

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra botaniky a fyziologie rostlin



**Vliv zasolení na rychlost výměny plynů a fluorescence
juvenilních rostlin bėru a ěiroku**

Diplomov práce

Autor práce: Bc. Martin Ludvík

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

© 2017 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Vliv zasolení na rychlost výměny plynů a fluorescence juvenilních rostlin béru a čiroku." jsem vypracoval 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 autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 13. 4. 2017 _____

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval doc. Ing. Františkovi Hniličkovi, Ph.D. za ochotu, cenné rady a připomínky i odborné vedení mé diplomové práce.

Vliv zasolení na rychlost výměny plynů a fluorescence juvenilních rostlin bėru a ěiroku

Souhrn

Mezi hlavní faktory nepřiznivě ovlivňující rostlinnou výrobu patří také zasolení půd. Díky svým fyziologickým vlastnostem jsou rostliny ěiroku a bėru ěasto pěstovány na místech, která jsou ohrožená právě půdním suchem a zasolením. Proto je cílem diplomové práce stanovit a následně vyhodnotit meziodrůdové a mezidruhové rozdíly v rychlosti výměny plynů a fluorescenci chlorofylů vybraných genotypů ěiroku a bėru, které byly po dobu 28 dní vystaveny zasolení.

Rostliny ěiroku a bėru genotypů 1216, Ruberit, 30485, Barnard Red a Ruzrok byly pěstovány v nádobách o velikosti 11x11 cm se zahradním substrátem v ěástečně řízených skleníkových podmínkách. Schéma pokusu představuje 4 varianty: K, S1, S2 a S3. Varianta K je kontrolní varianta, která byla po celou dobu pokusu zavlařována 250 ml destilované vody. Další tři varianty představují varianty stresované, kdy bylo zasolení navozeno zavlařováním 250 ml příslušného roztoku soli. Varianta S1 byla po celou dobu pokusu zavlařována 0,15 M roztokem NaCl, dále varianta S2, která byla po celou dobu pokusu stresována 0,25 M roztokem NaCl a poslední varianta S3, u které bylo zasolení navozeno 0,50 M roztokem NaCl. U rostlin byla ve dvoudenních intervalech měřena rychlost výměny plynů infraěerveným analyzátorem LCpro+, fluorescence chlorofylů přístrojem OS1-FL a index obsahu chlorofylů byl sledován přístrojem CCM-200. Následně byla na základě hodnot rychlosti fotosyntézy a transpirace vypoětena efektivita využití vody (WUE).

Nejcitlivěji reagovala na zasolení odrůda bėru Ruberit, která vykazovala nejnižší průměrnou efektivitu využití vody (13,669) a zároveň měla nejvyšší rozdíl hodnot mezi kontrolou a stresem u parametru fluorescence chlorofylů (interval hodnot od 0,104 (S1) do 0,583 (S3)). Citlivě na sledované koncentrace NaCl reagoval také genotyp ěiroku 1216, u kterého byl zjištěn nejnižší rozdíl průměrné rychlosti transpirace mezi kontrolními (1,083 mmol H₂O m⁻² s⁻¹) a stresovanými rostlinami (0,545 mmol H₂O m⁻² s⁻¹). Jako odolnější vůěi zasolení se jeví odrůda Barnard Red, u které byl prokázán nejnižší rozdíl hodnot rychlosti fotosyntézy mezi kontrolní a stresovanou variantou S3 v rozmezí od 15,529 μmol CO₂ m⁻² s⁻¹ do 14,823 μmol CO₂ m⁻² s⁻¹. Další odrůda, která se jeví jako odolnější je odrůda Ruzrok, která měla nejvyšší průměrnou efektivitu využití vody (22,541) a také nejnižší rozdíl mezi kontrolou a stresem u parametru fluorescence chlorofylů v rozmezí od 0,059 (S1) do 0,394 (S3).

Klíěová slova: ěiroky, bėr, zasolení, fotosyntéza, transpirace, fluorescence, WUE

Effect of salinity stress on gas exchange and fluorescence of juvenile plants by foxtail and sorghum

Summary

The main factors negatively affecting crop production include soil salinity. Due to its physiological properties are sorghum and foxtail plants often grown in places that are currently threatened by drought and soil salinization. Therefore the aim of this thesis is to set and then evaluate the varietal and interespecific differences in the rate of gas exchange and chlorophyll fluorescence of selected genotypes of sorghum and foxtail that had been exposed to salinity for about 28 days.

Sorghum, foxtail genotypes 1216, Ruberit, 30485, Barnard Red and Ruzrok, these plants were grown in pots of size 11x11 cm with garden substrate in a partially controlled greenhouse conditions. The whole experiment consisted out of four variants: K, S1, S2, S3. The variant K is the control option, which was throughout the experiment irrigated by 250ml of distilled water. The other three variants represent stressed ones, where was salinity irrigation induced by 250 ml of brine. Variant S1 was irrigated by 0,15 M NaCl, variant S2 stressed by 0,25 M NaCl and the last variant S3 was induced by salinization of 0,50 M NaCl solution. The plants were measured in two days intervals by rate of gas exchange infrared analyzer LCpro+, chlorophyll fluorescence device OS1-FL and index chlorophyll content was monitored by device CCM-200. Based on the values of photosynthesis and transpiration rate was calculated water use efficiency (WUE).

The most sensitive reaction to salinity was observed by foxtail Ruberit, which showed the lowest average of water use efficiency (13,669) and at the same time had the highest different values of control and stress in the chlorophyll fluorescence parameters (interval values of 0,104 (S1) to 0,583 (S3)). The other sensitive reaction to the measured concentration of NaCl was observed by sorghum genotype 1216, where was determined the lowest average transpiration rate difference between control ($1,083 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) and stressed plants ($0,545 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$). Barnard Red appears to be more resistant to salinity, in this variety were demonstrated the lowest different values in the speed of photosynthesis in between control and stressed variant S3 from $15,529 \text{ } \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ to $14,823 \text{ } \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Another variety that appears to be very resistant is Ruzrok, which had the highest average water use efficiency (22,541) and also the lowest different values between control and stress in the chlorophyll fluorescence parameters ranging from 0,059 (S1) to 0,394 (S3).

Keywords: Sorghum, foxtail, salinity, photosynthesis, transpiration, fluorescence, WUE

Obsah

1 Úvod	6
2 Cíle práce	7
3 Hypotézy	7
4 Literární rešerše.....	8
4.1 Botanická charakteristika čiroku	8
4.2 Historie, původ a rozšíření čiroku	10
4.3 Nároky čiroku na prostředí.....	12
4.4 Charakteristika béru	13
4.5 Obecná koncepce stresu.....	15
4.6 Definice zasolení	18
4.7 Vliv zasolení na rostliny.....	21
5 Metodika	26
6 Výsledky.....	32
6.1 Rychlost fotosyntézy.....	32
6.2 Rychlost transpirace	40
6.3 Efektivita využití vody (WUE).....	48
6.4 Fluorescence chlorofylu	50
6.5 Index obsahu chlorofylů (CCI)	51
7 Diskuze	52
7.1 Rychlost fotosyntézy.....	52
7.2 Rychlost transpirace	53
7.3 Efektivita využití vody (WUE).....	54
7.4 Fluorescence chlorofylu	55
7.5 Index obsahu chlorofylů (CCI)	56
8 Závěr	57
9 Seznam literatury	59

1 Úvod

Mezi hlavní omezující faktory, které nepříznivě ovlivňují rostlinou produkci, patří zasolení půd. V současnosti je na Zemi ovlivněno zasolením téměř 20 % obdělávané půdy a téměř polovina všech zavlažovaných pozemků.

Celosvětově se rostliny čiroku pěstují téměř na všech kontinentech a s produkcí 64,11 mil. tun zrna se řadí na páté místo mezi obilninami. Mezi velké výhody čiroku patří jeho odolnost vůči suchu a zasolení. Mezi rostliny, které mají vysoký stupeň tolerance vůči zasolení a suchu, se řadí také bér. K přednostem béru patří krátká vegetační doba, díky které dokáží rostliny dozrát v podmínkách s ročním úhrnem srážek cca 125 mm.

Díky výše zmíněným fyziologickým vlastnostem mohou být rostliny čiroku a béru pěstovány na místech s horšími klimatickými podmínkami, mezi které se řadí také semiaridní a aridní oblasti, tedy oblasti nejvíce ohrožené zasolením. Kromě těchto oblastí jsou náchylná k zasolení i místa, kde dochází k nerozváženému zavlažování nebo místa se zastaralými zavlažovacími systémy, které ve velké míře poškozují úrodnou půdu, urychlují spotřebu vody a podporují hromadění solí v půdě. S narůstající plochou aridních oblastí narůstají také plochy, které jsou náchylné k zasolení půd. Jelikož se většina rostlin řadí do kategorie nehalofytních rostlin, u nichž je buď tolerance k relativně nízkému obsahu soli, nebo jsou naopak koncentrací soli inhibovány, je v zájmu moderního šlechtitelství zabývat se šlechtěním odolnějších odrůd a vyvíjet nové pěstitelské metody, které by na stanovištích s vyšší koncentrací soli nabídly přijatelné kvalitativní a kvantitativní parametry čiroku a béru.

Při zasolení dochází v rostlině k významným fyziologickým změnám. Mezi ně patří i změna v rychlosti výměny plynů a fluorescence chlorofylů. Právě měřením a vyhodnocením těchto jevů u čtyř vybraných genotypů čiroku a jednoho genotypu béru v různých úrovních zasolení se zabývá i tato diplomová práce.

2 Cíle práce

Jedním z hlavních environmentálních stresů ovlivňující růst a produktivitu rostlin je zasolení půd (Allakhverdiev a kol., 2000). Aquino a kol. (2011) konstatují, že zasolení půd omezuje rostlinou produkci po celém světě a představuje závažný problém v zemědělství. Mezi plodiny, u kterých zasolení ovlivňuje růst a produktivitu, se řadí také čirok a bér.

Z uvedených literárních dat vychází cíle diplomové práce. Navržené cíle jsou:

1. Stanovit a vyhodnotit rozdíly v rychlosti výměny plynů v závislosti na působení zasolení u jednotlivých genotypů čiroku a béru.
2. Stanovit a vyhodnotit vliv zasolení na fluorescenci chlorofylů vybraných genotypů čiroku a béru.

3 Hypotézy

Na základě navržených cílů byly stanoveny následující hypotézy:

1. Existují genotypové rozdíly v reakci rostlin na zasolení?
2. Existují genotypové rozdíly v rychlosti výměny plynů a fluorescence chlorofylů u vybraných genotypů čiroku a béru?

Rostliny čiroku a béru jsou vzhledem ke svým fyziologickým vlastnostem často pěstovány na místech s horšími klimatickými podmínkami, mezi které patří také sucho a zasolení. Z těchto důvodů je důležitá volba genotypu, která v oblastech s vyšší koncentrací solí v půdě dosáhne dobrých kvantitativních a kvalitativních parametrů.

4 Literární rešerše

4.1 Botanická charakteristika čiroku

Rod čirok (*Sorghum* Moench.), viz obr. 1, patří do skupiny vousatkovité (*Andropogonae*), čeledi lipnicovité (*Poaceae*) a podčeledi prosovité (*Panicoidae*) (Hermuth a kol., 2012). Jedná se o jednoděložnou jednoletou nebo i víceletou robustní travu (Weger a kol., 2012). Průměrná výška čiroku se pohybuje od 1 do 5 metrů (Ratnavathi a kol., 2016).



Obr. 1.: čirok (Primag.hu, 2006)

Kořenový systém čiroku je velmi rozsáhlý s velkým množstvím kořenového vlášení (téměř dvakrát více než u kukuřice) (House, 1985). Kořeny prorůstají do hloubky 140-170 centimetrů a do šířky průměrně od 60 do 120 centimetrů (Hermuth a kol., 2012). Během klíčení se nejprve objeví primární kořinky, které nejsou větvené anebo jen velmi málo. Následně se objevují sekundární kořeny vyrůstající z prvního nodu. Později se vyvíjí v rozsáhlý kořenový systém rostliny. Primární kořeny následně odumírají (House, 1985). Opěrné kořeny, které vyrůstají z nejnižších nodů, se vytvářejí především za nepříznivých podmínek a nejsou schopny přijímat živiny a vodu. Naopak dobře upevňují rostliny čiroku v zemi (Hermuth a kol., 2012).

Stéblo čiroku je poměrně silné, tvrdé a pevné (House, 1985). Dále má podle Hermutha a kol. (2012) cylindrický tvar a lesklý povrch, který je částečně nebo zcela zbarvený do rozmanitých barev a inkrustován křemičitany. Stéblo je rozděleno nody na jednotlivá

internodia (Weger a kol., 2012). Počet internodií závisí na délce rostliny, ale obvykle se pohybuje v rozmezí od 5 do 20 a více. Množství článku na hlavním stéble je přímo úměrné délce vegetačního období (Hermuth a kol., 2012).

Podle House (1985) se u každého nodu na stéble vytváří pupen, výjimkou je nod, který se nachází pod praporcovým listem, kde následně může vznikat nové sekundární stéblo. Právě sekundární stébła se vytváří často v porostech řídkých s dobře vyhnojenou půdou. Na prostředí a hustotě výsevu je závislá také síla stébła, která se pohybuje od 1 do 3, ale i více centimetrů. Stéblo je vyplněno dřevní se zpevňující funkcí (Hermuth a kol., 2012). V období před kvetením je dřev šťavnatá a má sladkou chuť (House, 1985). To se využívá například u čiroku dvoubarevného (*Sorghum bicolor var. saccharatum* (L.) Moench), tzv. čirok cukrový, k produkci sacharózy (Tarpley a Vietor, 2007). U dozrávajících stébel může dřev zasychat a následně praskat (House, 1985). Čiroky můžeme dělit dle počtu odnoží v jednom trsu na slabě (1-2 odnože), středně (3-5 odnoží) a silně (5-8 odnoží) odnožující (Hermuth a kol., 2012).

Listy vyrůstají ze stébła střídavě ve dvou protilehlých řadách (House, 1985). Z každého nadzemního uzlu vyrůstá jeden list (Gerik a kol., 2010). Listy čiroku jsou po stéble rozmístěny v závislosti na jednotlivých genotypech. Ty jsou koncentrovány buď na bázi stébła, anebo rovnoměrně rozloženy v celé délce stébła (Hermuth a kol., 2012). House (1985) dále konstatuje, že listy čiroku mohou růst od vertikálního až do téměř horizontálního úhlu. U vzrostlých rostlin se pak kratší listy nacházejí na bázi stébła a delší listy v části střední až vyšší (Hermuth a kol., 2012). Praporcový list se na rostlině objevuje jako poslední a je značně menší, než ostatní listy (Gerik a kol., 2010). Čepele listů mohou být přímé, ale také stočené (House, 1985). Listy čiroku jsou zpravidla 40 až 100 cm dlouhé, 4 až 10 cm široké a jsou pokryty slabou voskovou vrstvou (Weger a kol., 2012). Podle Hermutha a kol. (2012) způsobuje právě vosková vrstva zbarvení listů do šedozelené barvy. Dalším rozpoznávacím znakem je u čiroku výrazná střední žilnatina listů, která je zeleně nebo bíle zbarvená. Počet listů na rostlině je velmi ovlivněn podmínkami prostředí. Zatímco v lepších podmínkách se průměrný počet listů pohybuje od 14 do 17, v těch horších se počet listů zvýší až na 30 a více (House, 1985).

Květenstvím čiroku je lata, která vyrůstá z pochvy praporcového listu (Gerik a kol., 2010). Lata může být v závislosti na druhu shloučená nebo rozkladitá a její délka se pohybuje od 4 do 25 cm a více, šířka je v rozmezí od 2 do 20 cm (House, 1985). Barva zrna je pak úzce spjata s barvou prašníků (Hermuth a kol., 2012).

Čirok je obvykle rostlinou samosprašnou, ale u některých druhů květenství se může objevit i cizosprašnost. Právě cizosprašnost se objevuje nejčastěji u rozkladitých a otevřených

květenství, kde může dosahovat až 60 %. Blizny přijímají pyl obvykle 3 až 5 dní, ale v závislosti na průběhu počasí může být časový interval i prodloužen. Kvetení postupuje od horní části laty směrem dolů a je urychlováno délkou dne a vyššími teplotami (21-35 °C). Kvetení laty může podle podmínek prostředí trvat od 7 do 10 dní (Hermuth a kol., 2012).

Podle Hermutha a kol. (2012) se zrno po opylení začne poměrně rychle vyvíjet do mléčné zralosti. K úplnému dozrání je pak potřeba poměrně dlouhá doba (Kára a kol., 2005). Důvodem je především dlouho zelené, šťavnaté stéblo, které zásobuje zrno vodou. Kvítky umístěny v dolní části a uvnitř laty obvykle vůbec nedozrávají a sterilní kvítky obvykle opadají (Hermuth a kol., 2012). Hmotnost tisíce zrn (HTZ) se průměrně pohybuje podle jednotlivých odrůd od 10 do 30 g, ale i více (Kára a kol., 2005). Obilka čiroku má buď kulovitý, nebo vejcovitý tvar a může být pluchatá, částečně obnažená nebo zcela nahá (Weger a kol., 2012). Kopáčová (2007) konstatuje že, barva perikarpu se u jednotlivých druhů liší a může být bílá, žlutá nebo červená. Semeno čiroku obsahuje 70-80 % sacharidů, 11-13 % bílkovin, 2-5 % tuku, 1-3 % vlákniny a 1-2 % popelovin. Semeno čiroku neobsahuje lepek a je tak vhodné pro lidi trpící celiakií (Verheye, 2010).

V zemědělské praxi se používá klasifikace podle Mansfelda (1952), v níž se čirok dělí na 4 variety:

- a) Čirok obecný (*Sorghum vulgare var. eusorghum*). Varieta, která je pěstována především na zrno s vysokým obsahem bílkovin a škrobu. Především jde o druhy s nižší výškou.
- b) Čirok technický (*Sorghum vulgare var. technicum*). Hlavním produktem je zde silně vyvinutá lata, která slouží k výrobě košťat a kartáčů.
- c) Čirok cukrový (*Sorghum vulgare var. saccharatum*). Pěstuje se především pro šťavnatou dřev, která je obsažena ve stéblu. Využití nalezne hlavně jako silážní, ale i krmná rostlina. Vylisovaná šťáva ze stébel se využívá k výrobě líhu, sirupu atd.
- d) Čirok sudánský (*Sorghum vulgare var. sudanese*). Varieta s tenkými stébly a bohatým olistěním, která vytváří značné množství kvalitní pícní hmoty. Právě pro velké množství biomasy se hodí pro případné využití v energetice (Weger a kol., 2012).

4.2 Historie, původ a rozšíření čiroku

Původ čiroku není dosud plně objasněn a existuje o něm řada teorií (Kára a kol., 2005). Například podle Vavilova (1926) pochází čirok ze tří genových center, a to východoasijského, afrického a indického. Rao a kol. (2013) dále konstatují, že planě rostoucí rostlina *Sorghum vulgare* Pers. je původem z Afriky, odkud pocházejí i mnohé druhy pěstované v současnosti.

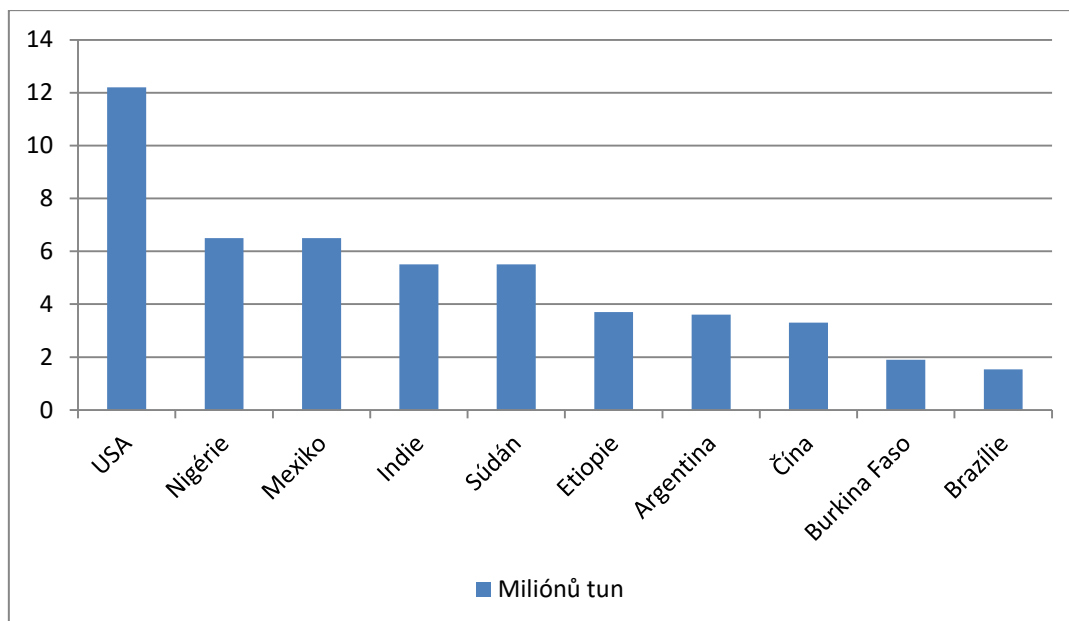
Čirok patří mezi rostliny, které byly ze svých planých forem velmi brzy domestikovány. (Swanson a Laude, 1934).

Mann a kol. (1983) předpokládají, že se objevení a následná domestikace čiroku odehrála v severovýchodní Africe severně od rovníku, přibližně před 5000 lety. Nové archeologické nálezy, které objevily karbonizovaná semena čiroku, však vypovídají o tom, že domestikace proběhla již před 8000 lety a to v blízkosti egyptsko-súdánské hranice (Wendorf a kol 1992). Také v Asii, zvláště pak v Indii, je historie pěstování čiroku velmi stará (Swanson a Laude, 1934). Právě z Indie se za dob římského botanika Plinia Staršího rozšířil čirok do Evropy, přesněji pak do Itálie. Poté se však čirok přestal na nějakou dobu pěstovat a upadl v zapomnění. Zpět do Evropy a severní Afriky se následně dostal díky Arabům (Hermuth a kol., 2012). První pěstovaný kulturní čirok v Evropě a Americe byl čirok dvoubarevný (*Sorghum bicolor*), který předcházел ostatním pěstovaným druhům dovezeným z Afriky (Berenji a kol. 2011). V Africe se celoplošně rozšířil čirok až v 15. a 16. století (Hermuth a kol., 2012).

Dnes se čirok pěstuje na všech kontinentech s výjimkou Antarktidy a to v oblastech od 50° s. š. do 30° j. š. (Weger a kol., 2012). Nejvíce je čirok rozšířený v Severní a Střední Americe, dále na území subsaharské Afriky, v sušších oblastech jihovýchodní Afriky, v Jižní Americe, méně pak v Austrálii, jižní a východní části Asie a v Evropě (Fao.org, 1991)

V České republice byl čirok pěstován ve větším množství ve 20. letech 20. století, kdy se využívaly především technické druhy této rostliny. Další výraznější nárůst nastal v období 50. let a následný útlum, z důvodu nárůstu ploch kukuřice. Naposledy vzrostl zájem o pěstování čiroku se zavedením bioplynových stanic, které vyžadují k provozu velké množství organické hmoty (Hermuth a kol., 2012).

Podle těchto autorů se v současnosti pohybuje plocha pěstovaného čiroku v České republice v řádech několika set hektarů. Dle údajů organizace USDA (worldsorghumproduction.com, 2017) bylo za období 2016/2017 (do ledna 2017) celosvětově vyprodukováno 64,11 mil. tun zrna čiroku, což je o 7,01 % více než v loňském roce. Největším producentem za období 2016/2017, viz obr. 2, je USA s 12,2 mil. tunami a na druhém a třetím místě v produkci čiroku je Nigérie a Mexiko s 6,5 mil tunami.



Obr. 2.: 10 největších producentů čiroku 2016/2017 (worldsorghumproduction.com, 2017)

4.3 Nároky čiroku na prostředí

Čirok je rostlinou, která poměrně dobře snáší špatné klimatické podmínky, ať už v semiaridních nebo aridních oblastech Asie a Afriky. (Verheye, 2010). Čirok se pěstuje také na místech, které mají příliš nízký úhrn srážek a vysokou teplotu pro pěstování kukuřice. Ačkoliv má tato tropická rostlina mnoho odrůd přizpůsobených k pěstování v mírném klimatickém pásu, vyžaduje pro dobrý růst poměrně vysoké teploty (Martin, 1941).

