

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra botaniky a fyziologie rostlin**



**Vliv vodního deficitu a recovery na výměnu plynů  
juvenilních rostlin z čeledi *Cucurbitaceae***

**Bakalářská práce**

**Autor práce: Dominika Džačovská**

**Obor studia: Zahradnictví**

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

© 2017 ČZU v Praze

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Vliv vodního deficitu a recovery na výměnu plynů juvenilních rostlin z čeledi *Cucurbitaceae*" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 21.04.2017

---

## **Poděkování**

Rád(a) bych touto cestou poděkovala doc. Ing. Františkovi Hniličkovi. Ph.D. za ochotu, připomínky, rady a odborné vedení mé bakalářské práce.

# Vliv vodního deficitu na výměnu plynů a recovery juvenilních rostlin z čeledi *Cucurbitaceae*

## Souhrn

Vybrané rostliny z čeledi *Cucurbitaceae* patří k významným rostlinám z hlediska jejich produkce. *Cucumis sativus* L., *Cucurbita pepo* L. a *Lagenaria siceraria* se pěstují téměř všude, i na místech, které jsou ovlivněny suchem. Je důležité poznat fyziologické nároky jednotlivých rostlin. Cílem práce je stanovení a vyhodnocení mezidruhových rozdílů v rychlosti výměny plynů, v hodnotách efektivity využití vody (WUE) v závislosti na působení vodního deficitu a následné rehydratace.

Okurka setá 'Markýza F1', tykev obecná 'StartGreen F1' a lagenárie obecná byly pěstovány v nádobách o velikosti 11x11 cm ve skleníku KBFR FAPPZ s částečně řízenými podmínkami. Rostliny byly pěstovány ve směsi zahradního substrátu s vysokým obsahem organických látek a křemičitého písku v poměru 2:1. Schéma pokusu zahrnuje dvě varianty: kontrola a stres s navozeným vodním deficitem. Kontrolní varianta byla po celou dobu zavlažována na úroveň 70 % VVK. U varianty stresované byl navozen vodní deficit pomocí postupného vysychání substrátu po dobu 15 dnů, následně byla navozena rehydratace do konce pokusu. Rychlost výměny plynů a stomatální vodivost byla měřena infračerveným analyzátozem plynů LCpro+ a z naměřených hodnot rychlosti transpirace a fotosyntézy byla vypočtena hodnota efektivity využití vody (WUE). Dále byl u pokusných rostlin v rámci sledovaných variant pokusu sledován relativní obsah vody (RWC).

Dle získaných výsledků nejcitlivěji reagovala na vodní stres tykev obecná 'StartGreen F1' (*Cucurbita pepo* L.), u které byla naměřena nejnižší průměrná hodnota WUE 5,5 ( $10^{-3}$ ), ale zároveň měla nejnižší rozdíl rychlosti fotosyntézy mezi kontrolní a stresovanou variantou v rozmezí od 12,13  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  do 12,14  $\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ . Jako odolná se jeví okurka setá 'Markýza F1' (*Cucumis sativus* L.), která dosáhla nejvyšší průměrné hodnoty WUE 6,78 ( $10^{-3}$ ) a zároveň byl u ní naměřen nejvyšší rozdíl mezi kontrolní a stresovanou variantou v rychlosti transpirace o 0,09  $\text{mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ , kdy v případě rostlin kontrolních činila rychlost transpirace 2,07  $\text{mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ . Rychlost fotosyntézy kontrolních rostlin okurky seté byla 11,96  $\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  a rostlin stresovaných 11,53  $\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ . V rámci měření fotosyntézy ani jedna plodina po navození rehydratace v 24. den nedosáhla hodnot kontrolních rostlin. U lagenárie obecné byl zaznamenán pokles rychlosti během rehydratace z hodnoty 11,94  $\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  (15. den) až na 11,41  $\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  (24. den). Hodnoty

transpirace po navození rehydratace převyšovali v 24.den pokusu hodnoty kontrolních rostlin. Bylo to zaznamenáno u všech zkoumaných plodin. Nejvyšší nárůst byl zjištěn u tykve obecné z hodnoty 1,51 mmol H<sub>2</sub>O.m<sup>-2</sup>.s<sup>-1</sup> (15. den) do 3,23 mmol H<sub>2</sub>O.m<sup>-2</sup>.s<sup>-1</sup> (24. den). Nejnižší průměrná rychlost stomatální vodivosti byla naměřena u okurky seté (0,06 mol.m<sup>-2</sup>.s<sup>-1</sup>) ve variantě stres, naopak nejvyšší byla zaznamenána u tykve obecné (0,15 mol.m<sup>-2</sup>.s<sup>-1</sup>) ve variantě kontrola. U lagenárie obecné byla zaznamenána vyšší rychlost ve variantě stres o 0,02 mol.m<sup>-2</sup>.s<sup>-1</sup> v porovnání s kontrolou (0,03 mol.m<sup>-2</sup>.s<sup>-1</sup>). RWC v kontrolní variantě u všech plodin se pohyboval v rozmezí 93 % - 95 %. U měření relativního obsahu vody ve variantě stres bylo zaznamenáno postupné snižování hodnot z 0. dne až po 14.den. Nejvyšší RWC dosahovala tykev obecná 95,06 % (0.den), nejvyšší RWC v 24.den po rehydrataci bylo naměřeno u okurky seté (83,58 %), z hodnoty 65,79 % (14.den). Nejvyšší pokles RWC během vodního stresu byl zaznamenán v 14. den u lagenárie obecné (58,94 %), po následné rehydrataci dosáhla hodnoty 80,16 %.

**Klíčová slova:** fotosyntéza, WUE, transpirace, tykvovité, recovery, vodní stres

# Influence of water deficit and recovery for gas exchange juvenile plants of the family *Cucurbitaceae*

## Summary

The chosen plants of the family *Cucurbitaceae* are important plants because of their production. *Cucumis sativus* L., *Cucurbita pepo* L. and *Lagenaria siceraria* are grown almost everywhere, even in places that are affected by drought. It is important to understand the physiological demands of individual plants. The aim is to determine and assess the interspecies variations in gas exchange rate in terms of water use efficiency (WUE), depending on the influence of water deficit and the following rehydration.

*Cucumis sativus* L. 'Markýza F1', *Cucurbita pepo* L. 'StartGreen' and *Lagenaria siceraria* were grown in 11x11 cm containers in the greenhouse KBFR FAPPZ with partly controlled conditions. The plants were grown in a mixture of garden substrates with a high organic content and siliceous sand in a ratio of 2:1. The scheme experiment includes two groups: The control one and the one stressed by water deficit. The control group was irrigated at the level of 70% VVK all the time. In the stressed group, there was gradual water deficit induced for 15 days, followed by rehydration lasting till the end of the experiment. The rate of gas exchange and stomatal conductance were measured by an infrared gas analyzer LCpro +. The measured values of the transpiration and photosynthesis were used for the calculation of water use efficiency (WUE). The experiment plant groups were also observed for their relative water content (RWC).

According to the obtained results the most sensitive response to water stress was in gourd 'StartGreen F1' (*Cucurbita pepo* L.), which had the lowest average value of WUE  $5.5 (10^{-3})$ , but it also had the lowest rate of photosynthesis difference between control and stressed variant ranging from  $12.13 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  and  $12.14 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ .

The cucumber 'Markýza F1' (*Cucumis sativus* L.) with the highest average value of WUE  $6.78 (10^{-3})$  seems to be resistant to water deficit. Here was measured the lowest difference between control and stressed groups of transpiration rate of  $0,09 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ , where in the case of control plants transpiration rate was  $2.07 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ . The rate of photosynthesis in the control plants of cucumber was  $11.96 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  and  $11.53 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  in the stressed plants. Concerning the measurement of photosynthesis none of the

crop plants reached the values of the control plants on the 24th day after inducing rehydration. In *Lagenaria siceraria* a decrease in the rate was noted during the rehydration from the value of  $11.94 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}.\text{s}^{-1}$  (day 15th) up to  $11.41 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}.\text{s}^{-1}$  (24th day). The transpiration values after inducing rehydration outnumbered on 24th day of the experiment the values of the control plants. It was recorded in all the studied plants.

The highest increase was detected in the common squashes, it was from  $1.51 \text{ mmol H}_2\text{O}.\text{m}^{-2}.\text{s}^{-1}$  (15th day) to  $3.23 \text{ mmol H}_2\text{O}.\text{m}^{-2}.\text{s}^{-1}$  (24th day). The lowest average speed of stomatal conductance was measured in cucumber plant ( $0.06 \text{ mol}.\text{m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ) in the stressed variation, while the highest was observed in gourd ( $0.15 \text{ mol}.\text{m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ) variation control group. In *Lagenaria siceraria* there was recorded a higher rate in the stressed group by  $0.02 \text{ mol}.\text{m}^{-2}.\text{s}^{-1}$  compared to the control ( $0.03 \text{ mol}.\text{m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ). RWC in the control variant of all crops ranged from 93% - 95%.

In the measuring of the relative water content of the stress variation there was observed gradual decrease of values from day 0 to day 14. The highest RWC was reached by gourd 95.06% (0.den), the highest RWC on day 24<sup>th</sup> after rehydration was measured in cucumber plant (83.58%), from the value of 65.79% (day 14th). The highest decrease in RWC during water stress was observed on day 14th in the *Lagenaria siceraria* (58.94%), after the following rehydration it reached 80.16%.

