepo L. – tykev obecná

Jedná se o odrůdu 'Startgreen F1', která je registrovaná od roku 2002. Žadatelem o registraci a rovněž udržovatelem této odrůdy je firma Semo a. s., Česká republika. Je to výnosová hybridní odrůda typu cuketa, která se nevětví a je bez úponků. Tahle odrůda má středně velký až velký list, který má středně zelenou barvu se slabým mramorováním a je středně členěný. Mladé plody jsou barvy tmavě zelené se slabou skvrnitostí, středně lesklé a hladké. Plně vyvinuté plody mají válcovitý tvar, který je středně dlouhý až dlouhý, barva je tmavě zelená. V botanické zralosti má barvu oranžovou. Semena jsou bělavá, malá až středně velká. (eagri.cz 2019)

Cucumis sativus L. – okurka setá

Vydání rozhodnutí o registraci odrůdy 'Markýza F1' proběhlo v roce 2007. Žadatelem a udržovatelem odrůdy je Semo a. s., Česká republika. Patří mezi rané až polorané hybridy okurky salátové, které jsou nepartenokarpické. Jsou vhodné pro pěstování na poli. Rostlina má střední vzrůst, kvetení probíhá převážně květy samičími. Plody má krátké až středně dlouhé, bradavičnaté, slabá žebernatost. Barvu má tmavě zelenou v zralosti, kdy se odrůda uvádí na trh. Na stopečném konci je nehořká. (eagri.cz 2019)

Lagenaria siceraria (Molina) Standl. – lagenárie obecná

Jedná se o popínavou jednoletou bylinu s drsně chlupatou lodyhou. Pěstování je podobné jako u tykvovitých rostlin. Nejlépe se těmito rostlinám daří ve fóliovnících nebo studených sklenořících, kde se zhruba v polovině května vysazuje předpěstovaná sadba k opoře do sponu 1 x 1 m. V teplejších oblastech ji lze pěstovat i z přímých výsevu ve volné půdě. (semo.cz 2019)

4.2 Založení pokusu

Pokus byl založen v částečně řízených podmínkách skleníku KBFR FAPPZ (viz obrázek 9 a 10). Teplota během pokusu byla nastavena na 25 °C ve dne a 19 °C v noci, při přirozeném světelném režimu (14 hodin světla, 10 hodin tmy). Pokusné rostliny z čeledi tykvovité byly pěstované v nádobách o velikosti 11x11x12 cm ve směsi zahradního substrátu s vysokým obsahem organických látek a křemičitého písku v poměru 2:1. Zahradní substrát je jemný (maximálně 10 % částic nad 10 mm), udržující vzdušnost prostředí, nesléhavý, nezasolený, pH ve vodném roztoku 5,5 – 6,5, bez plevelů a škůdců, obsahující 55 % spalitelných látek ve vysušeném vzorku, s podílem částic nad 25 mm max. 5 %. Obsah živin byl následující: N: 80–120 mg.1⁻¹, P₂O₅: 50–100 mg.1⁻¹, K₂O: 100–150 mg.1⁻¹. Obsah rizikových prvků splňuje zákonem stanovené limity mg.kg⁻¹ sušiny. Cd 1; Pb 100; Hg 1; As 10; Cr 100; Cu 100; Ni 50; Zn 200 (agroc.s.cz 2018).

Rostliny v kontrolní variantě byly zavlažovány 150 ml vody. Četnost závlivky byla 2x týdně. Tři varianty byly stresované roztokem solí. Vybrané druhy z čeledi tykvovité byly zalévány 150 ml roztoku NaCl o koncentraci: 0,15 M; 0,20 M a 0,25 M.



Obr. 9: Založení výsevu (foto autor)



Obr. 10: Vzejití (foto autor)

4.3 Metody měření sledovaných charakteristik

4.3.1 Stanovení stomatální vodivosti a výměny rychlosti plynů

Rychlost výměny plynů a stomatální vodivost byly sledovány pomocí infračerveného analyzátoru plynů LCpro+ (ADC BioScientific Ltd., Hoddesdon, Velká Británie) (viz obr. 11).



Obr. 11: LCpro+ (foto autor)

LCpro+ je gazometrický přenosný přístroj s plně programovatelným mikropočítačem, který je určený na měření rychlosti fotosyntézy a transpirace, substomatální CO_2 a stomatální vodivosti. Systém má kalibraci automatické nuly, ke které dochází po každém měření fotosyntézy. Rozsah měření CO_2 je 0 až 3000 μmol a rozsah pro měření H_2O 0 až 75,5 mmol (adc.co.uk 2019). Během procesu měření se zobrazí jak data, tak i grafické informace. Regulace teploty je možná až ± 14 °C od teploty okolí prostřednictvím měřicí hlavičky viz obrázek 12. Pro měření CO_2 využívá nerozptýlené infračervené záření, to vyplývá ze skutečnosti, že v poměru ke koncentraci plynu CO_2 absorbuje infračervené oblasti. Analyzované plyny vystupující z komůrky a retenční plyny vstupující do komůrky jsou střídány s nulovým plynem, který trvá cca 16–20 sekund, během měřicího cyklu. Rychlost transpirace a fotosyntézy se vypočítá z průtoku a změny koncentrace plynů mezi výstupem a vstupem z komůrky. U zástupců čeledi tykvovité byly fyziologické charakteristiky měřeny při hustotě ozáření $650 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ a teplotě 25 °C. Měření probíhalo na základě metodických pokusů Holé et al. (2012).



Obr. 12: Měřicí hlavička LCpro+ (foto autor)

4.3.2 Stanovení fluorescence chlorofylů

U juvenilních rostlin z čeledi *Cucurbitaceae* byla sledována fluorescence chlorofylů pomocí přístroje OS5p (Opti-Sciences, Velká Británie) viz obrázek 13.



Obr. 13: Opti-Sciences OS5p (foto autor)

Měření probíhá na základě rozmístění klipů na listy rostlin po dobu 30 minut. Následně se do každého klipu posvítí OS5p přístrojem, který během vteřiny vyhodnotí fluorescenci chlorofylů a poté data uloží. Měření probíhalo na 6 listech od každého druhu rostlin ve všech variantách.

4.3.3 Efektivita využití vody (WUE)

Efektivita využití vody je poměr mezi vodou, která je využívána v metabolismu rostliny k vodě, která je spotřebovávaná rostlinou prostřednictvím transpirace. Jedná se teda o poměr mezi rychlostí fotosyntézy a transpirace.

Larcher (2003) popisuje efektivitu využití vody jako poměr mezi spotřebou CO_2 a výdejem vody v ekosystému. Hodnotu WUE vypočteme dle matematického vzorce:

$$\text{WUE} = \frac{A}{E} (10^{-3}) \text{ kde}$$

A je intenzita fotosyntézy ($\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)

E je intenzita transpirace ($\text{mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)

4.4 Statistické metody

K vyhodnocení statistických výsledků byla použita vícefaktorová analýza rozptylu ANOVA, pomocí programu STATISTICA 12.0 CZ na hladině významnosti 0,05.

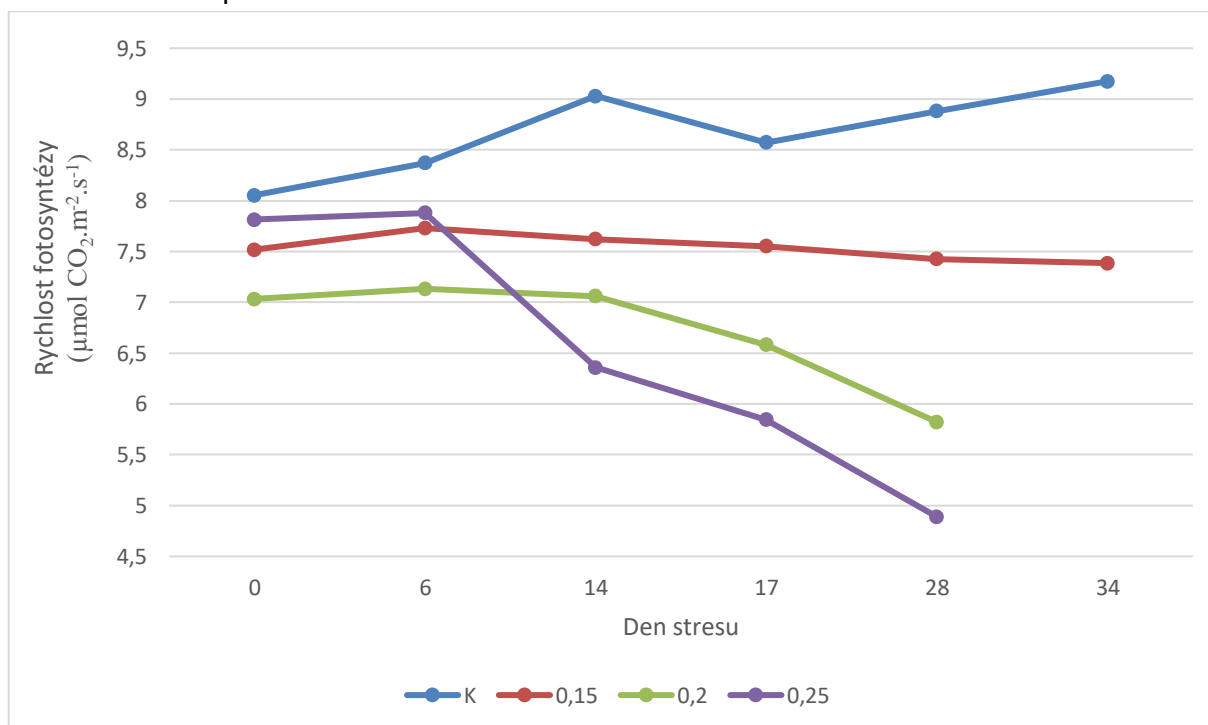
5 Výsledky

5.1 Rychlost fotosyntézy

V grafu 1 je uvedena rychlost fotosyntézy u juvenilních rostlin lagenárie obecné v závislosti na délce působení stresu ze zasolení. Z uvedeného grafu vyplývá, že v 34. den pokusu byla naměřena nejvyšší rychlost fotosyntézy u kontrolních rostlin a činila $9,18 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, naopak 28. den ve variantě 0,25 M byla zaznamenána nejnižší hodnota ($4,89 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$). Rozdíl mezi nejnižší a nejvyšší naměřenou hodnotou rychlosti fotosyntézy lagenárie obecné byl $4,29 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$.

Rychlost fotosyntézy se u kontrolní varianty pokusných rostlin téměř lineárně zvyšovala, vlivem jejich ontogenetického vývoje, dle grafu 1. Z něho je patrné, že rozdíl mezi maximální a minimální rychlosti fotosyntézy byl $1,12 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. Neprůkazný pokles fotosyntézy byl zaznamenán 17. den pokusu, kdy se fotosyntéza snížila z $9,03 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ na $8,57 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. Rychlost fotosyntézy se v následném termínu měření zvyšovala a v 34. den dosáhla rychlosti $9,18 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$.

Graf 1: Změny rychlosti fotosyntézy ($\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) u lagenárie obecné v závislosti na variantě a délce působení stresu.



U varianty 0,15 M se rychlost fotosyntézy pohybovala od $7,39 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ (34. den) do $7,73 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ (6. den). Rozdíl mezi maximální a minimální rychlosti byl $0,34 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. Rychlost fotosyntézy lagenárie obecné ve variantě s koncentrací 0,20 M NaCl byla v intervalu od $5,82 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ (28. den) do $7,13 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ (6. den), jak dokládá graf.

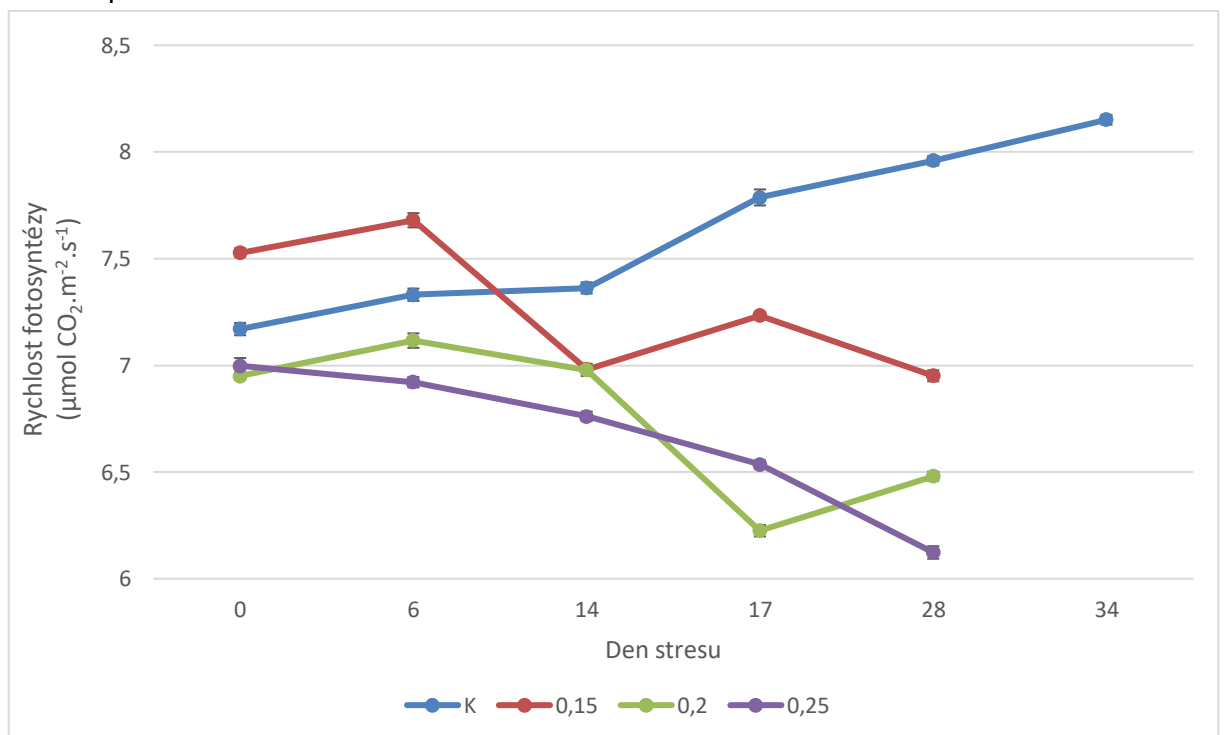
Z grafu 1 je dále patrné, že maximální rychlost fotosyntézy u varianty 0,25 M byla naměřena 6. den pokusu ($7,88 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$), naopak 28. den byla zaznamenána nejnižší hodnota ($4,89 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$). Po navození stresu u této varianty neprůkazně zvýšila rychlost fotosyntézy na hodnotu $7,88 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. Poté se však rychlost průkazně snižovala až na hodnotu $4,89 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$.