Podle Wylie (2008) je ideální teplota pro klíčení čiroku od 17 °C do 18 °C, ale klíčení u některých odrůd může probíhat i při mnohem nižších teplotách. Podle Hermutha a kol. (2012) je minimální teplota pro klíčení od 12 °C do 15 °C, kdy vzházení trvá 10 až 14 dnů. Při velmi nízkých teplotách vzhází rostliny čiroku velmi pomalu a jsou náchylné k různým chorobám a škůdcům (Wylie, 2008). Největší nároky na teplo mají čiroky pěstované na zrno. Mnohem menší nároky na teploty při klíčení má pak súdánská tráva, která klíčí již při teplotě 8-10 °C (Hermuth a kol., 2012). Suma teplot, která je zapotřebí pro pěstování čiroku na zrno, by měla být vyšší než 2500 °C. Nižší sumy teplot pak snášejí lépe čiroky pěstované pro energetické účely (Kára a kol., 2005). Délka vegetačního období bez mrazů by se měla pohybovat mezi 120 až 180 dny. Rostliny jsou na nízké teploty citlivé ve všech fázích růstu, nejvíce pak ve fázi vzházení, kvetení a dozrávání semen, kdy se nízkými teplotami výrazně zhoršuje klíčivost osiva (Hermuth a kol., 2012). Podle Razmiho a kol. (2013) mohou teploty nižší než 10-15°C způsobit v jakékoli fázi růstu nezvratnou ztrátu výnosového potenciálu. Počáteční růst čiroku je velmi pozvolný podobně jako u kukuřice, poté však dochází

k rychlému nárůstu, který je za vhodných podmínek intenzivnější, než u rostlin kukuřice (Weger a kol., 2012).

Čirok je rostlina, která má v porovnání s ostatními kulturními rostlinami relativně malou potřebu vody. Transpirační koeficient čiroku se pohybuje v hodnotách cca od 200 do 300. Rostliny čiroku navíc reagují mnohem později na sucho regulací výnosu. Při nedostatku vody rostliny svinují listy a pozastavují svůj vývoj (Chobotová a Prokeš, 2013).

Největší potřebu vody má čirok ve fázi metání, kvetení a tvorby semen. Při delším suchu se zpomaluje růst a vývoj rostliny, což může snížit výnosy, a to zejména v případě, že se vodní deficit projeví v kritické reprodukční fázi, kdy je potřeba vody u čiroku nejvyšší (New, 2013). Weger a kol. (2012) konstatují, že díky dlouhému vegetačnímu období může čirok lépe využít srážky ve druhé polovině léta.

Podle Hermutha a kol. (2012) je čirok oproti kukuřici méně náročný na půdu. Vysoké výnosy však poskytují pouze na strukturních půdách (Weger a kol., 2012). Ideálně by měl být čirok pěstovaný na hlubokých, propustných půdách, kde se může dobře rozvinout jeho kořenový systém (New, 2013). Pro pěstování čiroku jsou ideální půdy středně hlinité, ale snese i půdy písčito-hlinité nebo půdy hlinité (Hermuth a kol., 2012). Čirok patří mezi rostliny, kterým se nedaří na kyselých půdách (Kára a kol., 2005). Butchee a kol. (2012) konstatují, že při pH 5,42 je výnos čiroku nižší o 10 % a více. Mezi velké výhody čiroku patří jeho odolnost vůči zasolení (Kára a kol., 2005). Čirok může být pěstován na půdách, kde koncentrace sodíkových solí dosahuje až 1 %. Pokud však koncentrace solí v půdách dosáhne 2 %, je pěstování značně omezeno (Hermuth a kol., 2012).

4.4 Charakteristika béru

Bér italský (*Setaria italica* L.), viz obr. 3, byl vyšlechtěn z nekulturního druhu béru zeleného (Li a Brutnell, 2011). Jedná se o velmi starou rostlinu, která byla pěstována již před 6000 lety před naším letopočtem v Číně (Lin a kol., 2012). Reddy a kol. (2006) konstatují, že bér byl jedním z nejdůležitějších zdrojů potravy v období neolitické Číny. Kromě Číny byl také hojně pěstován v Tchaj-wanu, kde ho již před 4500 lety využívali jako hlavní plodinu zdejší domorodí obyvatelé (Lin a kol., 2012). Později se začal bér pěstovat i v Indii, odkud se dále šířil na západ až do Evropy. Dnes je bér pěstován především v Číně, Indii, na Korejském poloostrově, Indonésii, ale i v Africe a v jižních státech Evropy (Hermuth a kol., 2015).

Bér italský je diploidní C4 rostlina, která se řadí mezi prosovitě trávy (Li a Brutnell, 2011). Tato statná bylina patří do čeledi lipnicovité (*Poaceae*), má přímá hladká stébla o výšce 100 až 150 cm, občas s antokyanovým zbarvením. Kořenový systém může v dobrých podmínkách dorůst až 150 cm. Pochvy listů béru jsou převážně lysé nebo mírně chlupaté a mohou být slabě drsné. Čepele jsou tuhé s délkou od 15 do 45 cm a široké od 8 do 15 cm. Květenstvím je lichoklas válcovitého nebo elipsoidního až kyjovitého tvaru, s délkou od 5 do 30 cm (Hermuth a kol., 2015).



Obr. 3.: Bér italský (dhgate.com, 2017)

Mezi přednosti této rostliny patří krátká vegetační doba, která je přibližně 5 až 8 týdnů od výsevu do vytvoření květů a 8 až 15 týdnů od výsevu do dozrání semen (Doust a kol., 2009). Bér patří mezi rostliny samosprašné s určitým poměrem cizosprašení, které se pohybuje do 4 %. Bér má drobné obilky s HTS 2-4 g, které je nutné před zpracováním vyloupat (Hermuth a kol., 2015). Zrno béru má dobrý nutriční profil a v porovnání s rýží je bohatší na bílkoviny, tuky a minerály (Singh a Raghusvanshi, 2012). Kromě toho je bér bohatým zdrojem vlákniny a stopových prvků a má nízký glykemický index (Ravi, 2010).

Rostliny béru jsou poměrně nenáročné a dají se pěstovat i na aridních a neúrodných půdách (Li a kol., 2014). Sheahan (2014) dále konstatuje, že bér může růst na písčitéch až jílovitých půdách s pH od 5,5 do 7. Roční suma teplot by se měla pohybovat od 2350 do 2800 °C. Při vysévání by měla mít půda teplotu alespoň 12 až 15 °C. V tropických oblastech je schopen růst v nadmořských výškách do 3300 m n. m., v mírném klimatu se pak pěstuje

spíše v nižších nadmořských výškách. Rostliny bérů sice nejsou původně suchovzdorné, ale vzhledem k vegetační době, která je velmi krátká, dokáží růst a dozrávat v podmínkách se sumou srážek pouze 125 mm (Hermuth a kol., 2015). Bér vyžaduje přibližně o třetinu méně vody k pěstování než kukuřice a má vysoký stupeň tolerance vůči zasoleným půdám (Sheahan, 2014).

4.5 Obecná koncepce stresu

Na to, aby rostlina překonala určitý stresový faktor, je podle Kúdely a kol. (2013) potřeba mobilizovat energetické zdroje a obranné nebo adaptivní či poplašné fyziologicko-biochemické reakce. Samotný stav, při kterém se organismus odlišuje od normálu, nebo ho nějakým způsobem abnormálně zatěžuje, se nazývá stres. Selye (1936) definoval stres jako nespécifickou reakci těla na jakýkoliv jeho požadavek. Podle Larchera (1987) je stres stav, kdy rostoucí nároky rostliny vedou k počáteční destabilizaci funkcí, následuje normalizace a zvýšená odolnost. V případě, že je meze tolerance překročena a adaptivní kapacita přetížena, může dojít k trvalému poškození nebo dokonce smrti.

Lichtenthaler (1998) uvádí, že za stres mohou být považovány jakékoliv nepříznivé podmínky a látky, které ovlivňují nebo blokují rostlinný metabolismus, růst či vývoj. Lze rozlišovat stesy krátkodobé a dlouhodobé, jakož i stesy slabé, které mohou být částečně kompenzovány aklimatizací, adaptací a opravnými mechanismy a stesy silné nebo chronické, které způsobují značné škody a mohou vést až k buněčné nebo dokonce rostlinné smrti.

Projevem stresovaných rostlin může být zpomalování životních funkcí a k tomu patří nižší tvorba biomasy, či výskyt vývojových vad. Dále může docházet k poškození jednotlivých orgánů a v konečné fázi až k uhynutí celé rostliny (Kúdela a kol., 2013). Rostlina, jako přisedlý organismus, spoléhá na proteomickou plasticitu. Ta se dokáže přetvořit během období vývojových změn, snášet různé podmínky prostředí a reagovat na biotické a abiotické stesy (Dreher a Callis, 2007). Adaptace rostlin na stres životního prostředí je také závislá na aktivaci kaskády molekulárních sítí zapojených do vnímání stresu, signální transdukci a expresi specifického stresu genů a metabolitů. V důsledku toho jsou sestaveny geny, které chrání a udržují strukturu buněčných složek a mohou tak zvýšit odolnost vůči stresu (Vinocur a Altman, 2005).

Modifikace a mutace jsou další dva pojmy, které úzce souvisí s vlivem stresorů. Podle Jurmaina (2016) je modifikace organismu změna ve fyzickém vzhledu fenotypu, který je způsoben faktory životního prostředí. Allison (2012) konstatuje, že modifikace mohou být buď nedědičné, nebo dědičné, avšak ani v jednom případě nedochází ke změně v sekvenci

primární DNA (genotypu). Spíše mají modifikace vliv na expresi genu, který je příčinou změny fenotypu. Mutace jsou podle Allison (2007) trvalé změny ve struktuře DNA, které jsou předávány na potomstvo. Ve většině případů změny v DNA nemají žádný účinek nebo naopak škodí organismu, ale v některých případech mohou zvýšit šance organismu na přežití.

Dalšími důležitými pojmy, které souvisí s rostlinným stresem, jsou adaptace a aklimatizace. Adaptace je proces, při kterém organismus dosáhne příznivé úpravy pro životní prostředí, v kterém se právě nachází. Tato úprava může být buď dočasná, nebo trvalá a je získána prostřednictvím krátkodobých, či celoživotních procesů. Může zahrnovat fyziologické, strukturální, behaviorální, nebo kulturní změny zaměřené na zlepšení funkční výkonnosti organismu ve stresovém prostředí. Aklimatizace se vztahuje ke změnám, které jsou získané během vývoje organismu. Ty snižují nápor způsobený stresovým prostředím nebo komplexními vlivy okolního prostředí (Muehlenbein a kol., 2010).

Rostliny se v přírodě setkávají se dvěma základními skupinami stresových faktorů. Ty se dělí podle Kůdely a kol. (2013) na:

- Abiotické faktory:
- Fyzikální
 - mechanické účinky větru a těles,
 - nedostatek nebo nadbytek záření,
 - vysoké nebo nízké teploty,
 - Chemické
 - nedostatek nebo nadbytek vody,
 - nedostatek kyslíku,
 - nedostatek živin v půdě,
 - nadbytek iontů solí a vodíku v půdě,
 - toxické plyny a látky,
 - pesticidy,

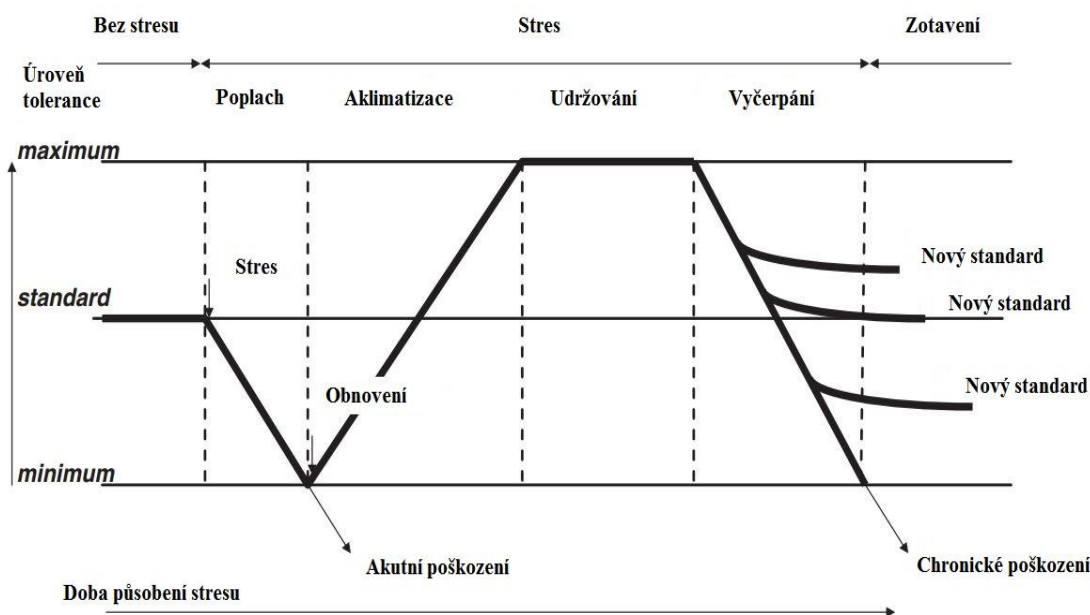
- Biotické faktory:
- herbivorní živočichové,
 - patogenní mikroorganismy (Flynn, 2003),
 - alelopatie, parazitizmus (Ungar, 1998).

Faktory vnější abiotické se u rostliny mohou v různé délce a v různé intenzitě projevit po celou délku její vegetace. Čím je délka života rostliny delší, tím se zvyšuje možnost vystavení abiotickým stresům. Kromě přirozených půdních a podnebních změn je za poslední desetiletí viditelný nárůst abiotických změn, na kterých se podílí člověk (Kůdela a kol., 2013).

Pro rostliny je dále důležitá schopnost vyhnout se nebo tolerovat působení stresorů. Mechanismy vyhýbání se stresu jsou různé a závisí především na typu stresu. Vyhýbání se může uskutečnit na úrovni celé rostliny, orgánu nebo buňky. Tento obranný mechanismus

umožňuje vyhnout se napadení tím, že vyloučí stresor nebo napětí, které produkuje, z rostlinného systému. Tolerance je pak schopnost udržet si rostlinné funkce v přítomnosti stresoru nebo napětí. Rostliny tolerují napětí zejména návratem do klidového režimu (Toriyama a kol, 2005). Působením stresorů dochází v rostlině ke spuštění řady změn, které dohromady tvoří stresovou reakci (Larcher, 1987).

Stresová reakce se dá rozdělit podle Kosové a kol. (2011) na čtyři fáze (viz obr. 4):



Obr. 4: Průběh stresové reakce (upraveno podle Kosová a kol., 2011)

1. Fáze poplachová s nárůstem stresu, při které dochází k odchylce od normy funkcí, což má za následek snížení vitality rostliny (Larcher, 1987). Podle Kosové a kol. (2011) jsou časná stádia stresové reakce spojeny s indukcí signálních drah reagujících na stres a silným oxidačním stresem.
2. Fáze aklimatizace, při které dochází k mobilizaci kompenzačních mechanismů, pokud ovšem intenzita působení stresoru nepřekračuje letální úroveň (Larcher, 1987). Kosová a kol. (2011) dále konstatují, že s aklimatizační fází jsou spojeny proteiny, které chrání rostlinu před stresem (např., chaperony, COR/LEA, PCs, ROS enzymy) a jiné sloučeniny (např. antioxidanty – karotenoidy, tokoferoly, osmoprotektanty – glycin betain, prolin)
3. Fáze udržování s rozšířenou expozicí, při které je skrze adaptační procesy nejprve obnoveno normální chování rostliny a později je zvýšena její celková odolnost (Larcher, 1987). V této fázi jsou nově založené homeostázy udržovány i za stresových podmínek a úroveň tolerance rostlin vůči stresu zůstává stabilní (Kosová a kol., 2011).

4. Fáze vyčerpání, která nastává při přetížení schopnosti se přizpůsobit. Je zapříčiněna příliš dlouhou expoziční dobou, přičemž dochází k chronické slabosti a případně i úmrtí celé rostliny (Larcher, 1987). Fáze nastává, když rostlina nedokáže udržet homeostázu vyvolanou stresem (Kosová a kol., 2011).

Stresová reakce nemusí vést vždy k zastavení vývoje, ale může být též pozitivní a vést k rozvoji vlastností organismů. Teprve nepřiměřeně dlouhé a intenzivní působení stresorů může vést k úpadku přirozených vlastností nebo dokonce k potlačení vývoje (Blažková a Hladký, 2008).

Samotná stresová rezistence však nemusí být produkována pouze abiotickými stresory, ale i stresory biotickými. Mohou ji totiž indukovat i elicitory, které právě patogenní organismy faktory produkují a to složkami případně fragmenty buněčných stěn, které vznikají jako produkt enzymatického rozkladu v důsledku patogeneze. Tyto produkty tedy slouží jako sekundární elicitory obranných reakcí. Indukovanou rezistenci lze vyvolat i jinými, než přirozenými elicitory (Angelova a kol., 2006). Podle Radmana a kol. (2003), jsou elicitory klasifikovány jako fyzikální nebo chemické, biotické nebo abiotické a komplexní nebo vymezené v závislosti na jejich původu a molekulární struktuře.

Stresy a reakce na jejich působení se dají pozorovat téměř na jakékoliv biologické úrovni (Knight, 2014). Podle Amrheina a kol. (2012), může stres působit na úrovni molekulární, buněčné, celé rostliny, populace rostlin a na úrovni ekosystému. Takové působení může být buď krátkodobé, nebo dlouhodobé. Na molekulární úrovni se pak provádí veškeré biologické regulace adaptací rostlin, které se nacházejí ve stresových podmínkách (Knight, 2014).

4.6 Definice zasolení

Zasolení půd patří celosvětově k hlavním omezujícím faktorům, které nepříznivě ovlivňují růst a látkovou výměnu rostlin. Dnes je zasolením ovlivněno téměř 20 % obdělávané půdy a téměř polovina všech zavlažovaných pozemků (Eryilmaz, 2006). Nejvíce jsou ohroženy půdy v aridních a semi-aridních oblastech. Velmi škodí také nerozvážené zavlažování a zastaralé zavlažovací systémy, které ve velké míře poškozují úrodnou půdu, urychlují spotřebu vody a podporují hromadění solí v půdě (Gorji a kol., 2015). Podle Richardse (1954) ve vlhkých oblastech prakticky neexistují zasolené půdy, protože rozpustné soli jsou unášeny do spodních vod a dále transportovány podzemními proudy do oceánů.

Zasolování půd vzniká v důsledku hromadění rozpustných solí na povrchu nebo v blízkosti povrchu půdy. Soli se hromadí primárními a sekundárními procesy a ovlivňují fyzikální a chemické vlastnosti, což vede k přímé a nepřímé degradaci půdy (Schofield a kol., 2001). Podle Milneho a Rappa (1968) jsou zasolené půdy ty, které obsahují dostatečné množství ve vodě rozpustných solí, čímž je ovlivněn růst plodin. Vodíkový exponent (pH) takovýchto půd se pohybuje okolo 8,2 a v extrémních případech může být vyšší než 10,5 (Abrol a kol., 1980).

Rozpustné soli, které se vyskytují v půdě, jsou tvořeny převážně kationty sodíku, vápníku, hořčíku a anionty chloru a síry. Dále jsou tvořeny prvky vyskytující se běžně pouze v malém množství a to draselnými kationty, hydrogenuhličitanovými anionty, uhličitany a dusičnany. Původním a do jisté míry přímým zdrojem všech prvků tvořící rozpustné soli jsou primární minerály nacházející se v půdě a vyvěřelé horniny zemské kůry. V průběhu procesu chemického zvětrávání jsou prvky tvořící soli uvolňovány a následně rozpouštěny. Chemické procesy zvětrávání zahrnují především hydrolýzu, hydrataci, oxidaci, rozpouštění a termický rozklad. Zdrojem solí v půdách mohou být také usazeniny z moří a oceánů, které vznikly v dřívějších geologických obdobích naší planety (Richards, 1954).

Takovéto půdy můžeme rozdělit do tří odlišných skupin: půdy zasolené, půdy zasolené alkalické a půdy alkalické nezasolené (Richards, 1954). Novější publikace tyto tři skupiny označují jako půdy: zasolené, zasolené sodíkové a sodíkové (Milne a Rapp, 1968).

Zasolené půdy mají vyšší vodivost nasyceného extraktu než 4 dS.m^{-1} při teplotě $25 \text{ }^\circ\text{C}$ a méně než 15 % vyměnitelného sodíku. Hodnota pH je obvykle menší než 8,5. V takovémto případě může být nadbytek soli odstraněn vyluhováním (Richards, 1954). Struktura těchto půd je obecně dobrá. Vodní propustnost a úroveň zpracování je podobná nezasoleným půdám (Milne a Rapp, 1968). Sommerfeldt a kol. (1988) dále konstatují, že se v orničním profilu 0 až 30 cm objevují často bílé solné skvrny. Z 3 uvedených skupin se jedná o nejčastější typ (Milne a Rapp, 1968).

Zasolené alkalické (zasolené sodíkové) půdy mají vyšší vodivost nasyceného extraktu než 4 dS.m^{-1} při teplotě $25 \text{ }^\circ\text{C}$ a více než 15 % vyměnitelného sodíku. Hodnota pH zřídka přesáhne 8,5. Vlastnosti těchto půd jsou obecně podobné těm zasoleným (Richards, 1954). Sodný absorpční poměr (SAR) je u tohoto typu větší než 13 (Sommerfeldt a kol., 1988). Dále tyto půdy charakterizuje vysoký obsah vápna a sádrovce v podloží (Milne a Rapp, 1968). Podle Sommerfelda a kol. (1988) jsou se zasolenými alkalickými půdami obvykle největší problémy.

Alkalické nezasolené (sodíkové) půdy mají nižší vodivost nasyceného extraktu než 4 dS.m^{-1} při teplotě $25 \text{ }^\circ\text{C}$ a více než 15 % vyměnitelného sodíku. Hodnota pH se obvykle pohybuje od 8,5 do 10. Často se vyskytují v aridních a semi-aridních oblastech (Richards, 1954). Sodný absorpční poměr (SAR) je v tomto případě vyšší než 13. Sodíkové půdy nepříznivě ovlivňují růst plodin a strukturu půdy (Sommerfeldt a kol., 1988). Zpravidla se objevují ve směsi se zasolenými půdami a jsou základem nepropustného podloží. Jejich vliv na produktivitu závisí na množství, které zaujímají v celkovém komplexu půdy (Milne a Rapp, 1968).

Pravděpodobnost, že sodík obsažený ve vodě způsobí problémy s propustností, může být vyhodnocena výpočtem sodného absorpčního poměru (SAR) (Rollins, 2007). SAR je tedy poměr mezi koncentrací sodíkových a koncentrací vápenatých a hořečnatých iontů a to ve vztahu: $\text{SAR} = c(\text{Na}^+) / (c(\text{Ca}^{2+}) + c(\text{Mg}^{2+}))$ (Mořková a kol., 2014).

Podle Milneho a Rappa (1968) může během období dešťů nebo při nadměrném zavlažování hladina podzemních vod stoupat a způsobit tak vyšší zasolení půd. Na povrchu se podzemní vody odpaří a hromadí se zde soli, čímž vzniká zasolení půd. Velký vliv na hromadění solí při povrchu půdy mají také kořeny rostlin. Ty čerpají vodu nesoucí solný roztok, který se v podobě solí následně usazuje v kořenové zóně (Sommerfeldt a kol., 1988). Během období sucha pak hladina podzemních vod snižuje úroveň a pohyb solí na povrch. Jakékoliv srážky mohou zapříčinit výluh solí do spodních vrstev. Účinek solí je možné pozorovat na reakci rostlin. Množství soli v půdě lze však určit pouze rozbořením půdy (Milne a Rapp, 1968).

Sommerfeldt a kol. (1988) konstatují, že problémům se zasolením půdy lze předcházet například udržováním čistých, bezplevelných zavlažovacích kanálů, dále výběrem zavlažované půdy, snížením prosakování zavlažovacích kanálů, zajištěním odpovídajícího odvodu vody z povrchu země, pěstováním plodin tolerantních k zasoleným půdám, používáním vhodných hnojiv a v neposlední řadě používáním vhodných agrotechnických metod, které zlepšují celkový stav a strukturu půdy.

Kromě zasolení, může mít vliv na dostupnost některých živin pro rostliny také uhličitan vápenatý, který se vyskytuje v blízkosti povrchu půdy, avšak není tolik nebezpečný jako rozpustné soli. (Milne a Rapp, 1968).

4.7 Vliv zasolení na rostliny

Zasolení půd společně s vodním deficitem a nízkou teplotou patří k hlavním problémům světového zemědělství, jelikož právě tyto abiotické faktory často zabraňují rostlinám plně realizovat svůj genetický potenciál (Zhu, 2002). Nežádoucí rostlinné reakce způsobené zasolením, závisí na osmotických a toxických účincích solí a na úrovni a délce stresu (Hasegawa a kol., 2000). Během vegetačního období hladina zasolení kolísá a rostliny jsou tak vystaveny různým úrovním stresu v různých stádiích vývoje. To může mít značný vliv na populační dynamiku rostlin (Houle a kol., 2001). Jouyban (2012) konstatuje, že stres způsobený zasolením může mít za následek fyziologické a metabolické poruchy, které ovlivňují vývoj, růst, výnos a kvalitativní parametry rostlin. Rostliny (glykofyty) jsou na zasolení většinou citlivé až přecitlivělé. Některé rostliny (halofyty) se však dokáží přizpůsobit životu na slaných půdách (Keshtehgar a kol., 2013).