**Keywords:** photosynthesis, WUE, transpiration, *Cucurbitaceae*, recovery, water stress

# Obsah

1. Úvod.....	1
2. Cíl práce.....	2
3. Literární rešerše .....	3
3.1. Čeleď Cucurbitaceae .....	3
3.2. Botanická charakteristika tykve obecné ( <i>Cucurbita pepo</i> L.).....	4
3.3. Botanická charakteristika okurky seté ( <i>Cucumis sativus</i> L.) .....	7
3.4. Botanická charakteristika lagenárie obecné ( <i>Lagenaria siceraria</i> ).....	9
3.5. Historie a současnost pěstování okurky seté, lagenárie obecné a tykve obecné .....	10
3.6. Obecná definice stresu .....	11
3.7. Definice vodního deficitu .....	15
3.8. Vliv vodního deficitu na rostliny .....	16
4. Metodika .....	20
4.1. Charakteristika pokusného materiálu .....	20
4.2. Založení pokusu .....	22
4.3. Metody měření sledovaných charakteristik .....	23
4.3.1. Stanovení výměny rychlosti plynů a stomatální vodivosti .....	23
4.3.2. Efektivita využití vody (WUE).....	24
4.3.3. Relativní obsah vody .....	25
5. Výsledky .....	26
5.1. Rychlost fotosyntézy .....	26
5.2. Rychlost transpirace.....	30
5.3. Stomatální vodivost .....	34
5.4. Efektivita využití vody (WUE) .....	35
5.5. Relativní obsah vody (RWC) .....	36
6. Diskuze .....	38
6.1. Rychlost výměny plynů .....	38
6.1.1. Rychlost fotosyntézy.....	38
6.1.2. Rychlost transpirace .....	39
6.1.3. Vodivost průduchů .....	40
6.2. Efektivita využití vody (WUE) .....	40
6.3. Relativní obsah vody (RWC) .....	41
7. Závěr .....	43
8. Seznam použité literatury.....	44



# 1. Úvod

Mnoho abiotických stresorů jako je zasolení, sucho, nedostatek živin nebo toxicita způsobují problémy v zemích celého světa. Dalším významným problémem, se kterým se potýká velká část světa jsou klimatické změny, které způsobují řadu problémů, především v oblasti hospodářství. Jedná se především o extrémní výkyvy počasí (např. záplavy a sucho), které způsobují značné škody v zemědělství, projevující se především ve výnosech a kvalitě plodin.

Nejzávažnější riziko představuje nedostatek vody, s nimž se potýká nejenom značná část Evropy, ale i další světadíly. Sucho postihuje milióny hektarů zemědělské půdy na celém světě. Proto vzrůstá procento zavlažovaných ploch a v současnosti se z nich získává téměř 40 % světové zemědělské produkce.

V tomto případě je jedním z problémů kvalita závlahové vody, která může obsahovat značné množství soli, což výrazně snižuje kvalitu plodin z důvodu zasolení půdy. V roce 1990 bylo uměle zavlažováno zhruba 450 tisíc km<sup>2</sup>, v současnosti je to již cca 650 tisíc km<sup>2</sup>.

Nedostatek vody, vodní deficit, vyvolává stresový stav a narušuje životaschopnost plodin. Rostliny reagují na stres na úrovni morfologických, fyziologických a biochemických procesů. Důležité je poznat nároky jednotlivých druhů rostlin na prostředí. Je potřebné znát, kdy nastává kritické období, ve kterém dochází k ztrátám na výnosu v důsledku nedostatku či přebytku vody. Také je důležitá strategie, která by měla zahrnovat produkci nových odrůd plodin, kontrolu, výběr stávajícího genofondu potencionálních plodin a produkci geneticky modifikovaných plodin.

Vodní deficit způsobuje například změnu rychlosti výměny plynů, čímž se zabývá tato práce. Jejím cílem je měření rychlosti výměny plynů v závislosti na působení vodního deficitu u vybraných druhů rostlin z čeledi *Cucurbitaceae*: okurka setá 'Markýza F1', tykev obecná 'StartGreen F1', lagenárie obecná.

## 2. Cíl práce

Vodní deficit je hlavním limitujícím faktorem, který omezuje produkci ve světě, především je to růst a kvalita plodin, nejenom v rámci ČR, ale také v globálním měřítku. Omezuje primární metabolismus na počátku, tedy uhlíkatý metabolismus, což se v konečném důsledku odrazí také ve výši a kvalitě produkce. Lze konstatovat, že citlivě na vodní deficit reaguje zelenina, včetně plodové zeleniny. Z toho vyplývají následující cíle.

Cílem práce je:

1. Sledování vlivu krátkodobého vodního deficitu a následné rehydratace na rychlost výměny plynů a hospodaření s vodou vybraných zástupců čeledi tykvovitě.
2. Stanovení a vyhodnocení efektivity využití vody.
3. Stanovení a vyhodnocení rozdílů mezidruhových odrůd v souvislosti s vodním deficitem.

Na základě navržených cílů práce byly stanoveny následující hypotézy:

1. Existují mezidruhové rozdíly v reakci na vodní deficit a následnou rehydrataci.
2. Ovlivňuje vodní deficit rychlost fotosyntézy a transpirace.
3. Existují mezidruhové rozdíly v hospodaření s vodou, stanovené na základě hodnot WUE?

Jak již bylo zmíněno, lze předpokládat, že plodová zelenina reaguje citlivě na vodní deficit, a proto se tahle bakalářská práce zabývá touto zeleninou.

### 3. Literární rešerše

#### 3.1. Čeleď Cucurbitaceae

Pessarakli (2016) ve své práci uvádí, že tykvovitě rostliny patří k rostlinným čeledím, které dodávají lidem potravu a např. materiál pro výrobu klobouků, mycích hub apod. Podle tohoto autora do této skupiny rostlin patří asi 118 rodů a 825 druhů.

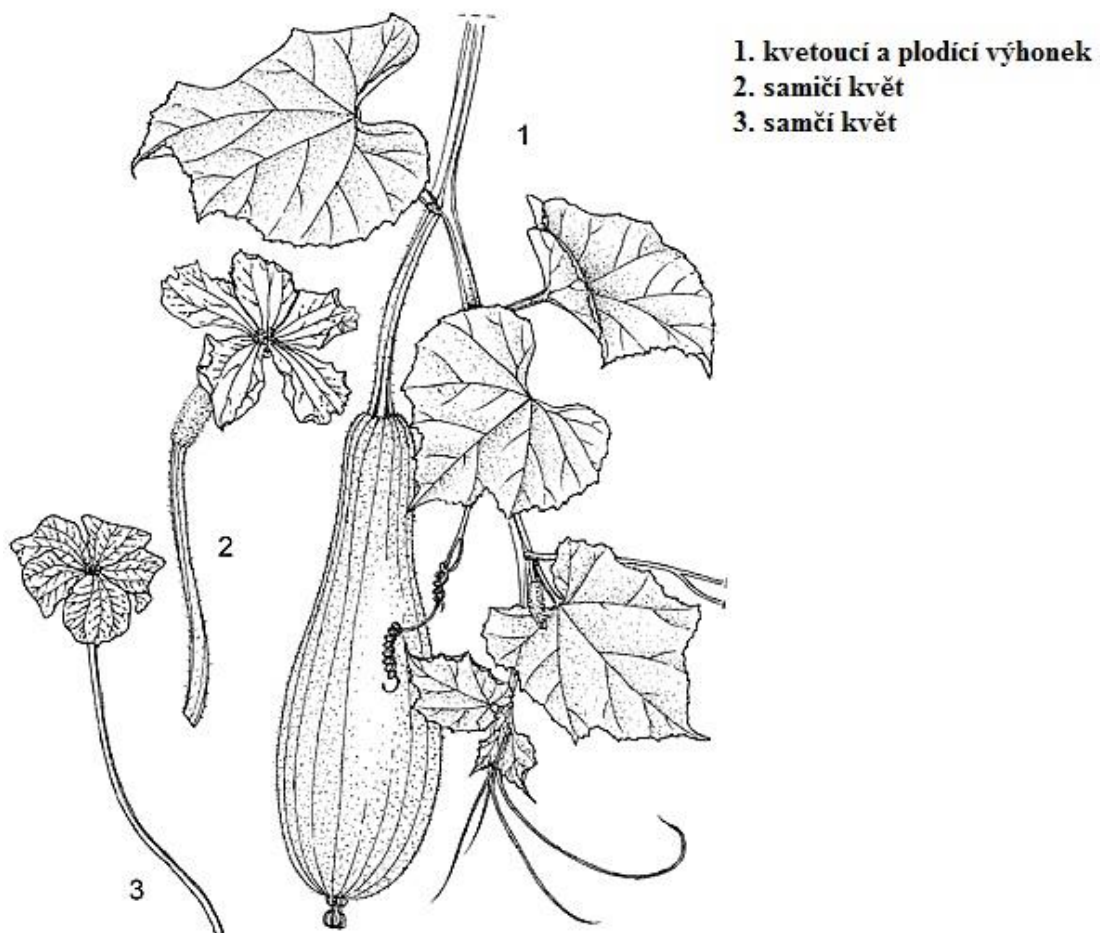
Rostliny této čeledi jsou si velmi podobné ve vývoji nadzemních orgánů, ale vykazují vysokou genetickou diverzitu tvaru plodů (Bisognin, 2002).

Podle Hejného a Slavíka (2003) se jedná o popínavé byliny s úponkami, ale najdou se zde i dřevnaté liány, vzpřímené sukulenty či rostliny s mohutnou přizemní stonkovou hlízou, jednoleté i vytrvalé. Kořeny jsou tenké nebo hlízovitě ztloustlé. Rostliny jsou jednodomé nebo dvoudomé.

Hejný a Slavík (2003) dále uvádějí, že úponky jsou nevětvené nebo 2x až 3x větvené, které vyrůstají po straně v paždí listů, u některých zástupců úponky chybějí. Pomáhají rostlině udržet se na potřebné opoře. Cévní svazek je bikolaterální. U většiny druhů jsou stonky ochlupené kromě čajotu a lufy. Chlupy jsou jednoduché, často mineralizované s cystolity na bázi. Mají buďto střídavé, jednoduché nebo dlanitě složité listy bez palistů. Čepel listová je dlanitě laločnatá, s dlanitou žilnatinou.