U všech stresovaných variant byl od 6. dne pokusu zaznamenán vlivem různých koncentrací roztoku NaCl v následujících dnech postupný pokles rychlosti fotosyntézy.

V grafu 2 je uvedena rychlost fotosyntézy juvenilních rostlin tykve obecné v závislosti na délce působení stresoru. Z uvedeného grafu je patrné, že u kontrolních rostlin byla v 34. den naměřena nejvyšší rychlost fotosyntézy ($8,15 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) naopak v 28. den pokusu byla naměřena nejnižší hodnota ve variantě 0,25M ($6,12 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$).

Rychlost fotosyntézy kontrolních rostlin se vlivem jejich ontogenetického vývoje lineárně zvyšovala, obdobně jako to bylo u rostlin lagenárie obecné. Z něho vyplývá, že rozdíl mezi maximální a minimální rychlosti fotosyntézy kontrolní varianty byl $0,98 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$.

Graf 2: Změny rychlosti fotosyntézy ($\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) u tykve obecné v závislosti na variantě a délce působení stresu.



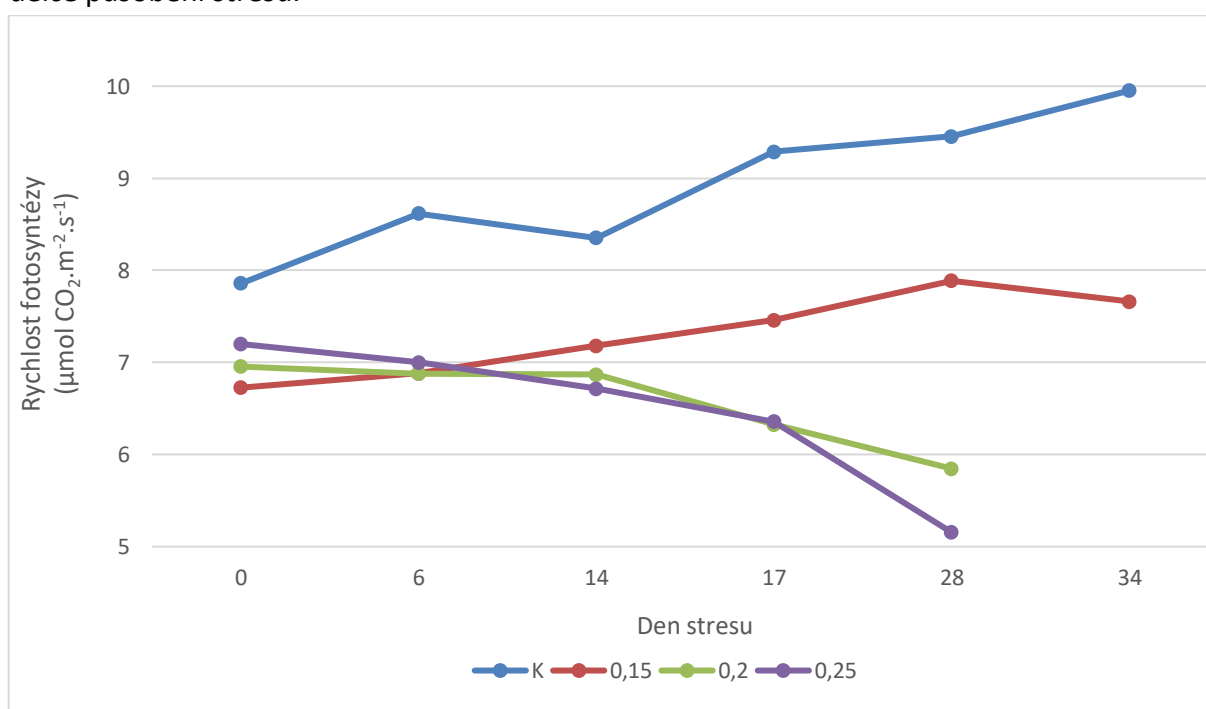
U varianty 0,15 M se rychlost fotosyntézy pohybovala od $6,95 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ (28. den) do $7,68 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ (6. den). Fotosyntéza se neprůkazně zvýšila u rostlin pěstovaných v této variantě 17. den měření, kdy se fotosyntéza zvýšila o $0,25 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. Uvedené zvýšení bylo poté vystřídáno snížením a 28. den byla naměřena rychlost fotosyntézy ve výši $6,95 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. U varianty 0,20 M byl po

navození stresu zaznamenán postupný pokles rychlosti fotosyntézy od 6. dne pokusu ($7,12 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) až do 17. dne, kdy se rychlost fotosyntézy neprůkazně zvýšila o $0,26 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ($6,23 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$).

U všech stresovaných variant tykve obecné nemohlo být provedené další měření, z důvodu uhynutí rostlin.

Vliv zasolení na rychlost fotosyntézy juvenilních rostlin okurky seté je patrný z grafu 3. Rychlost fotosyntézy se u této rostliny pohybovala v rozpětí od $5,15 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ (28. den, varianta 0,25M) do $9,95 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ (34. den, kontrolní varianta). Rozdíl mezi maximální a minimální rychlosti fotosyntézy činil $4,80 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$.

Graf 3: Změny rychlosti fotosyntézy ($\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) u okurky seté v závislosti na variantě a délce působení stresu.



U kontrolních rostlin byla rychlost fotosyntézy $7,86 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ (0. den) až $9,95 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ (34. den). Čtrnáctý den pokusu se hodnota fotosyntézy neprůkazně snížila o $0,27 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. Poté byl pozorován postupný průkazný nárůst rychlosti fotosyntézy rostlin z kontrolních podmínek až do 34. dne, kdy byla naměřena rychlost $9,95 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. Rozdíl mezi nejvyšší a nejnižší hodnotou činil $2,09 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$.

Z grafu 3 je dále zřejmé, že u varianty 0,15 M se interval hodnot rychlosti fotosyntézy pohyboval od $6,73 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ (0. den) do $7,89 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ (28. den). U rostlin pěstovaných v této variantě byl zaznamenán po navození postupný nárůst hodnoty fotosyntézy až do 34. dne. V tomto termínu působení stresoru byl zaznamenán průkazný

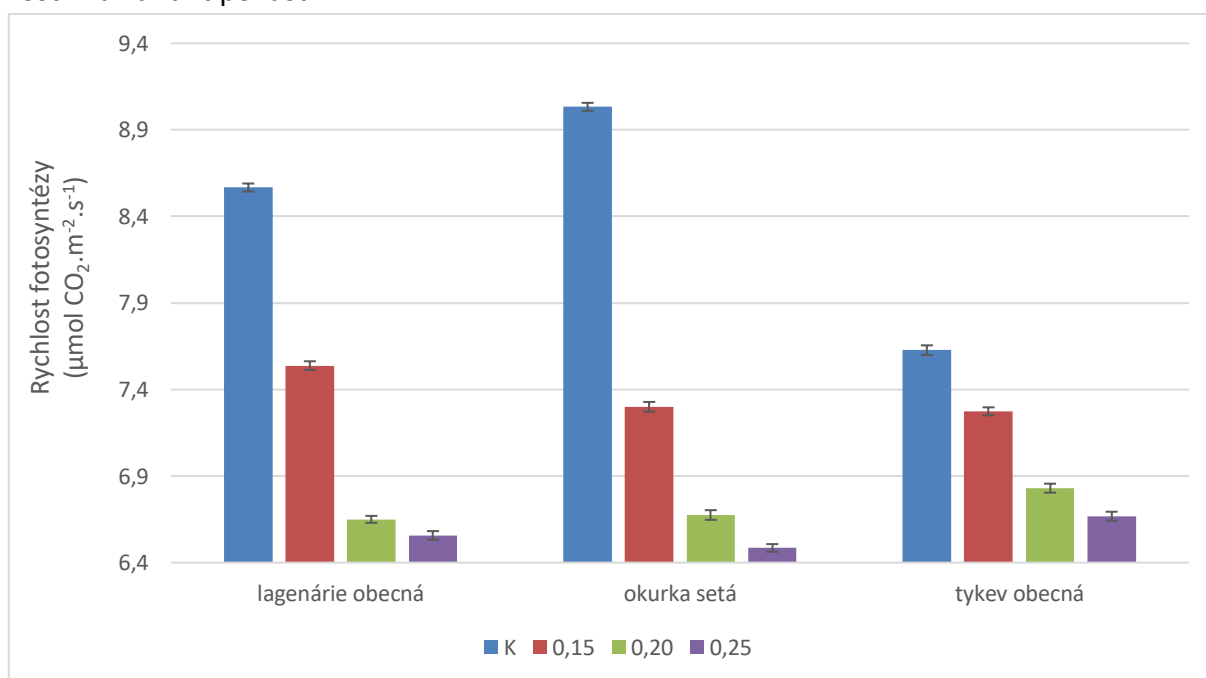
pokles hodnoty oproti předchozímu měření o $0,23 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ na hodnotu $7,66 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$.

U juvenilních rostlin okurky seté byl dále sledován vliv koncentrace soli $0,20 \text{ M}$ na rychlost fotosyntézy. Měřením bylo stanoveno, že rozdíl mezi maximální ($0. \text{ den}$, $6,96 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a minimální rychlostí fotosyntézy ($28. \text{ den}$, $5,85 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) byl $1,11 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$.

Průkazné změny rychlosti fotosyntézy juvenilních rostlin okurky seté byly pozorovány u varianty $0,25 \text{ M}$, dle grafu 3. Z grafu je patrné, že rychlost fotosyntézy byla v rozpětí hodnot od $5,15 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ($28. \text{ den}$) do $7,2 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ($0. \text{ den}$). Snížení rychlosti fotosyntézy bylo registrováno bezprostředně po navození stresu $0,25 \text{ M}$ roztokem NaCl a tato tendence pokračovala až do posledního dne měření ($28. \text{ den}$, $5,15 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$), kdy došlo vlivem hromadění solí v substrátu k úhynu všech rostlin této varianty.

Reakce jednotlivých sledovaných druhů rostlin na stres zasolením je uvedena v grafu 4. Z uvedeného grafu jsou patrné mezidruhové rozdíly, kdy u rostlin kontrolních byla nejvyšší průměrná rychlost fotosyntézy zaznamenána u okurky seté ($9,03 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a nejnižší u tykve obecné ($7,63 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$).

Graf 4: Porovnání průměrné rychlosti fotosyntézy ($\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) u jednotlivých druhů rostlin a variant pokusu.



V rámci stresové varianty $0,15 \text{ M NaCl}$ reagovala na zasolení nejcitlivěji tykev obecná, u které byla naměřena nejnižší hodnota fotosyntézy ($7,27 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$). Naopak nejvyšší rychlost byla naměřena u lagenárie obecné ($7,54 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$).

Z grafu 4 dále plyne, že nejnižší rychlost fotosyntézy u varianty 0,20 M byla zaznamenána u lagenárie obecné ($6,65 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$). Nejvyšší průměrnou rychlost fotosyntézy ($6,83 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) v této variantě vykazovala tykev obecná.