Mezi mechanismy tolerance halofytních rostlin mimo jiné patří:

- Fyziologická tolerance soli, kdy rostliny řízeně akumulují Na^+ v buněčných vakuolách při nízkém vnějším vodním potenciálu (např. *Sporobolus virginicus*, *Plantago spp.*, *Triglochin spp.*) (Glenn a Brown, 1999).
- Syntéza vhodných osmolytů, kterými jsou cukerné alkoholy, aminokyseliny či kvartérní amoniové a terciární sulfoniové sloučeniny. Díky osmoticky aktivním sloučeninám jsou halofyty i ve stresu schopny regulovat příjem vody do buněk. Mezi osmoprotektanty se řadí glycin betain (halofyty čeledi *Poaceae* a *Chenopodiaceae*), cholin-O-sulfát (*Plumbaginaceae*), prolin (*Plantago crassiflora*, *Salicornia europaea*, *Atriplex halimus*) atd (Mořková a kol., 2014).
- Přijímání roztoku se solnými ionty do vakuoly, kdy rostlina zvyšuje svoji šťavnatost, tato vlastnost je mnohdy označována jako halosukulence nebo solná sukulentnost (*Lobularia maritime*, *Mesembryanthemum crystallinum*) (Ahmad a Prasad, 2012).
- Antioxidační systém, při kterém rostliny vykazují kaskádu dějů, zahrnuje uzavření průduchů v listech kyselinou abscisovou, omezení dostupnosti CO_2 , snížení přenosů elektronového řetězce v chloroplastech a mitochondriích a nakonec tvorbu reaktivních forem kyslíku (*Crithmum maritimum*, *Plantago genus*) (Ahmad a Prasad, 2012).
- Rostlinné trichomy, které jsou schopny akumulovat velké množství metabolitů mezi buněčnou stěnu žlázy a kutikulu a tím prakticky umožňují hromadit sekrety

v prostoru mimo rostlinu (Wagner, 1991). Mozafar a Goodin (1970) konstatují, že solné trichomy hrají významnou roli při odstraňování soli z listu a zamezují hromadění soli v parenchymu a vaskulární tkáni (*Atriplex halimus* L., *Mentha x piperita*).

- Genetické inženýrství, které mimo jiné obnáší zavádění malého množství genů do rostliny, kde následně slouží k obnovení homeostázy či opravě a ochraně poškozených proteinů a membrán (Ahmad a Prasad, 2012).

Při vyšších koncentracích soli v apoplastu buněk vzniká primární a sekundární poškození, které negativně ovlivňuje růst, vývoj a životaschopnost rostliny (Jenks a Hasegawa, 2005).

Primární poškození zahrnuje hromadění toxických iontů (Na^+ , Cl^-) v rostlinných pletivech, iontovou nerovnováhu a hyperosmolalitu (Isaienkov, 2012). Niu a kol., (1955) konstatují, že vysoká apoplastická hladina Na^+ a Cl^- mění vodní a iontovou termodynamickou rovnováhu, což vede k hyperosmotickému stresu a toxicitě. Nejprve při nižší koncentraci soli v půdě dochází k toxickému účinku Cl^- . Následná vyšší koncentrace soli v půdě snižuje osmotický potenciál půdního roztoku, čímž se sníží dostupnost vody pro rostlinu. Pokud půda stále vysychá, koncentrace solí v půdě se zvyšuje, což dále snižuje osmotický potenciál (Sheldon a kol., 2004). Nedostatek vody má za následek snížení nebo úplnou ztrátu turgoru (Jenks a Hasegawa, 2005). Následkem hyperosmotického stresu dochází k inhibici růstu a při dlouhodobém působení i k odumření celé rostliny (Mořková a kol., 2014).

K sekundárním poškozením, která vznikají zasolením půdy, patří především porucha příjmu K^+ (Jenks a Hasegawa, 2005). Porucha příjmu K^+ je dána vysokou koncentrací Na^+ , která znemožňuje příjem K^+ a Ca^{2+} a narušuje tak správnou funkci průduchů. To má za následek snížení fotosyntetických procesů a růstu rostliny (Travakkoli a kol., 2010). Vysoká hladina Na^+ nebo poměru $\text{Na}^+:\text{K}^+$ může narušit enzymatické procesy v cytoplasmě jako je NADPH oxidáza nebo ATP syntáza (Nouri a kol., 2015). K^+ slouží k aktivaci více než 50 enzymů a patří k základním elementům při syntéze proteinů na ribozomu (Blaha a kol., 2000). Tester a Davenport (2003) konstatují, že narušení syntézy proteinů patří k hlavním příčinám škodlivosti Na^+ . Podle Ohoriho a Fujiyami (2011) snižuje stres způsobený zasolením dostupnost mikroelementů Fe, Mn, Zn a Cu. Mezi sekundární poškození se řadí také poruchy fungování rostlinných membrán, které jsou způsobeny peroxidací lipidů a oxidačním poškozením proteinů, čímž dochází k změnám v jejich propustnosti (Mansour, 2012). Dále se k sekundárnímu poškození řadí porucha fotosyntézy a dalších biochemických procesů (Jenks a Hasegawa, 2005). Mořková a kol. (2014) konstatují, že dochází k narušení integrity

membránového systému a ke změně v aktivitě enzymů, tím může dojít k poškození fotosyntetického aparátu a nárůstu oxidačního stresu. K dalším poškozením dochází tvorbou reaktivních forem kyslíku (ROS) a programovanou buněčnou smrtí (Jenks a Hasegawa, 2005). Při poškození rostlin zasolením buňky snižují turgor a zavírají průduchy pro lepší hospodaření s vodou. Právě uzavírání průduchů může vést k nižší fixaci uhlíku a produkci reaktivních kyslíkových forem (Newell, 2013). Mezi tyto formy se řadí samostatný kyslík (O_2), hydroxylový radikál (OH^\cdot), superoxid (O_2^\cdot) a peroxid vodíku (H_2O_2) (Groß a kol., 2013). Tyto druhy způsobují oxidační škody v různých částech buňky včetně membránových lipidů, bílkovin a nukleových kyselin (Eryilmaz, 2006). Podle Lia a kol. (2007) dlouhotrvající stres vede k poškození antioxidantního systému, který následně akumuluje reaktivní formy kyslíku a indukuje proces programované buněčné smrti, tím se uvolňuje cytochrom c a dochází k jaderným změnám.



Obr. č. 5.: Popálení listů řepky způsobené zasolením (agric.wa.gov.au, 2015)

Obr. č. 6.: Toxicita chloridových iontů na listu čiroku (foto autor)

Rostliny postižené zasolením rostou pomaleji a jsou zakrnělé. Dále mají menší listy, které však mohou být silnější a tmavší než u nezasazených rostlin. Chloridové ionty u rostlin způsobují prodloužení palisádových buněk (Bernstein, 1975). Mohou také zvyšovat šťavnatost a to zejména v případě, že koncentrace chloridových iontů v půdě je vysoká. V některých případech mohou rostliny vykazovat příznaky specifických prvků toxicity (viz

obr. 5 a 6), jako okrajové a hrotové popálení listů nebo se hromadí v listech, aniž by vykazovaly zjevného poškození. Rostliny v zasolených půdách mohou vykazovat stejný vzhled jako rostliny, které jsou stresovány suchem (Abrol a kol., 1988) Některé rostliny zasažené zasolením však nevykazují žádné výrazné příznaky (Bernstein, 1975).

Metabolickou reakcí rostlin na solný stres je syntéza kompatibilních organických osmolytů. Osmolyty zajišťují zachování určitého osmotického potenciálu a současně tak chrání subbuněčné struktury, které by jinak mohly být poškozené volnými radikály. Mezi klasické osmolyty se řadí cukry, polyalkoholy a aminokyseliny s kvarterními amoniovými sloučeninami (Mořková a kol., 2014).

Amin glycin-betain a sacharid trehalóza jsou stabilizujícími látkami kvarterních struktur proteinů a mimo jiné chrání rostlinné membrány. Další pomocnou látkou je sacharid mannitol, který vychytává volné radikály. K nejvýznamnějším osmoprotektantům patří aminokyselina prolin. Kromě toho, že slouží jako zásobárna uhlíku a dusíku, vychytává volné radikály. Mezi další funkce prolinu patří, stabilizace subbuněčné struktury a vyrovnávání buněčného redox potenciálu (Mořková a kol., 2014).

Odezvu rostlin na stres dokáží regulovat také regulátory růstu (Wang a kol., 2008). Fytohormony mohou být definovány jako organické látky, které jsou vyrobeny v jedné části rostliny a translokovány do dalších částí, kde při velmi nízké koncentraci, stimulují fyziologické reakce (Kaya a kol., 2009). Ryo a Cho (2015) konstatují, že nedávné výzkumy funkcí fytohormonů rozluštily jejich fungování při vodním stresu a stresu způsobeným zasolením. Mezi fytohormony s tímto účinkem se řadí kyselina gibberelová (GA_3), kyselina abscisová (ABA), kyselina indol-3-octová (IAA), cytokininy (CK), jasmonáty (a), triazoly aj. (Kaya a kol., 2009). Sůl podle koncentrace v rostlině zpožďuje nebo inhibuje klíčení rostlin. Regulátory růstu kinetin (KIN) a GA_3 prokazatelně podporují klíčení semen u zasolených rostlin a dokáží překonat zpožďující účinek soli na klíčení (Kabar, 1987). Podle Keskina a kol. (2010) je ABA hlavním vnitřním chemickým signálem, který umožňuje rostlinám přežít nepříznivé podmínky prostředí, jako je zasolení a teplotní stresy. Kyselina abscisová hraje důležitou roli při zrání semen a klíčení, jakož i v přizpůsobení se abiotickým stresům prostředí. ABA dále podporuje uzavírání průduchů, tím, že rychle mění tok iontů ve svěracích buňkách. Další reakce kyseliny abscisové zahrnují například modifikaci exprese genů. Povaha ABA receptorů však zůstává stále neznámá (Leung a Giraudat, 1998). Cytokininy, mezi které patří i kinetin, při abiotickém stresu regulují fungování průduchů a inhibují apikální dominanci kořenů (Chen a kol., 1985). Gibereliny jsou při stresu zasolením důležité tím, že

zlepšují příjem živin, stejně jako morfologické a fyziologické aspekty rostliny (Shomeili a kol., 2011). Bejaoui (1985) konstatuje, že gibereliny zmírňují solný stres v důsledku aktivace enzymů, které se účastní proteinové syntézy v RNA. Inhibiční účinky soli zmírňuje také IAA, která při aplikaci na semeno urychluje klíčení rostlin (Afzal a kol., 2005). Zasolení pozitivně ovlivňuje biosyntézu ethylenu, která následně pomáhá tolerovat stres posílením Na/K homeostázy (Lockhart, 2013). Mezi fytohormony se řadí také brassinosteroidy (Behnamnia a kol., 2009). Podle Dinga a kol. (2012) dokáží brassinosteroidy zmírnit retardaci růstu způsobenou chloridem sodným.

Podle Flowerse a Colmera (2008) je v zasolených půdách schopno přežít a reprodukovat se přibližně 1 % pevninských druhů rostlin. Rostliny označované jako halofytní jsou různorodá skupina rostlin s tolerancí k vysoké koncentraci solí v půdě (Ahmad a Prasad, 2012). Tyto rostliny jsou schopny růst a rozmnožovat se na místech, kde se koncentrace soli v půdě pohybuje kolem 200 mM NaCl a více (Flowers a Colmer, 2008). Halofytní rostliny mají schopnost ukládat NaCl do svých buněčných vakuol jako osmotikum (Ahmad a Prasad, 2012). Flowers a Colmer (2008) dále konstatují, že halofytní rostliny spoléhají na kontrolovaný příjem a kompartmentaci Na^+ , K^+ a Cl^- a syntézu osmoprotektantů i v případě, že jsou solné žlázy provozuschopné. Halofyty se dělí podle součinnosti různých adaptačních mechanismů na rostliny, které zabraňují vstupu solí do buněk, dále rostliny, které přijímají sůl, ale následně dochází k jejímu vylučování, anebo rostliny s funkcí akumulace soli (Mořková a kol., 2014). Podle Gaxiola a kol. (2007) jsou důležitou součástí tolerance halofytů transportní enzymy H^+ -ATPasa a H^+ -PPasa, které se starají o nadbytek protonů ve vakuole a ty se pak dále účastní transportu Na^+ do vakuoly. Podle Ahmada a Prasada (2012) by mohly sloužit halofytní rostliny také k odsolování zasolených půd.

Opakem halofytů jsou glykofyty, které jsou definovány jako druh, jež vzniknul adaptací v přírodních selektivních ekosystémech s nízkou hladinou sodíku v půdě a který udržuje nízkou hladinu sodíku ve svých nadzemních pletivech, především pak ve svých listech (Cheeseman, 2014).

5 Metodika

K pokusu bylo vybráno 5 genotypů tribu *Panicoideae*. Byl sledován vliv zasolení na čtyři vybrané genotypy čiroku a jeden genotyp béru (viz obr. 7). U pokusných rostlin čiroku a béru, v juvenilní fázi vývoje, byla sledována rychlost výměny plynů a fluorescence chlorofylů.



Obr. 7.: Založení porostu 5 genotypů čiroku a béru. (foto autor)

Rostlinný materiál

Sledované fyziologické charakteristiky byly hodnoceny u následujících čtyř genotypů čiroku a jednoho genotypu béru. Osivo všech zkoumaných genotypů bylo získáno z Genové banky VÚRV, v. v. i. v Praze-Ruzyni.

1216

Genotyp *Sorghum bicolor* (L.) Moench subsp. *bicolor*, známá též pod označením „Dokok“, pochází z Argentiny, kde byla získána sběrem uskutečněným v roce 1959. Dokok se řadí do rasy *caudatum*. Výška daného genotypu je podle deskriptoru v databázi GRIN 110 cm, podle Genobanky ČR pak výška dosahuje až 138,3 cm. Zrna mají bílou barvu. Lata, která je eliptického tvaru, je vzpřímená a 29 cm dlouhá (podle Genobanky ČR 27 cm).

Rostliny mění v pozdějších fázích vývoje svou barvu a jsou fialové až narudlé. Délka vegetační doby se v našich podmínkách pohybuje okolo 121 dní. Průměrná hmotnost tisíce semen je 15,1 g (ars-grin.gov, 2015, Janovská, 2015, pers. comm.).

30485

Genotyp *Sorghum bicolor* (L.) Moench subsp. *bicolor*, původem z Ruské federace, dosahuje podle deskriptoru v databázi GRIN 193 cm a v podmínkách Genobanky ČR dorůstaly rostliny průměrné výšky 220 cm. Vzpřímená lata dosahuje délky 43 cm, v našich podmínkách pouze okolo 26,7 cm. Rostliny mohou být nafialovělé. Hmotnost tisíce semen se pohybuje okolo 10,9 g. Délka vegetační doby v ČR je 114 dní (ars-grin.gov, 2015, Janovská, 2015, pers. comm.).

Barnard Red

Varieta druhu *Sorghum bicolor* (L.) Moench subsp. *bicolor* pochází z Argentiny, kde byla získána sběrem uskutečněným v roce 1962. Podle databáze GRIN se varieta Barnard Red řadí na pomezí ras *durra* a *caudatum*. Výška tohoto genotypu, který má vzpřímenou latu eliptického tvaru, může být až 120 cm. V pozdějších vývojových fázích získává rostlina rudou barvu, podle níž dostala svůj název (ars-grin.gov, 2015).

Ruzrok

Genotyp *Sorghum bicolor* (L.) Moench subsp. *Bicolor*. Odrůda české proveniencí typu populace byla vyselektována ve VÚRV v. v. i. v Praze-Ruzyni. Získána byla sběrem uskutečněným v roce 1990 v oblasti pomezí Slovenska a Moravy. Varieta se dorůstá výšky 206,3 cm a květenství je dlouhé v průměru 20 cm. Délka vegetační doby Ruzroku je 99 dní. Hmotnost tisíce semen se pohybuje okolo 17,6 g. Uplatnění najde jako energetická plodina, krmivo i potravina. Jedná se o velmi ranou odrůdu s rychlým nástupem růstu (ars-grin.gov, 2015, Janovská, 2015, pers. comm., Seedservice.cz, 2016, Holubec, 2015)

Ruberit

Odrůda druhu *Setaria italica* (L.) Beauv. byla vyselektována z kolekce genetických zdrojů béru ve VÚRV v. v. i., v Praze-Ruzyni. Podle hodnocení ÚKZÚZ se jedná o vysokou odrůdu s přiděleným deskriptorem 7. Odrůda se dále vyznačuje malým počtem odnoží a středně zakřivenou latou. Zrno má okrové zbarvení s hořčicově žlutou pluchou. Podle VÚRV, v. v. i. je Ruberit perspektivní odrůda béru italského a rozšiřuje portfolio pěstovaných plodin

pro zemědělskou praxi k využití na zrno pro potravinářský průmysl a pro tvorbu biomasy. Zrno bérů je vhodné pro osoby trpící celiakií. Uplatnění nalezne také jako krmivo pro zvířata (Hermuth a kol., 2015, Dotlačil a Štolc, 2014).

Založení pokusu

Pokus byl založen v částečně řízených podmínkách skleníku KBFR, FAPPZ. Teplota byla nastavena na 20 °C ve dne a 18 °C v noci, za přirozeného světelného režimu (14 hodin světla a 10 hodin tmy). Pokusné rostliny byly pěstovány v nádobách o velikosti 11x11 cm, ve směsi zahradnického substrátu Prima Flora a říčního písku. Poměr těchto složek činil 2:1. Prima Flora je klasický univerzální substrát, který má vysoký obsah organických látek pro pěstování květin na záhonech a ve sklenících. Zahradní substrát je jemný (maximálně 10 % částic nad 10 mm), udržující vzdušnost prostředí, neslévavý, nezasolený, pH ve vodném roztoku 5,5–6,5, bez plevelů a škůdců, obsahující 55 % spalitelných látek ve vysušeném vzorku, s podílem částic nad 25mm max. 5 %. Obsah živin byl následující: N: 80–120 mg l⁻¹, P₂O₅: 50–100 mg l⁻¹, K₂O: 100–150 mg l⁻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. Rostliny byly vysévány ve dvou etapách a byly zavlažovány cca 250 ml destilované vody na jednu nádobu (Agrocs.cz, 2008).

Působení zasolení půdy

Všechny rostliny byly do fáze 6 listů zalévány destilovanou vodou. Následně byly rostliny dle schématu pokusu rozděleny do 4 skupin. Schéma pokusu zahrnovalo 4 varianty: K, S1 (0,15 M NaCl), S2 (0,25 M NaCl) a S3 (0,50 M NaCl), jak dokládá tab. 1. Všechny varianty byly po celou dobu pokusu zavlažovány 250 ml příslušného roztoku soli či destilované vody.

Tab. 1.: Schéma pokusu

Varianta	Koncentrace NaCl	Ψ Vodní potenciál půdy
K kontrolní	Pouze destilovaná H ₂ O	-0,08 MPa
S1 stresovaná	0,15 M NaCl	-2,89 MPa
S2 stresovaná	0,25 M NaCl	-5,58 MPa
S3 stresovaná	0,50 M NaCl	-8,57 MPa

Metody měření sledovaných charakteristik

Stanovení rychlosti výměny plynů.

U juvenilních rostlin čiroku a béru byla sledována rychlost výměny plynů infračerveným analyzátozem plynů LCpro+ (ADC BioScientific LTd., Hoddesdon, Velká Británie). LCpro+ (viz obr. 8 a 9) je gazometrický přenosný přístroj pro měření fyziologických parametrů. Měří např. rychlost fotosyntézy a transpirace, substomatální CO₂ a stomatální vodivost. K záznamu dat používá přístroj paměťovou kartu typu SD. Měřicí hlavice je pak schopna regulovat teploty +/- 14 °C od teploty okolí (Ekotechnika.cz, 2014).



Obr. 8.: Měřicí hlavice přístroje LCpro+ (foto autor)



Obr. 9.: Přístroj LCpro+ (foto autor)

PAR je naměřeno za pomoci čidla, které je na bázi křemíku. Teplota komory je naměřena pomocí přesného termistoru, který se nachází na listové komůrce. Teplota listu je

pak měřena miniaturním termistorem. Ten je umístěn na pružině, která se stlačuje proti listu. Může být měřena také externím termistorem, který je umístěn v rukojeti. Průtok plynu do komůrky je měřen přesným čidlem průtoku a řízen na přednastavenou hodnotu. Hodnotu si také může nastavit sám uživatel (Adc.co.uk, 2015).

Fyziologické charakteristiky byly měřeny při konstantním osvětlení $650 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ a teplotě $20 \text{ }^\circ\text{C}$, vždy v dopoledních hodinách (Holá a kol., 2010), od výsadby po sklizeň v 2–3 denním intervalu, při zachování 3 opakování v rámci varianty.



Obr 10.: Příklad přístroje OS1-FL (foto autor)

Obr 11.: Klip k přístroji OS1-FL (foto autor)

Stanovení fluorescence chlorofylů.

U juvenilních rostlin čiroku a béru byla sledována fluorescence chlorofylů přístrojem OS1-FL (Opti-Sciences, Velká Británie). OS1-FL (viz obr. 10 a 11) je přenosný chlorofyl fluorometr ideální pro rychlé měření a hodnocení stresu (Optisci.com, 2005).

Stanovení fluorescence chlorofylů se vykonávalo přímo ve skleníku KBFR FAPPZ. Po rozmístění klipů na listy rostlin čiroku a béru se po 30 minutách provádělo měření. Do

každého klipu se posvítilo OS1-FL přístrojem, který následně vyhodnotil právě fluorescenci chlorofylů a následně data uložil. Při měření bylo měřeno vždy 5 listů od každého genotypu ve všech čtyřech variantách.

Rozšíření fotoinhibice vyvolané stresem v jakémkoliv prostředí, může být dle Hopkinse a Hünera (2004) rychle hodnocena měřením poklesu optimálního kvantového výtěžku, který se vypočítá jako: $(F_M - F_0)/F_M = F_V/F_M$.

Obsah pigmentů.

U juvenilních rostlin čiroku a béru byl dále sledován index obsahu chlorofylu (CCI) přístrojem CCM-200 (Opti-Sciences, USA). Velikost čidla pro měření CCI je 0,71 cm² a celková váha přístroje je pouhých 180 g. Výpočet CCI probíhá na základě absorbance měření při 660 a 940 nm. Přesnost přístroje CCM-200 (viz obr. 12) je $\pm 1,0$ CCI jednotky (Richardson a kol., 2002). Během několika sekund po vložení listu do měřicí komory přístroj změří index obsahu chlorofylu, který se následně zobrazí na displeji. Ve všech variantách bylo vždy měřeno 5 listů od každého genotypu.



Obr. 12.: Přístroj CCM-200 (commons.wikimedia.org, 2012)

Vyhodnocení výsledků.

K vyhodnocení výsledků byla použita vícefaktorová Anova programu STATISTICA 12. 0. CZ.

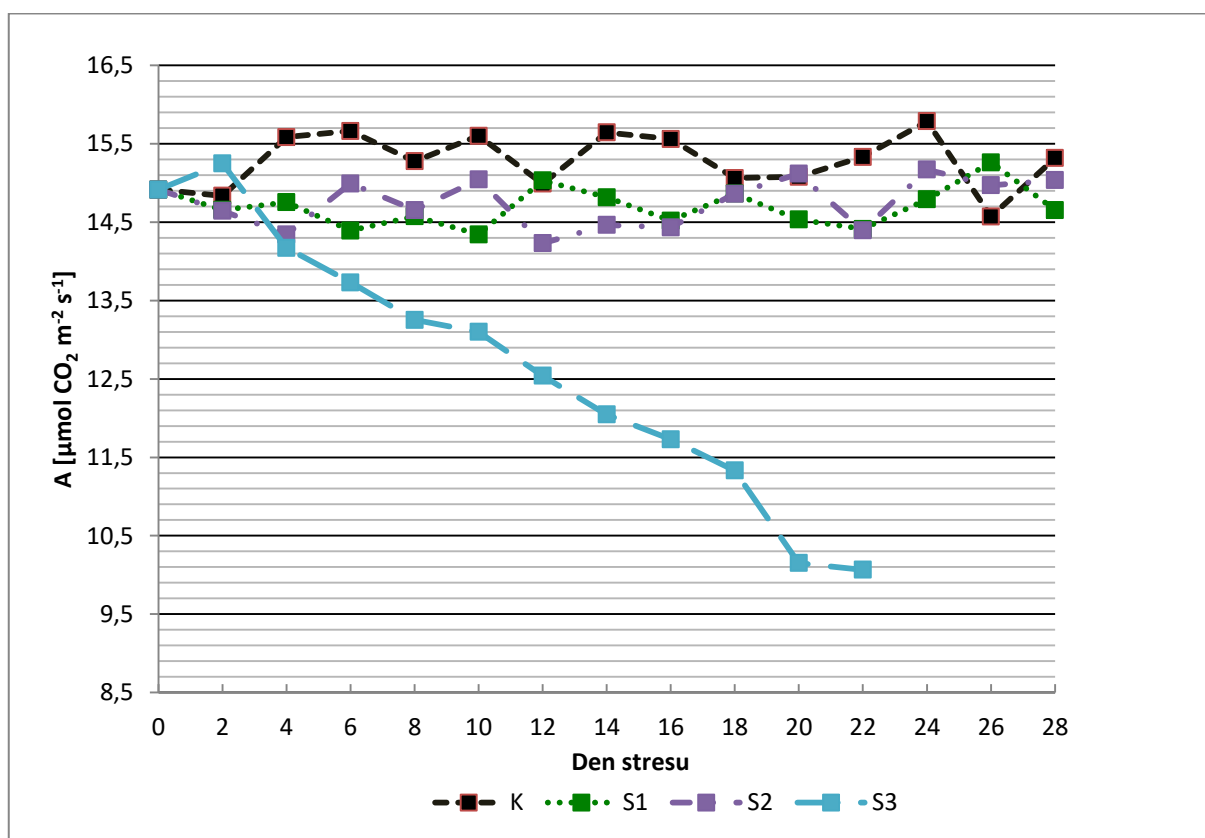
6 Výsledky

U 5 genotypů juvenilních rostlin čiroku a béru (1216, 30485, Barnard Red, Ruzrok a Ruberit) byl měřen vliv zasolení na rychlost výměny plynů, efektivitu využití vody (WUE), fluorescenci chlorofylů (Fv/Fm) a index obsahu chlorofylů (CCI).