Robinson (1997) ve své práci uvádí, že řapík listů má na průřezu tvar půlměsíce. Hejný a Slavík (2003) konstatují, že květenství je hroznovité, vrcholičnaté nebo jsou květy jednotlivé, dále jsou jednopohlavné, pravidelné. Květy se často otevírají na jeden den. Dle Hejného a Slavíka (2003) pozůstávají kalich a koruna z 5 až 7 lístků (viz obr. 1). Kalich je na bázi srostlý v češuli, koruna je srostlá nebo volná. Tyčinek je primárně 5, často srůstají ve 2 nebo 3.

Semeník samičích květů je polospodní až spodní. Srostlý ze 3 až 6 plodolistů, čnělka přímá a blizna s 1 až 5 laloky (Hejný a Slavík, 2003). Plodem je dužnatá nebo vysýchavá bobule, s tenkým až silným vnějším oplodím. Nezralé plody jsou hořké, semena jsou plochá, bez endospermu. Pylová zrna jsou velká u některých rodů například tykev, mohou být vidět pouhým okem (Judd et al., 2002).



Obr. 1: Lagenarie obecná (*Lagenaria siceraria*) (database.prota.org)

Při nízkých teplotách velmi rychle vadnou a odumírají. Nepříznivé podmínky přežívají v podobě semen nebo podzemního oddenku (Smith, 2003).

### 3.2. Botanická charakteristika tykve obecné (*Cucurbita pepo* L.)

Tykev obecná (*Cucurbita pepo* L.) je podle Hlavy (1998) náročná plodina, pěstována pro jedlé a zajímavě vybarvené plody, které mohou narůst do obrovských velikostí. Obsahuje malé množství vitamínu C a kyseliny listové. Naopak má vysoký obsah beta karotenu. Pochází ze Střední Ameriky a předpokládá se, že byla pěstována již před pěti až deseti tisíci lety.

Nejdříve se planě rostoucí rostliny sbíraly za účelem získání olejnatých semen a teprve později bylo zjištěno, že tykve mají sladkou dužinu. Do Evropy se dostalo mnoho odrůd po objevení Ameriky, především v šestnáctém století (Kóňa, 2007; Petříková, 2012).

Tykev obecná je jednoletá rostlina keříčkového vzrůstu, má jednodomé žluté květy, viz obr. 2. Dle Hejného a Slavíka (2003) jsou listy dlanitolaločné, často jsou na okraji pilovité, na bázi srdčité a mají průměr 8 až 70 centimetrů. Laloky mají špičaté a nepravidelně zubaté. Plodem je bobule různého tvaru a zbarvení. Vnější oplodí je měkké, tuhé, kožovité až dřevnaté, barva je žlutá, oranžová nebo zelená (Hejný a Slavík, 2003). Staňková (2008) konstatuje, že tykev obsahuje z 90 % vodu a dále minerální látky, jako jsou železo, hořčík, draslík, sodík. Také obsahuje alfa a beta karoten.

V klimatických podmínkách České republiky je hojně pěstována. Tykev obecná je teplomilná, široce přizpůsobivá, snáší vlhké tropické podnebí, ale může se pěstovat i v chladnějších oblastech (Hlava, 1998).

Zpravidla má popínavou lodyhu, některé kulturní typy i keříčkovou. Hejný a Slavík (2003) ve své práci uvádí, že lodyha je dlouhá zpravidla 0,2 až 12,0 m, je větvená, ostře hranatá a zachycuje se pomocí větvených úponků. Dle Biggse (1997) jsou listy a stonky chlupaté, okraje listů jsou mírně zubaté.

Květy má různopohlavné, sytě žluté až zlatožluté barvy (viz obr. 2). Koruna je zvonkovitá nebo nálevkovitá, cca deset centimetrů dlouhá. Kalich zvonkovitý s úzkými až čárkovitě trojúhelníkovitými cípy (Hejný a Slavík, 2003). Samčí květy mají delší stopky, až 20 cm a rozvíjejí se dříve než samičí.

Plody jsou mnohosemenné bobule, které mají dužinu různého zbarvení a různou konzistenci. Někdy jsou částečně duté s různorodou velikostí. Známé jsou tvary od okurkovitých, úzce válcovitých přes kulaté, diskovité, hruškovité, elipsoidní, smáčklé anebo talířovité (Hejný a Slavík, 2003). Délkou dosahují 3–70 cm. Dužnina je bělavá, žlutá, krémové až vláknité konzistence, nasládlá až hořká. Tito autoři dále uvádí, že semena mají tvar vejcovitý a dosahují velikosti 7–15 mm, jsou silně zploštělé, barvu mají bělavou až nažloutlou. Ke svému velmi rychlému a mohutnému růstu potřebují tykve teplé prostředí (Pekárková, 2001). Vyžadují slunné stanoviště a ocení ochranu různými kulisami. Jsou citlivé na jarní a podzimní mráz.



Obr. 2: Tykev obecná (*Cucurbita pepo* L.) ([www.geocities.ws](http://www.geocities.ws))

V ČR se jim dobře daří v teplejších oblastech, i na venkovních záhonech. V méně příznivých podmínkách nebo pro zvýšení ranosti se osvědčuje předpěstování v otevřeném pařeništi nebo fóliovými tunely. Tykve potřebují dobře vyhnojenou půdu s vysokým obsahem humusu (Bartoš a kol., 2000).

### 3.3. Botanická charakteristika okurky seté (*Cucumis sativus* L.)

Okurka setá (*Cucumis sativus* L.) pochází nejpravděpodobněji z Indie nebo z jiných částí tropické Asie, postupně se rozšířila do všech oblastí mírného podnebného pásma (Hejný a Slavík, 2003). V současné době se již v přírodě planě rostoucí rostliny téměř nevyskytují. Dle Biggse (1997) první záznamy o pěstování okurek v nejstarších známých zahradách světa pocházejí z Mezopotámie z doby 2000 let před n. l. O tisíc let později byla pěstována i v Indii. Bartoš a kol. (2000) ve své práci uvádí, že první zmínky o pěstování okurky seté pochází z 5. století před naším letopočtem.

Dle Pekárkové (2001) se rostlina větví, je poléhavá a vytváří jednoduché úponky. Jedná se o pnoucí nebo plazivou jednoletou rostlinu s hranatou lodyhou (viz obr. 3).

Dle Hejného a Slavíka (2003) dosahuje délky 60 až 200 cm. Rostliny okurky seté jsou drsně štětinatě chlupaté. Na ní se nacházejí pětilaločné listy, které jsou pokryté jemnými tvrdými chloupky. Květy mají v průměru 2 až 4 centimetry a jsou sytě žluté. Okurka setá patří mezi krátkodenní rostliny mělce kořenící. Dle Bartoše a kol. (2000) jsou to jednodomé rostliny, u kterých hybridní odrůdy mají převahu samičích květů nebo jsou partenokarpické. Plody mají tvar elipsoidní, válcovitý až kulovitý, přímý nebo zahnutý (Hejný a Slavík, 2003). Tito autoři dále uvádí, že plody jsou dlouhé 5–40 cm a 2–10 cm široké, hrbolaté nebo s hrotitými chlupy a některé jsou i hladké.

Okurka setá je výrazně teplomilná, mráz ji ničí a při teplotách nižších než 10 °C se zastavuje růst. Za nepříznivých klimatických podmínek, může nastat například snížení tvorby samičích květů, omezení příjmu živin apod. (Yaghi et al., 2013). Hejný a Slavík (2003) uvádí, že semena jsou zhruba 7–10 mm dlouhé a mají zploštělý, vřetenovitý tvar.

Okurky jsou bohaté na minerální látky a obsahují 90–96 % vody. Mezi největší pěstitele patří Čína, kde v roce 2007 bylo vyprodukováno přibližně 28 mil. tun (Lecoq, 2003).

Biggs (1997) uvádí, že okurka setá patří mezi náročné plodiny s menším obsahem draslíku a nepatrným množstvím beta karotenu. Plody okurek obsahují přibližně 0,6 % bílkovin, 1,3 % cukrů, 0,2 % lipidů. Obsah sušiny je 3,5–4 %.



Obr. 3: Okurka setá (*Cucumis sativus* L.) (wikipedia.org)

Okurky vyžadují teplé a chráněné polohy. Nejlépe jim vyhovují propustné, písčitohlinité až hlinité půdy s dostatkem humusu ve vrchní vrstvě. Humus je důležitý pro udržení půdní vlhkosti a vzduchu. Optimální hodnota pH je v rozmezí 6,6–7,2 (Robinson, 1997).

Květy a plody opadávají na studených a vlhkých stanovištích, přitom se velmi rychle rozšiřují choroby listů. Nevhodná jsou větrná stanoviště, z důvodu, že okurky nemají dostatečnou ochranu proti nadměrné transpiraci (Pekárková, 2001).

Bartoš a kol. (2000) dále uvádí, že se okurky zařazují do první trati a vhodnými předplodinami jsou kultury, které zlepšují půdní strukturu například hrách, košťáloviny, vojtěška. Velmi důležité je organické hnojení, okurky jsou citlivé na chlór.



### 3.4. Botanická charakteristika lagenárie obecné (*Lagenaria siceraria*)

Lagenárie obecná (*Lagenaria siceraria*) nazývaná i kalabasa je statná popínavá jednoletka. Pěstuje se pro mladé jedlé plody, výhonky a semena, nejčastěji v Asii a lokálně i ve Spojených státech (Tindall, 1983).

Jedná se o rostlinu teplomilnou, statnou a popínavou, která má dlouhé lodyhy a její plody jsou obvykle těžké několik kilogramů. Má jedlou dužinu a pevnou slupku (Hlava, 1998).

Je to jednoletá bylina, která dosahuje délky 3 až 4 m. Povrch lodyhy má drsně chlupatý. Listy mohou být laločnaté, srdčité nebo ledvinovité, široké jsou 0,10 – 0,40 m. Ze stonku vyrůstají 2 úponky, které se dál větví. Květy jsou jednopohlavné, jedinec má samčí a samičí pohlavní květy, velikosti 10–15 cm s pětičetným kalichem a korunou (viz obr. 4).