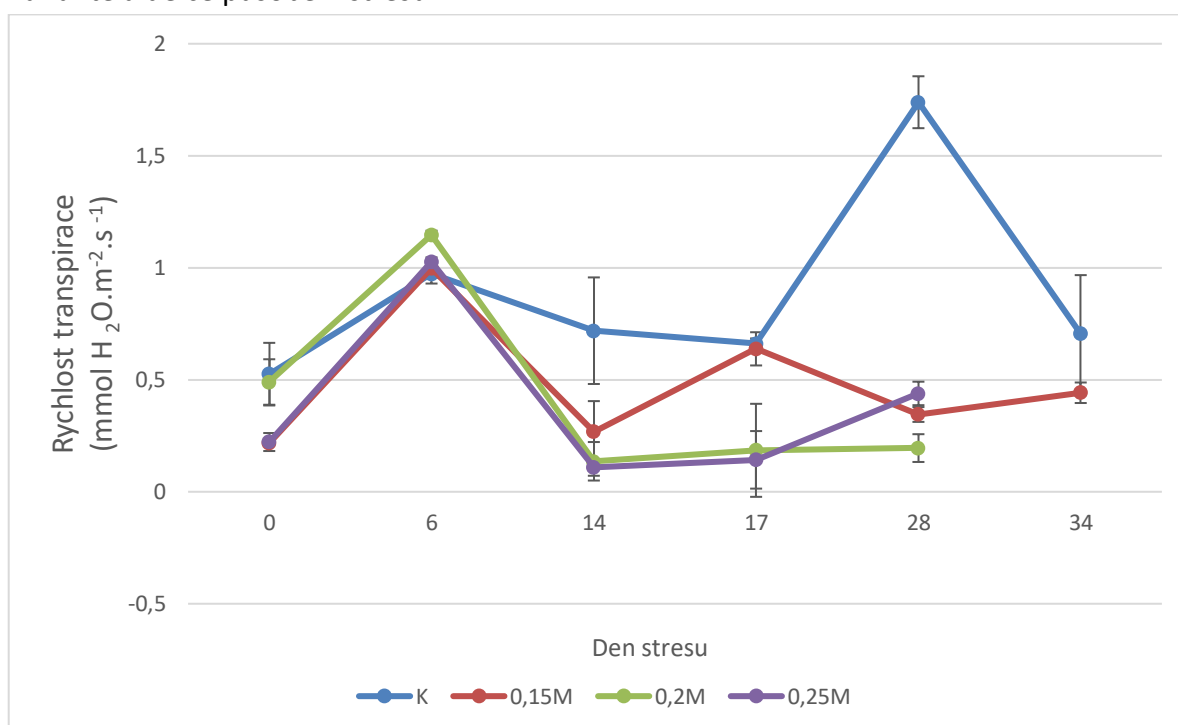
Průkazně nejnižší hodnota fotosyntézy v nejvyšší koncentraci NaCl (0,25 M) byla zjištěna u okurky seté ($6,49 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$). Naopak maximální průměrná rychlost fotosyntézy byla naměřena u tykve obecné ($6,67 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$).

Nejcitlivěji na stres zasolením reagovala okurka setá, u které byl zaznamenán průkazně nejvyšší rozdíl rychlosti fotosyntézy mezi kontrolními a stresovanými rostlinami. Rozdíl v hodnotě mezi kontrolou a variantou 0,25 M byl $2,55 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. V případě juvenilních rostlin lagenárie obecné se rozdíl mezi kontrolními a stresovanými variantami pohyboval v rozmezí od $1,03 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ (0,15 M) do $2,01 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ (0,25 M). Dle grafu 4 je patrné, že nejvíc tolerantní se jeví tykev obecná, u níž byl rozdíl mezi kontrolou a variantou 0,25 M $0,96 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$.

5.2 Rychlost transpirace

V grafu 5 je uvedena rychlost transpirace juvenilních rostlin lagenárie obecné v závislosti na délce působení stresoru. Měřením bylo v pokusu zjištěno, že rychlost transpirace v kontrolní variantě se pohybovala v rozmezí od $0,53 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (0. den) do $1,74 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (28. den). Rychlost transpirace kontrolních rostlin měla střídající klesající a stoupající trend. Nárůst rychlosti transpirace byl vystřídán téměř vždy poklesem. Výrazné snížení transpirace v kontrolní variantě bylo zaznamenáno v 34. den pokusu ($0,71 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$), kdy se tato hodnota snížila o $1,03 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ v porovnání s hodnotou, která byla naměřena v 28. den pokusu ($1,74 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$).

Graf 5: Změny rychlosti transpirace ($\text{mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) u lagenárie obecné v závislosti na variantě a délce působení stresu.



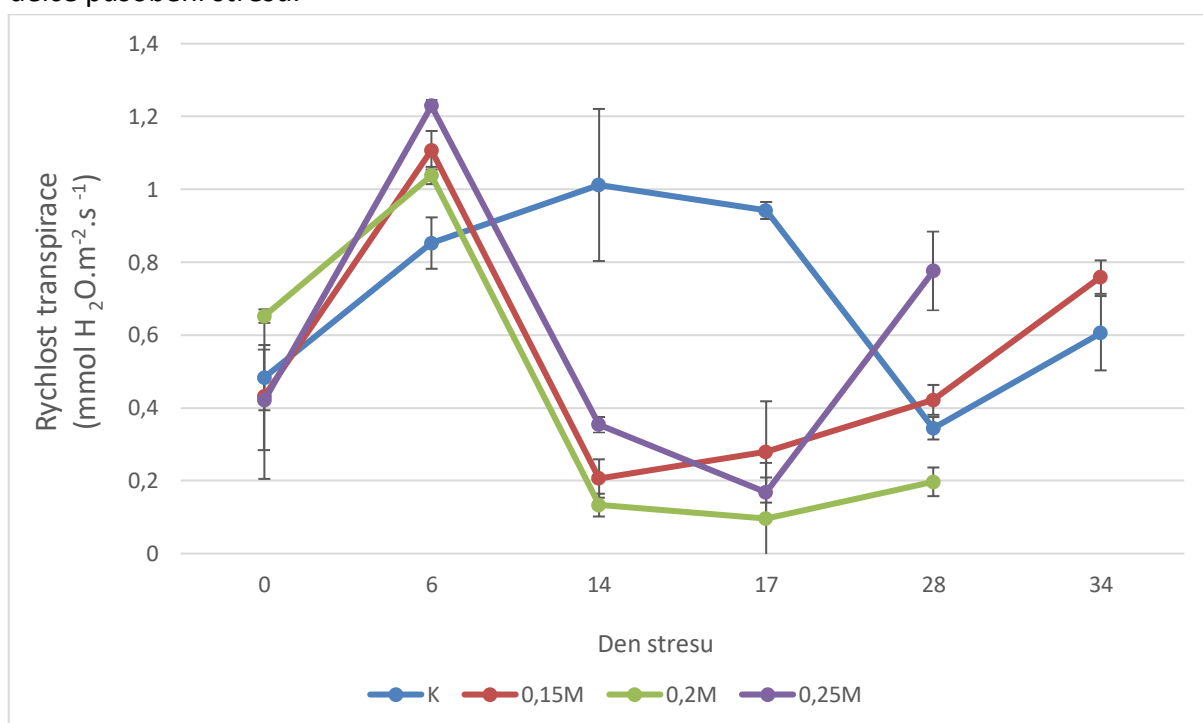
Z grafu je dále patrné, že neprůkazně nejnižší hodnota rychlosti transpirace byla zaznamenána u varianty 0,25 M 14. den měření ($0,11 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$), naopak u rostlin kontrolních v 17. den byla naměřena nejvyšší rychlost ($3,55 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$). Rozdíl mezi maximální a minimální rychlosti transpirace byl $3,44 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$.

Průkazně nejvyšší rychlost transpirace ve variantě 0,15 M byla naměřena 6. den pokusu, kdy hodnota transpirace lagenárie obecné byla $0,99 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, naopak průkazně nejnižší hodnota byla $0,22 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (0. den). Podobně jako u ostatních variant byl od 6. den zaznamenán nárůst rychlosti transpirace o $0,78 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ v porovnání s nultým dnem pokusu. Rychlost transpirace v této variantě vykazovala kolísavý trend, kdy nárůst byl vystřídán poklesem rychlosti transpirace.

Z grafu 5 je dále patrné, že rozdíl mezi maximální (1,15 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹, 6. den) a minimální (0,14 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹, 14. den) rychlosti transpirace ve variantě 0,20 M byl 1,01 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹. Měření se uskutečnilo do 28. dne z důvodu letálního účinku koncentrace soli na rostliny.

Nejvyšší rychlost transpirace ve variantě 0,25 M byla 1,03 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹ (6. den), naopak v 14. den byla naměřena nejnižší hodnota, kdy dosáhla rychlosti 0,11 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹. 28. den měření byl pozorován průkazný nárůst rychlosti transpirace o 0,3 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹, v porovnání s hodnotou, která byla naměřena 17. den (0,14 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹). Obdobně jako ve variantě 0,20 M se měření uskutečnilo jenom do 28. dne z důvodu uhynutí rostlin.

Graf 6: Změny rychlosti transpirace (mmol H₂O.m⁻².s⁻¹) u okurky seté v závislosti na variantě a délce působení stresu.



Vliv zasolení na rychlost transpirace u rostlin okurky seté je patrný z grafu 6. V kontrolní variantě dosáhly rostliny neprůkazně nejvyšších hodnot rychlosti transpirace v 14. den měření (1,01 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹), naopak průkazně nejnižší hodnota byla zaznamenána 28. den pokusu (0,34 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹). Rozdíl mezi maximální a minimální rychlosti byl 0,67 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹. Rychlost transpirace v kontrolní variantě měla až do 14. dne (1,01 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹) stoupající trend, poté se hodnota postupně snižovala a v 28. den dosáhla hodnoty 0,34 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹. V poslední den měření byl opětovně zaregistrován průkazný nárůst rychlosti transpirace (0,61 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹).

6. den pokusu byla zaznamenána průkazně nejvyšší rychlost transpirace ve variantě 0,15 M, kdy dosáhla hodnoty 1,11 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹. Nejnižší rychlost byla 0,21 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹ (14. den). I u této varianty byl zaznamenán nárůst rychlosti transpirace

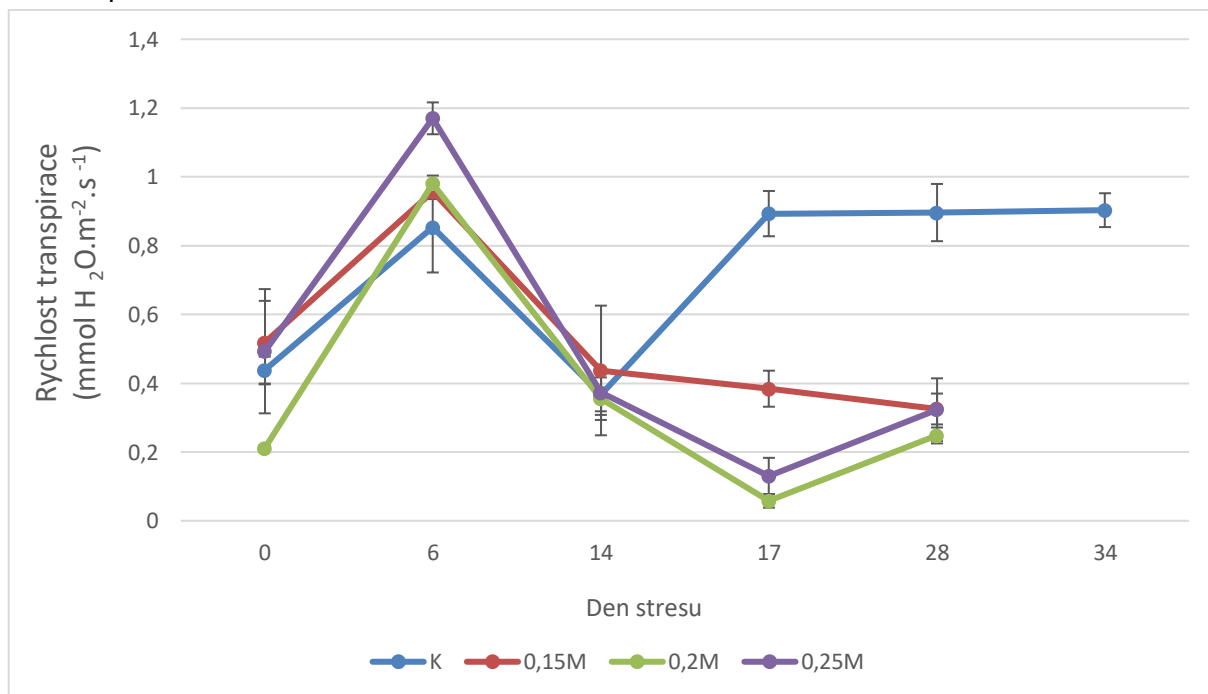
6. den, v srovnání s nultým dnem o $0,68 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. Poté se rychlost snížila na hodnotu $0,21 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (14. den), následně se rychlost transpirace průkazně zvyšovala a v 34. den měření dosáhla hodnoty $0,76 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$.

Z grafu 6 je patrné, že u varianty s koncentrací soli $0,20 \text{ M}$ byla průkazně nejvyšší rychlost transpirace naměřena 6. den pokusu, kdy dosáhla hodnoty $1,04 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. Naopak průkazně nejnižší rychlost byla zjištěna 17. den ($0,09 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$). Rozdíl rychlosti mezi maximem a minimem byl $0,94 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. V 28. den dosáhla okurka setá rychlost transpirace $0,19 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, kdy se v porovnání se 17. dnem ($0,09 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) průkazně zvýšila.

U juvenilních rostlin okurky seté ve variantě $0,25 \text{ M}$ byla nejvyšší rychlost transpirace naměřena 6. den ($1,23 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$), naopak průkazně nejnižší hodnota byla zaznamenána 17. den měření ($0,17 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$). 28. den se rychlost transpirace zvýšila oproti předešlému měření o $0,61 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. Poté byl pokus ukončen z důvodu letálního účinku koncentrace soli na rostliny, obdobně jako to bylo u varianty $0,20 \text{ M}$.

V grafu 7 je patrný vliv zasolení u tykve obecné. Dle naměřených hodnot je zřejmý interval rychlosti transpirace od $0,06 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ($0,20 \text{ M}$; 17. den) do $1,17 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ($0,25 \text{ M}$, 6. den).