6.1 Rychlost fotosyntézy

Vliv varianty na rychlost fotosyntézy (A) genotypu 1216 je patrný z grafu 1. Z grafu je dále zřetelné, že nejvyšší rychlost fotosyntézy byla naměřena 24. den u kontrolní varianty a činila $15,79 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, naopak nejnižší hodnota byla zaznamenána 22. den u varianty S3, s nejvyšší koncentrací soli $0,50 \text{ M}$, ($10,07 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$). Rozdíl mezi nejvyšší a nejnižší naměřenou hodnotou rychlosti fotosyntézy genotypu 1216 byl $5,72 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$.

Graf 1. Změny rychlosti fotosyntézy ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) genotypu 1216 v závislosti na variantě pokusu a koncentraci roztoku NaCl.



Kontrolní varianta (K) měla nejvyšší rychlost fotosyntézy 24. den měření ($15,79 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) a následně 26. den byla naměřena nejnižší hodnota této varianty $14,57 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. U kontrolní varianty během celého měření byla naměřena nejvyšší

průměrná rychlost fotosyntézy oproti variantám ostatním. Kontrolní varianta nevykazuje trend v nárůstu ani poklesu rychlosti fotosyntézy, jelikož nárůst naměřených hodnot je vždy střídán poklesem.

Nejvyšší hodnota rychlosti fotosyntézy varianty S1, varianty s nejnižší koncentrací soli v roztoku 0,15 M NaCl, byla naměřena 26. den měření - $15,26 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Nejnižší hodnota u rostlin genotypu 1216 pak byla naměřena 10. den stresu ($14,34 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$). Stres způsobený roztokem 0,15 M NaCl oproti kontrolní variantě nepatrně snížil rychlost fotosyntézy sledovaných rostlin. Mírný pokles rychlosti fotosyntézy byl po celou dobu pokusu střídán průkazným nárůstem jejích hodnot. Rozdíl mezi nejnižší a nejvyšší naměřenou hodnotou byl u této varianty $0,92 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$.

Rychlost fotosyntézy rostlin genotypu 1216 ve variantě s koncentrací soli 0,25 M NaCl (S2) se pohybovala v intervalu od $14,23 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (12. den) do $15,17 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (24. den). Stres způsobený zasolením 0,25 M roztokem NaCl snížil rychlost fotosyntézy oproti kontrolní variantě.

Z grafu 1 dále vyplývá, že maximální rychlost fotosyntézy rostlin široku genotypu 1216 rostoucích ve variantě S3 (0,50 M NaCl) byla $15,25 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (2. den). Naopak nejnižší rychlost varianty S3 u genotypu 1216 byla naměřena 22. den pokusu ($10,07 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$). Po navození stresu 0,50 M roztokem NaCl se rychlost fotosyntézy u varianty S3 mírně zvýšila na hodnotu $15,25 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Následně však rychlost fotosyntézy vlivem stresu se začala průkazně snižovat až na hodnotu $10,07 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (22. den). Další měření ve variantě S3 nemohlo být provedeno z důvodu letálního účinku stresu na rostlinu.

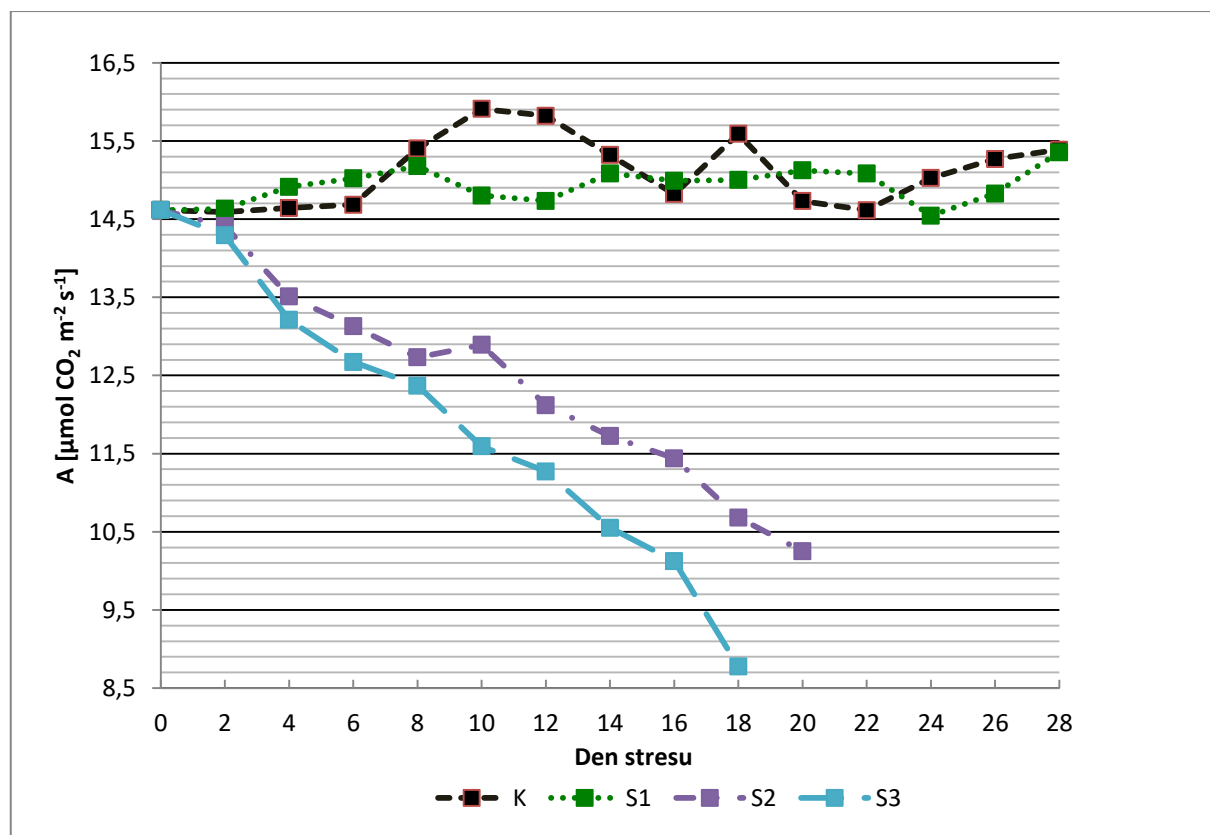
Rychlost fotosyntézy juvenilních rostlin bėru v závislosti na variantě pokusu je uvedena v grafu 2. Z něho je patrné, že odrůda Ruberit dosáhla nejvyšší rychlosti fotosyntézy 10. den měření ($15,91 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, varianta K). Naopak nejnižší rychlost byla naměřena 18. den měření u stresové varianty S3 ($8,78 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$). Z naměřených dat je zřejmé, že rozdíl mezi maximem a minimem rychlosti fotosyntézy rostlin bėru byl $7,14 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$.

Nejvyšší rychlost fotosyntézy u kontrolní varianty (K) byla naměřena 10. den měření ($15,91 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), naopak nejnižší hodnota stejné varianty byla naměřena 2. den ($14,59 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$). K průkazné změně v rychlosti fotosyntézy došlo mezi 6. a 8 dnem měření, kdy se hodnoty fotosyntézy začaly průkazně zvyšovat z $14,68 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ na $15,91 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Následně se rychlost fotosyntézy průkazně snížila na $14,82 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (16. den). Další průkazný nárůst fotosyntézy byl zaznamenán 18. den

měření ($15,59 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), avšak v následném měření se rychlost fotosyntézy opět průkazně snížila na hodnotu $14,61 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (22. den).

U juvenilních rostlin bérů ve variantě S1 byly naměřeny hodnoty fotosyntézy v intervalu od $14,54 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (24. den) do $15,36 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (28. den). Z grafu 2 je dále patrné, že rychlost fotosyntézy ve variantě S1 nevykazuje trend v nárůstu nebo poklesu naměřených hodnot rychlosti fotosyntézy.

Graf 2. Změny rychlosti fotosyntézy ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) odrůdy Ruberit v závislosti na variantě pokusu a koncentraci roztoku NaCl.

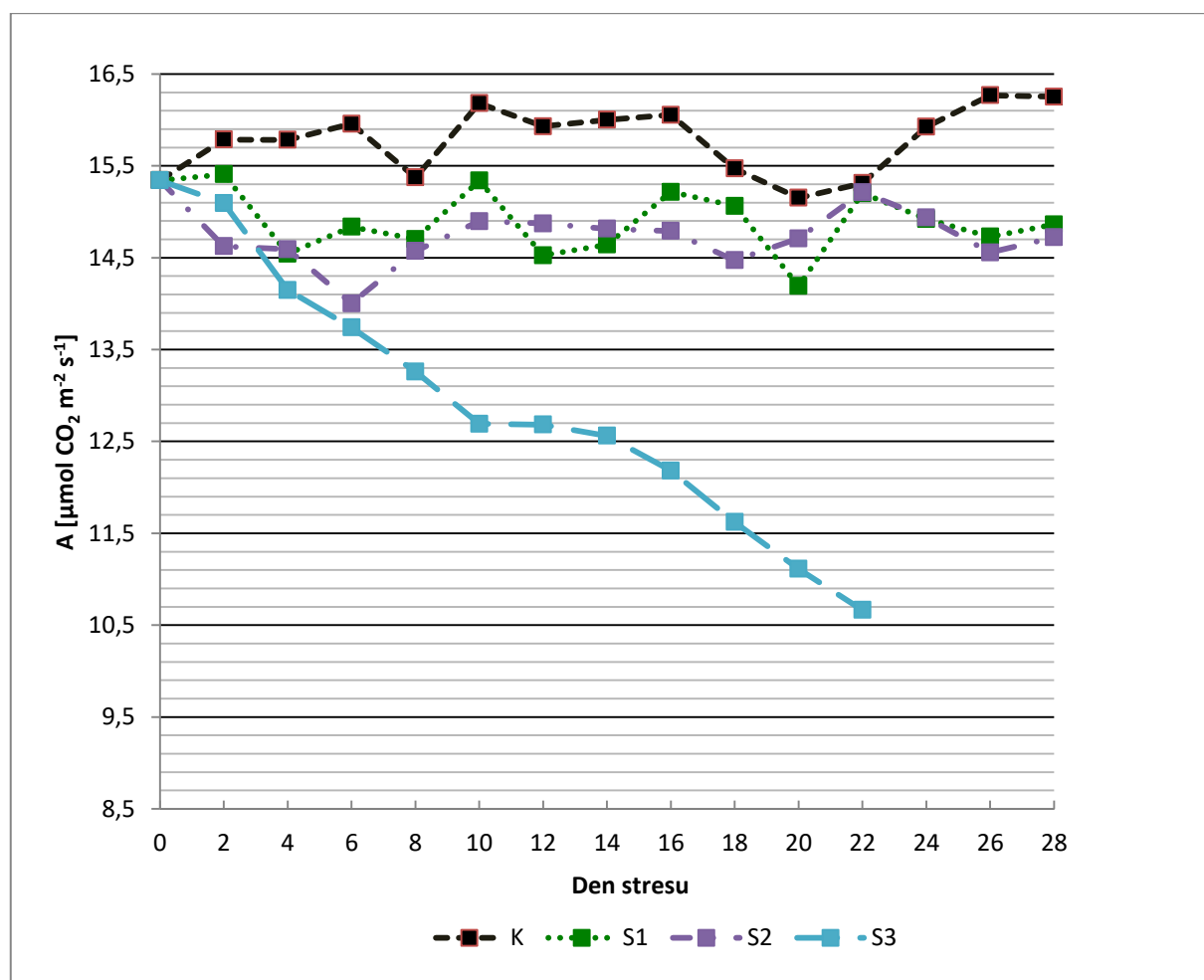


Z něho je patrný vliv stresové varianty S2 na rychlost fotosyntézy juvenilních rostlin bérů. Nejvyšší hodnota této varianty byla naměřena v 0. dnu ($14,62 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) a nejnižší hodnota pak ve 20. dnu stresu ($10,25 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$). Ihned po zahájení stresu 0,25 M roztokem NaCl se začala rychlost fotosyntézy průkazně snižovat. Kromě 10. dne, kdy se rychlost fotosyntézy průkazně zvýšila z $12,73 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (8. den) na $12,89 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (10. den), se hodnoty fotosyntézy průkazně snižovaly. Vzhledem k úhynu rostlin bylo měření ukončeno 20. den. V tomto termínu byla rychlost fotosyntézy ve výši $10,25 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$.

Maximální rychlost fotosyntézy byla u varianty S3 naměřena stejně jako u varianty S2 v 0. den měření ($14,62 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$). Nejnižší hodnota fotosyntézy rostlin z varianty S3 byla naměřena v 18. den stresu ($8,78 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$). Rostliny reagovaly na zasolení půdy postupným snižováním rychlosti fotosyntézy z hodnoty $14,62 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (0. Den) na hodnotu $8,78 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (18. den). Po 18. dnu stresu rostliny uhynuly a nebylo možné v měření pokračovat.

Z grafu 3 je patrný vliv zasolení na rychlost fotosyntézy juvenilních rostlin čiroku genotypu 30485. Rychlost fotosyntézy se u daného genotypu pohybovala v intervalu od $10,66 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (22. den, varianta S3) do $16,27 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (26. den, varianta K). Podle grafu 3 byl rozdíl mezi maximální a minimální hodnotou fotosyntézy $5,61 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$.

Graf 3. Změny rychlosti fotosyntézy ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) genotypu 30485 v závislosti na variantě pokusu a koncentraci roztoku NaCl.



Rychlost fotosyntézy kontrolních rostlin se pohybovala v rozmezí od 15,15 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (20. den) do 16,27 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (26. den). Z grafu 3 je dále patrné, že rychlost fotosyntézy kontrolní varianty nevykazovala průkazné změny. Rozdíl mezi nejvyšší a nejnižší naměřenou hodnotou byl u této varianty 1,12 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$.

Vliv varianty S1 na rostliny čiroku je patrný z grafu 3. Z grafu je zřejmé, že hodnoty rychlosti fotosyntézy se pohybovaly v intervalu hodnot od 14,19 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (20. den) do 15,41 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (2. den). Hodnoty fotosyntézy rostlin, které byly stresovány roztokem 0,15 M NaCl, nevykazují výraznou klesající či stoupající tendenci.

U juvenilních rostlin čiroku genotypu 30485 byl dále sledován vliv varianty S2 na rychlost fotosyntézy. Měřením bylo zjištěno, že rozdíl mezi maximální (0. den, 15,34 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) a minimální (6. den, 14,00 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) hodnotou rychlosti fotosyntézy byl u této varianty 1,34 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$.

Průkazné změny v rychlosti fotosyntézy byly zaznamenány u varianty S3. Interval naměřených hodnot u zmíněné varianty se pohyboval v širokém rozpětí hodnot od 10,66 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (22. den) do 15,34 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (0. den). Snížení rychlosti fotosyntézy bylo zjištěno bezprostředně po zahájení stresu 0,5 M roztokem NaCl a tento trend pokračoval až do posledního dne měření (22. den, 10,66 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), kdy došlo vlivem hromadění NaCl v půdním substrátu k úhynu všech rostlin genotypu 30485 u této varianty.

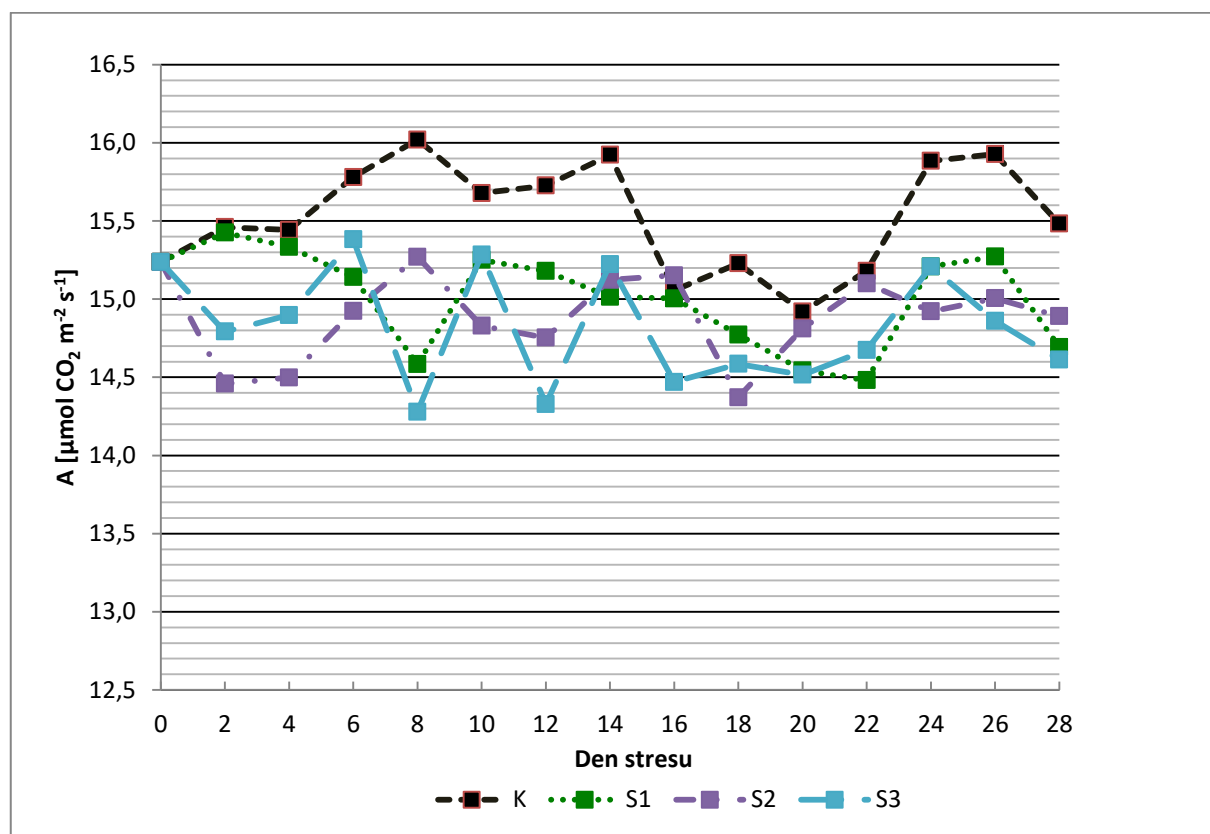
Vliv varianty pokusu na rychlost fotosyntézy juvenilních rostlin čiroku odrůdy Barnard Red, je zaznamenán v grafu 4. Z grafu je patrné, že interval naměřených hodnot se pohyboval mezi 14,28 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (8. den, varianta S3) až 16,02 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (8. den, varianta K).

Nejvyšší průměrná rychlost fotosyntézy byla jako u ostatních genotypů čiroku a béru naměřena u kontrolní varianty pokusu. Rychlost fotosyntézy se u zmíněné varianty pohybovala v intervalu od 14,92 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (20. den) do 16,02 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (8. den). Mírný průkazný pokles byl zaznamenán od 14. do 20. dne měření, kdy se hodnoty rychlosti fotosyntézy snížily z 15,92 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ na 14,81 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Následně se však hodnoty fotosyntézy začaly opětovně zvyšovat a to až na hodnotu 15,93 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (26. den), toto zvýšení bylo statisticky průkazné.

Z grafu 4 jsou dále patrné změny rychlosti fotosyntézy rostlin pěstovaných při koncentraci NaCl 0,15 M. V této variantě dosáhla odrůda Barnard Red svého minima 22. den měření, kdy se hodnoty fotosyntézy průkazně snížily z 15,25 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (10. den) na 14,48 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Naopak maximální rychlost fotosyntézy byla naměřena již 2. den měření (15,43 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$).

Rychlost fotosyntézy juvenilních rostlin čiroku, rostoucích ve variantě S2, je uvedena v grafu 4. Z něho je patrné, že hodnoty rostlin stresovaných 0,25 M roztokem NaCl se pohybují v intervalu od $14,37 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (18. den) do $15,27 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (8. den). K průkaznému poklesu hodnot fotosyntézy došlo již druhý den, kdy se rychlost fotosyntézy snížila z $15,24 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (0. den) na $14,46 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Rychlost fotosyntézy se začala opět zvyšovat od 4. dne měření a následně dosáhla svého maxima 8. den měření ($15,27 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$). Další výraznější průkazné snížení rychlosti fotosyntézy pak bylo zaznamenáno 18. den měření ($14,37 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$). V závěru měla rychlost fotosyntézy stoupající tendenci a 26. den měření bylo naměřeno $15,27 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$.

Graf 4. Změny rychlosti fotosyntézy ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) odrůdy Barnard Red v závislosti na variantě pokusu a koncentraci roztoku NaCl.

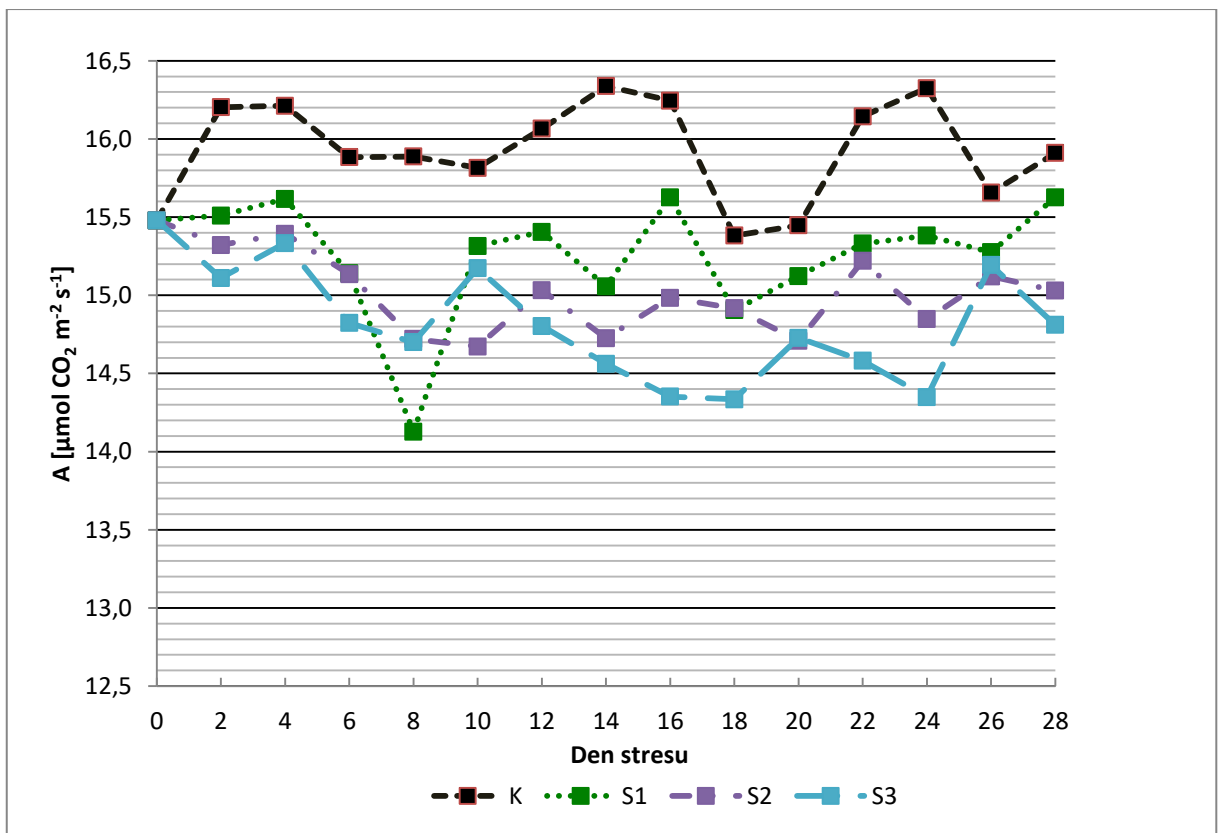


Rychlost fotosyntézy odrůdy Barnard Red byla měřena dále u varianty S3. Jak z grafu 4 vyplývá, maxima bylo dosaženo 6. den měření ($15,38 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), naopak nejnižší rychlost fotosyntézy byla naměřena 8. den ($14,28 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$). Počáteční rychlost fotosyntézy rostlin byla $15,24 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Následně se rychlost fotosyntézy průkazně snížila ($14,79 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, 2. den) a následně opět průkazně zvýšila ($15,38 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, 6. den). Další zvýšení fotosyntézy bylo zaznamenáno 24. den

pokusu ($15,21 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$). Ke konci pokusu bylo zaznamenáno průkazné snížení rychlosti fotosyntézy na konečnou hodnotu $14,61 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$.