Valíček (2004) uvádí, že se květy otevírají ve večerních hodinách a zavírají se za cca 8 až 20 hodin.



Obr.4: Květ lagenárie obecné (*Lagenaria siceraria*) (botany.cz)

Dle Rubatzkého (1997) lagenárie vyžaduje úrodnou písčitou nebo hlinitou, dobře propustnou půdu, nejlépe s pH kolem 7. Nejvyšších výnosů se dosahuje v oblastech s teplým podnebím a ročním úhrnem srážek 800–1200 mm. Pokud lagenárie dobře zaléváme, roste i

v sušších oblastech. Optimální teplota pro růst i klíčení je od 20 °C do 25 °C. Při poklesu teploty pod 10 °C se růst zastavuje, květy opadávají, mráz rostlinu zabíjí. Vyžadují půdu s dostatkem organických látek (Tindall, 1983). Mladé plody jsou jedlé, ale slupka vyschlých zralých plodů je neobyčejně tvrdá a dělají se z nich láhve nebo kuchyňské náčiní (Biggs, 1997).

Považuje se za jednu z nejstarších domestikovaných rostlin, kterou lidé začali využívat již před 10 tisíci let pro obživu (Pessarakli, 2016).

Dle Biggse (1997) první zmínky o pěstování této všestranně využitelné tropické tykve pochází z doby okolo 7000 let před n. l. z Jižní Afriky na jih od Sahary nebo z Indie. Domnívá se, že se mohla rozšířit z jednoho kontinentu na druhý samovolně mořskými proudy, což podporuje experimentálně ověřena skutečnost, že semena klíčí i po sedmi měsících v mořské vodě. Některé jsou až 2 metry dlouhé.

Plodem je bobule variabilní tvarem i velikostí, například může mít tvar džbánu nebo kulovitý až podlouhlý (Valíček, 2004; Hlava, 1998).

Má nízkou nutriční hodnotu, malé množství vitamínu B a bílkovin, střední obsah vitamínu C (Biggs, 1997).

### **3.5. Historie a současnost pěstování okurky seté, lagenárie obecné a tykve obecné**

Tykvovité patří mezi čeledi, které jsou nejpěstovanější ve světě, o čem svědčí skutečnost, že je tato čeleď z evolučního hlediska 15000 let stará (Pessarakli, 2016). Nejvíce se pěstuje ke konzumaci, ale využití je různé např. výroba hudebních nástrojů, nádob, mycích hub a také mají své využití v medicíně.

Mezi nejznámější druhy je řazena okurka setá (*Cucumis sativus* L.), která je celosvětově nejoblíbenější. V Indii byla pěstována již 3000 let před naším letopočtem. Později se pěstovala na jihu a východě Himálaje (Kroon et al., 1979). Z Indie byla okurka přenesena do Řecka a Itálie později do Číny. Záznamy potvrzují pěstování okurek ve Francii v 9. století, v Anglii v 14. století a v Severní Americe od poloviny 16. století (Swiader et al., 1992). Nálezy semen okurky seté na území ČR pochází z velkomoravského hradiště Pohansko u Břeclavi. Původně to byly plevelné rostliny, které se přizpůsobily lidskému osídlení (Pessarakli, 2016).

Tykve byly pěstovány také dlouhou dobu před naším letopočtem, dokazují to vykopávky starých indiánských pohřebišť, kde byly nalezeny semena tykve obecné a tykve

muškátové (Kóňa, 2007; Petříková, 2012). Do Evropy se nejpravděpodobněji dostaly spolu s kukuřicí a paprikou při objevení Ameriky (Biggs, 1997).

Tindall (1968) ve své práci uvádí, že lagenárie obecná má původ v oblasti Afriky a odtud byla rozšířená do Brazílie. Podle Rubatzkeho (1997) se lagenárie dle archeologických nálezů pěstovala 5000 až 7000 let před našim letopočtem v Mexiku.

V roce 2014 se podle statistických údajů FAO pěstovala okurka zhruba na 353 ha půdy v České republice. Dále FAO uvádí, že v tomto roce se vyprodukovalo 17 154 tun okurek, výnos byl  $54 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  (faostat.fao.org, 2014). Podle Českého statistického úřadu (czso.cz, 2016) byl v roce 2016 výnos okurky salátovky  $84,14 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ , výnos okurky nakladačky  $24,91 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Celková výměra půdy, na které se pěstovaly okurky, byla 456 ha. Celosvětově se v roce 2014 dle FAO (faostat.fao.org, 2014) vyprodukovalo 75 mil. tun okurek, k největším producentem patří Čína s 56 mil. tunami. Tykví se celosvětově v roce 2014 vyprodukovalo 25 mil. tun, z toho 7,2 mil. tun se vypěstovalo v Číně.

### 3.6. Obecná definice stresu

Obecně lze stres označit jako působení jakýchkoli negativních vlivů na rostlinu. Stres v biologii lze popsat ve dvou rovinách, jednou z nich je stres v mechanismu v smyslu síly působící na těleso a definuje stres jako faktor vnějšího prostředí, který je určitým způsobem škodlivý pro živý organismus (Levitt, 1980). Když je jedinec vystavený stresu, indikuje se v něm napětí, které může být reverzibilní, jinými slovy elastické nebo ireverzibilní (plastické), které působí jako stálá přítěž (Čiamporová a Mistrík, 1991). Jestliže je stres dostatečně silný, dochází k poškození. Druhá koncepce vychází z poznatek Seleyeho (1966) o stresech v medicíně. V jeho práci stanovuje stres za stav, ve kterém vysoké požadavky kladené na rostlinu směřují k destabilizaci funkci, po který následuje normalizace a rezistence (Larcher, 1987).

Podmínky, které jsou pro rostliny nepříznivé, dále látky, které blokují nebo ovlivňují metabolismus, růst a vývoj jsou podle Lichtenthalera (1998) považovány za stres. Rozlišujeme stresy, které působí krátkodobě nebo dlouhodobě. Dle kvalitativního působení lze stres dělit na pozitivní či negativní. Stres, který se pro jedince jeví jako prospěšný označujeme jako eustres, naopak stres, který má trvalou zátěž pro organismus a je škodlivý se nazývá distres. Krivohlavý (2001) definuje, že k distresu dochází tehdy, když jedinec vnímá stresor nebo danou stresovou situaci jako nezvládnutelnou. Podle intenzity projevu rozeznáváme hypostres, který je slabší a organismus se může adaptovat či aklimatizovat,

naopak hyperstres přesahuje hranici adaptability, organismus se nedokáže vyrovnat se stresorem, nastává selhávání, poškozování a případně může nastat i smrt (Kebza, 2005). Vlivem stresu dochází k zpomalování životních funkcí, sníží se tvorba biomasy, dále se může projevit poškození orgánů a v konečné fázi může docházet až k uhynutí celé rostliny (Kůdela a kol., 2013). Stres u rostlin je mnohem komplikovanější než ve fyziologii zvířat, a to z důvodu přisedlého způsobu života, který neumožní uniknutí před stresorem, rostliny spoléhají na proteomickou plasticitu, která se během vývoje mění a snáší podmínky prostředí a různě reaguje na biotické či abiotické stresové faktory (Dreher a Callis, 2007).

Prášil (1989) popisuje koncepci stresu jako jakýkoliv vnější faktor prostředí, který může vyvolat škodlivý účinek v rostlině, dále uvádí, že je to faktor, který vede ke snížení potenciální produkce. Vlivem stresu nastává zpomalení růstových pochodů. Nepříznivé vlivy vnějšího prostředí, které ohrožují rostlinu, označujeme jako stresové faktory (viz tab. 1), které se dělí na abiotické (fyzikálně-chemické) a biotické (např. napadení hmyzem). Se stresem souvisí pojmy jako jsou aklimatizace, což představuje přizpůsobení jedince během vývoje změnám, které se projevily, dále adaptace, která představuje evoluční proces, během kterého se daný druh přizpůsobuje vnějším podmínkám, které převládají v místě jeho výskytu (Flegr, 2007). Dle Nielsena a Orcutta (1966) adaptace rostlin na negativní podmínky vnějšího prostředí souvisí se změnami rostlin metabolických, anatomických a morfologických charakteristik, a je ovlivňována rovněž fytohormonálně, především kyselinou abscisovou. Tito autoři uvádějí, že při vodním deficitu dochází k čtyřiceti násobnému zvýšení koncentrace ABA.

Stresová reakce je odchylka od normálu a je specifická nebo nespecifická. Specifická reakce vychází ze specifík každého jedince, naopak u nespecifické reakce se jedná o obecné poznatky. Na základě pozorování popsal pojem stres Selye (1936) jako nespecifickou stresovou reakci na jakoukoli zátěž.

Brestič a Olšovská (2001) dělí stresové reakce rostlin do čtyř skupin:

- Druhové – fylogenetické rozdíly na stejný druh podráždění.
- Individuální – vzniká v procesu ontogeneze.
- Populační – vzniká v procesu kdy nastávají rychlé změny podmínek prostředí v populacích.
- Fytoecnologické – reakce různých skupin rostlin v různých interakcích, které vycházejí z fylogenetických stresových jevů získaných v průběhu života rostlin.