Graf 7: Změny rychlosti transpirace ($\text{mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) u tykve obecné v závislosti na variantě a délce působení stresu.



U rostlin v kontrolní variantě lze pozorovat kolísavý trend rychlosti transpirace, kdy pokles je pokaždé vystřídán průkazným nárůstem. Rychlost transpirace se v této variantě pohybovala od $0,44 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (0. den) do $0,9 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (34. den). Nejvýraznější pokles rychlosti transpirace byl zaznamenán mezi 6. dnem ($0,85 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a 14. dnem

(0,37 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹) měření. Výrazný nárůst byl zpozorován mezi 14. dnem a 17. dnem, kdy byl zaznamenán nárůst rychlosti transpirace o 0,53 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹.

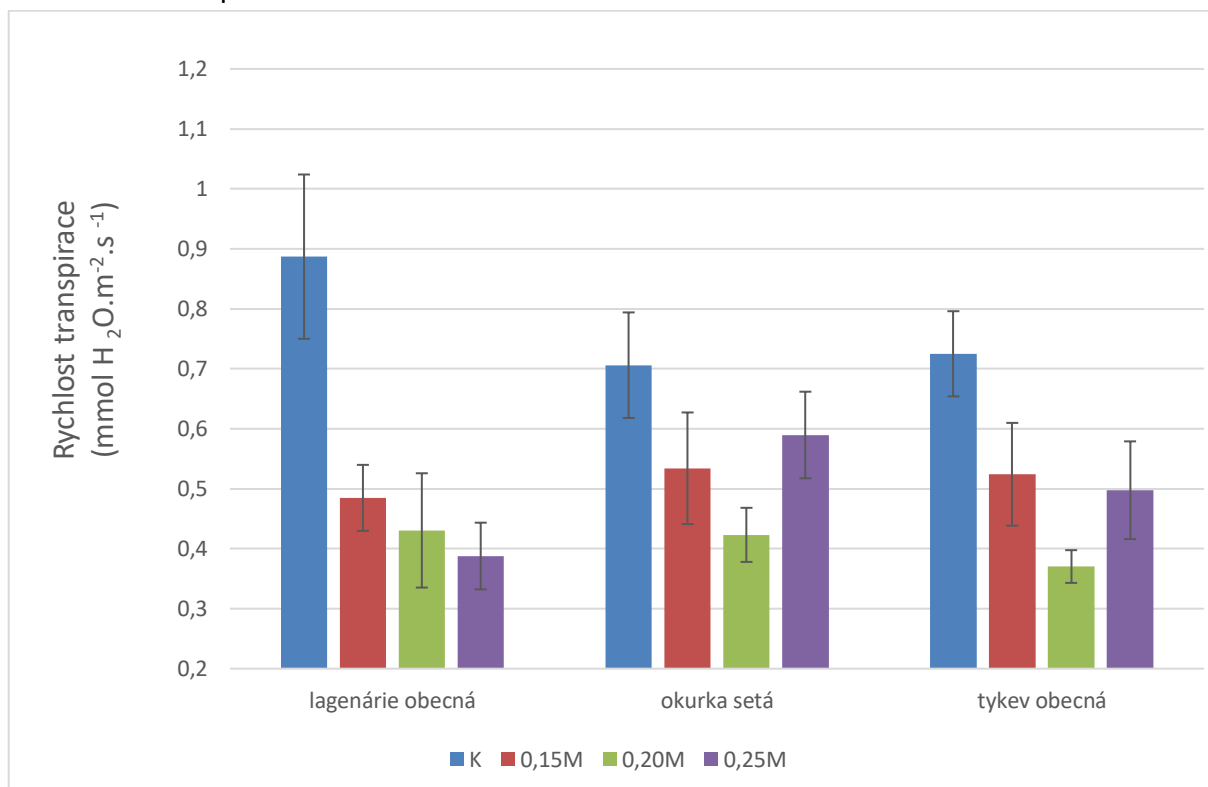
U varianty 0,15 M byl naměřen rozdíl rychlosti transpirace 0,63 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹ mezi maximální a minimální hodnotou, dle grafu 7. Po navození stresu byl pozorován průkazný nárůst 6. den stresu (0,96 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹), poté byl naměřen postupný pokles rychlosti transpirace. Poslední den měření byla zaznamenána hodnota 0,32 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹.

Maximální rychlost u varianty 0,20 M byla naměřena obdobně jako u předešlých variant 6. den (0,98 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹) a nejnižší 17. den (0,06 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹). Trend poklesu byl pozorován od 6. dne do 17. dne, kdy byl zjištěn rozdíl hodnot 0,92 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹. Následně se rychlost transpirace průkazně zvýšila na hodnotu 0,25 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹ (28. den), měření bylo ukončeno tímto dnem, z důvodu úhynu.

Ve variantě o koncentraci roztoku 0,25 M se pohybovala rychlost transpirace v intervalu od 0,13 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹ (17. den) do 1,17 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹ (6. den). Čtrnáctý den stresu byl zaznamenán statisticky průkazný pokles rychlosti transpirace. Naměřený rozdíl v porovnání s předchozím měřením byl 0,8 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹. Poté se rychlost ještě snížila a dosáhla v rámci varianty průkazně nejnižší hodnotu rychlosti transpirace (0,13 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹). Následně se rychlost zvýšila na hodnotu 0,32 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹ (28. den), kdy bylo provedeno poslední měření.

V grafu 8 je uveden vliv jednotlivých juvenilních rostlin z čeledi tykvovitě na rychlost transpirace v rámci varianty pokusu.

Graf 8: Porovnání průměrné rychlosti transpirace (mmol H₂O.m⁻².s⁻¹) u jednotlivých druhů rostlin a variant pokusu.



Z grafu je patrné, že nejnižší hodnotu rychlosti transpirace u kontrolních rostlin dosahovaly rostliny okurky seté ($0,71 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$). Naopak neprůkazně nejvyšší rychlost transpirace byla naměřena u lagenárie obecné ($0,89 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$). U varianty 0,15 M byla neprůkazně nejvyšší rychlost dosažena u okurky seté, kdy bylo naměřeno $0,53 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. Minimální rychlost transpirace u této varianty byla naměřena u lagenárie obecné a dosahovala hodnoty $0,49 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$.

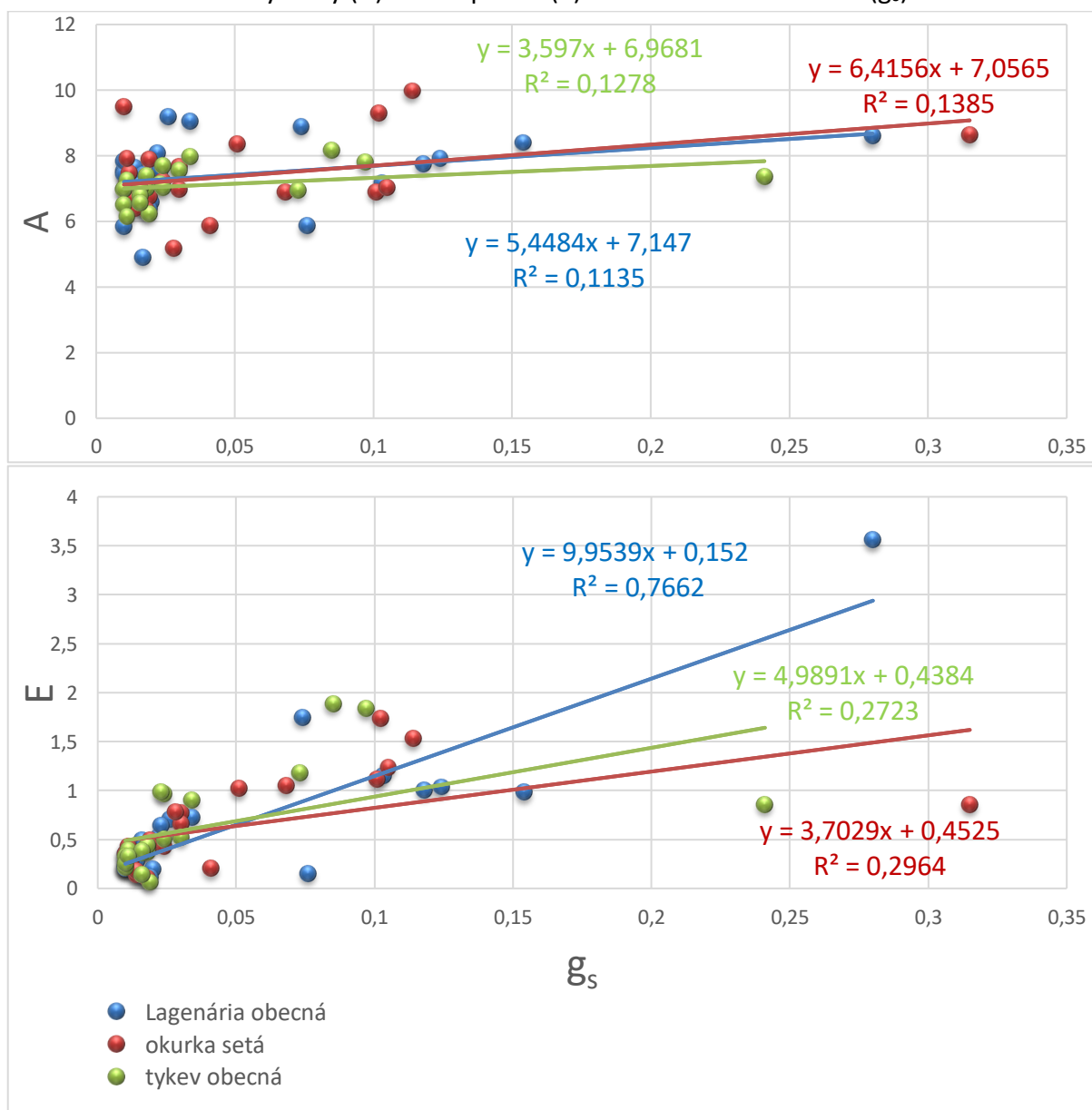
Ve variantě 0,20 M se rychlost transpirace pohybovala v intervalu od $0,37 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (tykev obecná) do $0,43 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (lagenárie obecná). V případě koncentrace roztoku NaCl 0,25 M byla nejvyšší rychlost naměřena u okurky seté ($0,59 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a průkazně nejnižší u lagenárie obecné ($0,39 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$).

5.3 Stomatální vodivost

V grafu 9 je vyhodnocena míra těsnosti závislosti mezi fotosyntézou (A), transpirací (E) a stomatální vodivostí (g_s) u juvenilních rostlin z čeledě *Cucurbitaceae*. Dle grafu můžeme u lagenárie obecné pozorovat poměrně silnou korelaci s transpirací, a to 76 %, přičemž korelační koeficient vystoupal na hodnotu 0,8753. V případě okurky seté a tykve obecné byla korelace s transpirací nižší. Hodnoty korelačního koeficientu se pohybovali od 0,5161 (okurka setá) do 0,5218 (tykev obecná).

Korelace fotosyntézy byla vyhodnocena jako slabá. Interval determinace se pohyboval od 0,1135 (lagenárie obecná) do 0,1385 (okurka setá). V případě rostlin tykve obecné jsou hodnoty fotosyntézy vysvětlovány z 12 % hodnotami stomatální vodivosti. Těsnost závislosti je i v tomto případě slabá.

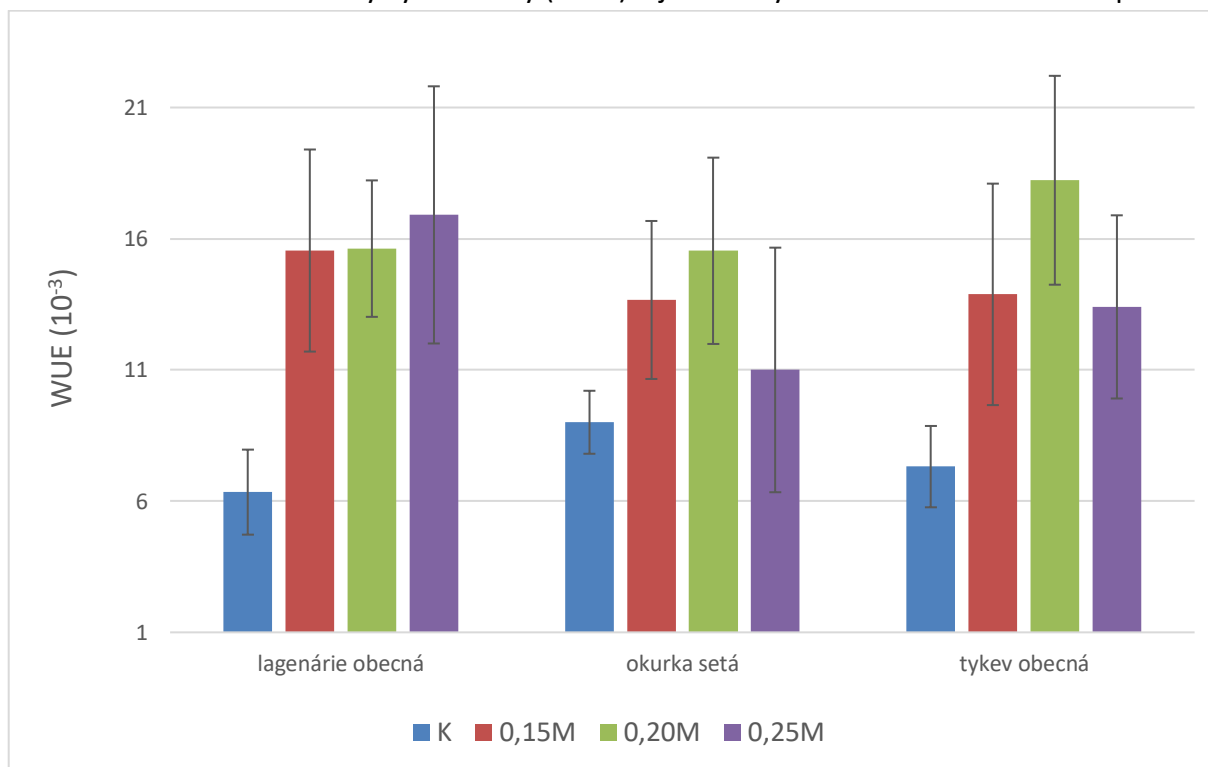
Graf 9: Závislost fotosyntézy (A) a transpirace (E) na stomatální vodivosti (g_s).