Graf 5 znázorňuje vliv zasolení na rychlost fotosyntézy juvenilních rostlin široku odrůdy Ruzrok. Z uvedeného grafu je patrné, že interval hodnot rychlosti fotosyntézy se pohybuje od $14,13 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (8. den, varianta S1) do $16,34 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (14. den, varianta K).

Graf 5. Změny rychlosti fotosyntézy ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) odrůdy Ruzrok v závislosti na variantě pokusu a koncentraci roztoku NaCl.



Kontrolní rostliny vykazovaly průměrně nejvyšší rychlost fotosyntézy oproti ostatním variantám. Z grafu je dále patrné, že 14. den pokusu byla naměřena nejvyšší hodnota fotosyntézy dané varianty ($16,34 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$). Naopak nejnižší hodnota fotosyntézy byla naměřena 18. den měření ($15,38 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$). Výrazná průkazná změna v naměřené rychlosti fotosyntézy nastala mezi 16. a 18. dnem měření, kdy se fotosyntéza snížila o $0,86 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. V následném termínu měření se rychlost fotosyntézy průkazně zvýšila na hodnotu $16,15 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$.

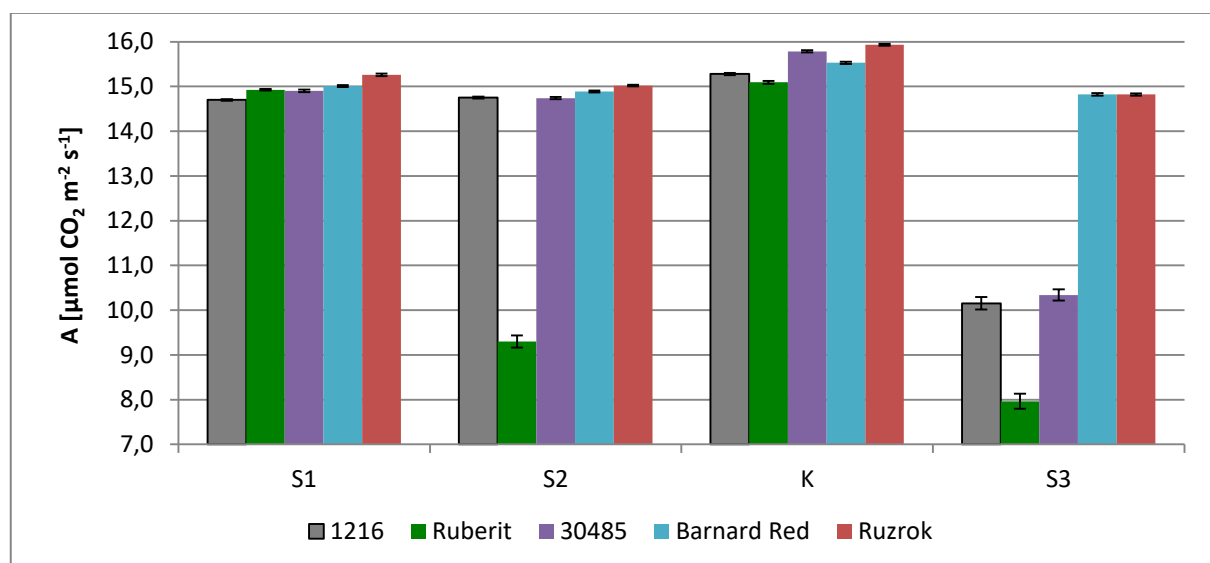
Z grafu 5 je dále patrný vliv zasolení půdy ve variantě S1 na juvenilní rostliny čiroku. Nejvyšší rychlosti fotosyntézy bylo dosaženo poslední den měření ($15,63 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) a nejnižší fotosyntézy naopak 8. den ($14,13 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$). Z grafu je dále zřejmé, že 4. den byla rychlost fotosyntézy $15,62 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Následně se hodnota průkazně snížila (8. den, $14,13 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$).

Rostliny z varianty S2, která byla stresována roztokem 0,25 M NaCl, měly nejnižší rychlost fotosyntézy 10. den ($14,67 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$). Maxima rychlosti fotosyntézy bylo dosaženo 0. den měření ($15,48 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$). Z grafu 5 je zřejmé, že u výše uvedené varianty střídá pokles hodnot průkazný nárůst. Rychlost fotosyntézy poslední den stresu byla $15,03 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$.

Vliv varianty S3 na rychlost fotosyntézy juvenilních rostlin čiroku odrůdy Ruzrok je uveden v grafu 5. Hodnoty fotosyntézy těchto rostlin se pohybují v intervalu od $14,33 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (18. den) do $15,48 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (0. den). Z grafu je patrná sestupná tendence rychlosti fotosyntézy, která se zastavuje 24. den na hodnotě $14,35 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Následný nárůst hodnoty ($15,19 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, 26. den) byl vystřídán mírným průkazným poklesem (28. den, $14,81 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$).

Vliv genotypů čiroku a béru na rychlost fotosyntézy v rámci variant pokusu je uveden v grafu 6. Z něho je patrné, že fotosyntéza kontrolních rostlin se pohybovala v intervalu hodnot od $15,10 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (Ruberit) do $15,93 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (Ruzrok).

Graf 6. Porovnání průměrné rychlosti fotosyntézy ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) u jednotlivých variant pokusu v závislosti na genotypu čiroku a béru.



V rámci stresové varianty S1 (0,15 M NaCl) dosáhl nejnižší hodnoty (14,70 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) genotyp čiroku 1216, naopak nejvyšší rychlost fotosyntézy (15,26 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) byla naměřena u odrůdy Ruzrok.

Z grafu 6 dále vyplývá, že nejnižší rychlost fotosyntézy varianty S2 byla v rámci měření prokázána u rostlin béru (odrůda Ruberit, 9,30 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$). Nejvyšší průměrnou rychlost fotosyntézy (15,02 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) v této variantě vykazovala odrůda Ruzrok. Průkazně nejnižší rychlost fotosyntézy rostlin pěstovaných v nejvyšší koncentraci soli byla zjištěna u odrůdy Ruberit (7,97 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$). Naopak maximální rychlost fotosyntézy byla naměřena u odrůd Barnard Red a Ruzrok (14,82 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$).

Nejcitlivěji na stres zasolením reagovala odrůda béru Ruberit, která měla průkazně nejvyšší rozdíly hodnot mezi kontrolními a stresovanými variantami rostlin, který činil mezi kontrolou a variantou S3 7,13 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. V případě rostlin čiroku, byl nejvýraznější pokles rychlosti fotosyntézy zaznamenán u genotypu 30485, kde rozdíl mezi kontrolou a variantami se zasolením byl v rozmezí od 0,88 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (S1) do 5,45 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (S3). Z výsledků je patrné, že jako nejvíce tolerantní se jeví odrůda Ruzrok, u níž byl rozdíl mezi kontrolou a variantou S3 1,11 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (S3).

6.2 Rychlost transpirace

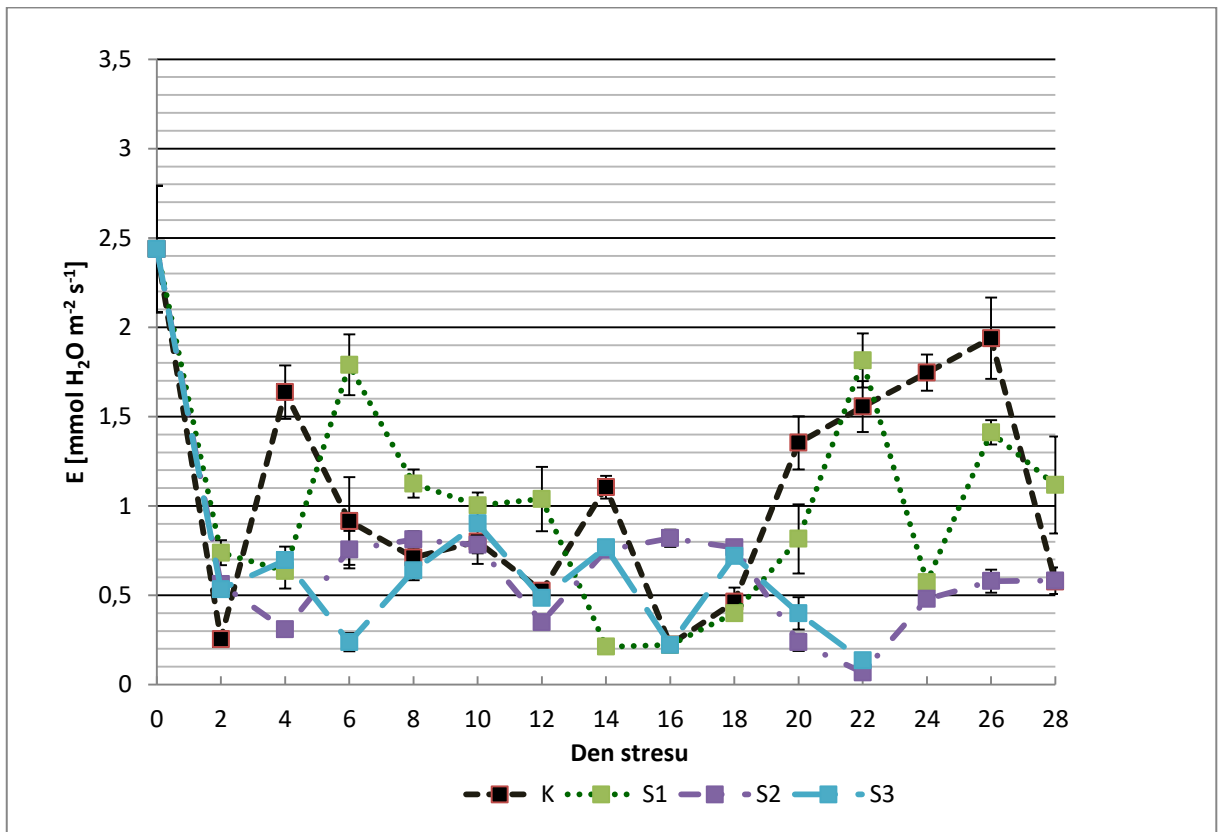
Vliv zasolení na rychlost transpirace juvenilních rostlin čiroku genotypu 1216 je patrný z grafu 7. Měřením bylo zjištěno, že maximální rychlosti transpirace bylo dosaženo 0. den měření u všech variant pokusu (2,49 $\text{mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$), naopak nejnižší hodnota byla naměřena 22. den u varianty S2 (0,07 $\text{mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$). Rozdíl hodnot mezi maximem a minimem u tohoto genotypu byl 2,37 $\text{mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$.

Z grafu 7 je dále patrné, že nejvyšší rychlost transpirace byla u varianty K naměřena 0. den měření (2,44 $\text{mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$). Průkazně nejnižší hodnota byla naopak naměřena 16. den měření (0,22 $\text{mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$). K vyššímu poklesu rychlosti transpirace došlo již 2. den měření, kdy byla hodnota kontrolní varianty 0,25 $\text{mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. K průkaznému nárůstu transpirace došlo mezi 16. a 26. dnem měření. Rychlost transpirace v tomto termínu vzrostla z hodnoty 0,22 $\text{mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ na hodnotu 1,94 $\text{mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$.

Průkazně nejvyšší rychlost transpirace u varianty S1 byla naměřena 0. den měření, kdy hodnota transpirace genotypu 1216 byla 2,44 $\text{mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, naopak nejnižší rychlost transpirace byla 0,21 $\text{mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ (14. den). Obdobně jako u ostatních variant byl zaznamenán pokles druhý den měření, kdy hodnota dosáhla 0,53 $\text{mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. Naopak 6. den byl zaznamenán průkazný nárůst rychlosti transpirace na hodnotu

1,79 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹. Varianta S1, která byla stresována 0, 15 M roztokem NaCl, dosáhla minima 14. den měření (0,21 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹) a následně opět narůstala až na hodnotu 1,81 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹.

Graf 7. Změny rychlosti transpirace (mmol H₂O.m⁻².s⁻¹) genotypu 1216 v závislosti na variantě pokusu a koncentraci roztoku NaCl.



U rostlin široku genotypu 1216 rostoucích ve variantě S2, byly naměřené hodnoty v intervalu od 2,44 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹ (0. den) do 0,07 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹ (22. den). Výrazný pokles byl zaznamenán 4. den měření, kdy hodnota rychlosti transpirace klesla na 0,31 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹. Následně byl trend nárůstů střídán mírným neprůkazným poklesem naměřených hodnot.

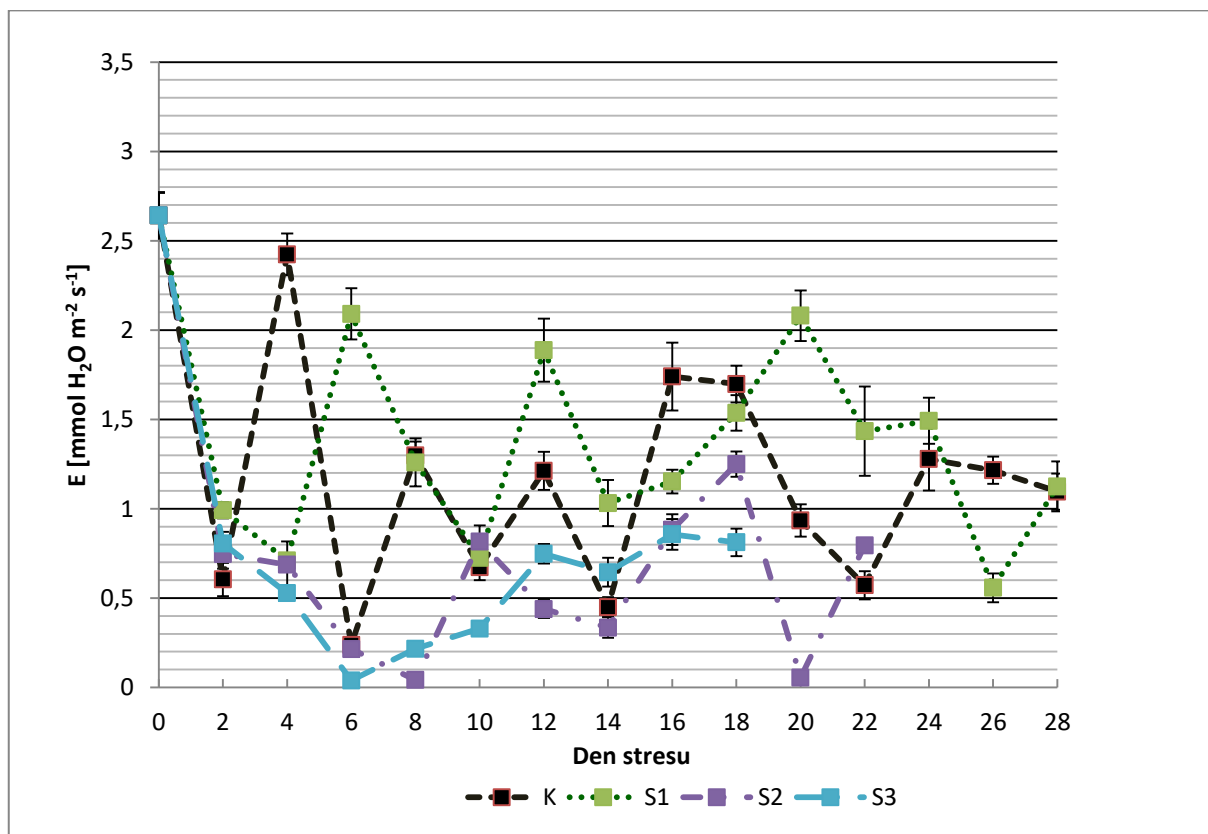
Z grafu 7 také vyplývá, že u varianty S3 byla maximální hodnota naměřena již 0. den pokusu (2,44 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹) a naopak minimální hodnota rychlosti transpirace byla naměřena 22. den (0,14 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹). Po zahájení zasolování substrátu se hodnota rychlosti transpirace snížila na hodnotu 0,24 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹ (6. den). Tento pokles byl opět vystřídán neprůkazným zvýšením transpirace na 0,90 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹ (10. den). Poslední

měření se uskutečnilo 22. den ($0,14 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$), kdy následkem vysoké koncentrace soli v půdním substrátu rostliny uhynuly.

Z grafu 8 je patrný vliv zasolení na rychlost transpirace juvenilních rostlin bérů odrůdy Ruberit. Podle naměřených hodnot je zřejmé, že interval hodnot rychlosti transpirace byl od $0,04 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (6. den, varianta S3) do $2,64 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (0. den, varianta K, S1, S2, S3).

Podle grafu 8 jsou hodnoty rychlosti transpirace v kontrolní variantě v intervalu hodnot od $2,64 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (0. den) do $0,24 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (6. den). Trend poklesu byl střídán průkazným nárůstem transpirace po celou dobu pokusu. Nejvyšší pokles byl zaznamenán mezi 4. dnem ($2,42 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a 6. dnem ($0,24 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) měření. Výraznější nárůst rychlosti transpirace byl zaznamenán také 16. den, při kterém se hodnoty zvýšily o $1,29 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$.

Graf 8. Změny rychlosti transpirace ($\text{mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) odrůdy Ruberit v závislosti na variantě pokusu a koncentraci roztoku NaCl.



Vliv varianty S1 na rychlost transpirace odrůdy Ruberit je zaznamenán v grafu 8. Z něho je také patrné, že maximální hodnota rychlosti transpirace této varianty byla naměřena

v 0. den stresu ($2,64 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$), naopak minimální hodnota byla naměřena 26. den ($0,56 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$). Stres zasolením $0,15 \text{ M NaCl}$ nejprve způsobil průkazný pokles rychlosti transpirace na hodnotu $0,71 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (4. den), následně však došlo k zvýšení hodnot rychlosti transpirace na $2,09 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (6. den). Na konci pokusu byla rychlost transpirace ve výši $1,13 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$.

Maximální rychlost transpirace byla u varianty S2 naměřena jako u ostatních variant v 0. den měření ($2,64 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a nejnižší 8. den měření ($0,04 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$). Trend poklesu byl zaznamenán ihned po zahájení stresu a trval až do 8. dne, kdy rychlost transpirace byla ve výši $0,04 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. Následně rychlost transpirace průkazně narůstala až na hodnotu $1,25 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. V dalších dnech byl opět zaznamenán trend poklesu (20. den, $0,06 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a nárůstu rychlosti transpirace ($0,80 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$), který byl ukončen 22. den úhynem všech rostlin.

Další měřenou variantou v grafu 8 byla varianta S3, kdy rostliny z této varianty měly rychlost transpirace v intervalu od $0,04 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (6. den) do $2,64 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (0. den). Po 6. Dnu, kdy transpirace klesala, následoval její nárůst až do 16. dne ($0,81 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$). Poslední měření se kvůli úhynu rostlin uskutečnilo 18. den stresu, kdy rychlost transpirace odrůdy Ruberit byla $0,81 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$.

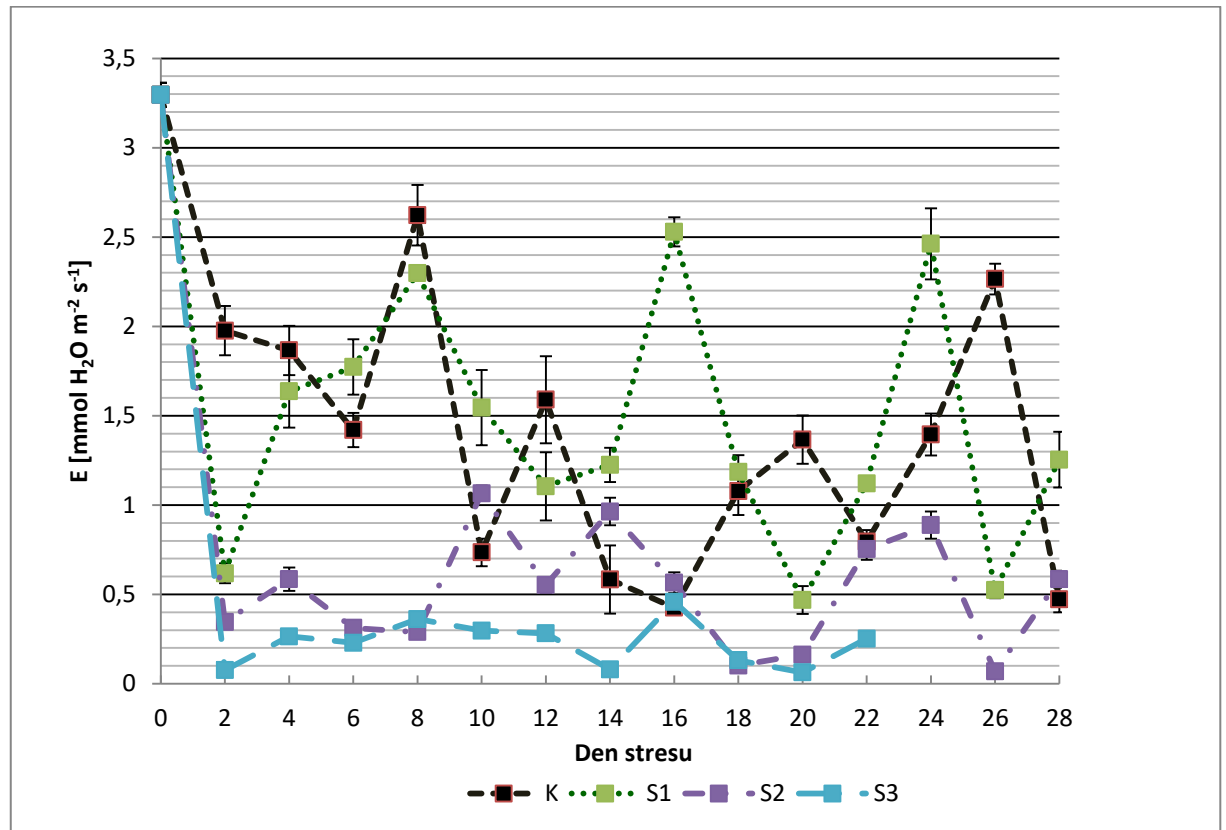
U juvenilních rostlin široku genotypu 30485 byl sledován vliv zasolení na rychlost transpirace, jak je patrné z grafu 9. Z naměřených dat je zřejmé, že interval rychlosti transpirace se pohybuje od $0,06 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (20. den, varianta S3) do $3,30 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (0. den, varianta S1, S2, S3, K). Rozdíl mezi nejvyšší a nejnižší naměřenou hodnotou transpirace je $3,23 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$.

Z grafu 9 je dále patrný vliv varianty S1 na rychlost transpirace juvenilních rostlin široku. Z grafu je zřejmé, že nejnižší hodnoty rychlosti transpirace bylo dosaženo 20. den měření ($0,47 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$), naopak nejvyšší rychlost transpirace byla naměřena 0. den ($3,30 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$). Pokles hodnot transpirace byl ve variantě S1 ($0,15 \text{ M NaCl}$) pravidelně střídán průkazným navýšením. Trend nárůstu byl zaznamenán i mezi 20. dnem ($0,47 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a 24. dnem ($2,46 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) měření. Rychlost transpirace byla poslední den stresu $1,25 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$.

U rostlin široku rostoucích ve variantě S2 bylo 0. den dosaženo maxima rychlosti transpirace ($3,30 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$). Minima bylo dosaženo 26. den působení $0,25 \text{ M}$ roztoku NaCl ($0,07 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$). Průkazný poklesu hodnot nastal 2. den po zahájení stresu, kdy byla naměřena rychlost transpirace $0,35 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. Výraznější nárůst hodnot rychlosti

transpirace byl zaznamenán 10. den měření ($1,07 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$). Na konci pokusu byla rychlost transpirace $0,59 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$.

Graf 9. Změny rychlosti transpirace ($\text{mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) genotypu 30485 v závislosti na variantě pokusu a koncentraci roztoku NaCl.