Stresové faktory pronikají do rostlin nestejně snadno. Je to způsobeno hlavně tím, že si rostliny různě vyvinuly ochranné struktury. Jedná se především o schopnost vyhnout se stresu, spojeno s přizpůsobením životního cyklu, a to se nazývá stres avoidance (Levitt, 1980), rostlina před tím, než nadejde období sucha dokončí vývojový cyklus a přečká tohle nepříznivé období ve formě semen. Levitt (1980) uvádí ještě další 2 strategie, jednou z nich je takzvané oddálení vysychání (angl. drought postponement), kdy rostlina má i za extrémních podmínek dostatek vody, jedná se o sukulenty. Další strategií je stres tolerance, i přesto, že rostlina je ve stresu z nedostatku vody tak vykazuje vysokou metabolickou aktivitu fyziologických funkcí. Vlivem stresorů dochází v rostlině ke změnám a s tím souvisí dva pojmy, mutace a modifikace. Mutace je dědičná změna genotypu, která se dělí na spontánní nebo indukovanou, která je uměle vyvolána různými mutageny (Soukupová, 1998). Modifikace je nedědičná a trvá, dokud příčina, která ji způsobuje neodezní (Flegr, 2007).

Tab. 1: Přehled stresových faktorů (Flynn, 2003; Kůdela a kol., 2013)

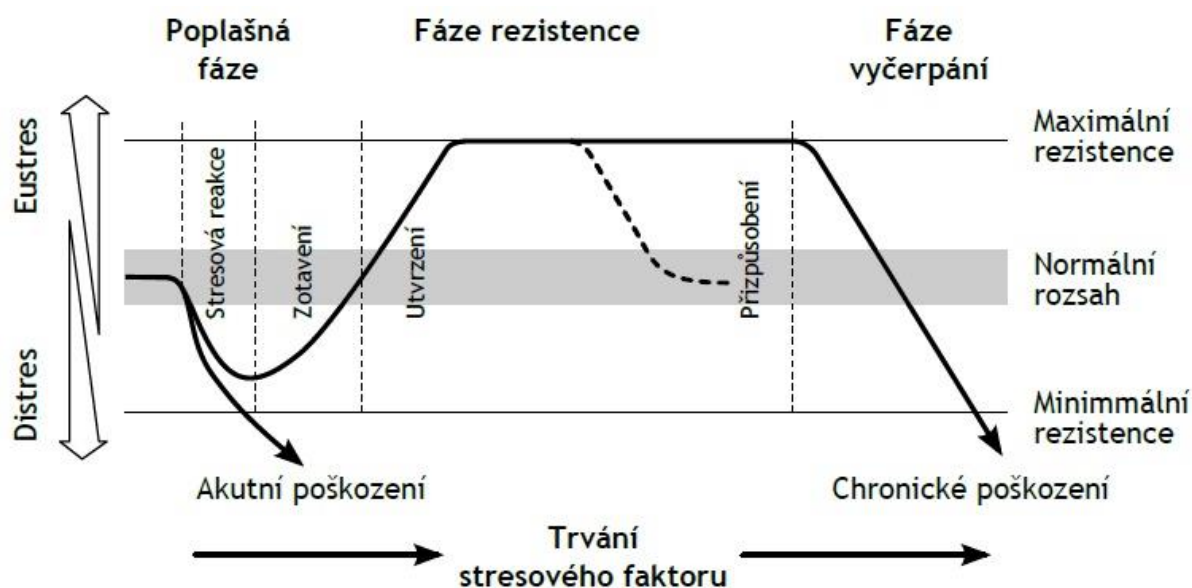
Abiotické faktory	fyzikální	Nadměrné záření (UV, viditelné)
		Extrémní teploty (horko, chlad, mráz)
		Mechanické účinky větru
	chemické	Toxické plyny ve vzduchu
		Nedostatek vody
		Nedostatek živin v půdě
		Nedostatek kyslíku
		Toxické kovy a organické látky v půdě
		Nadbytek iontů solí a vodíku v půdě
Biotické faktory	Patogenní mikroorganismy (viry, houby)	
	Parazitizmus, alelopatie	
	Herbivorní živočichové (spásání, poranění)	

Larcher uvedl v roce 1987 obsáhlejší formulaci stresu v rostlinách, kde konstatuje, že každý organismus může prožívat nějaký druh stresu, ale způsob, jakým se projeví, se odlišuje v závislosti na organizaci jeho úrovně. Při působení stresu rostlina zvyšuje své nároky na vnější podmínky, které postupně vedou k destabilizaci funkcí, poté následuje normalizace a zvýšená obranyschopnost. V případě překročení tolerance může docházet k trvalému poškození až ke smrti.

Kefeli a Kalewitch (2003) definují stres jako reakci organismu vůči stresorům, které způsobují změnu metabolickou a hormonální.

Bláha a kol. (2003) uvádí, že o stresu lze hovořit tehdy, kdy proměnlivost negativních faktorů vnějšího prostředí překročí danou mez. Lze to vysvětlit jako překročení určité tolerance rostliny, kdy se začínají projevovat poruchy orgánu a jejich funkcí.

Larcher (1987) definuje čtyři fáze stresové reakce (viz obr. 5), mezi které patří poplachová s nárůstem stresu, restituční fáze, fáze rezistence a fáze vyčerpání. Poplachová fáze je zahájena ihned po účinku stresoru, jsou narušeny životní funkce rostliny. Restituční fáze je fáze mobilizace kompenzačních mechanismů při podmínce, že nedojde k překročení letální meze a následně k úhynu. Při fázi rezistence je nejdříve obnoveno normální chování rostliny skrz adaptační procesy a později je zvýšená odolnost. Poslední fáze vyčerpání je přetížení schopnosti přizpůsobit se, dochází k chronické slabosti, případně i k úmrtí, při dlouhodobém působení stresoru na rostlinu.



Obr. 5: Průběh stresové reakce dle Larchera (2003)

### 3.7. Definice vodního deficitu

Sucho lze definovat jako pokles dostupnosti půdní vody a ten může být stanovený jako pokles vodního potenciálu (Verslues et al., 2006). Vodní stres lze klasifikovat jako stres z nedostatku nebo nadbytku vody (Levitt, 1980). Vodní deficit je podle Petříkové a kol. (2012) jedním z nejvýznamnějších stresů, z důvodu snižování aktivity všech enzymů v rostlině, dále uvádí i zpomalování růstu.

Stres je v rostlině vyvolaný suchem tehdy, když má rostlina nedostatek vody, a to je podle Bláhy a kol. (2003) zapříčiněno hlavně klimatickými poměry a počasím. Vodní deficit je ovlivňován i zasolením půdy. Dále ho ovlivňuje dehydratace a nízké teploty, které ovlivňují růst rostlin.

Arasimowicz et al., (2009) uvádí, že vodní deficit způsobený půdním suchem je jedním z nejčastějších vlivů okolního prostředí, který se pozoruje v mnoha oblastech po celém světě. Nedostatečné srážky a nepřiměřené sucho trvající dlouhou dobu jsou hlavními redukčními faktory, které ovlivňují výnos. Jak již bylo zmíněno sucho postihuje více než 70 milionů hektarů půdy po celém světě (Ashraf et al., 2008).

V oblastech kde, roční výpar přesahuje sumární množství ročních srážek, nastává sucho regulérně a dlouhodobě (Larcher, 1988). Dle tohoto autora se taková oblast určuje jako aridní, dále uvádí, že zhruba třetina plochy povrchu pevniny na Zemi trpí nedostatkem srážek a pomalu polovina této plochy, cca 12 % je tak suchá, že roční úhrn srážek je zpravidla nižší než 250 mm.

Sucho je diferencováno na klimatické, hydrologické a půdní (chmi.cz, 2015). Dle Cablíka (1951) je půdní sucho popisováno nízkým obsahem fyziologické vody v půdě, které způsobuje poruchy u rostlin a zemědělských plodin. Srovnáváním srážkových poměrů aktuálního období k dlouhodobému vystihuje klimatické sucho. Hydrologické sucho je důsledkem nedostatečných srážek. Pro podrobné posouzení sucha uvádí Lapin (2005), že je nutnost brát v zvažování vegetační fáze a druh rostlin, geografické podmínky, dlouhodobý režim vlhkosti půdy a dlouhodobý režim meteorologických podmínek.

Vodní deficit je rozdíl mezi reálným obsahem vody a obsahem při maximálním nasycení. Rozeznáváme přechodný a trvalý vodní deficit, přičemž trvalý je způsobený nedostačující absorpcí vody, nejme poklesem vody v půdě. Mnohdy bývá kombinovaný s denním přechodným deficitem, přechodný se obvykle v průběhu noci vyrovnává. Dle Penky (1985) je přechodný denní vodní deficit zapříčiněn převažující transpirací nad absorpcí. Dále se rozeznává subletální a letální vodní deficit. Při subletálním dochází

k ireverzibilnímu poškození 5 až 10 % plochy listu a k poruchám metabolismu, letální vodní deficit je ireverzibilní stav rostliny, při kterém dochází k takovému poškození struktur v organismu, které vede k odumírání a rostlina není schopná vodní deficit likvidovat (Zima a kol., 2002; Penka, 1985).

Orfánus (2005) definuje vodní potenciál půdy, půdní hydrolimity nebo také bod trvalého vadnutí jako indikátory půdního sucha. Vodním potencionálem půdy ( $\Psi$ ) se vyjadřuje pohyb půdní vody (Larcher, 1988). Autor dále uvádí, že je dán součtem osmotického potenciálu ( $\Psi_{\pi}$ ) a tlakového potenciálu ( $\Psi_p$ ). Přibýváním vody v buňce, se snižuje záporní hodnota  $\Psi_{\pi}$ , to značí, že hodnota osmotického potenciálu vzrůstá a zvětšuje se i kladná hodnota  $\Psi_p$ , způsobeného pružností buněčné stěny. V důsledku toho se zmenšuje i záporná hodnota  $\Psi$  ( $\Psi$  vzrůstá) tak dlouho dokud se nevyrovná hodnotě vodního potenciálu hypotonického média (Larcher, 1988).

Bod trvalého vadnutí charakterizujeme jako nejvyšší obsah vody v půdě, při kterém rostliny nevratně vadnou. V zemědělství a pedologii se uvádí, že konvenční norma PWP (permanent wilting point) je -1,5 MPa (Larcher, 1988).