5.4 Efektivita využití vody (WUE)

V grafu 10 je uvedena efektivita využití vody (WUE) juvenilních rostlin z čeledi Cucurbitaceae v závislosti na jednotlivých variantách stresu zasolením. Z grafu je patrné, že nejvyšší efektivitu využití vody dosahovala tykev obecná ve variantě 0,20 M s průměrnou hodnotou $18,23 (10^{-3})$. Naopak průkazně nejnižší hodnoty vykazovaly kontrolní rostliny tykve ($7,32(10^{-3})$).

Graf 10: Porovnání efektivity využití vody (WUE) u jednotlivých druhů rostlin a variant pokusu.



V případě rostlin okurky seté byla zaznamenána nejnižší hodnota efektivity využití vody u varianty kontrolní ($9,01 (10^{-3})$), naopak neprůkazně nejvyšší efektivita využití vody byla u koncentrace 0,20 M, kdy dosahovala hodnotu $15,54 (10^{-3})$.

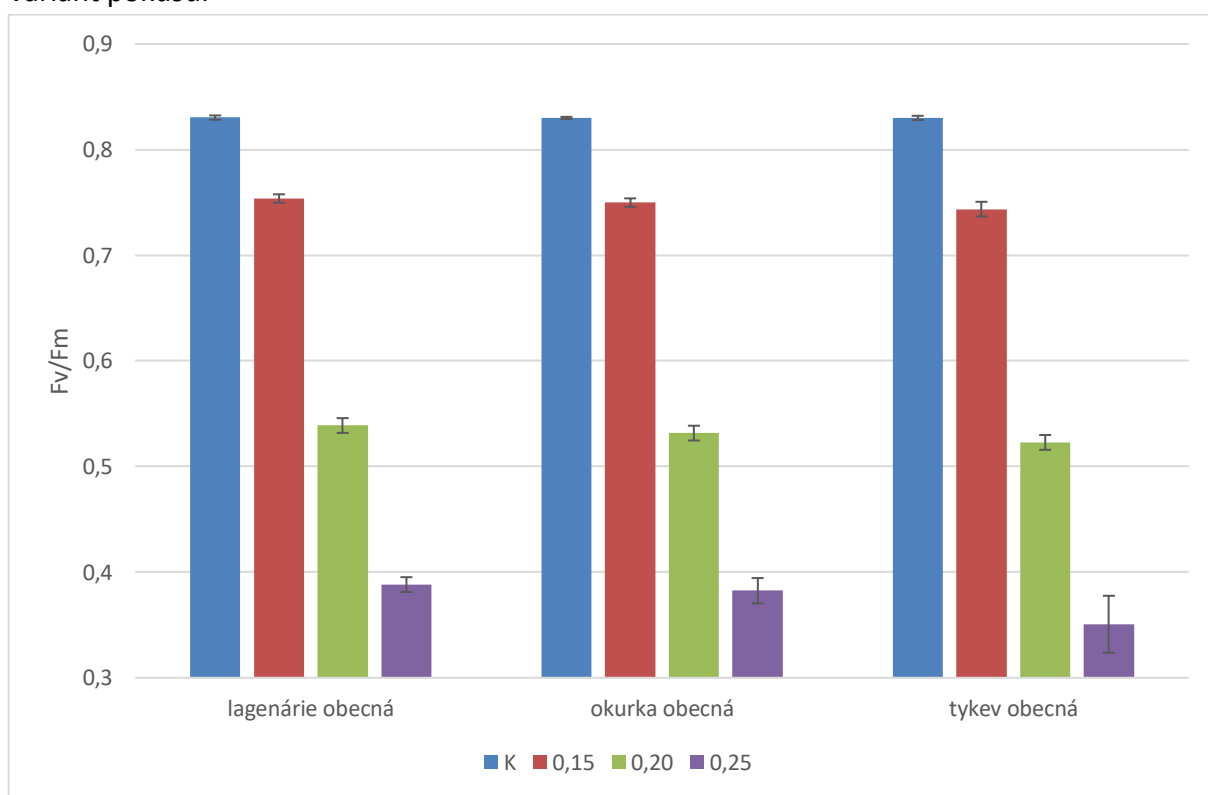
Neprůkazně vyšších průměrných hodnot efektivity využití vody dosahovala *lagenárie obecná* ve variantě 0,25 M ($16,91 (10^{-3})$), jak je patrné z grafu 10. Nejnižší hodnotu WUE naopak vykazovala kontrolní varianta ($6,34 (10^{-3})$). Průkazně vyšších hodnot WUE ve srovnání s kontrolní variantou dosahovaly varianty 0,15 M ($15,55 (10^{-3})$) a 0,20 M ($15,62(10^{-3})$).

Z grafu 10 je dále patrné, že nejvyšší průměrná efektivita využití vody byla zaznamenána u tykve obecné ve variantě 0,20 M ($18,23 (10^{-3})$), naopak nejnižší WUE byla pozorována u *lagenárie obecné* v kontrolní variantě. Její hodnota byla $6,34 (10^{-3})$.

5.5 Fluorescence chlorofylu

V grafu 11 je zaznamenána průměrná fluorescence chlorofylu (Fv/Fm) jednotlivých variant v závislosti na druhu rostliny. Fluorescence chlorofylu v rámci kontrolní varianty u všech pokusných rostlin se pohybovala v hodnotách 0,83. Mírné rozdíly byly zaznamenány u varianty 0,15 M, kde se průměrná fluorescence chlorofylu pohybovala od 0,74 (tykev obecná) do 0,75 (lagenárie obecná). U varianty 0,20 M se hodnoty fluorescence pohybovaly od 0,52 (tykev obecná) do 0,54 (lagenárie obecná). U varianty 0,25 M se hodnoty fluorescence pohybovaly od 0,35 (tykev obecná) do 0,39 (lagenárie obecná).

Graf 11: Porovnání průměrné fluorescence chlorofylu (Fv/Fm) u jednotlivých druhů rostlin a variant pokusu.



Nejnižší hodnoty fluorescence byly zaznamenány ve variantě 0,25 M, kdy maximální hodnota byla naměřena u lagenárie obecné (0,39) a minimální hodnota fluorescence byla u tykve obecné (0,35).

Dle výsledků průměrných hodnot fluorescence chlorofylu lze konstatovat, že nejcitlivěji na stres zasolením reagují rostliny tykve obecné, u kterých byl naměřen rozdíl hodnot Fv/Fm 0,48 mezi variantou s nejvyšší molaritou 0,25 M a kontrolní variantou. Jako tolerantní se dle výsledků poměrů Fv/Fm jeví lagenárie obecná, u které se rozdíl fluorescence chlorofylu v porovnání s kontrolou pohyboval v rozmezí od 0,08 (0,15 M) do 0,44 (0,25 M).

6 Diskuze

U tří druhů rostlin z čeledi *Cucurbitaceae* Juss. (tykvovité): *Cucumis sativus* L. (okurka setá), *Cucurbita pepo* L. (tykev obecná), *Lagenaria siceraria* (Molina) Standl. (lagenárie obecná) byl během jejich ontogenetického vývoje sledován vliv zasolení na rychlost výměny plynů, stomatální vodivosti a následně byla z těchto hodnot vypočtena WUE (efektivita využití vody). Dále byla u těchto druhů sledována fluorescence chlorofylu.

6.1 Rychlost výměny plynů

6.1.1 Rychlost fotosyntézy

Dle Duarte et al. (2014) velmi často dochází ke snižování rychlosti fotosyntézy u rostlin, které jsou vystaveny stresu solí. Toto tvrzení doplňuje také Sultana et al. (1999), podle kterých snížení fotosyntézy závisí také na snížení dostupného oxidu uhličitého, stomatálním uzavřením. Z výsledku práce je evidentní, že se rychlost fotosyntézy průkazně snižuje u vybraných druhů juvenilních rostlin z čeledi *Cucurbitaceae* při vyšší koncentraci roztoku NaCl (0,20 M a 0,25 M), přičemž varianta s nejvyšší molaritou roztoku NaCl (0,25 M) dosahovala nejnižších průměrných hodnot rychlosti fotosyntézy. Toto tvrzení je shodné s prací Furtana et al. (2010), dle kterých stres způsobený roztokem chloridu sodného snižuje rychlost fotosyntézy u okurky. Získané výsledky potvrzují také Bóhm et al. (2017), kteří konstatují, že zasolení půdy způsobuje u rostlin pokles růstu narušením fyziologických procesů, především snížení rychlosti fotosyntézy. Tito autoři sledovali toleranci vůči zasolení u roubovaných sazenic melounu na dva druhy rostlin z čeledi tykvovité, konkrétně se jednalo o mezidruhovou tykev (*Cucurbita maxima* Duch. x *Cucurbita moschata* Duch.) a lagenárie obecnou (*Lagenaria siceraria*).

Výsledky jsou v případě rostlin rajčete také v souladu s prací Chen et al. (2019) neboli v případě rostlin okurky s prací Chartzoulakis (1994). Dle těchto autorů se nám potvrdila stanovená hypotéza o tom, že vlivem zasolení se snižují u rostlin z čeledi *Cucurbitaceae* hodnoty rychlosti fotosyntézy.

Poklesy rychlosti fotosyntézy vlivem salinity lze pozorovat u různých druhů rostlin, což je patrné z prací, například Yousif et al. (2010) u čtyřboče a špenátu, Liran (2011) u rostlin prosa nebo Alvarez–Acosta et al. (2019) u avokáda. Uvedené mezidruhové rozdíly byly potvrzeny také mezi sledovanými druhy zástupců čeledi *Cucurbitaceae*.

Z výsledných hodnot vyplývá, že u všech sledovaných druhů rostlin byl pozorován postupný průkazný nárůst hodnot rychlosti fotosyntézy v kontrolní variantě vlivem ontogenetického vývoje. Uvedené výsledky jsou v souladu s prací Stępień & Kłobus (2006), kteří u okurky seté rovněž naměřili nárůst rychlosti fotosyntézy. Rychlost fotosyntézy se nezvyšovala u všech vybraných druhů stejně. Nejvýraznější nárůst rychlosti fotosyntézy během ontogeneze v kontrolní variantě byl zaznamenán u okurky seté. Rychlost se pohybovala v rozmezí od 7,86 $\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ (0. den) do 9,95 $\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ (34. den). Podobné výsledky uvádí ve své práci Fan et al. (2017), kteří naměřili u okurky seté v kontrolní

variantě rychlost fotosyntézy kolem $7 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. Kontrolní rostliny v našem pokusu při teplotě 25°C dosahovaly shodné hodnoty rychlosti fotosyntézy. Rouphael et al. (2012) naměřili u okurky seté v kontrolní variantě mnohem vyšších hodnot fotosyntézy, rychlost se pohybovala kolem $23 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, jejich hodnoty byly naměřeny v porovnání s našim pokusem v jiné vývojové fázi.

U rostlin okurky seté (*Cucumis sativus* L. 'Akito') a melounu cukrového (*Cucumis melo* L. 'Cyranó') naměřili ve své práci Rouphael et al. (2012) snížení fotosyntetické aktivity během stresu způsobeného roztokem chloridu sodného o koncentraci $40 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$. V naší práci jsme zaznamenali taktéž pokles hodnot fotosyntézy u námi vybraných druhů rostlin. Dle tohoto autora jsou patrné mezidruhové rozdíly v reakci na stres zasolením, kdy dochází ke změnám v rychlosti fotosyntézy. Toto tvrzení se shoduje s námi stanovenými hypotézami.

Nejcitlivěji na zasolení substrátu reagovala okurka setá, která měla průkazně nejvyšší rozdíly rychlosti fotosyntézy mezi kontrolními a stresovanými rostlinami. Naměřený rozdíl v hodnotě mezi kontrolou a variantou s nejvyšší molaritou $0,25 \text{ M}$ byl $2,55 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. Průměrná rychlost fotosyntézy u tykve obecné ve stresových variantách se pohybovala v rozmezí od $6,67 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ($0,25 \text{ M}$) do $7,27 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ($0,15 \text{ M}$) a u lagenárie obecné rychlost fotosyntézy dosahoval v průměru hodnot od $6,56 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ($0,25 \text{ M}$) do $7,54 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ($0,15 \text{ M}$). Tyto výsledky jsou v souladu s výsledky, které ve své práci naměřili Böhlm et al. (2017) u melounu roubovaného na lagenárie. Rychlost fotosyntézy se u melounu roubovaného na lagenárie v 8. den pokusu pohybovala kolem $6 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, u melounu naroubovaném na tykev zaznamenali mnohem nižších hodnot v porovnání s naší práci $4,5 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$.