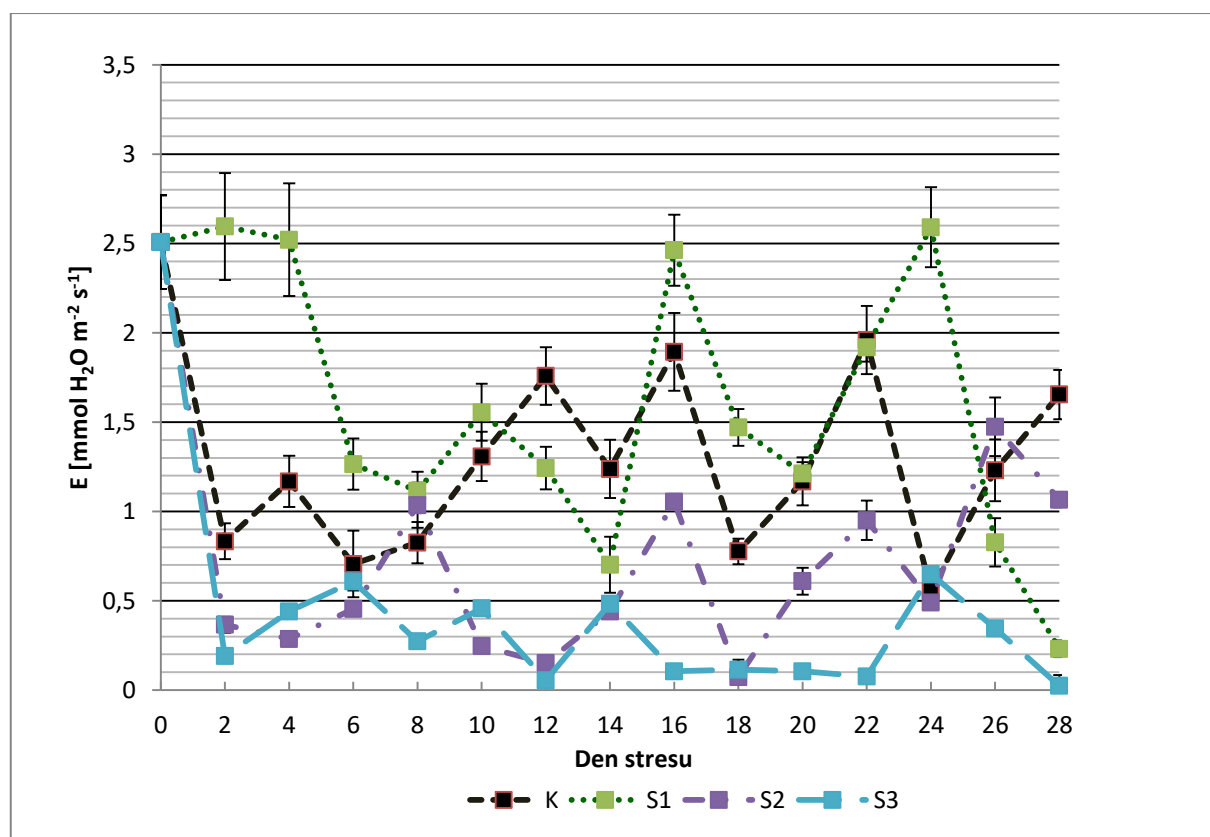


Rychlost transpirace juvenilních rostlin čiroku (genotyp 30485), rostoucích ve variantě S3, je znázorněna v grafu 9. Z naměřených hodnot je patrné, že interval mezi nejvyšší a nejnižší naměřenou hodnotou je od $0,06 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (20. den) do $3,30 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (0. den). Po výrazném poklesu hodnot 2. den ($0,08 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) byl zaznamenán neprůkazný nárůst rychlosti transpirace. Úhyn rostlin nastal 22. den stresu ($0,25 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) z důvodu nízké tolerance rostlin k zasolení půdy.

Z grafu 10 je zřetelný vliv zasolení na rychlost transpirace juvenilních rostlin čiroku odrůdy Barnard Red. Z naměřených hodnot je patrný interval hodnot rychlosti transpirace, který se pohybuje v rozmezí od $0,02 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (28. den, varianta S3) do $2,56 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (2. den, varianta S1). Rozdíl mezi maximem a minimem naměřených hodnot je u odrůdy Barnard Red $2,57 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$.

Nejvyšší rychlost transpirace kontrolních rostlin byla zaznamenána 0. den měření ($2,51 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$), naopak nejnižší hodnoty bylo dosaženo 24. den pokusu ($0,56 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$). Z grafu 10 dále vyplývá, že pokles naměřených hodnot zpravidla střídá průkazný nárůst, který je zaznamenán ve 12. ($1,76 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$), 16. ($1,89 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$), 22. ($1,96 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a 28. dni ($1,65 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) měření.

Graf 10. Změny rychlosti transpirace ($\text{mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) odrůdy Barnard Red v závislosti na variantě pokusu a koncentraci roztoku NaCl.



Rychlost transpirace u varianty S1 byla ovlivněna zasolením $0,15 \text{ M}$ roztokem NaCl. Jak je uvedeno v grafu 10 je nejvyšší rychlost transpirace této varianty $2,96 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (2. den). Nejnižší rychlost odrůdy Barnard Red pak byla naměřena 28. den měření ($0,23 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$). K průkaznému poklesu hodnot rychlosti fotosyntézy došlo v porovnání s ostatními variantami o 4 dny později, a to 6. den měření ($1,27 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$). Nárůst rychlosti transpirace byl zjištěn 16. den stresu, kdy se hodnota zvýšila z $0,70 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (14. den) na $2,46 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. Následně rostliny čiroku snížily rychlost transpirace na $1,21 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ a opět zvýšila na

hodnotu 2,59 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹. Rychlost transpirace měla následně klesající tendenci, která byla 28. den ve výši 0,23 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹.

U juvenilních rostlin čiroku (Barnard Red) ve variantě S2 byly naměřeny hodnoty transpirace od 0,07 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹ (18. den) do 2,51 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹ (0. den). Bezprostředně po zahájení stresu (0,25 M NaCl) se průkazně snížila rychlost transpirace na hodnotu 0,37 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹ (2. den). V závěru pokusu se rychlost transpirace zvýšila na 1,47 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹ (26. den), naopak poslední den měření se hodnota transpirace snížila na 1,07 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹. Podobně jako u kontrolních rostlin, nebyl u rostlin v rámci zasolení prokázán vliv ontogenetického vývoje.

U rostlin čiroku rostoucích ve variantě S3 je viditelný vliv zasolení na rychlost transpirace. Rychlost transpirace se pohybuje od 0,02 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹ (28. den) do 2,51 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹ (0. den). Po průkazném snížení hodnot na 0,19 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹ (2. den) nevykazuje rychlost transpirace výrazný trend v nárůstu či poklesu naměřených hodnot. Průkazný pokles rychlosti transpirace je zaznamenán od 24. dne (0,65 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹) do 28. dne (0,02 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹) měření, viz graf 10.

Z grafu 11 je patrný vliv zasolení na rychlost transpirace juvenilních rostlin čiroku odrůdy Ruzrok. Měřením bylo zjištěno, že rychlost transpirace všech variant byla v intervalu od 0,05 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹ (24. den, varianta S3) do 1,96 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹ (4. den, varianta S1).

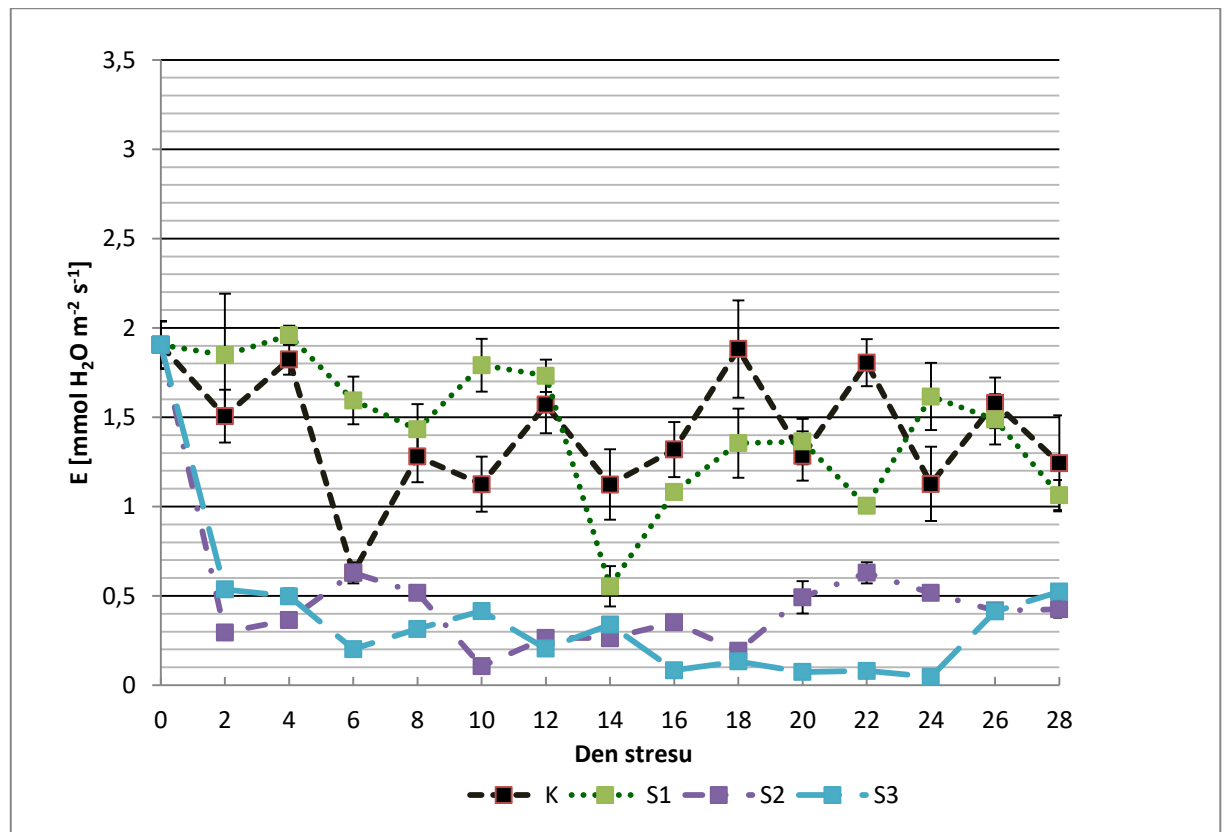
Rychlost transpirace kontrolních rostlin dosáhla maxima 0. den (1,91 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹), naopak minima bylo dosaženo 6. den měření (0,63 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹), viz graf 11.

Dále je z grafu 11 patrné, že rychlost transpirace juvenilních rostlin čiroku (Ruzrok) ve variantě S1. Nejvyšší rychlost transpirace byla naměřena 4. den měření (1,96 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹) a naopak nejnižší ve 14. dnu měření, kdy klesla z hodnoty 1,73 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹ (12. den) na hodnotu 0,55 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹ (14. den). Po 14. dnu měření se rychlost transpirace průkazně zvýšila na hodnotu 1,62 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹ (24. den), avšak následně byl zaznamenán průkazný pokles transpirace na 1,06 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹ (28. den).

Nejvyšší rychlost transpirace byla u varianty S2 na počátku pokusu (0. den, 1,91 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹) a nejnižší byla naměřena 10. den stresu - 0,11 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹. Ihned po zahájení závlivky solným roztokem (0,25 M NaCl) se rychlost transpirace snížila na hodnotu 0,26 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹ (2. den). Následně se rychlost transpirace průkazně zvýšila na

hodnotu $0,63 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (6. den) a poté byla několikrát tendence poklesu střídána nárůstem na konečnou hodnotu $0,43 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (28. den).

Graf 11. Změny rychlosti transpirace ($\text{mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) odrůdy Ruzrok v závislosti na variantě pokusu a koncentraci roztoku NaCl.



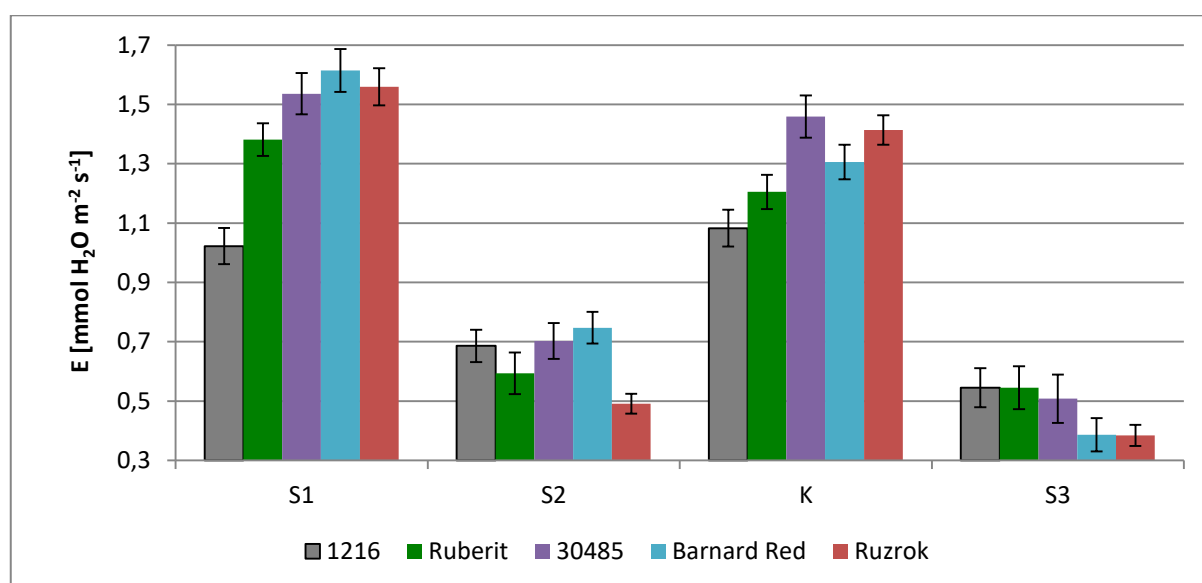
Podle grafu 11 jsou hodnoty rychlosti transpirace ve variantě S3 v intervalu od $0,05 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (24. den) do $1,91 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (0. den). Stejně jako u varianty S2 byl u varianty S3 zaznamenán průkazný pokles hodnot rychlosti transpirace (6. den, $0,20 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$), který bylo přerušeno mírným nárůstem hodnot transpirace 10. den ($0,42 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$). Postupným zasolováním substrátu $0,50 \text{ M}$ roztokem NaCl se rychlost transpirace dostala na nejnižší hodnotu varianty S3 (24. den, $0,05 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$). V závěru pokusu se rychlost transpirace zvýšila na konečnou hodnotu $0,52 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$.

Vliv jednotlivých genotypů juvenilních rostlin čiroku a béru na rychlost transpirace v rámci varianty pokusu je uveden v grafu 12. Z grafu je dále patrné, že nejnižší rychlost transpirace u kontrolních rostlin byla u genotypu 1216 ($1,08 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$). Naopak neprůkazně nejvyšší rychlost transpirace byla naměřena u genotypu s označením 30485

(1,46 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹). U varianty S1 (0,15 M NaCl) bylo maxima dosaženo u odrůdy Barnard Red (1,61 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹) a minima u genotypu 1216 (1,02 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹).

Rychlost transpirace u varianty S2 byla v intervalu hodnot od 0,49 mmol H₂O m⁻² s⁻¹ (Ruzrok) do 0,75 mmol H₂O m⁻² s⁻¹ (Barnard Red). V případě varianty S3 (0,50 M NaCl) je možné konstatovat, že nejnižší rychlost transpirace vykazují odrůdy Barnard Red a Ruzrok (0,39 mmol H₂O m⁻² s⁻¹) a na straně druhé jsou shodně s nejvyšší průměrnou transpirací 0,55 mmol H₂O m⁻² s⁻¹ odrůda béru Ruberit a genotyp čiroku 1216.

Graf 12. Porovnání průměrné rychlosti transpirace (mmol H₂O.m⁻².s⁻¹) u jednotlivých variant pokusu v závislosti na odrůdě kukuřice.



Z grafu vyplývá, že nejcitlivěji reagují na zasolení půdy rostliny genotypu 30485. Naopak jako tolerantní se vůči zasolení půdy jeví rostliny genotypu 1216.

6.3 Efektivita využití vody (WUE)

V grafu 13 je uvedena efektivita využití vody odrůd a genotypů čiroku a béru v závislosti na jednotlivých úrovních stresu. Z grafu je dále patrné, že nejvyšší efektivitu využití vody u genotypu 1216 dosahovala varianta S2 s průměrnou hodnotou 21,50 a dále následuje s hodnotou 18,64 varianta S3. Naopak nejnižší hodnoty vykazují kontrolní rostliny čiroku (14,11).

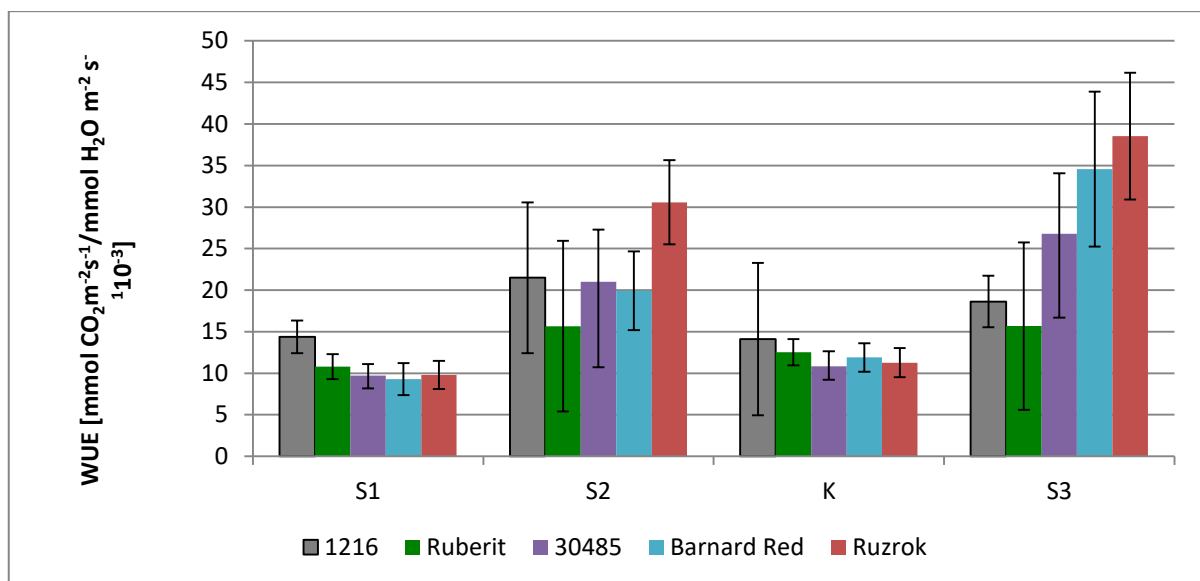
V případě béru Ruberit bylo neprůkazně nejvyšší hodnoty WUE dosaženo u varianty S3 (15,68). Nejnižší hodnoty WUE dosahovala varianta S1 s hodnotou 10,81, což je o 1,72 méně oproti kontrolní variantě. Druhá nejnižší průměrná hodnota byla naměřena u kontrolní

varianty (12,53). Rostliny rostoucí ve variantě S2 mají neprůkazně vyšší hodnoty WUE o 3,14 v porovnání s kontrolou.

V grafu 13 je dále uvedena průměrná efektivita využití vody (WUE) genotypu 30485. Z grafu je patrné, že nejvyšší hodnoty WUE bylo dosaženo u varianty S3 (26,78), která dosahovala o 15,96 vyšší efektivity využití vody v porovnání s kontrolní variantou (10,82). Neprůkazně nejnižší hodnotou WUE vykazují rostliny z varianty S1 (9,70). Vyšší efektivitu využití vody měla v porovnání s kontrolní variantou čiroku také varianta S2 s hodnotou 20,99.

Podobně jako v případě genotypu 30485 a odrůdy Ruzrok, tak také u odrůdy Barnard Red bylo naměřeno průkazně nejvyšší hodnoty WUE u varianty S3 (34,56), což je vyšší hodnota oproti kontrole o 22,67. Naopak nejnižší hodnota WUE byla naměřena u varianty S1 (9,30).

Graf 13. Porovnání efektivity využití vody (WUE) u jednotlivých variant pokusu v závislosti na odrůdě a genotypu čiroku a béru.



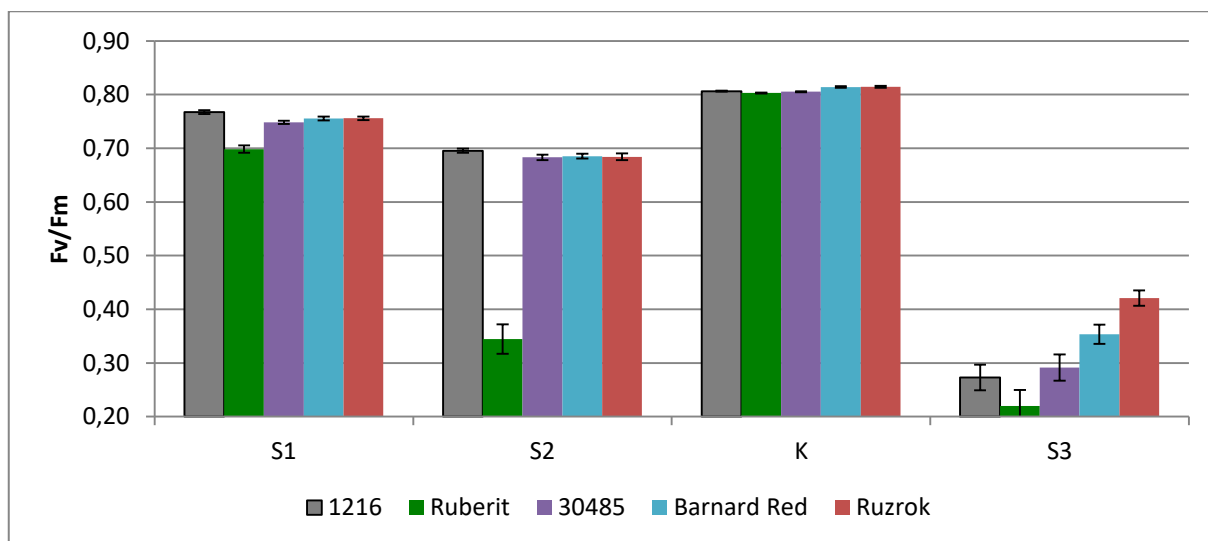
Neprůkazně nejvyšších průměrných hodnot efektivity využití vody (WUE) dosahovala odrůda Ruzrok s hodnotou 38,53, jak je patrné z grafu 13. Nejnižší hodnotu WUE vykazovala stresovaná varianta S1 (9,79), která měla o 1,49 nižší hodnotu WUE oproti kontrole. Naopak varianta S2 (0,25 M NaCl) měla s hodnotou 30,57 průkazně vyšší efektivitu využití vody než kontrolní varianta čiroku Ruzrok.

6.4 Fluorescence chlorofylů

Průměrná fluorescence chlorofylů (Fv/Fm) jednotlivých variant pokusu v závislosti na genotypu čiroku a béru je porovnána v grafu 14. Celkově nejnižší fluorescence chlorofylů u kontrolní varianty byla naměřena u odrůdy Ruberit (0,80), naopak neprůkazně nejvyšší hodnota byla naměřena u odrůdy Ruzrok (0,82). Vyšší rozdíly byly zaznamenány u varianty S1, kde průkazně nejvyšší hodnoty fluorescence byly naměřeny u genotypu 1216 (0,77) a nejnižší pak u odrůdy Ruberit (0,7).

U varianty S2 se průměrné hodnoty fluorescence chlorofylů pohybovaly v intervalu od 0,35 (Ruberit) do 0,70 (1216). Nejnižší hodnoty fluorescence byly zjištěny ve variantě S3, kdy maximální hodnota byla naměřena u odrůdy Ruzrok (0,42), a naopak minimální hodnota fluorescence byla zjištěna u odrůdy béru Ruberit (0,22).

Graf 14. Porovnání průměrné fluorescence chlorofylů (Fv/Fm) u jednotlivých variant pokusu v závislosti na odrůdě a genotypu čiroku a béru.