Hydrolimity se charakterizují jako vlhkost půdy, která je dosažená za přesně stanovených podmínek. Dle Štekauerových a kol. (2002) lze výpočet hydrolimitů provádět například laboratorně.

### **3.8. Vliv vodního deficitu na rostliny**

Dle Larchera (2003) nedostatek vody vede k ztrátě turgoru a narušení vodní bilance. Vodní deficit vzniká při negativní vodní bilanci, kdy převyšuje výdej nad příjmem vody, jeho vlivem se projeví vadnutí a celková ztráta pevnosti. Zhoršení vodní bilance vlivem chybějících srážek, kdy se vyčerpává ze zásob voda v půdě uvádí ve své práci i Larcher (1988). Osakabe et al. (2014) definují, že vodní deficit má nepříznivý vliv na mnohé aspekty fyziologie rostlin zejména na fotosyntézu, je-li stres prodloužen, růst rostlin a produktivita se výrazně sníží. Khalili et al. (2012) dále konstatují, že vodní deficit má vliv i na vegetativní a reprodukční fáze rostlin.

Vodní deficit způsobuje fyziologické a biochemické reakce v buňce. Snížený obsah vody poškozuje buněčné membrány a narušuje aktivitu enzymů. Buněčné jádro při mírném, neletálním stresu zůstává obalené souvislou jádrovou membránou, už při mírném deficitu vody dochází ke kondenzaci jádrového chromatinu (Čiamporová a Mistrík, 1991). Dále uvádí, že kondenzace chromatinu se pokládá za primární změnu ve struktuře rostlinné buňky při



vodním deficitu, kondenzace chromatinu je reverzibilní proces, pokud vodní deficit nebyl letální pro rostlinu. V cytoplazmě dehydratovaných buněk dochází k rozpadu polyribosomů na monozomy. Už po krátkém působení sucha lze pozorovat pokles bílkovin, ve většině případů, pokud nedojde k letálnímu účinku poklesu vodního potenciálu v pletivech, tak po rehydrataci se syntéza bílkovin obnoví (Bewley a Larsen, 1982, 1983). Na zpomalení syntézy bílkovin se může podílet v podmínkách vodního deficitu i nedostatek energie ve formě ATP (adenosintrifosfát) a GTP (guanosintrifosfát), a to souvisí se zpomalením procesů respirace a fotosyntézy (Čiamporová a Mistrík, 1991). Dále uvádí že za nejcitlivější orgány rostlinné buňky na vodní deficit se dají pokládat mitochondrie.

Nejcitlivější reakce na nedostatek vody je podle Petříkové a kol. (2012) u dlouhivého růstu buněk. Filippou a kol. (2011) konstatují, že nedostatek vody ovlivňuje negativně metabolismus rostlin, snižuje se například asimilace CO<sub>2</sub>, dále se snižuje aktivita klíčového enzymu ribuloso-1,5-bifosfát karboxylázy/oxygenázy (Reddy et al., 2004).

Vodní deficit navozuje řadu morfologických a anatomických změn, které lze pozorovat na všech rostlinných orgánech (Larcher, 1988). Proto je důležitá schopnost rostlin přizpůsobit se. Dle Penky (1985) je jako první úbytek vody zpozorován u nejstarších orgánů, hlavně u listů. Při nedostatku vody lze dále pozorovat nedostatečný vývoj kořene. Dochází k prodlužování primárního kořene na úkor růstu postranních kořenů. Když sucho přetrvává, nastává redukce kořenového systému, netvoří se kořenové vlášení, a nakonec se růst zastaví a odumírá kořen. Vlivem nedostatku vody v nadzemních orgánech nastává redukce listové plochy, dále se redukuje vývoj květů, dozrávání plodů a semen (Guilioni et al, 2003).

Obvykle je první reakcí zavření průduchů, podobně jako je to i u teplotního stresu. A to má za následek snížení růstu buněk a orgánů závislých na turgoru. Při dlouhodobém působení sucha, které je postupné bez rychlého poklesu turgoru a vodního potenciálu, klesá rychlost fotosyntézy (Meyer, 1993). Rychlost fotosyntézy souvisí s otevřeností průduchů, která je závislá na intenzitě světla, teploty, vlhkosti a jiných faktorech, které ji ovlivňují. Dle Atwella et al. (1999) zavírání a otevírání průduchu se pravděpodobně děje na základě signálu kyseliny abscisové anebo vlivem poklesu turgoru v průduchových buňkách. Zavření průduchů má za následek nejenom snížení rychlosti fotosyntézy ale i transpirace. Při delším nedostatku vody se projevují metabolické změny, a to zejména u fotosyntézy, kdy dochází k její snižování (Griffiths a Parry, 2002). Brestič a Olšovská (2001) uvádějí, že snížení CO<sub>2</sub> v intercelulárních prostorech je vyvoláno nedostatkem vody, a to má za následek zavření průduchů. Jedná se o stomatální inhibice fotosyntézy. Ta je ovlivněna rychlosti čisté fotosyntézy, která je limitovaná vodivostí průduchů. Nejběžnější reakci na sucho je zavření

průduchů důsledkem kumulace ABA v listech (Chaves, 1991, Lawlor, 2002). Vedle stomatální inhibice fotosyntézy rostliny využívají i tzv. nestomatální inhibici fotosyntézy. Nestomatální inhibice fotosyntézy souvisí s poklesem aktivity enzymu Rubisco (ribulosa-1,6-bisfosfátkarboxylasa/oxygenasa) a fotoinhibicí způsobenou poškozením PS II (fotosystém 2) (Ögren a Öquist, 1985).

Dle Brestiče (1996) nemá stres přímý účinek na činnost fotosyntetického aparátu do úrovně 25–30 % dehydratace listů.

Stomatální limitace je považována za důvod poklesu rychlosti fotosyntézy a koncentrace CO<sub>2</sub> v mezibuněčném prostoru listu (Lawlor, 2002).

Huseynova et al. (2007) ve své práci uvádí, že membránové lipidy v rámci tylakoidů mají úlohu ve stabilizaci strukturního uspořádání a jejich různé množství vyvolává změny ve struktuře tylakoidních membránách a ve funkci jejich proteinových komplexů.

Stomatální vodivost ( $g_s$ ) společně s rychlostí fotosyntézy a transpirací jsou přímo spojené se stresem vyvolaným vlivem vodního deficitu (Sarker a Hara, 2011).

Vzhledem k tomu, že šlechtění na odolnost či toleranci ve vztahu k stresorům je časově náročné a hodně pěstitelů nemá k dispozici vhodné genotypy rostlin, tak se používají různé látky, které snižují negativní dopad stresorů. Jedná se především o antistresové látky jako jsou fytohormony: cytokininy, ABA apod. a taktéž látky které nemají fytohormonální povahu. Bláha a kol. (2010) uvádí, že se jedná především o přírodní látky, které nezatěžují životní prostředí.

Kondenzací glycinu a sukcinylu-CoA v mitochondriích vzniká látka označovaná 5-aminolevulová kyselina (ALA), která se řadí k látkám, které omezují negativní dopad abiotických faktorů jako je například vodní stres, produkují ji fotosyntetické bakterie (Rosa, 2007). Zlepšuje biosyntézu chlorofylu, zvyšuje rychlost fotosyntézy, zvětšuje průduchové štěrby dále reguluje temnostní dýchání. Zvyšuje odolnost vůči chladu a zasolení a také má pozitivní účinek na růst při snížení dostupnosti světla. Je pokládána za látku, která zvyšuje výnos (Bláha a kol., 2010).

Larcher (2003) konstatuje, že fytohormony koordinují vývojové a metabolické procesy, mezi typický antistresový fytohormon se řadí ABA, kyselina abscisová. Dle výsledků, které uvádí Wanga a kol. (2008) je zřejmé že vodní deficit má vliv na hladinu ABA. Kyselina abscisová je během vodního deficitu zapojená do syntézy a akumulace stresových proteinů (Brestič a Olšovská, 2001). Stresové proteiny hrají důležitou roli v reakci na stres, buď jsou v rostlinách nově indukované nebo syntetizované v důsledku stresu. Jsou řazené do skupin podle stresu. Při působení sucha jsou to DHNs (dehydrins) a osmotin, v pozdější fáze

embryogeneze je to skupina LEA (late embryogenesis abundant) proteinů, předpokládá se, že mají významnou funkci při toleranci buněčné dehydratace (Hundertmark a Hinch, 2008). K nejčastějším proteinům se dle Prášila a kol. (2009) řadí proteiny oxidačního a osmotického stresu. Dehydriny patří mezi intercelulární proteiny, které se vyskytují v menším množství i v pletivech rostlin, jich počet rapidně stoupá při stresové situaci spojené s dehydratací. Jsou v nich přítomné lysin-bohaté aminokyseliny K-segmentu. Dehydriny jsou vysoce hydrofilní a bohaté na polární aminokyseliny a glycin (Kosová a kol., 2007, 2008). Hanina a kol. (2011) konstatuje, že se hromadí ve zralých semenech.

## 4. Metodika

V pokusu byl sledován vliv krátkodobého vodního deficitu a následné rehydratace u vybraných zástupců čeledi tykvovité. Pokusnými rostlinami byly: tykev obecná 'Startgreen F1', lagenárie obecná, okurka setá 'Markýza F1'. U juvenilních rostlin byla sledována rychlost výměny plynů, stomatální vodivosti a relativní obsah vody.

### 4.1. Charakteristika pokusného materiálu

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

Tykev obecná (*Cucurbita pepo* L.)