U námi naměřených a vyhodnocených výsledků jsou patrné mezidruhové rozdíly v reakci na stres zasolením. Podobné výsledky ve svých pracích uvádí Huang et al. (2009), Böhlm et al. (2017) neboli Rouphael et al. (2012).

6.1.2 Rychlost transpirace

Z výsledků této práce je zřejmé, že se hodnoty rychlosti transpirace u sledovaných juvenilních rostlin z čeledě *Cucurbitaceae* u všech koncentrací roztoku NaCl snižuje. Výsledky práce jsou v souladu s prací Böhlm et al. (2017), podle kterých dochází u roubovaných rostlin melounu cukrového na lagenárie a tykev k poklesu transpirace vlivem zasolení substrátu. Dle těchto autorů se nám potvrdila i naše hypotéza o rozdílné mezidruhové reakci na stres zasolením. Pokles rychlosti transpirace ve svých pracích uvádí také Wu et al. (2012), kteří sledovali vliv zasolení na *Solanum melongena* L. 'Huqie' (lilek vejcoplodý) nebo Sheng et al. (2012), kteří měřili vliv různých koncentrací na fyziologické parametry včetně rychlosti transpirace u okurky seté (*Cucumis sativus* L.). S tímto tvrzením se shodují také výsledky Mashilo et al. (2017), kteří se shodují v tom, že vlivem salinity se u lagenárie obecné omezuje rychlost růstu, rychlost asimilace CO_2 , stomatální vodivost a také rychlost transpirace. Dle těchto autorů se nám potvrdila hypotéza, že zasolení ovlivňuje rychlost transpirace.

Průměrná rychlost transpirace se v kontrolní variantě u juvenilních rostlin čeledi tykvovité pohybovala v intervalu od 0,71 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹ (okurka setá) do 0,89 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹ (lagenárie obecná). Stępień & Kłobus (2006) uvádějí ve své práci mnohem vyšší rychlost transpirace u okurky seté v porovnání s našimi rostlinami v kontrolní variantě, hodnoty se pohybovaly v intervalu od 3,3 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹ do 3,5 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹. Rozdíl hodnot je patrně dán jinou odrůdou, kterou ve svém pokusu použili (*Cucumis sativus* L., kultivar Wisconsin), dále je rozdíl dán odlišnými pěstebními podmínkami. Rostliny okurky seté pěstovali v hydroponii při teplotě 25 °C přes den, v noci dosahovala teplota 22 °C. Mashilo et al. (2017) rovněž uvádí u různých genotypů lagenárie obecné v kontrolní variantě vyšší průměrné hodnoty rychlosti transpirace v porovnání s našimi hodnotami v intervalu od 3,8 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹ (genotyp BG-58) do 15,8 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹ (genotyp GC), pokus probíhal při teplotě 25 °C a relativní vlhkosti vzduchu 60 %.

U stresovaných variant se průměrná rychlost transpirace pohybovala v rozmezí od 0,37 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹ (0,20 M/ tykev obecná) do 0,59 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹ (0,25 M/ okurka setá). Při srovnání výsledků bylo zjištěno, že průměrná rychlost transpirace u okurky seté v této diplomové práci byla nižší v porovnání s odrůdami v práci Tang et al. (2018), kde se průměrná rychlost transpirace pohybovala od 4,8 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹ (genotyp JY4) do 5,3 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹ (genotyp 9930). Zjištěné rozdíly v hodnotách transpirace byly pravděpodobně způsobené rozdílnými odrůdami, odlišnou koncentrací NaCl (75 mM) a lišícími se podmínkami pěstování.

Změny rychlosti transpirace uvádí i autoři Hniličková et al. (2017), kteří uvádí snížení hodnot u *Eruca sativa* L. Mill. (roketa setá) v koncentraci 50, 100, 200 a 300 mmol.

Dle námi naměřených průměrných hodnot rychlosti transpirace lze konstatovat, že nejcitlivěji reagovala lagenárie obecná, u které byl zaznamenán největší rozdíl v rychlosti mezi kontrolou a stresovanou variantou s nejvyšší molaritou 0,25 M (0,5 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹). Jako tolerantní se jeví okurka setá, u které byl naopak zjištěn nejnižší rozdíl rychlosti transpirace (0,12 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹).

6.1.3 Stomatální vodivost

Lambers et al. (1989) uvádí, že v případě klesajícího relativního obsahu vody v rostlině, dochází k přímému nebo nepřímému ovlivnění fotosyntézy, která je mimo jiné limitována difuzí CO₂ přes průduchy. Dochází k tomu vlivem neustále se zvyšující transpirace při otevřených průduších a zároveň nedochází k dostatečnému nahrazování příjmu vody kořeny.

Dále tito autoři konstatují, že s klesající stomatální vodivostí, klesá fotosyntéza pomaleji v porovnání s transpirací. Dle těchto autorů fotosyntéza není lineárně závislá na stomatální vodivosti, kdežto transpiraci uvádějí jako lineárně závislou. Konstatování těchto autorů se shoduje s výsledky diplomové práce, kdy u juvenilních rostlin z čeledi tykvovité byla zjištěna slabá závislost fotosyntézy na stomatální vodivosti u všech pokusných plodin. Významná korelace (77 %) mezi transpirací a stomatální vodivostí byla zaznamenána u lagenárie obecné.

Klamkowski & Treder (2006) ve své práci sledovali vliv nedostatku vody na jahodníku, kde uvádějí v porovnání s korelací v této práci těsnou závislost fotosyntézy a transpirace

se stomatální vodivosti. Determinační koeficient (R^2) v jejích práci byl v případě korelace transpirace 0,95. V případě zástupců čeledi tykvovité byl determinační koeficient (R^2) 0,77 u korelace transpirace. V případě korelace fotosyntézy se pohyboval R^2 v rozmezí od 0,11 (lagenárie obecná) do 0,14 (okurka setá).

Nejvyšší průměrné hodnoty stomatální vodivosti byly zaznamenány u všech pokusných juvenilních rostlin v kontrolní variantě. Rychlost stomatální vodivosti se pohybovala v rozmezí od 0,08 mol.m⁻².s⁻¹ (tykev obecná) do 0,1 mol.m⁻².s⁻¹ (okurka setá). V rámci stresovaných variant bylo rozpětí rychlosti stomatální vodivosti od 0,02 mol.m⁻².s⁻¹ (tykev obecná, 0,20 M) do 0,05 mol.m⁻².s⁻¹ (lagenárie obecná, 0,25 M). Vyšší hodnoty rychlosti stomatální vodivosti v kontrolní variantě u různých genotypů melounu cukrového (*Cucumis melo* L.) uvádí ve své práci i Kusvuran (2012).

Colla et al. (2006) uvádějí vlivem zasolení (5,2 dS.m⁻¹) u melounu cukrového, který je roubovaný na lagenárii hodnotu stomatální vodivosti 0,19 mol.m⁻².s⁻¹. U melounu, který je roubovaný na tykev obecnou byla hodnota stomatální vodivosti nepatrně vyšší o 0,01 mol.m⁻².s⁻¹. V kontrolní variantě se hodnoty stomatální vodivosti pohybovaly kolem 0,32 mol.m⁻².s⁻¹, což je vyšší hodnota v porovnání s diplomovou prací z důvodů rozdílných pokusných odrůd rostlin, jiných pěstebních podmínek a rozdílných koncentrací zasolení.

Tang et al. (2018) uvádějí u okurky seté (genotyp JY4), který je citlivý k zasolení rychlost stomatální vodivosti 0,2 mol.m⁻².s⁻¹ u genotypu, který je dle těchto autorů tolerantní vůči zasolení (9930) hodnotu stomatální vodivosti 0,35 mol.m⁻².s⁻¹. V práci byly zaznamenány nižší hodnoty stomatální vodivosti z důvodu vyšší koncentrace zasolení a použití rozdílných genotypů rostlin v porovnání s touto prací.

6.2 Efektivita využití vody (WUE)

Lambers et al. (1998) konstatují, že s klesající stomatální vodivostí stoupá i účinnost využití vody (WUE). Yadav et al. (2011) definuje okurku a tykev jako středně citlivé k zasolení. Dle Saberi (2014) je efektivita využití vody závislá na druhu rostliny, dále je závislá na koncentraci obsahu solí v půdě a míře zavlažení. Toto tvrzení se shoduje s naší hypotézou o mezidruhových rozdílech v hospodaření s vodou vlivem působení salinity.

V diplomové práci bylo zjištěno, že zasolení průkazně ovlivňuje efektivitu využití vody u juvenilních rostlin z čeledě *Cucurbitaceae*, především ve vyšších koncentracích roztoku NaCl. V této práci byly v kontrolní variantě naměřené hodnoty WUE v rozmezí od 6,34 (10⁻³) u lagenárie obecné do 9 (10⁻³) u okurky seté.

Dle výsledků lze konstatovat, že nejodolnější vůči zasolení se jeví tykev obecná, která ve variantě 0,20 M vykazovala nejvyšší efektivitu využití vody (18,23 (10⁻³)), dále se jako tolerantní jeví lagenárie obecná s hodnotou WUE (16,91 (10⁻³)) ve variantě roztoku NaCl 0,25 M. Zvýšení hodnot WUE vlivem stresu salinity v porovnání s kontrolní variantou uvádí ve své práci Wu et al. (2012) u *Solanum melongena* L. 'Huqie' (lilek vejcoplodý). U okurky seté byl naměřen nejvýraznější rozdíl hodnoty WUE 6,54 (10⁻³) mezi kontrolní variantou (9 (10⁻³)) a stresovanou variantou 0,20 M (15,54 (10⁻³)). Tyto výsledky jsou v souladu s prací Wang et al. (2006), kteří rovněž uvádějí zvýšení efektivitu využití vody u okurky seté. Vyšší hodnoty

efektivitu využití vody v stresové variantě uvádějí v případě rostlin tabáku Agarwal et al. (2016) nebo v případě rostlin pomerančovníku Syvertsen & Melgar (2010).

Efektivitu využití vody u okurky (*Cucumis sativus* L. 'Wisconsin') ve své práci měřili Stępień & Kłobus (2006), a to ve variantě kontrolní s nulovou koncentrací solí, stresované 50 mM NaCl a 100 mM NaCl. Nejnižší hodnoty měla WUE v kontrolní variantě, která se během měření pohybovala v rozmezí od 3,5 (10^{-3}) do 4 (10^{-3}), což je podstatně méně než v této práci (6,34 – 9 (10^{-3})). Naopak nejvyšší efektivita využití vody byla zaznamenána u nejvyšší koncentrace NaCl 100 mM (3,2 do 7 (10^{-3})). Rozdílná WUE je patrně dána odlišným pěstovaným druhem, rozdílnou koncentrací a odlišnými pěstebními podmínkami.

6.3 Fluorescence chlorofylu

Dle Prášila (2003) metoda fluorescence chlorofylu poskytuje informaci o tom, jak rostliny dovedou tolerovat stres a jaký vliv má tento stres na poškození fotosyntetického aparátu. Podle Sayed (2003) je odezvou prvotních reakcí fotosyntézy. Dále tito autoři uvádí, že je hodně využívána při hodnocení fyziologického stresu, například stres zasolením, teplotní stres nebo vodní deficit. V této práci byla u juvenilních rostlin okurky, tykve a lagenárie využita tato metoda k zhodnocení stresu ze salinity. Z naměřených výsledků je patrné, že aplikovaný roztok chloridu sodného výrazně snížil hodnoty fluorescence chlorofylu (Fv/Fm) u všech vybraných druhů rostlin ve všech koncentracích roztoku NaCl. Snížené hodnoty fluorescence chlorofylu u okurky seté a lagenárie obecně vlivem různých koncentrací roztoku chloridu sodného ve své práci popsaly Mashilo et al. (2017) nebo Kalaji et al. (2016).

Z uvedených výsledků dále vyplývá, že hodnota fluorescence chlorofylů v kontrolní variantě u všech pokusných juvenilních rostlin se pohybuje kolem hodnoty 0,83. Z výsledků Tang et al. (2018), kteří ve své práci sledovali fyziologické reakce na zasolení u dvou odrůd okurky seté je zřejmé, že průměrná hodnota fluorescence chlorofylů v kontrolní variantě se pohybovala v rozmezí 0,79 (JY4) až 0,8 (9930). Těto hodnoty jsou poměrně shodné s hodnotami naměřenými v této práci.

Při navození stresu 75 mM zaznamenali Tang et al. (2018) mírné snížení fluorescence chlorofylu, které se pohybovalo v intervalu od 0,75 (JY4) do 0,77 (9930). Při porovnání poměru parametru Fv/Fm u okurky seté, byla zaznamenána hodnota fluorescence chlorofylu ve variantách NaCl od 0,38 (0,25 M) do 0,75 (0,15 M). Rozdíl hodnoty mezi odrůdami v práci Tang et al. (2018) a odrůdou v naší práci byl v intervalu od 0,02 do 0,37. Rozdíl, který jsme zjistily, byl dán odlišnými odrůdami, rozdílnou koncentrací NaCl, úrovní stresu a odlišnými podmínkami pokusu. V pokusu Tang et al. (2018) byla teplota během dne nastavena na 25 °C–30 °C, v noci byla nastavena na 15 °C–18 °C a pH ve vodném roztoku bylo 6,3. V naší práci byla teplota nastavena na 25 °C přes den a 19 °C v noci, pH bylo 5,5–6,5. Dle těchto autorů jsou patrné mezidruhové rozdíly v reakci na stres zasolením, kdy různé koncentrace soli ovlivňují fluorescenci chlorofylů. Toto tvrzení nám potvrzuje naši hypotézu o mezidruhových rozdílech v reakci na stres.