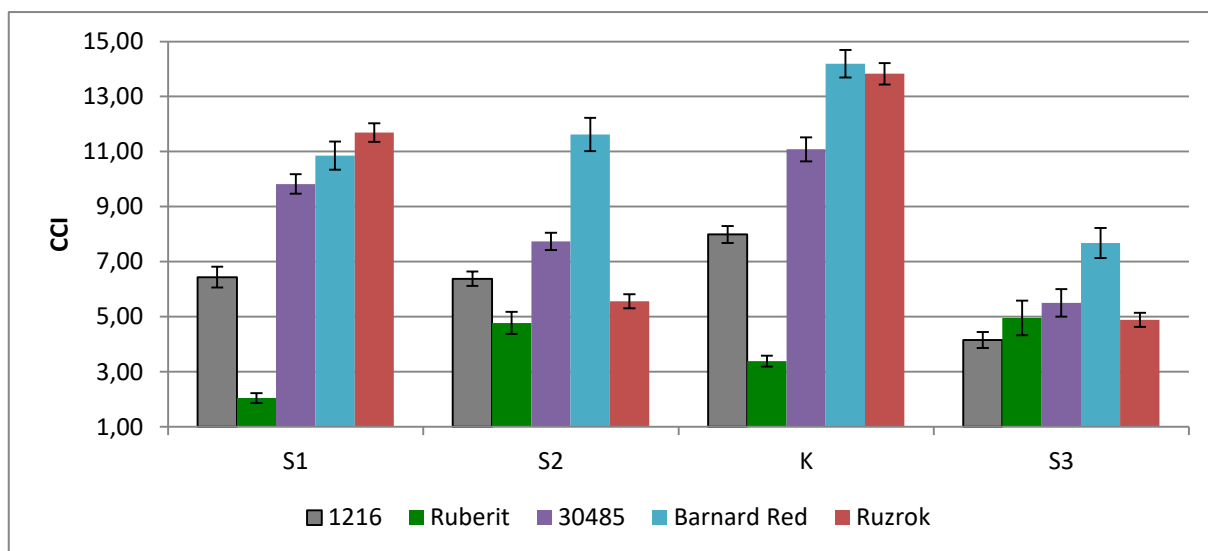
Podle výsledků průměrné fluorescence chlorofylů reagují nejcitlivěji na stres zasolením rostliny odrůdy Ruberit, u kterých byl naměřen rozdíl hodnot mezi kontrolou a variantou S3 0,58. Jako tolerantní se jeví odrůda Ruzrok s průměrným rozdílem fluorescence chlorofylů v rozmezí od 0,06 (varianta S1) do 0,39 (varianta S3).

6.5 Index obsahu chlorofylů (CCI)

Z výsledků měření (graf 15) je patrné, že u kontrolní varianty byly hodnoty indexu obsahu chlorofylů (CCI) odlišné u všech genotypů rostlin čiroku a béru. Hodnoty CCI u kontrolní varianty byly v intervalu od 3,38 (Ruberit) do 14,19 (Barnard Red).

U varianty S1 se průměrné hodnoty obsahu chlorofylů pohybovaly v rozmezí od 2,04 (Ruberit) do 11,69 (Ruzrok). Z grafu 15 je dále patrné, že průkazně nejvyšší naměřená hodnota CCI u varianty S2 byla u odrůdy Barnard Red (11,62), naopak nejnižší hodnotu CCI měla odrůda Ruberit (4,77). V případě varianty S3 je možné konstatovat, že nejnižší průměrný obsah chlorofylů vykazují juvenilní rostliny genotypu 1216 (4,15) a nejvyšší pak rostliny odrůdy Barnard Red (7,68).

Graf 15. Porovnání indexů obsahu chlorofylů (CCI) u jednotlivých variant pokusu v závislosti na odrůdě a genotypu čiroku a béru.



Při porovnání jednotlivých genotypů je patrné, že nejmenší obsah chlorofylů byl naměřen u odrůdy Ruberit a pohyboval se v intervalu hodnot od 2,04 (S1) do 4,96 (S3). Naopak nejvyšších hodnot CCI bylo dosaženo u odrůdy Barnard Red, která měla hodnoty obsahu chlorofylů v rozmezí od 7,68 (varianta S3) do 14,19 (varianta K).

7 Diskuze

U pěti genotypů juvenilních rostlin čiroku a béru: 1216, 30485, Barnard Red, Ruzrok a Ruberit, byl sledován vliv zasolení na rychlost výměny plynů, efektivitu využití vody a fluorescenci chlorofylů.

7.1 Rychlost fotosyntézy

Při porovnání stresovaných variant s kontrolní variantou bylo zjištěno, že rychlost fotosyntézy se s přibývajícím zasolením substrátu NaCl průkazně snižuje, přičemž varianta S3 s nejvyšší molaritou roztoku (0,50 M NaCl) dosahovala nejnižšího průměru hodnot rychlosti fotosyntézy. Toto tvrzení je v souladu s prací Yan a kol. (2012), podle kterých stres zasolením snižuje rychlost fotosyntézy u rostlin čiroku. Vyhodnocené výsledky potvrzují také Sudhir a Murthy (2004), kteří konstatují, že zasolení způsobuje pokles růstu narušením fyziologických procesů, zejména pak fotosyntézy. Výsledky jsou také v souladu s prací Lirana (2011), který u juvenilních rostlin prosa zaznamenal snížení rychlosti fotosyntézy po navození stresu chloridem sodným. Snížení rychlosti fotosyntézy vlivem zasolení je obvykle patrné i u ostatních rostlin, což dosvědčují ve svých pracích například Sharma a Hall (1991) u rostlin ječmene a čiroku, Cha-Um a Kirdamee (2009) u rostlin kukuřice nebo Moradi a Ismail (2007) u rýže.

Z výsledků je dále patrné, že u 4 genotypů juvenilních rostlin čiroku a 1 genotypu béru došlo ke snížení rychlosti fotosyntézy a to ve všech variantách stresu. Měřením rychlosti fotosyntézy čiroku se zabýval také Niu a kol. (2012), který u 4 genotypů čiroku v kontrolní variantě při 25 °C naměřil hodnotu od 15 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ do 33 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. V rámci této diplomové práce se průměrná rychlost fotosyntézy při 25 °C u kontrolních variant čiroku pohybovala v intervalu hodnot od 15,281 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (1216) do 15,933 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (Ruzrok). U variant čiroku, který byl stresován zasolením substrátu, naměřili Niu a kol. (2012) rychlost fotosyntézy v rozmezí od 15 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ do 28 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$.

Z pokusů diplomové práce je zřejmé, že rostliny čiroku rostoucí ve stresovaných variantách S1 až S3 mají průměrnou rychlost fotosyntézy od 10,152 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ do 15,261 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Rozdíl mezi výsledky je patrně dán různými genotypy čiroku, které odlišně reagují na zasolení půdy s různými úrovněmi stresu. To potvrzují mimo jiné Nabati a kol. (2013), kteří ve své práci sledují rozdílné fyziologické vlastnosti u dvou odlišných genotypů čiroku. Fotosyntézou béru italského se zabývali Bisht a kol. (2007), kdy u genotypu

SIA 326 naměřili průměrnou rychlost fotosyntézy $18,6 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Z výsledků je patrné, že kontrolní rostliny bėru měly průměrnou rychlost fotosyntézy ve výši $15,095 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ a stresované varianty byly v intervalu hodnot od $7,965 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (S3) do $14,927 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (S1).

Dále byla u genotypů čiroku a bėru sledována odlišná reakce na varianty pokusu. Nejvyšší rozdíl rychlosti fotosyntézy byl pozorován u odrůdy bėru Ruberit, naopak nejnižší u odrůdy čiroku Ruzrok. Výsledky pokusu se shodují se závěry prací Mahlooji a kol. (2017) a Wu a kol. (2013), kteří sledovali vliv zasolení na rychlost fotosyntézy různých genotypů ječmene.

7.2 Rychlost transpirace

Z výsledků práce je zřejmé, že rychlost transpirace u sledovaných genotypů juvenilních rostlin čiroku a bėru se při vyšší koncentraci NaCl (0,25 M a 0,50 M) snižuje, naopak u nižší koncentrace NaCl (0,15 M) byla rychlost transpirace u většiny genotypů neprůkazně vyšší než u kontrolní varianty. Výsledky pokusu jsou v souladu s prací Nagy a kol. (1994), podle kterých dochází u rostlin čiroku k výraznějšímu poklesu rychlosti transpirace až u vyšších koncentrací NaCl. Pokles rychlosti transpirace při zasolení rostlin byl zaznamenán také v pracích Azvedo Neto a kol. (2004), kteří sledovali vliv zasolení na odlišné genotypy kukuřice, dále Sharma a kol. (2005), kdy měřili výměnu plynů u pšenice nebo v práci Wang a Nii (2000), kteří poukazují na rozdílnou rychlost transpirace u rostlin laskavce trojbarevného. S tímto tvrzením se shodují také závěry Shaheen a Shahbaz (2012), kteří konstatují, že stres způsobený zasolením zpomaluje růst rostlin, snižuje hodnotu relativního obsahu vody, efektivnost fotosystému II, rychlost asimilace CO_2 , vodivost průduchů a také snižuje rychlost transpirace.

Bylo zjištěno, že průměrná rychlost transpirace měřených genotypů se v této práci u kontrolních rostlin pěstovaných při $25 \text{ }^\circ\text{C}$ pohybovala v intervalu od $1,083 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ (genotyp 1216) do $1,459 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ (genotyp 30485) a to je nižší průměrná rychlost transpirace, než v případě Niu a kol. (2012), kteří u kontrolních variant 4 genotypů čiroku naměřili průměrné hodnoty transpirace v rozmezí od $3 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ do $6,5 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. Rozdíl hodnot je patrně dán odlišnými genotypy čiroku a také odlišnými teplotními a vlhkostními podmínkami ve skleníku, které podle Niu a kol. (2012) dosahovaly hodnot $33,6 \text{ }^\circ\text{C} \pm 1,1 \text{ }^\circ\text{C}$ přes den, $20,4 \text{ }^\circ\text{C} \pm 1,5 \text{ }^\circ\text{C}$ přes noc a $20,4 \% \pm 3,3\%$ relativní vlhkosti vzduchu. Průměrná rychlost transpirace stresovaných variant se v diplomové

práci snížila na hodnotu od 0,385 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹ (S3, Ruzrok) do 1,614 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹ (S1, Barnard Red). Při porovnání výsledků s prací Niu a kol. (2012) bylo zjištěno, že průměrná rychlost transpirace je v této diplomové práci nižší, než u porovnávaných genotypů ve stresovaných variantách (8 dS.m⁻¹), kde se průměrná rychlost transpirace pohybovala od 2,2 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹ (genotyp SS304) do 4,3 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹ (genotyp KS585) Rozdíly v hodnotách transpirace jsou dány s největší pravděpodobností rozdílnými genotypy rostlin a odlišnými úrovněmi stresu.

García-Mauriño a kol. (2003) poukazují na odlišnou rychlost transpirace vybraného genotypu čiroku při rozdílných úrovních zasolení NaCl. Hodnota rychlosti transpirace byla při úrovni zasolení 86 mM NaCl 0,36 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹ a při 172 mM NaCl 0,15 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹, což je méně než v případě výsledků uváděných v diplomové práci (0,385 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹, varianta S3, odrůda Ruzrok až 1,614 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹, varianta S1, odrůda Barnard Red). Podle García-Mauriño a kol. (2003) měla kontrolní varianta čiroku hodnotu 0,64 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹ a to je méně, než v případě měřených genotypů 1216, Ruberit, 30485, Barnard Red a Ruzrok (1,083 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹, genotyp 1216 až 1,459 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹, genotyp 30485).

7.3 Efektivita využití vody (WUE)

Podle Shrestha a kol. (2016) má čirok dobrou efektivitu využití vody (WUE), výbornou toleranci k suchu a také je mírně tolerantní k solnému stresu. V diplomové práci bylo zjištěno, že zasolení průkazně ovlivňuje efektivitu využití vody u juvenilních rostlin čiroku a béru, zvláště pak ve vyšších koncentracích NaCl. S výsledky se shoduje práce Saberi (2014), kde je uvedeno, že využití vody je významně závislé na obsahu solí v půdě, odrůdě pěstované rostliny a míře zavlažování. Zvýšení hodnot efektivitu využití vody při zasolení bylo zaznamenáno také u rostlin laskavce (Omamt a kol., 2006), pomerančovníku (Syvertsen a Melgar 2010); okurky (Wang a kol., 2006) nebo tabáku (Agarwal a kol., 2016).

Efektivitu využití vody u čiroku ve své práci měřili také Yan a kol. (2012) a to u varianty kontrolní, stresované 50 mM NaCl a 150 mM NaCl, kdy nejnižší efektivitu využití vody bylo dosaženo u kontrolní varianty, která se pohybovala během měření v intervalu hodnot WUE od 6 do 7,1, což je méně než u kontrolní varianty v této práci (10,820, genotyp 30485 až 14,114, genotyp 1216). Z výsledků Yan a kol. (2012) je dále patrné, že čirok (hybrid kultivarů L405A a 626) ve stresovaných variantách 50 mM a 150 mM NaCl dosahoval hodnot WUE v rozmezí od 6,1 až 8, což je vyšší efektivita využití vody než u čiroku rostoucího v kontrolní variantě (WUE 6 až 7,1). Efektivita využití vody byla v případě této práce od 9,297

(Barnard Red, varianta S1) do 38,532 (Ruzrok, varianta S3). Nižší hodnoty WUE oproti kontrolní variantě byly zaznamenány pouze ve variantě se zasolením 0,15 M NaCl (od 9,297 do 14,382). Rozdílná efektivita využití vody u kontrolních variant je patrně dána odlišným genotypem čiroku a u stresovaných variant může mít vliv rozdílná úroveň a délka stresu. V případě pokusu Yan a kol. (2012) bylo zasolováno 50 mM a 150 mM NaCl po dobu 9 dnů a denní/noční teplotě 25/18 °C.

Reddy a Hodges (2000) dále konstatují, že kukuřice je mnohem více náchylná k zasolení než rostliny čiroku, protože vodní potenciál u kukuřice klesá rychleji s rostoucí osmolalitou. V založeném pokusu bylo pozorováno, že hodnoty WUE se mění podle změn v hodnotách rychlosti transpirace a fotosyntézy. Toto tvrzení je ve shodě s prací Blum (2009) či Farquhar a kol. (1982). Podle práce Jaberdelar a kol. (2017) ovlivňuje efektivitu vodního potenciálu podobně jako stres zasolením vodní deficit, který zvyšuje více či méně hodnotu WUE u juvenilních rostlin měřených genotypů čiroku.

7.4 Fluorescence chlorofylu

Fluorescence chlorofylů je podle Sayed (2003) subtilní odraz prvotních reakcí fotosyntézy a je v současné době používána při hodnocení fyziologického stresu, zejména vodního stresu, teplotního stresu a stresu zasolením. Měření fluorescence chlorofylů bylo použito i v naší diplomové práci u juvenilních rostlin čiroku a béru. Z výsledků bylo zjištěno, že aplikovaný solný roztok snížil hodnoty fluorescence chlorofylů (F_v/F_m) u všech genotypů ve všech variantách stresu. Nižší hodnoty fluorescence chlorofylů při různých úrovních zasolení u rostlin čiroku popsal ve své práci Sayyad-Amin a kol (2016) nebo Yan a kol. (2015). Snížení hodnot fluorescence chlorofylů po navození solného stresu zaznamenali ve svých pracích také Senguttuvel a kol. (2014) u juvenilních rostlin rýže či Sayyad-Amin a kol. (2014) u odlišných genotypů sóji.

Z výsledků uvedených v této práci vyplývá, že hodnota fluorescence chlorofylů v kontrolní variantě se pohybuje od 0,803 (Ruberit) do 0,815 (Ruzrok). Z výsledků Norton a kol. (2004), který sledoval fyziologické reakce na zasolení u 2 odrůd čiroku (Serena, Seredo) je zřejmé, že průměrná fluorescence chlorofylů v kontrolní variantě byla v rozmezí od 0,778 (Seredo) do 0,781 (Serena), což jsou nižší hodnoty, než u sledovaných genotypů čiroku v této práci. Při navození stresu 150 mM, 200mM a 250 mM roztokem NaCl zaznamenal Norton a kol. (2004) mírné snížení hodnot fluorescence chlorofylů, které se pohybovalo v intervalu od 0,720 (Serena) do 0,780 (Seredo). Při porovnání poměru F_v/F_m těchto genotypů s genotypy 1216, Ruberit, 30485, Barnard Red a Ruzrok, u kterých byla při variantách zasolení naměřena

hodnota od 0,220 (Ruberit) do 0,767 (Ruzrok), bylo zjištěno, že rozdíl hodnot mezi genotypy uvedených v této práci a genotypy uvedených v práci Norton a kol. (2004) byl v intervalu od 0,004 do 0,500. Rozdíl, který vznikl, je patrně dán odlišným genotypem, úrovní stresu a odlišnými podmínkami pokusu, kdy teplota v pokusu Nortona a kol. (2004) byla nastavena na 34 °C ve dne a 24 °C v noci za světelného režimu 12 hodin světlo a 12 hodin tma a pH ve vodném roztoku bylo 6-6,5. V této diplomové práci pak byla teplota nastavena na 20 °C ve dne a 18 °C v noci za přirozeného světelného režimu (14 hodin světlo a 10 hodin tma) a pH ve vodném roztoku bylo 5,5-6,5.

Výsledky diplomové práce potvrdily odlišné reakce genotypů čiroku a béru na stresované varianty pokusu. Nejvyšší rozdíl hodnot fluorescence chlorofylů v rámci pokusu byly zaznamenány u odrůdy Ruberit, naopak jako tolerantní se nejvíce jevila odrůda Ruzrok. Toto tvrzení je ve shodě s prací Siu a kol. (2015), kteří u dvou různých genotypů čiroku naměřili rozdílné hodnoty chlorofylu u stresu zasolením.

7.5 Index obsahu chlorofylů (CCI)

Z výsledků obsahu chlorofylu bylo zjištěno, že zasolení snižuje index obsahu chlorofylů (CCI) u genotypů rostlin čiroku v našem pokusu s narůstající molaritou roztoku NaCl. Výsledky jsou ve shodě s prací Saleh (2012) nebo Ahammed a Yu (2016), kteří u rostlin stresovaných zasolením zaznamenali pokles hodnot CCI. Dále je patrné, že u rostlin béru odrůdy Ruberit se s přibývajícím zasolením index obsahu chlorofylů zvyšuje. Podle Azooze a Ahmada (2016), kteří naměřili zvýšení hodnot CCI při zasolení rostlin ječmene, ovlivňuje zasolení biologický výnos víc, než příjem sodíku a v takovýchto případech procento dusíku v listech stoupá a listy se stávají tmavší než u rostlin, které nejsou stresovány zasolením.

Měřením bylo dále zjištěno, že genotypy juvenilních rostlin čiroku a béru se lišily obsahem chlorofylů u jednotlivých variant našeho pokusu. Obdobně genotypové rozdíly v hodnotě obsahu chlorofylů (CCI) v rámci působení zasolení potvrzuje Ng (2011), v jehož práci byly měřeny tři odlišné genotypy sóji.

8 Závěr

U juvenilních rostlin čiroku a béru, genotypů 1216, Ruberit, 30485, Barnard Red a Ruzrok byl sledován vliv zasolení na rychlost výměny plynů, efektivitu využití vody (WUE) a fluorescence chlorofylů ve čtyřech variantách pokusu. Z výsledků práce vyplývají následující závěry:

1. Zasolení roztokem NaCl snížilo rychlost výměny plynů, fluorescenci chlorofylů a WUE juvenilních rostlin čiroku a béru.
2. Byl prokázán vliv genotypu na sledované charakteristiky a reakci na zasolení.
3. Nejvyšší rozdíl v rychlosti fotosyntézy mezi kontrolní variantou ($15,095 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) a stresovanou variantou S3 ($7,965 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) byl prokázán u odrůdy Ruberit.
4. Nejnižší rozdíl hodnot rychlosti fotosyntézy byl prokázán u odrůdy Barnard Red, kdy průměrná rychlost fotosyntézy rostlin u kontrolní varianty byla $15,529 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ a u stresované varianty S3 $14,823 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$.
5. Nejvyšší rozdíl v rychlosti transpirace mezi kontrolní variantou ($1,459 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) a stresem (S3, $0,508 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) byl zjištěn u genotypu 30485.
6. U genotypu 1216 byl naopak zjištěn nejnižší rozdíl v průměrné rychlosti transpirace mezi kontrolními rostlinami ($1,083 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) a stresovanými rostlinami (S3, $0,545 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$).
7. Rostliny odrůdy Ruberit vykazovaly s hodnotou 13,669 nejnižší efektivitu využití vody a naopak nejvyšších průměrných hodnot dosahovala odrůda Ruzrok (22,541)
8. U odrůdy Ruzrok byl prokázán nejnižší rozdíl mezi kontrolními a stresovanými rostlinami u parametru fluorescence chlorofylů, zjišťovaný jako poměr mezi hodnotami Fv/Fm (0,194).
9. Odrůda Ruberit naopak vykazovala nejvyšší rozdíl mezi variantami v hodnotách poměru Fv/Fm (0,382)
10. Nejvyšší rozdíl mezi kontrolní variantou a stresem v indexu obsahu chlorofylů byl zaznamenán u odrůdy Ruzrok (6,449), naopak navýšení obsahu chlorofylu bylo zaznamenáno u odrůdy Ruberit, kde se index CCI zvýšil oproti kontrole o 0,541.
11. Nejnižší hodnoty rychlosti fotosyntézy, transpirace, fluorescence chlorofylů a indexu obsahu chlorofylů byly zjištěny téměř u všech genotypů ve variantě S3.
12. Nejnižších hodnot WUE bylo dosaženo u většiny genotypů čiroku a béru ve variantě S1.

13. Byla potvrzena hypotéza o rozdílech mezi genotypy v reakci na zasolení, kdy jako citlivý se jeví odrůda béru Ruberit a genotyp čiroku 1216 a naopak jako odolnější vůči zasolení odrůda Barnard Red a odrůda Ruzrok.

9 Seznam literatury

- Abrol, I. P., Yadav, J. S. P., Massoud, F. I. 1988. Salt-affected soils and their management. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Roma. 131 s. ISBN: 9251026866.
- Adc.co.uk. LCpro-SD Advanced Photosynthesis Measurement System [online]. 2015. [cit. 2017-03-09].]. Dostupné z <<http://www.adc.co.uk/products/lcpro-sd-advanced-photosynthesis-measurement-system/>>.
- Afzal, I., Basra, S. M. A., 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, P. G. 2016. Improved shoot regeneration, salinity tolerance and reduced fungal susceptibility in transgenic tobacco constitutively expressing PR-10a gene. *Frontiers in Plant Science*. 7. 217.
- Agric.wa.gov.au. Diagnosing salinity in canola [online]. 2015. [cit. 2017-02-15]. Dostupné z <<https://www.agric.wa.gov.au/mycrop/diagnosing-salinity-canola>>.
- Agrocs.cz. Substráty primaflora [online]. 2008. [cit. 2017-02-18]. Dostupné z <<http://www.agrocs.cz/OLD/sk/zahradna-divizia/produkty/substraty-primaflora/>>.
- Ahammed, G. J., Yu, J. Q. 2016. Plant hormones under challenging environmental factors. Springer Science. Dordrecht. 269 s. ISBN: 9789401777568.
- Ahmad, P., Prasad, M. N. V. 2012. Environmental adaptations and stress tolerance of plants in the era of climate change. Springer Science. 515 s. New York. ISBN: 9781461408154.
- Allakhverdiev, S. I., Sakamoto, A., Nishiyama, Y., Inaba, M., Murata, N. 2000. Ionic and osmotic effects of NaCl-induced inactivation of photosystems I and II in *Synechococcus* sp. 123 (3). 1047-1056.
- Allison, A. L. 2007. Fundamental molecular biology. Blackwell Publishing. Oxford. 752 s. ISBN: 9781444311167.
- Allison, A. L. 2011. Fundamental molecular biology, 2nd edition. Wiley. West Sussex. 672 s. ISBN: 9781118209882.
- Amrhein, N., Apel, K., Baginsky, S., Buchmann, N., Geisler, M., Keller, F., Körner, Ch., Martinoia, E., Merbold, L., Müller, Ch., Paschke, M., Schmid, B. 2012. Plant response to stress. Zurich-Basel Plant Science Center. Zurich. 156 s.
- Angelova, Z., Georgiev, S., Roos, W. 2006. Elicitation of plants. *Biotechnology and Biotechnological Equipment*. 20 (2). 72-83.
- Aquino, R. S., Grativol, C., Mourao, A. S. 2011. Rising from the sea: correlations between sulfated polysaccharides and salinity in plants. *PLOS ONE*. 6 (4). 1-7.