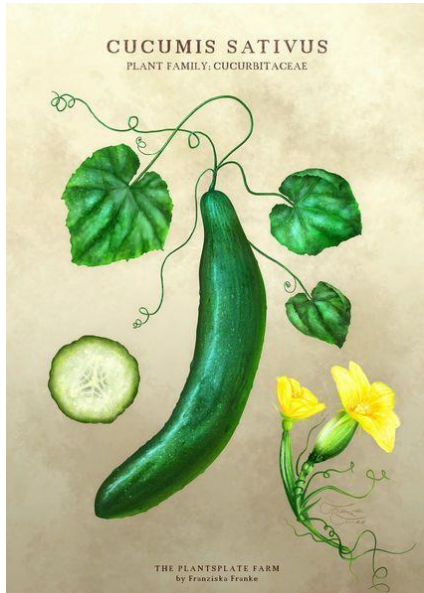
Odrůda 'Startgreen F1' patří mezi oblíbenou, nenáročnou a výnosovou odrůdu. StartGreen F1 je výnosný raný hybrid (viz obr. 6). Rostlina má pravidelné, hladké a tmavě zelené plody. Je keříčkovitého vzrůstu, kompaktní. Vyžaduje pravidelnou sklizeň mladých plodů. Doporučuje se výsev ve sponu 120 – 150x80 cm. Vegetační doba je do první sklizně 55–60 dní. Ze 100 m<sup>2</sup> lze sklidit 500–700 kg dle způsobu sklizně. Odrůda byla registrována v roce 2002 (semo.cz, 2017).



Obr. 6: Tykev obecná (biolib.cz)

## Okurka setá (*Cucumis sativus* L.)

Odrůda Markýza F1 (viz obr. 7) je raná polní salátovka s vysoce vyrovnanými plody, je geneticky nehořká a tolerantní k plísni okurkové a k padlí. Registrovaná je od roku 2007. Díky její ranosti ji lze pěstovat i z pozdní výsadby. Plod je válcovitého tvaru, tmavě zelené barvy. Délka plodu je 18-22 cm (semo.cz, 2017).



Obr. 7: Okurka setá (artflakes.com)

## Lagenárie obecná (*Lagenaria siceraria* L.)

Jednoletá, drsně chlupatá bylina s popínavou lodyhou a světle zelenými, srdčitými nebo ledvinovitými listy (viz obr. 8). Kveté bíle na dlouhých stopkách, plody jsou válcovité, dužnaté bobule dorůstající délky 0,3-1,5 m. V plné zralosti oplodí zdřevnatí a dužnina uschne. Pěstuje se nejlépe ve fóliovnících nebo studených sklenících (semo.cz, 2017).



Obr. 8: Lagenárie obecná (dobrasemena.cz)

## 4.2. Založení pokusu

Pokus byl založen v částečně řízených podmínkách skleníku KBFR FAPPZ. Teplota během pokusu byla nastavena na 25 °C ve dne a 19 °C v noci, při přirozeném světelném režimu (14 hodin světla, 10 hodin tmy). Pokusné rostliny byly pěstované v nádobách o velikosti 11x11 cm ve směsi zahradního substrátu s vysokým obsahem organických látek a křemičitého písku v poměru 2:1. Zahradní substrát je jemný (maximálně 10 % částic nad 10 mm), udržující vzdušnost prostředí, nesléhavý, nezasolený, pH ve vodném roztoku 5,5 – 6,5, bez plevelů a škůdců, obsahující 55 % spalitelných látek ve vysušeném vzorku, s podílem částic nad 25 mm max. 5 %. Obsah živin byl následující: N: 80120 mg l<sup>-1</sup>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: 50-100 mg l<sup>-1</sup>, K<sub>2</sub>O: 100-150 mg l<sup>-1</sup>. Obsah rizikových prvků splňuje zákonem stanovené limity mg.kg<sup>-1</sup> sušiny. Cd 1; Pb 100; Hg 1; As 10; Cr 100; Cu 100; Ni 50; Zn 200 (agrocs.cz, 2015).

Rostliny v kontrolní variantě byly zavlažovány na úroveň 70 % VVK, viz obr. 9. Pro jednu nádobu to představuje 150 ml vody. Rostliny v stresované variantě byly vystaveny působení vodního deficitu po dobu 15 dnů, kdy byl substrát ponechán přirozenému vysychání. Ve fázi 4 pravých listů se uskutečnila rehydratace po dobu 9 dnů, kdy byly stresované rostliny zavlažované na úroveň kontrolních rostlin.



Obr. 9: Rostliny okurky seté, tykve obecné a lagenárie obecné v kontrolní variantě (foto autor)

### 4.3. Metody měření sledovaných charakteristik

#### 4.3.1. Stanovení výměny rychlosti plynů a stomatální vodivosti

Rychlost výměny plynů a stomatální vodivost byly sledovány pomocí infračerveného analyzátoru plynů LCpro+ (ADC BioScientific Ltd., Hoddesdon, Velká Británie) (viz obr. 10).



Obr. 10: LCpro+ (foto autor)

LCpro+ je gazometrický přenosný přístroj určený na měření fyziologických parametrů mezi které patří např. rychlost fotosyntézy a transpirace, substomatální  $\text{CO}_2$  a stomatální

vodivost. Měřicí hlavice (viz obr. 11) je schopná regulovat teploty +/- 14 °C od teploty okolí (Ekotechnika.cz, 2017).



Obr. 11: Měřicí hlavice (foto autor)

LCpro+ využívá nerozptýlené infračervené záření pro měření CO<sub>2</sub>. To vychází ze skutečnosti, že CO<sub>2</sub> absorbuje infračervené oblasti v poměru ke koncentraci plynu. Plyny vstupující do komůrky (retenční) a analyzované plyny (vystupující z komůrky) jsou střídány s takzvaným nulovým plynem během měřicího cyklu, který trvá 16–20 sekund. Rychlost fotosyntézy a transpirace se vypočítá z průtoku a změny koncentrace plynů mezi vstupem a výstupem z komůrky. Uvedené fyziologické charakteristiky zástupců čeledi tykvovité byly měřeny při teplotě 25 °C a hustotě ozáření 650 mol.m<sup>-2</sup>.s<sup>-1</sup>. Měření rychlosti výměny plynů se uskutečnilo na základě metodických pokusů Holé a kol. (2012).

#### 4.3.2. Efektivita využití vody (WUE)

WUE (water use efficiency) je poměr mezi rychlostí fotosyntézy a transpirace. Dle Larchera (2003) je to poměr mezi spotřebou CO<sub>2</sub> a výdejem vody v ekosystému. Vypočítáme jí podle následujícího matematického vzorce:

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

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

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



### 4.3.3. Relativní obsah vody

Relativní obsah vody (RWC – relative water content) je indikátorem vodní bilance rostliny, který vyjadřuje celkové množství vody, které rostlina skutečně obsahuje (Larcher, 1988). Udává se v procentech, vypočítáme jí podle následujícího vzorce:

$$RWC (\%) = \frac{\text{čerstvá hmotnost} - \text{hmotnost sušiny}}{\text{hmotnost po nasycení vodou} - \text{hmotnost sušiny}} \times 100$$

Množství vody, která rostlině chybí do maximálního nasycení, udává vodní sytostní deficit (VSD), udává se v %. Vypočítáme ho dle následujícího vzorce:

$$VSD (\%) = \frac{\text{hmotnost po nasycení vodou} - \text{čerstvá hmotnost}}{\text{hmotnost po nasycení vodou} - \text{hmotnost sušiny}} \times 100$$

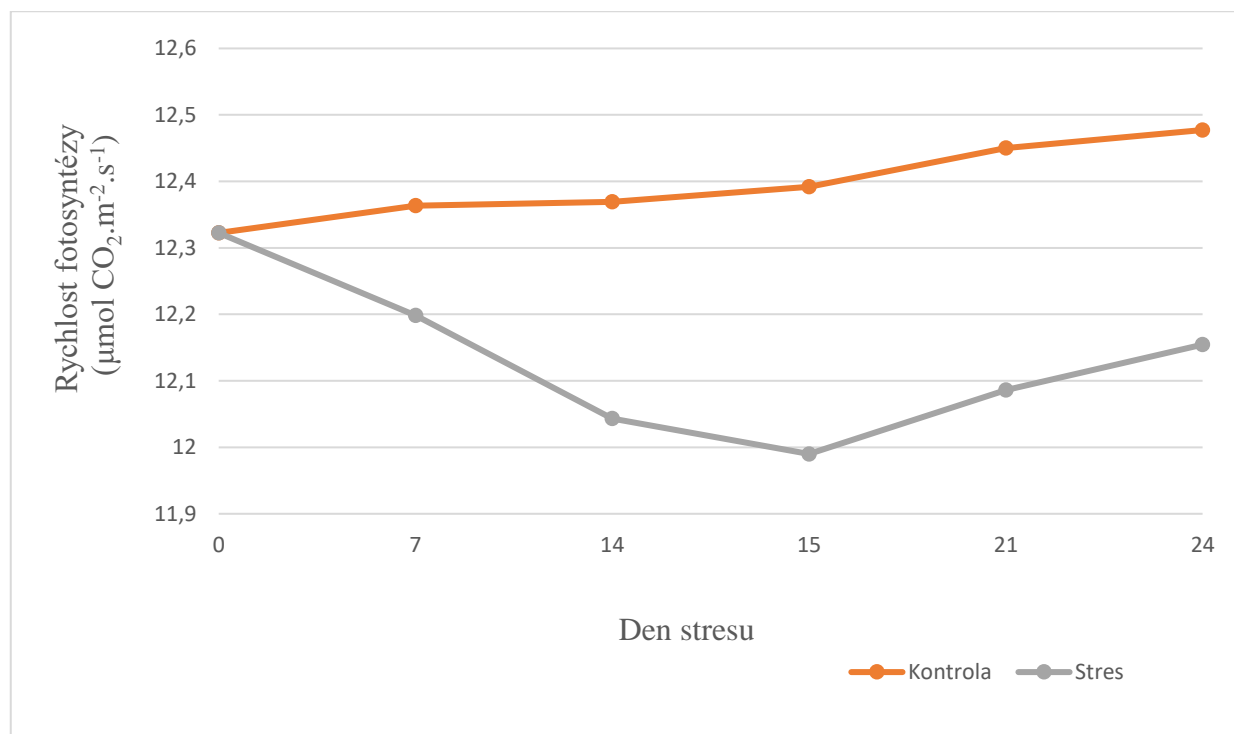
## 5. Výsledky

### 5.1. Rychlost fotosyntézy

V grafu 1 je uvedena rychlost fotosyntézy juvenilních rostlin tykve v závislosti na délce působení stresoru. Z uvedeného grafu vyplývá, že rychlost fotosyntézy kontrolních rostlin byla nejnižší na počátku pokusu ( $12,32 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ) a naopak nejvyšší 24. den pokusu ( $12,48 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ). V případě rostlin stresovaných byl interval naměřených hodnot fotosyntézy od  $11,99 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  (15. den) do  $12,32 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  (0. den).