Výsledky z naší práce potvrdili u námi vybraných juvenilních rostlin z čeledi *Cucurbitaceae* odlišné reakce na různé koncentrace roztoku NaCl. Nejvyšší rozdíl hodnoty fluorescence chlorofylu mezi kontrolou a variantou stresu 0,25 M byl pozorován u tykve obecné, naopak jako tolerantní se jeví lagenárie obecná.

7 Závěr

U juvenilních pokusných rostlin tykve obecné, okurky seté a lagenárie obecné byl sledován vliv zasolení na rychlost výměny plynů, efektivitu využití vody (WUE) a fluorescence chlorofylů ve čtyřech variantách pokusu. Ze získaných výsledků vyplývají následující závěry:

1. Vlivem zasolení se u všech juvenilních rostlin snížila rychlost výměny plynů, stomatální vodivosti, fluorescenci chlorofylů a WUE.
2. Byly prokázány mezidruhové rozdíly rostlin v reakci na stres zasolením.
3. Mezi kontrolní variantou ($9,03 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) a stresovanou variantou 0,25 M ($6,49 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) byl prokázán nejvyšší rozdíl v rychlosti fotosyntézy u okurky seté, naopak nejnižší rozdíl byl zjištěn u tykve obecné, kdy průměrná rychlost fotosyntézy v kontrolní variantě byla $7,63 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ a ve stresované variantě 0,25 M byla $6,67 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$.
4. Snížení rychlosti transpirace bylo pozorováno u všech pokusných juvenilních rostlin ve všech variantách. Nejvýraznější pokles v porovnání s kontrolou byl pozorován ve variantě 0,25 M u lagenárie obecné.
5. Nejnižší průměrný rozdíl ve fluorescenci chlorofylů mezi kontrolními (0,83) a stresovanými variantami (0,39) byl prokázán u lagenárie obecné. U tykve obecné byl naopak zaznamenán nejvyšší rozdíl fluorescence chlorofylů, jako poměr Fv/Fm mezi kontrolou (0,83) a stresovou variantou 0,25 M (0,35).
6. Nejvýznamnější míra těsnosti závislosti byla pozorována u korelace transpirace se stomatální vodivosti u lagenárie obecné, kde hodnota R^2 byla 0,76.
7. Slabá závislost byla zjištěna u korelace fotosyntézy se stomatální vodivostí u lagenárie obecné, hodnota determinačního koeficientu (R^2) byla 0,11.
8. Nejvyšší využití efektivity vody vykazovaly rostliny tykve obecné ve variantě 0,20 M ($18,23 (10^{-3})$). Naopak nejnižší WUE v rámci stresových variant bylo zaznamenáno u okurky seté, koncentrace 0,25 M ($11 (10^{-3})$).
9. Jako tolerantní vůči zasolení se jeví rostliny tykve obecné a lagenárie obecné. Naopak jako citlivé se jeví rostliny okurky seté.
10. Byla prokázána hypotéza o tom, že zasolení ovlivňuje rychlost transpirace a fotosyntézy, stomatální vodivosti a fluorescenci chlorofylů.
11. Byla prokázána hypotéza o existenci mezidruhových rozdílech v hospodaření s vodou vlivem působení salinity, stanovené na základě hodnot WUE.

8 Seznam literatury

- Afzal I, Basra SMA, Iqbal A. 2005. The effectes of seed soaking with plant growth regulators on seedling vigor of wheat under salinity stress. *Journal of Stress Physiology & Biochemistry*. **1(1)**: 6–14.
- Agarwal P, Dabi M, More P, Patel K, Jana K, Agarwal PG. 2016. Improved shoot regeneration, salinity tolerance and reduced fungal susceptibility in transgenic tobacco constitutively expressing PR-10 a gene. *Frontiers in Plant Science*. **7**: 217.
- Allbed A, Kumar L, Sinha P. 2014. Mapping and Modelling Spatial Variation in Soil Salinity in the Al Hassa Oasis Based on Remote Sensing Indicators and Regression Techniques. *Remote Sensing*. **6**:1137–1157.
- Alvarez-Acosta C, Marrero-Dominguez A, Gallo-Llobet L, Gonzalez-Rodriguez AM. 2019. Effects of NaCl and NaHCO₃ stress on morphological growth and nutrient metabolism on selected avocados (*Persea americana* Mill.). *Journal of Plant Nutrition*. **42(2)**: 164–177.
- Ashraf M, Fooland MA. 2007. Improving plant abiotic-stress resistance by exogenous application of osmoprotectants glycine, betaine and proline. *Environmental and Experimental Botany*. **59**: 206–216.
- Aslam R, Bostan N, Nabgha A, Maria W, Safdar W. 2012. A critical review on halophytes: Salt tolerant plants. *Journal of medicinal plant research*. **5(33)**: 7108–7118.
- Barteles D, Sunkar R. 2005. Drought and salt tolerance in plants. *Critical Reviews in Plant Sciences*. **24(1)**: 23–58.
- Bartoš J. 2000. Pěstování a odbyt zeleniny. Agrospoj, Praha.
- Bedrna Z. 2002. Environmentálne pôdoznalectvo. Veda, Bratislava.
- Biggs M. 1997. Zelenina: velká kniha zeleninových druhů. Volvox Globator, Praha.
- Bisognin DA. 2002. Origin and evolution of cultivated cucurbits. Scielo. Universidade federal de Santa Maria. **32(4)**: 715–723.
- Bláha L, Hnilička F, Kadlec P, Smrčková–Jankovská P, Macháčková I, Sychrová E, Kohout L. 2010. Influence of abiotic stresses on the physiology of winter wheat sprouting plants. Pages 143–147 in Hnilička F, Bláha L, editors. Vliv abiotických a biotických stresorů na vlastnosti rostlin (recenzovaný sborník příspěvků). ČZU v Praze. Praha.

- Bóhm V, Fekete D, Balázs G, Gáspár L, Kappel N. 2017. Salinity tolerance of grafted watermelon seedlings. *Acta Biologica Hungarica* **68**: 412–427.
- Boyer JS. 1982. Plant productivity and environment. *Science*. **218**: 443–448.
- Brtnický M, Vopravil J, Vrabcová T, Hladký J, Khel T, Novák P, Vlček V, Kynický J. 2012. Degradace půdy v České republice. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy. Brno.
- Colla G, Roupahel Y, Cardarelli M. 2006. Effect of Salinity on Yield, Fruit, Quality, Leaf Gas Exchange, and Mineral Composition of Grafted Watermelon Plants. *Horticultural Science*. **41(3)**: 622–627.
- Čiamporová M, Mistrík I. 1991. Rastlinná bunka v nepriaznivých podmienkach. Veda. Bratislava.
- Decker DS. 1988. Origin(s), evolution, and systematics of *Cucurbita pepo* (*Cucurbitaceae*). *Economic Botany*. **42**: 4–15.
- Douaik A, Meirvenne M, Toth T. 2008. Stochastic approaches for space-time modeling and interpolation of soil salinity. Pages 273–289 In: Metternicht G, Zinck JA, editors. *Report Sensing of Soil Salinization: Impact on Land Management*. CRC Press: Boca Raton, London, New York.
- Dreher C, Callis J. 2007. Ubiquitin, hormones and biotic stress in plants. *Annals of Botany*. **99(5)**: 787–822.
- Duarte B, Sleimi N, Caçador I. 2014. Biophysical and biochemical constraints imposed by salt stress: learning from halophytes. *Frontiers in plant science*. **5**: 746.
- Eryilmaz F. 2006. The relationships between salt stress and anthocyanin content in higher plants. **20**: 47–52.
- Fan HF, et al. 2017. Antioxidant system and photosynthetic characteristics responses to short-term PEG-induced drought stress in cucumber seedling leaves. *Russian journal of plant physiology*. **64(2)**: 162–173.
- Flegr J. 2007. Úvod do evoluční biologie. Academia, Praha.
- Flowers TJ, Flowers SA. 2005. Why does salinity pose such a difficult problem for plant breeders?. *Agricultural Water Management*. **78**:15–24.

- Flowers TJ. 2004. Improving crop salt tolerance. *Journal of Experimental Botany*. **55(396)**: 307–319.
- Flowers TJ, Troke PF, Yeo AR. 1977. Mechanism of salt tolerance in halophytes. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*. **28**: 89–121.
- Flynn P. 2003. Biotic vs. abiotic – distinguishing disease problems from environmental stresses. *Department of Plant Pathology*. **22**: 489.
- Furtana GB, Tipirdamaz R. 2010. Physiological and antioxidant response of three cultivars of cucumber (*Cucumis sativus* L.) to salinity. *Turkish Journal of Biology*. **34(3)**: 287–296.
- Gaspar T, Franck T, Bisbis B, Kevers C, Jouve L, Hausman JF, Dommes J. 2002. Concepts in plant stress physiology. Application to plant tissue cultures. *Plant Growth Regulation*. **37(3)**: 263–285.
- Groß F, Durner J, Gaupels F. 2013. Nitric oxide, antioxidants and prooxidants in plant defence responses. *Frontiers in Plant Science*. **4**: 419.
- Hayat S, Hayat Q, Alyemeni MN, Wani SA, Pichtel J, Ahmad A. 2012. Role of proline under changing environments. *Plant Signaling and Behavior*. **7(11)**: 1–11.
- Hejný S, Slavík B. 2003. *Květena České republiky, 2., nezm. vyd.*. Academia, Praha.
- Hlava B, Táborský V, Valíček P. 1998. *Tropické a subtropické zeleniny: pěstování a využití*. Brázda, Praha.
- Hnilička F, Hniličková H. 2016. Obecná koncepce stresu. Pages 2–27 in Hnilička F, Středa T, editors. *Rostliny v podmínkách stresu – abiotické stresory*. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.
- Hniličková H, Hnilička F, Martinková J, Kraus K. 2017. Effects of salt stress on water status, photosynthesis and chlorophyll fluorescence of rocket. *Plant, Soil and Environment*. **63(8)**: 362–367.
- Holá D, Fridrichová L, Jelénková I, Kočová M, Rothová O, Trubanová N, Panchártek D, Seňková J, Palovská M. 2012. Odezva bobu obecného (*Vicia faba* L.) na nedostatek vody a ošetření 24 – Epibrassinolidem. Pages 115–119 in Hnilička F, editor. *Vliv abiotických a biotických stresorů na vlastnosti rostlin*. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.

- Holubec V. 2016. Stres a adaptace rostlin v přírodních podmínkách. Pages 39–58 in Hnilička F, Středa T, editors. Rostliny v podmínkách stresu – abiotické stresory. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.
- Huang Y, Zhu J, Zhen A, Chen L, Bie Z. 2009. Organic and inorganic solutes accumulation in the leaves and roots of grafted and ungrafted cucumber plants in response to NaCl stress. *Journal of food agriculture & environment*. **7(2)**: 703–708.
- Chartzoulakis KS. 1994. Photosynthesis, water relations and leaf growth of cucumber exposed to salt stress. *Scientia Horticulturae*. **59(1)**: 27–35.
- Chen S, Wang Z, Guob X, Rasool G, Zhanga J, Xie Y, Hamoud YA, Shaob G. 2019. Effects of vertically heterogeneous soil salinity on tomato photosynthesis and related physiological parameters. *Scientia Horticulturae*. **249**: 120–130.
- Chen, Ch. M., Ertl, J. R., Leisner, S. M., Chang, Ch. Ch. 1985. Localization of cytokinin biosynthetic sites in pea plants and carrot roots. *Plant Physiology*. 78 (3). 510-513.
- Chinnusamy V, Jagendorf A, Zhu JK. 2005. Understanding and improving salt tolerance in plants. *Crop Science*. **45**: 437–448.
- Ismal AM, Hall AE, Close TJ. 1999. Purification and partial characterization of a dehydrin involved in shilling tolerance during seedling emergence of cowpea. *Plant Physiology*. **120(1)**: 237–244.
- Jackson M, Ford-Lloyd B, Parry ML. 2013. Plant genetic resources and climate change. CABI, Boston.
- Jenks AM, Hasegawa PM. 2005. Plant abiotic stress. Blackwell Publishing. Oxford.
- Judd WS. 2002. Plant systematics: a phylogenetic approach, 2nd ed. Sinauer Associates, Sunderland, Mass., U.S.A.
- Kalaji HM, Jajoo A, Oukarroum A, Brestic M, Zivcak M, Samborska IA, Cetner MD, Łukasik I, Goltsev V, Ladle RJ. 2016. Chlorophyll a fluorescence as a tool to monitor physiological status of plants under abiotic stress conditions. *Acta Physiologiae Plantarum*. **38(4)**: 92–102.
- Kebza V. 2005. Psychosociální determinanty zdraví. Academia. Praha.
- Keskin BC, Sarikaya AT, Yüksel B, Memon AR. 2010. Abscisic acid regulated gene expression in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *Australian Journal of Crop Science*. **4(8)**: 617–625.