- Ars-grin.gov. The germplasm resources information network [online]. 2015. [cit. 2017-03-10]. Dostupné z <<http://www.ars-grin.gov/>>.
- Azooz, M. M., Ahmad, P. 2016. Plant-environment interaction, responses and approaches to mitigate stress. Wiley Blackwell. West Sussex. 368 s. ISBN: 9781119081005.
- Azvedo Neto, A. D., Prisco, J. T., Enéas-Filho, J., Lacerda, C. F., Silva, J. V., Alves da Costa, P. H., Gomes-Filho, E. 2004. Effects of salt stress on plant growth, stomatal response and solute accumulation of different maize genotypes. *Brazilian Journal of Plant Physiology*. 16 (1). 31-38.
- Behnamnia, M., Kalantari, K. M., Ziaie, J. 2009. The effects of brassinosteroid on the induction of biochemical changes in *Lycopersicon esculentum* under drought stress. *Turkish Journal of Botany*. 33. 417-428.
- Bejaoui, M. 1985. Interactions between NaCl and some phytohormones on soybean growth. *Journal of Plant Physiology*. 120 (2). 95-110.
- Berenji, J., Dahlberg, J., Sikora, V., Latkovi, D. 2011. Origin, history, morphology, production, improvement, and utilization of broomcorn [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] in Serbia 1. *Economic Botany*. 65 (2). 190-208.
- Bernstein, L. 1975. Effects of salinity and sodicity on plant growth. *Annual Review of Phytopathology*. 13. 295-312.
- Bisht, R., Singariya, P., Marthur, N., Bohra, S. P. 2007. Triazoles: their effects on net photosynthetic rate, transpiration rate and stomatal resistance in *Setaria italica* plants grown in vivo. *Asian Journal of Experimental Sciences*. 21 (2). 271-276.
- Blaha, G., Stelzl, U., Spahn, C. M. T., Nierhaus, K. H. 2000. Preparation of functional ribosomal complexes and effect of buffer conditions on tRNA positions observed by cryoelectron microscopy. *Methods in Enzymology*. 317. 292-309.
- Blažková, V., Hladký, A. 2008. Prevence a zvládnutí stresu. Bezpečný podnik. Výzkumný ústav bezpečnosti práce. Praha. 42 s. ISBN: 9788086973999.
- Blum, A. 2009. Effective use of water (EUW) and not water-use efficiency (WUE) is the target of crop yield improvement under drought stress. *Field Crops Research*. 112 (2-3). 119-123.
- Butchee, K., Arnall, D. B., Sutradhar, A., Godsey, Ch., Zhang, H., Penn, Ch. 2012. Determining critical soil pH for grain sorghum production. *International Journal of Agronomy*. 2012. 1-6.
- Commons.wikimedia.org. CCM-200 chlorophyll content meter measuring chlorophyll content by absorption [online]. 2012. [cit. 2017-03-16]. Dostupné z <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:CCM200_chlorophyll_content_meter_measuring_chlorophyll_content_by_absorption.jpg>.

- Dhgate.com. Foxtail millet [online]. 2017. [cit. 2017-03-08]. Dostupné z <<http://www.dhgate.com/store/product/novel-plant-foxtail-millet-setaria-italica/371830990.html>>.
- Ding, H. D., Zhu, X. H., Zhu, Z. W., Yang, S. J., Zha, D. S., Wu, X. X. 2012. Amelioration of salt-induced oxidative stress in eggplant by application of 24- epibrassinolide. *Biologia Plantarum*. 56 (4). 767-770.
- Dotlačil, L., Štolc, K. J. 2014. Genetické zdroje rostlin a zdravá výživa. Ministerstvo Zemědělství. Praha. 70 s. ISBN: 9788074341748.
- Doust, A. N., Kellogg, E. A., Devos, K. M., Bennetzen, J. L. 2009. Foxtail millet: a sequence-driven grass model system. *Plant Physiology*. 149. 137-141.
- Dreher, C., Callis, J. 2007. Ubiquitin, hormones and biotic stress in plants. *Annals of Botany*. 99 (5). 787-822.
- Ekotechnika.cz. Fotosyntéza [online]. 2014. [cit. 2017-02-20]. Dostupné z <<http://www.ekotechnika.cz/lcpro-sd-gazomericky-pristroj-pro-mereni-prubehu-fotosyntezy>>.
- Eryilmaz, F. 2006. The relationships between salt stress and anthocyanin content in higher plants. 20. 47-52.
- Fao.org. Sorghum and millets in human nutrition [online]. 1991. [cit. 2017-03-10]. Dostupné z <<http://www.fao.org/docrep/T0818e/T0818E03.htm>>.
- Farquhar, G. D., O'leary, M. H., Berry, J. A. 1982. On the relationship between carbon isotope discrimination and the intercellular carbon dioxide concentration in leaves. *Australian Journal of Plant Physiology*. 9. 121-137.
- Flowers, T. J., Colmer, T. D. 2008. Salinity tolerance in halophytes. *New Phytologist*. 179 (4). 945-963.
- Flynn, P. 2003. Biotic vs. abiotic - distinguishing disease problems from environmental stresses. Department of Plant Pathology. 22. 489.
- García-Mauriño, S., Monreal, J. A., Alvarez, R., Vidal, J., Echevarría, C. 2003. Characterization of salt stress-enhanced phosphoenolpyruvate carboxylase kinase activity in leaves of *Sorghum vulgare*: independence from osmotic stress, involvement of ion toxicity and significance of dark phosphorylation. *Planta*. 216 (4). 648-655.
- Gaxiola, R. A., Palmgren, M. G., Schumacher, K. 2007. Plant proton pumps. *FEBS Letters*. 581. 2204-2214.
- Gerik, T., Bean, B., Vanderlip, R. 2010. Sorghum growth and development. The Texas A & M University System. 7 (3). 1-8.
- Glenn, E. P., Brown, J. J. 1999. Salt tolerance and crop potential of halophytes. *Critical Reviews in Plant Sciences*. 18 (2). 227-255.

- Gorji, T., Tanik, A., Sertel, E. 2015. Soil salinity prediction, monitoring and mapping using modern technologies. *Procedia Earth and Planetary Science*. 15. 507-512.
- Groß, F., Durner, J., Gaupels, F. 2013. Nitric oxide, antioxidants and prooxidants in plant defence responses. *Frontiers in Plant Science*. 4. 419.
- Hasegawa, P. M., Bressan, R. A. 2000. Plant cellular and molecular responses to high salinity. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*. 51. 463-499.
- Hermuth, J., Janovská, D., Prohasková, A. 2015. Bér vlašský *Setaria italica* (L.) Beauv. plodina vhodná do měnícího se klimatu České republiky. Výzkumný ústav rostlinné výroby. Praha. 33 s. ISBN: 9788074271755.
- Hermuth, J., Janovská, D., Stražil, Z., Ust'ak, S., Hýsek, J. 2012. Čirok obecný *Sorghum bicolor* (L.) Moench, možnosti využití v podmínkách České republiky. Výzkumný ústav rostlinné výroby. Praha. 52 s. ISBN 9788074270932.
- Holá, D., Benešová, M., Honnerová, J., Hnilička, F., Rothová, O., Kočová, M., Hniličková, H. 2010. The evaluation of photosynthetic parameters in maize inbred lines subjected to water deficiency: Can these parameters be used for the prediction of performance of hybrid progeny?. *Photosynthetica* 48 (4). 545-558.
- Holubec, V. Výzkumný tým 09: genová banka [online]. 2015. [cit. 2017-02-08]. Dostupné z <https://www.vurv.cz/index.php?p=genova_bank&site=vyzkum>.
- Hopkins, W. H., Hüner, N. P. A. 2004. Introduction to plant physiology. John Willey & Sons. Ontario. 559 s. ISBN: 0471379174.
- Houle, G., Morel, L., Reynolds, Ch. E., Siégel, J. 2001. The effect of salinity on different developmental stages of an endemic annual plant, *Aster laurentianus* (Asteraceae). *American Journal of Botany*. 88 (1). 62-67.
- House, L. R. 1985. A guide to sorghum breeding. International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics. Andhra Pradesh. 238 s. ISBN: 9789290660842.
- Cha-Um, S., Kirdmanee, Ch. 2009. Effect of salt stress on proline accumulation photosynthetic ability and growth characters in two maize cultivars. *Pakistan Journal of Botany*. 41 (1). 87-89.
- 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.
- Chobotová, M., Prokeš, K. 2013. Čirok, plodina s budoucností. *Farmář*. 2. 24-26.
- Isaienkov S. V. 2012. Physiological and molecular principles of plant salinity stress. *Tsitologija i Genetika*. 46 (5). 50-71.
- Jabereldar, A. A., El Naim, A. M., Abdalla, A. A., Dagash, Y. M. 2017. Effect of water stress on yield and water use efficiency of sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) in semi-arid environment. 7 (1). 1-6.

- Jenks, M. A., Hasegawa, P. M. 2005. Plant abiotic stress. Blackwell Publishing. Oxford. 270 s. ISBN: 9781405122382.
- Jouyban, Z. 2012. The effects of salt stress on plant growth. Technical Journal of Engineering and Applied Sciences. 2 (1). 7-10.
- Jurmain, R., Kilgore, L., Trevathan W., Ciochon R. L. 2016. Introduction to physical anthropology, 2013-2014 edition, 14th edition. Cengage Learning. Boston. 576 s. ISBN: 9781285062037.
- Kabar, K. 1987. Alleviation of salinity stress by plant growth regulators on seed germination. Journal of Plant Physiology. 128. (1-2). 179-183.
- Kára, J., Stražil, Z., Hutla, P., Ust'ak, S. 2005. Energetické rostliny, technologie pro pěstování a využití. Výzkumný ústav zemědělské techniky. Praha. 81 s. ISBN: 8086884066.
- Kaya, C., Tuna, A. L., Yokas, I. 2009. The role of plant hormones in plants under salinity stress. Tasks for Vegetation Science. 44. 45-50.
- Keskin, B. C., Sarikaya, A. T., Yüksel, B., Memon, A. R. 2010. Abscisic acid regulated gene expression in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). Australian Journal of Crop Science. 4 (8). 617-625.
- Knight, K. 2014. Stress: from cells to ecosystems. Journal of Experimental Biology. 217. 1-4.
- Kopáčová, O. 2007. Trendy ve zpracování cereálií s přihlédnutím zejména k celozrnným výrobkům. Ústav zemědělských a potravinářských informací. Praha. 56 s. ISBN: 9788072711840.
- Kosová, K., Vítámvás, P., Prasil, I., Renaut, J. 2011. Plant proteome changes under abiotic stress - contribution of proteomics studies to understanding plant stress response. Journal of proteomics. 74 (8). 1301-1322.
- Kůdela, V. (eds.). 2013. Abiotikózy rostlin: poruchy, poškození a poranění. Academia. Praha. 566 s. ISBN: 9788020022622.
- Larcher, W. 1987. Stress bei Pflanzen. Naturwissenschaften. 74 (4). 158-167.
- Leung, J., Giraudat, J. 1998. Abscisic acid signal transduction. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology. 49. 199-222.
- Li, J. Y., Jiang, A. L., Zhang, W. 2007. Salt stress-induced programmed cell death in rice root tip cells. Journal of Integrative Plant Biology. 49 (4). 481-486.
- Li, P., Brutnell, T. P. 2011. *Setaria viridis* and *Setaria italica*, model genetic systems for the Panicoid grasses. Journal of Experimental Botany. 62 (9). 3031-3037.

- Li, S., An, S., Liu, Z., Cheng, R., Wang, Z. 2014. Innovation of the new superior quality foxtail millet [*Setaria italica* (L.) P. Beauv] variety-jigu32 with characteristics of stress resistance, stable and high yield and its physiological mechanism. *Agricultural Sciences*. 5. 304-316.
- Lichtenthaler, H. K. 1998. The Stress Concept in Plants: An Introduction. *Annals of the New York Academy of Sciences*. 851. 187-198.
- Lin, H. S., Liao G. I., Chiang, Ch. Y., Kuoh, Ch. S. Chang. S. B. 2012. Genetic diversity in the foxtail millet (*Setaria italica*) germplasm as determined by agronomic traits and microsatellite markers. *Australian Journal of Crop Science*. 6 (2). 342-349.
- 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.
- Lockhart, J. 2013. Salt of the earth: ethylene promotes salt tolerance by enhancing Na/K homeostasis. *The Plant Cell*. 25 (9). 3150.
- Mahlooji, M., Sharifi, R. S., Razmjoo, J., Sabzalian, M. R., Sedghi, M. 2017. Effect of salt stress on photosynthesis and physiological parameters of three contrasting barley genotypes. *Photosynthetica*. 55. 1-8.
- Mann, J. A., Kimber, C. T., Miller F. R. 1983. The origin and early cultivation of sorghums in Africa. *The Texas A & M University System*. 1454. 1-21.
- Mansfeld, R. 1952. Zur systematik und nomenklatur der Hirsen. *Der Züchter*. 22 (10). 304–315.
- Mansour, M. M. F. 2012. Plasma membrane permeability as an indicator of salt tolerance in plants. *Biologia Plantarum*. 57 (1). 1-10.
- Martin. J. H. 1941. *Climate and man: yearbook of agriculture*. United States Government Printing Office. Washington. 1260 s.
- Milne, R. A., Rapp, E. 1968. *Soil salinity and drainage problems*. Canada Department of Agriculture. Ottawa. 27 s.
- Moradi, F., Ismail, A. M. 2007. Responses of photosynthesis, chlorophyll fluorescence and ROS-scavenging systems to salt stress during seedling and reproductive stages in rice. *Annals of Botany*. 99. 1161-1173.
- Motřková, K., Podlipná, R., Vaněk, T., Kafka, Z. 2014. Halofytní rostliny a jejich využití ve fytořemediacích. *Chemické Listy*. 108. 586-591.
- Mozafar, A., Goodin, J. R. 1970. Vesiculated hairs: a mechanism for salt tolerance in *Atriplex halimus* L. *Plant Physiology*. 45, 62-65.
- Muehlenbein, M. P. 2010. *Human evolutionary biology*. Cambridge University Press. New York. 623 s. ISBN: 9780521879484.

- Nagy, Z., Tuba, Z., Zsoldos, F., Erdei, L. 1995. CO₂-exchange and water relation responses of sorghum and maize during water and salt stress. *Journal of Plant Physiology*. 145 (4). 539-544.
- Netondo, G. W., Onyango, J. C., Beck, E. 2004. Sorghum and salinity: II. Gas exchange and chlorophyll fluorescence of sorghum under salt stress. *Crop Science*. 44. 806-811.
- New, L. 2013. Grain sorghum irrigation. *The Texas A & M University System* 6 (4). 1-8.
- Newell, N. 2013. Effects of soil salinity on plant growth. *Plant Physiology*. 1. 1-4.
- Ng, T. B. 2011. Soybean - biochemistry, chemistry and physiology. InTech. Rijeka. 642 s. ISBN: 9789533072197.
- Niu, G., Xu, W., Rodriguez, D., Sun, Y. 2012. Growth and physiological responses of maize and sorghum genotypes to salt stress. *ISRN Agronomy*. 2012. 1-12.
- Nouri, M. Z., Moumeni, A., Komatsu, S. 2015. Abiotic stresses: insight into gene regulation and protein expression in photosynthetic pathways of plants. *International Journal of Molecular Sciences*. 16 (9). 20392-20416.
- Ohuri, T., Fujiyama, H. 2011. Water deficit and abscisic acid production of *Salicornia bigelovii* under salinity stress. *Soil Science and Plant Nutrition*. 57. 566-572.
- Omamt, E. N., Hammes, P. S., Robbertse, P. J. 2006. Differences in salinity tolerance for growth and water-use efficiency in some amaranth (*Amaranthus* spp.) genotypes. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*. 34 (1). 11-12.
- Optisci.com. OS1-FL Chlorophyll Fluorometer [online]. 2005. [cit. 2017-03-01]. Dostupné z <<http://www.optisci.com/datasheet/os1-fl.pdf>>.
- Primag.hu. Cirok [online]. 2006. [cit. 2017-03-20]. Dostupné z <<http://www.primag.hu/uploads/images/termekleiras/apromag/cirok.jpg>>.
- Radman, R., Saez, T., Bucke, C., Keshavart, T. 2003. Elicitation of plants and microbial cell systems. *Biotechnology and Applied Biochemistry*. 37 (1). 91-102.
- Rao, P. S., Kumar, C. G., Reddy, B. V. S. 2012. Sweet sorghum: from theory to practice. *SpringerBriefs in Agriculture* . 2 (1). 1-15.
- Ratnavathi, C. V., Patil, J. V., Chavan, U. D. 2016. Sorghum biochemistry an industrial perspective. Elsevier. London. 358 s. ISBN: 9780128031827.
- Ravi, B. S. 2004. Neglected millets that save the poor from starvation. *Leisa India*. 6 (1). 34-36.
- Razmi, Z., Hamidi, R., Pirasteh-Anosheh, H. 2013. Seed germination and seedling growth of three sorghum (*Sorghum bicolor* L.) genotypes as affected by low temperatures. *International Journal of Farming and Allied Sciences*. 2 (20). 851-856.

- Reddy, K. R., Hodges, H. F. 2000. Climate change and global crop productivity. CABI Publishing. Wallingford. 488 s. ISBN: 0851994393.
- Reddy, V. G., Upadhyaya, H. D., Gowda, C. L. L. 2006. Characterization of world's foxtail millet germplasm collections for morphological traits. SAT eJournal. 2 (1). 1-3.
- Richards, L. A. 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. United States Department of Agriculture. Washington. 159 s.
- Richardson, A. D., Duigan, S. P., Berlyn, G. P. 2002. An evaluation of noninvasive methods to estimate foliar chlorophyll content. New Phytologist. 153. 185-194.
- Rollins, L. Advanced topics in water chemistry and salinity [online]. 2007. [cit. 2017-02-20]. Dostupné z <http://www.salinitymanagement.org/Salinity%20Management%20Guide/ls/ls_4b.html>.
- Ryu, H., Cho, Y. G. 2015. Plant hormones in salt stress tolerance. Journal of Plant Biology. 58 (3). 147-155.
- Saberi, A. R. 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.
- Saleh, B. 2012. Salt stress alters physiological indicators in cotton (*Gossypium hirsutum* L.). Soil & Environment. 31 (2). 113-118.
- Sayed, O. H. 2003. Chlorophyll fluorescence as a tool in cereal crop research. Photosynthetica. 41 (3). 321-330.
- Sayyad-Amin, P., Borzouei, A., Jahansouz, M. R. 2014. Assaying the photosynthetic performance of salt-affected soybean using chlorophyll-A fluorescence transients. International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences. 4 (2). 677-689.
- Sayyad-Amin, P., Jahansouz, M. R., Borzouei, A., Ajili, F. 2016. Changes in photosynthetic pigments and chlorophyll-a fluorescence attributes of sweet-forage and grain sorghum cultivars under salt stress. Journal of Biological Physics. 42 (4). 601-620.
- Seedservice.cz. Katalog osiv 2016-2017 [online]. 2016. [cit. 2017-03-08]. Dostupné z <<http://seedservice.cz/katalogy/files/assets/basic-html/page29.html>>.
- Selye, H. 1936. A syndrome produced by diverse nocuous agents. Nature. 138. 32.
- Senguttuvel, P., Vijayalakshmi, C., Thiyagarajan, K., Kannanbapu, J. R., Kota, S., Padmavathi, G., Geetha, S., Sritharan, N., Viraktamath, B. C. 2014. Changes in photosynthesis, chlorophyll fluorescence, gas exchange parametrs and osmotic potential to salt stress during early seedling stage in rice (*Oryza sativa* L.). SABRAO Journal of Breeding and Genetics. 46 (1). 120-135.

- Shaheen, H. L., Shahbaz, M. 2012. Salt-induced effects on some key morpho-physiological attributes of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) at various growth stages. *Soil & Environment*. 31 (2). 125-133.
- Sharma, N., Gupta, N. K., Gupta, S., Hasegawa, H. 2005. Effect of NaCl salinity on photosynthetic rate, transpiration rate, and oxidative stress tolerance in contrasting wheat genotypes. *Photosynthetica*. 43 (4). 609-613.
- Sharma, P. K., Hall, D. O. 1991. Interaction of salt stress and photoinhibition on photosynthesis in barley and sorghum. *Journal of Plant Physiology*. 138 (5). 614-619.
- Sheehan, C. M. 2014. Plant guide for foxtail millet (*Setaria italica*). United States Department of Agriculture. 9. 1-4.
- Sheldon, A., Menzies, N. W., Bing So, H., Dalal, R. 2004. The effect of salinity on plant available water. University of Sydney. 3. 1-5.
- Shomeili, M., Nabipour, M., Meskarbashee, M., Memari, H. R. 2011. Effects of gibberellic acid on sugarcane plants exposed to salinity under a hydroponic system. *African Journal of Plant Science*. 5 (10). 609-616.
- Shrestha, A., Cox, R., Wu, Y., Robles, O., deSouza, L. L., Wright, S. D., Dahlberg, J. A. 2016. Moisture and salt tolerance of a forage and grain sorghum hybrid during germination and establishment. *Journal of Crop Improvement*. 30 (6). 668-683.
- Schofield, R., Thomas, D. S. G., Kirkby, M. 2001. Causal processes of soil salinization in Tunisia, Spain and Hungary. *Land Degradation and Development*. 12 (2). 163-181.
- Singh, P., Raghuvanshi, R. S. 2012. Finger millet for food and nutritional security. *African Journal of Food Science*. 6 (4). 77-84.
- Sommerfeldt, T. G., Rapp, E., Chang, C., Janzen, H. H. 1988. Management of saline soils. Agriculture Canada. Ottawa. 28 s. ISBN: 0662159136.
- Sughit, P., Murthy, S. D. S. 2004. Effects of salt stress on basic processes of photosynthesis. *Photosynthetica*. 42 (4). 481-486.
- Sui, N., Yang, Z., Liu, M., Wang, B. 2015. Identification and transcriptomic profiling of genes involved in increasing sugar content during salt stress in sweet sorghum leaves. *BMC Genomics*. 16. 534.
- Swanson, A., Laude, H. 1934. Varieties of sorghum in Kansas. *Kansas Bulletin*. 266. 2-50.
- Syvertsen, J. P., Melgar, J. C. 2010. Salinity tolerance and leaf water use efficiency in citrus. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 135 (1). 33-39.
- Tarpley, L., Vietor D. M. 2007. Compartmentation of sucrose during radial transfer in mature sorghum culm. *BMC Plant Biology*. 7 (33). 1-10.

- Tavakkoli, E., Rengasamy, P., McDonald, G. K. 2010. High concentrations of Na⁺ and Cl⁻ ions in soil solution have simultaneous detrimental effects on growth of faba bean under salinity stress. *Journal of Experiment Botany*. 61 (5). 4449-4459.
- Tester, M., Davenport, R. 2003. Na⁺ tolerance and Na⁺ transport in higher plants. *Annals of Botany*. 91 (5). 503-527.
- Toriyama, K., Heong, K. L., Hardy, B. 2005. Rice is life: scientific perspectives for the 21st century. International Rice Research Institute. Manila. 590 s. ISBN: 9712202046.
- Ungar, I. A., 1998. Are biotic factors significant in influencing the distribution of halophytes in saline habitats?. *The Botanical Review*. 64 (2). 176-199.
- Vavilov, N. I. 1926. Studies on the origin of cultivated plants. *Bulletin of Applied Botany and Plant-Breeding*. 26. 1-248.
- Verheye, W. H. 2010. Soils, plant growth and crop production, 2 volume. Eolss Publishers Company Limited. Paris. 454 s. ISBN: 9781848268180.
- Vinocur, B., Altman, A. 2005. Recent advances in engineering plant tolerance to abiotic stress: achievements and limitations. *Current Opinion in Biotechnology*. 16. 123-132.
- Wagner, G. J. 1991. Secreting glandular trichomes: more than just hairs. *Plant Physiology*. 96. 675-679.
- Wang, Ch., Yang, A., Yin, H., Zhang, J. 2008. Influence of water stress on endogenous hormone contents and cell damage of maize seedlings. *Journal of Integrative Plant Biology*. 50 (4). 427-434.
- 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, Y., Nii, N. 2000. Changes in chlorophyll, ribulose biphosphate carboxylase-oxygenase, glycine betaine content, photosynthesis and transpiration in *Amaranthus tricolor* leaves during salt stress. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*. 75 (6). 623-627.
- Weger, J., Stražil, Z., Honzík, R., Bubeník, J. 2012. Možnosti pěstování biomasy jako energetického zdroje v Ústeckém kraji. Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví. Průhonice. 79 s. ISBN: 9788085116663.
- Wendorf, F., Close, A. E., Schild, R., Królik, H. 1992. Saharan exploitation of plants 8,000 years bp. *Nature*. 359 (6397). 721-724.
- Worldsorghumproduction.com. World sorghum production 2016/2017 [online]. 2017. [cit. 2017-03-05]. Dostupné z <<https://www.worldsorghumproduction.com/>>.

Wu, D., Cai, S., Chen, M., Ye, L., Chen, Z., Zhang, H., Dai, F., Wu, F., Zhang, G. 2013. Tissue metabolic responses to salt stress in wild and cultivated barely. *PLOS ONE*. 8 (1). 1-11.

Wylie, P. 2008. *Managing sorghum for high yields*. Grains Research and Development Corporation. Kingston. 24 s. ISBN: 9781875477579.

Yan, K., Chen, P., Shao, H., Zhao, S., Zhang, L., Xu, G., Sun, J. 2012. Responses of photosynthesis and photosystem II to higher temperature and salt stress in sorghum. *Journal of Agronomy and Crop Science*. 198 (3). 218-225.

Yan, K., Zhao, S., Liu, Z., Chen, X. 2015. Salt pretreatment alleviated salt-induced photoinhibition in sweet sorghum. *Theoretical and Experimental Plant Physiology*. 27 (2). 119-129.

Zhu, J. K. 2002. Salt and drought stress signal transduction in plants. *Annual Review of Plant Biology*. 53. 247-273.