- Khaled H, Fawy HA. 2011. Effect of different levels of humic acids on the nutrient content, plant growth, and soil properties under conditions of salinity. *Soil Water Resources*. **6**: 21–29.
- Klamkowski K, Treder W. 2006. Morphological and Physiological Responses of Strawberry Plants to Water Stress. *Agriculturae Conspectus Scietificus*. **71(4)**: 159–165.
- Kobza J, et al. 2002. Monitoring pôd Slovenskej Republiky. Výskumný ústav pôdoznavectva a ochrany pôdy, Bratislava.
- Kosová K, Vítámvás P, Prášil IT, Renaut J. 2011. Plant proteome changes under abiotic stress — Contribution of proteomics studies to understanding plant stress response. *Journal of Proteomics*. **74**: 1301–1322.
- Kudo N, Sugino T, Oka M, Fujiyama H. 2010. Sodium tolerance of plants in relation to ionic balance and the absorption ability of microelements. *Soil Science and Plant Nutrition*. **56(2)**: 225–233.
- Kůdela V. 2013. Abiotikózy rostlin: poruchy, poškození a poranění. Academia, Praha.
- Kusvuran S. 2012. Effects of drought and salt stresses on growth, stomatal conductance, leaf water and osmotic potentials of melon genotypes (*Cucumis melo* L.). *African Journal of Agricultural Research*. **7(5)**: 775–781.
- Kutílek M. 2012. Půda planety Země. Dokořán, Praha.
- Kroon GH, Custers JBM, Kho YO, Nijs den APM, Varekamp HQ. 1979. Interspecific hybridization in *Cucumis* (L.). I. Need for genetic variation, biosystematic relations and possibilities to overcome crossability barriers. *Euphytica*. **28**: 723–728.
- Křivohlavý J. 2001. Psychologie zdraví. Portál, Praha.
- Lambers H, Chapin III FS, Pons TL. 1998. *Plant physiological ecology*. Springer, New York.
- Larcher W. 2003. *Physiological plant ecology: ecophysiology and stress physiology of functional groups*. Springer, New York.
- Larcher W. 1987. Stress bei Pflanzen. *Naturwissenschaften*. **74(4)**: 158–167.
- Larcher W. 1988. *Fyziologická ekologie rostlin*. Academia, Praha.
- Larcher W. 1995. *Physiological plant ecology*. Springer, New York.

- Larcher W. 2001. Ökophysiologie der Pflanzen. Eugen Ulmer–Verlag. Stuttgart.
- Levitt J. 1980. Responses of plants to environmental stresses. Academic Press, New York.
- Levitt J. 1982. Stress terminology. Pages 437–479 in Turner NC, Kramer PJ, editors. Adaptation of plants to water and high temperature stress. Wiley–Interscience. New York.
- Lichtenthaler HK. 1998. The Stress Concept in Plants: An Introduction, Annals of the New York Academy of Sciences. **851**: 187–198.
- Liran S. 2011. The effect of salt stress on photosynthetic characteristics and water use efficiency of various summer foxtail millets. Agricultural Science & Technology and Equipment. 10: 1–5.
- Mashilo J, Odindo AO, Shimelis HA, Musenge P, Tesfay SZ, Magwaza L. S. 2017. Drought tolerance of selected bottle gourd [*Lagenaria siceraria* (Molina) Standl.] landraces assessed by leaf gas exchange and photosynthetic efficiency. Plant Physiology and Biochemistry. **120**: 75–87.
- McCue K, Hanson A. 1990. Drought and salt tolerance: towards understanding and application. Trends in Biotechnology **8**: 358–362.
- McKersie BD, Leshem Y'acov Y. 1994. Stress and stress coping in cultivated plants. Kluwer Academic Publishers, Boston.
- Mitler R. 2006. Abiotic stress, the field environment and stress combination. Trends in Plant Science. **11(1)**: 15–19.
- Motřková K, Podlípna R, Vaněk T, Kafka Z. 2014. Halofytní rostliny a jejich možné využití ve fytořemediacích. Chemické listy. 108(6): 586–591.
- Munns R. 2005. Genes and salt tolerance: bringing them together. New Phytologist. **167**: 645–663.
- Munns R, Tester M. 2008. Mechanisms of Salinity Tolerance. Annual Review of Plant Biology. **59**: 651–681.
- Nielsen ET, Orcutt DM. 1996. Physiology of Plants under Stress. Abiotic factors. John Wiley and Sons. New York.

- Niu G, Cabrera RI. 2010. Growth and Physiological Responses of Landscape Plants to Saline Water Irrigation: A Reaview. *HortScience*. **45(11)**: 1605–1609.
- 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. 2001. Pěstujeme rajčata, papriky a další plodové zeleniny. Grada, Praha.
- Pessarakli M. 2016. Handbook of Cucurbits: Growth, Cultural Practices, and Physiology. 594 in *Handbook of Cucurbits: growth, cultural practices, and physiology*. CRC Press, Boca Raton.
- Petříková K, Malý I. 1998. Základy pěstování plodové zeleniny. Institut výchovy a vzdělávání Ministerstva zemědělství ČR, Praha.
- Petříková K, et al. 2006. Zelenina: pěstování, ekonomika, prodej. Profi Press, Praha.
- Prášil O. 2003. Fluorescence chlorofylu jako metoda studia fotosyntézy a diagnostiky porostu. *Živa*. **6**: 249–252.
- Prisco JT, Filho EG, Miranda R de S. 2016. Physiology and biochemistry of plants growing under salt stress. Pages 163–180 in Gheyi HR, Silva Dias da N, Lacerda de CF, Filho EG, editors. *Manejo da Salinidade na Agricultura: Estudos Básicos e Aplicados*. Expressão Gráfica e Editora.
- Quan L, Zhang B, Shi W, Li H. 2008. Hydrogene peroxide in plants: a versatile molecule of the reactive oxygen species network. *Journal of Integrative Plant Biology*. **50(1)**: 2–18.
- Robinson RW, Decker-Walters DS. 1997. Cucurbits. CAB International, New York, N.Y.
- Rorat T. 2006. Plant dehydrins — Tissue location, structure and function. *Cellular and Molecular Biology Letters* **11**: 536–556.
- Rouphael Y, Cardarelli M, Rea E, Colla G. 2012. Improving melon and cucumber photosynthetic activity, mineral composition, and growth performance under salinity stress by grafting onto Cucurbita hybrid rootstocks. *Photosynthetica*. **50(2)**: 180–188.
- Rubatzky VE, Yamaguchi M. 1997. World vegetables: principles, production, and nutritive values. Chapman, New York.

- Ryu H, Cho YG. 2015. Plant hormones in salt stress tolerance. *Journal of Plant Biology*. **58(3)**: 147–155.
- Saavedra L, Svensson J, Carballo V, Izmendi D, Welin B, Vidal S. 2006. A dehydrin gene in *Physcomitrella patens* is required for salt and osmotic stress tolerance. *The Plant Journal* **45**: 237–249.
- Saberi AR. 2014. Yield and water use efficiency (WUE) responses of forage sorghum ratoon crop under varying salinity and irrigation frequency. *African Journal of Plant Sciences*. **8(12)**: 554–559.
- Sayed OH. 2003. Chlorophyll fluorescence as a tool in cereal crop research. *Photosynthetica*. **41(3)**: 321–330.
- Selye H. 1936. A syndrom produced by diverse nocuous agents. In *Natura*. **138**: 32.
- Selye H. 1973. The Evolution of the Stress Concept: The originator of the concept traces its development from the Discovery in 1936 of th alarm reaction to modern therapeutic applications of syntoxic and catatoxic hormones. *American scientist*. **61(6)**: 692–699.
- Sheng S, Shi–Rong G, Jin S, Ling–Yun Y. 2012. Effects of salt stress on the structure and function of the photosynthetic apparatus in *Cucumis sativus* and its protection by exogenous putrescine. *Physiologia Plantarum*. **146(3)**: 285–296.
- Shomeili M, Nabipour M, Meskarbashee M, Memari HR. 2010. Effects of gibberellic acid on sugarcane plants exposed to salinity under a hydroponic system. *African Journal of Plant Science*. **5(10)**: 609–616.
- Schimper AFW. 1898. *Pflanzengeographie auf physiologischer grundlage*. Jena: G. Fischer.
- Schulze E, Beck E, Muller–Hohenstein K. 2005. *Plant Ecology*. Springer. Berlin, Heidelberg.
- Smith BD. 1997. The Initial Domestication of *Cucurbita pepo* in the Americas 10,000 Years Ago. *Science*. **276**: 932–934.
- Smith N, et al. 2003. *Flowering Plants of the Neotropics*. Princeton: Princeton University Press.
- Stępień P, Kłobus G. 2006. Water relations and photosynthesis in *Cucumis sativus* L. leaves under salt stress. *Biologia plantarum*. **50(4)**: 610–616.

- Sultana N, Ikeda T, Itoh R. 1999. Effect of NaCl salinity on photosynthesis and dry matter accumulation in developing rice grains. *Environmental and Experimental Botany*. **42(3)**: 211–220.
- Swiader JM, Ware GW, McCollum JP. 1992. Producing vegetable crops. Danville, Illinois: Interstate.
- Syvetsen JP, Melgar JC. 2010. Salinity tolerance and leaf water use efficiency in citrus. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. **135(1)**: 33–39.
- Tang YY, Yuan YH, Shu S, Guo SR. 2018. Regulatory mechanism of NaCl stress on photosynthesis and antioxidant capacity mediated by transglutaminase in cucumber (*Cucumis sativus* L.) seedlings. *Scientia Horticulturae*. **235**: 294–306.
- Tavakkoli E, Fatehi F, Rengasamy P, Macdonald GK. 2012. A comparison of hydroponic and soil-based screening methods to identify salt tolerance in the field in barley. *Journal of Experimental Botany*. **63**: 3853–3868.
- Tindall HD. 1968. Commercial vegetable growing. Oxford U.P., Ibadan.
- Tindall HD. 1983. Vegetables in the tropics, Reprint.. Macmillan, London.
- Valíček P, Pokluda R. 2004. Zelinářství tropů a subtropů. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita. Brno.
- Wang W, Vincor B, Shoseyov O, Altman A. 2001. Biotechnology of plant osmotic stress tolerance: physiological and molecular considerations. *Acta Hort*. **560**: 285–292.
- Wang S, Guo S, Li J, Hu X, Jiao Y. 2006. Effects of salt stress on the root growth and leaf water use efficiency of cucumber seedlings. *The Journal of Applied Ecology*. **17(10)**: 1883–1888.
- Wang X, Yang P, Gao Q, Liu X, Kuang T, Shen S, He Y. 2008. Proteomic analysis of the response to high-salinity stress in *Physcomitrella patens*. *Planta*. **228(1)**: 167–177.
- Wu X, Zhu Z, Li X, Zha D. 2012. Effects of cytokinin on photosynthetic gas exchange, chlorophyll fluorescence parameters and antioxidative system in seedlings of eggplant (*Solanum melongena* L.) under salinity stress. *Acta Physiologiae Plantarum*. **34**: 2105–2114.
- Yadav S, Irfan M, Ahmad A, Hayat S. 2011. Causes of salinity and plant manifestations to salt stress: a review. *Journal of Environmental Biology*. **32(5)**: 667.

- Yaghi T, Arslan A, Naoum F. 2013. Cucumber (*Cucumis sativus* L.) water use efficiency (WUE) under plastic mulch and drip irrigation. *Agricultural water management*. **128**: 149–157.
- Yancey P, Clark M, Hand S, Bowlus R, Somero G. 1982. Living with water stress: evolution of osmolyte systems. *Science*. **217**:1214–1222.
- Yousif BS, Nguyen NT, Fukuda Y, Hakata H. 2010. Effect of salinity on growth, mineral composition, photosynthesis and water relations of two vegetable crops; New Zealand spinach (*Tetragonia tetragonioides*) and waterspinach (*Ipomoea aquatica*). *International Journal of Agriculture and Biology*. **12(2)**: 211–216.

Internetové zdroje:

- ADC. 2019. ADC BioScientific Ltd. ADC. United Kingdom. Available from https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=2ahUKEwj9j8LrrfrgAhXRalAKHf3hDTMQFjABegQICBAC&url=https%3A%2F%2Fwww.adc.co.uk%2Fwp-content%2Fuploads%2F2013%2F09%2FLCProSD_8_Page.pdf&usg=AOvVaw3-0IPUkrubBFjpMqQIUNZ2 (accessed March 2019).
- Agrocs. 2018. Zahradní substrát. Agrocs. Praha. Available from <http://www.agrocs.cz/zahradni-divize/produkty-a-sluzby> (accessed November 2018).
- Eagri. 2019. Databáze odrůd-Detail odrůdy tykve obecné. Eagri. Praha. Available from <http://eagri.cz/public/app/sok/odrudyNouVF.do> (accessed January 2019).
- Eagri. 2019. Databáze odrůd-Detail odrůdy okurky seté. Eagri. Praha. Available from <http://eagri.cz/public/app/sok/odrudyNouVF.do> (accessed January 2019).
- FAO. 2018. FAOSTAT. Available from <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> (accessed November 2018).
- Seedquest. 2018. World Vegetable Map. Seedquest. US. Available from https://www.seedquest.com/News/pdf/2018/Rabobank_WVM2018.pdf (accessed March 2019).
- Semo. 2019. Kalabasa. Semo. Smržice. Available from <https://www.semo.cz/eshop/kalabasa-kalabasa-4091/> (accessed March 2019).