Rychlost fotosyntézy kontrolních rostlin se v průběhu pokusu téměř lineárně zvyšovala, vlivem jejich ontogenetického vývoje, jak dokládá graf 1. Z něho je patrné, že rozdíl mezi maximální fotosyntézou a minimální hodnotou byl  $0,16 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ . Mírný pokles fotosyntézy byl zaznamenán 14. den ( $12,37 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ) a poté se již zvyšovala od 15. dne ( $12,39 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ) až do 24. dne ( $12,48 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ).

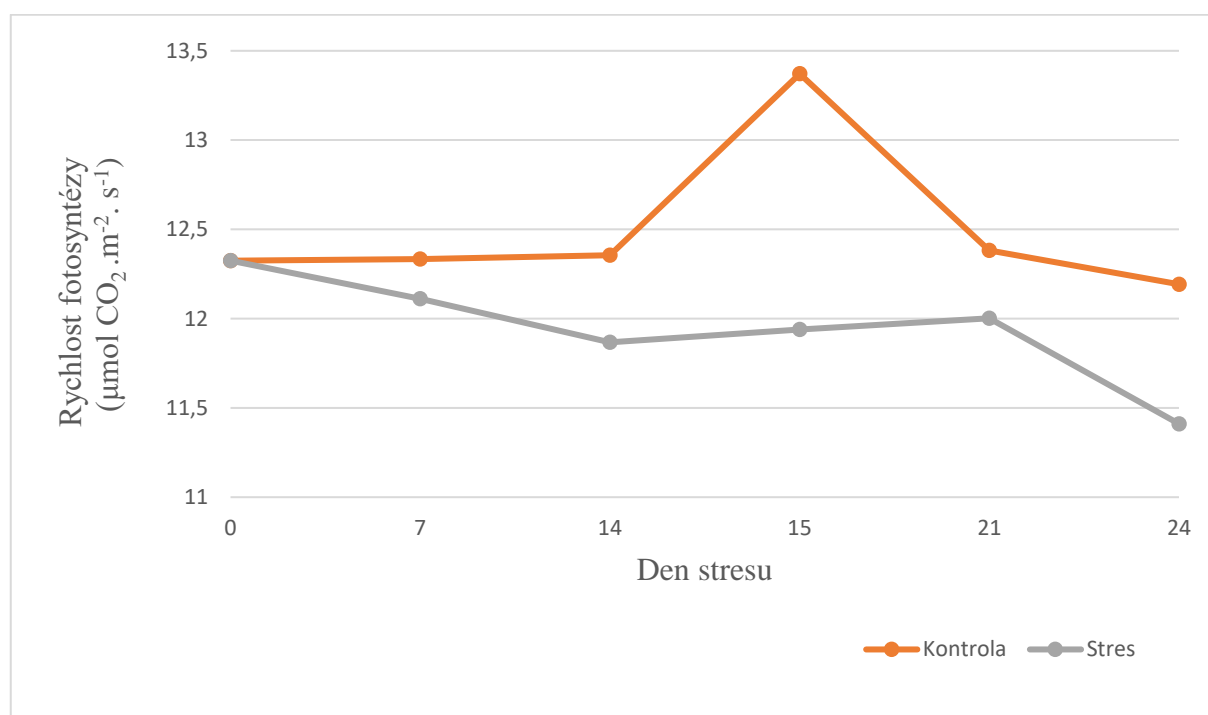
**Graf 1:** Změny rychlosti fotosyntézy ( $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ) tykve obecné v závislosti na variantě a délce působení stresu.



U rostlin stresovaných se rychlost fotosyntézy postupně začala snižovat v 0. den z hodnoty  $12,32 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  (0. den) až na hodnotu  $12,04 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ , která byla zjištěna 14. den stresu. Vlivem působení vodního deficitu se rychlost fotosyntézy tykve snížila o  $0,28 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ . Po navození opětovné rehydratace se fotosyntéza zvyšovala až do konce pokusu, kdy dosáhla hodnoty  $12,15 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ . Po navození rehydratace nedosáhly stresované rostliny hodnot rostliny kontrolní.

V grafu 2 je uvedena rychlost fotosyntézy juvenilních rostlin lagenárie v závislosti na délce působení vodního deficitu. Z uvedeného grafu je patrné, že rychlost fotosyntézy kontrolních rostlin byla nejnižší poslední den pokusu ( $12,19 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ) a naopak nejvyšší 15. den pokusu ( $13,37 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ). Interval naměřených hodnot fotosyntézy v případě rostlin stresovaných byl od  $11,41 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  (24. den) až do hodnoty  $12,32 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ , která byla naměřena na počátku pokusu.

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



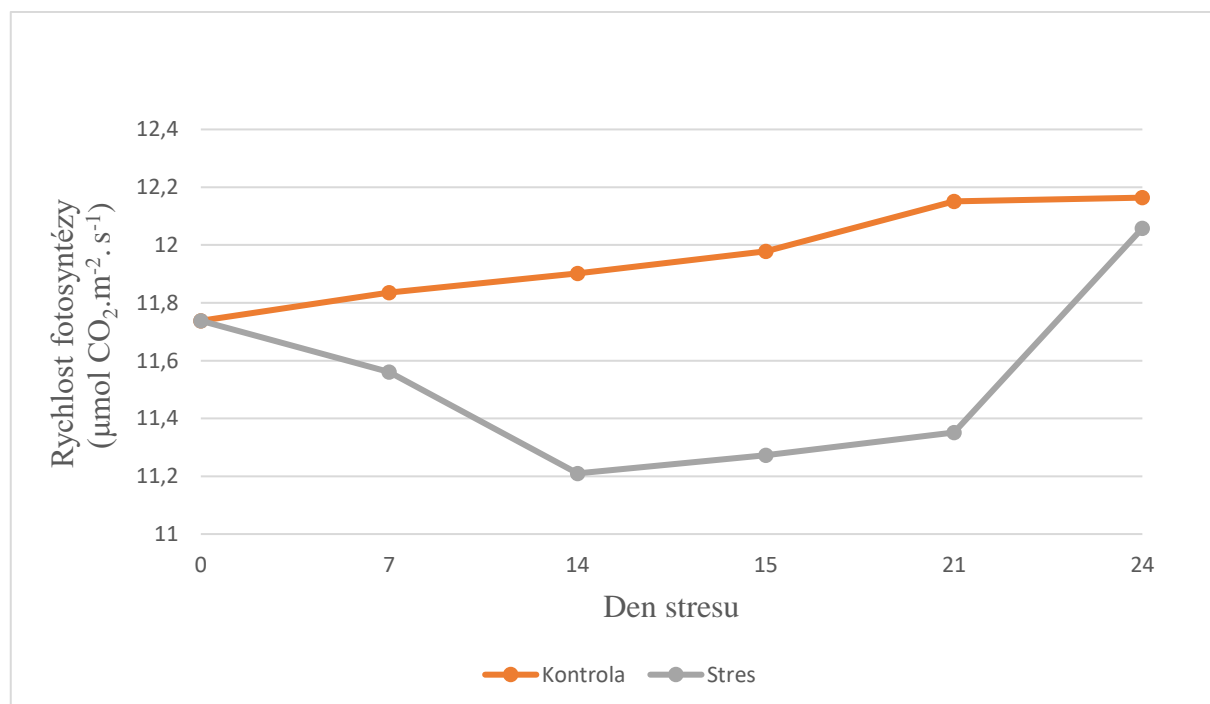
Rychlost fotosyntézy kontrolních rostlin lagenárie se během pokusu téměř lineárně zvyšovala obdobně, jako to bylo u rostlin tykve. Vyšší nárůst fotosyntézy nastal 15. den pokusu, kdy se hodnota zvýšila oproti předešlému měření o  $1,01 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ , jak je

patrné z grafu 2. Mírný pokles fotosyntézy byl zaznamenán v 24. den pokusu ( $12,19 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ).

U rostlin stresovaných se rychlost fotosyntézy postupně snižovala z hodnoty  $12,32 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  (0. den) až na hodnotu  $11,87 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ , která byla naměřena 14. den působení stresu. Vlivem působení vodního deficitu se rychlost fotosyntézy lagenárie snížila o  $0,45 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ . Po navození opětovné rehydratace v 15. dnu pokusu rychlost fotosyntézy vzrostla v porovnání s předcházejícím termínem měření o  $0,07 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ . Následně se fotosyntéza zvyšovala až do 21. dne, kdy dosáhla hodnoty  $12 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ . Na konci pokusu byl zaznamenán pokles hodnoty fotosyntézy ( $11,41 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ). Po navození rehydratace nedosáhly stresované rostliny hodnot rostliny kontrolní.

V grafu 3 je uvedena rychlost fotosyntézy juvenilních rostlin okurky seté v souvislosti s délkou působení stresoru. Z uvedeného grafu 3 vyplývá, že rychlost fotosyntézy kontrolních rostlin byla nejnižší na počátku pokusu ( $11,74 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ) a naopak nejvyšší 24. den pokusu ( $12,16 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ). V případě rostlin stresovaných byla rychlost fotosyntézy nejnižší 14. den pokusu ( $11,21 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ) a nejvyšší 24. den, kdy její hodnota byla  $12,06 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ .

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



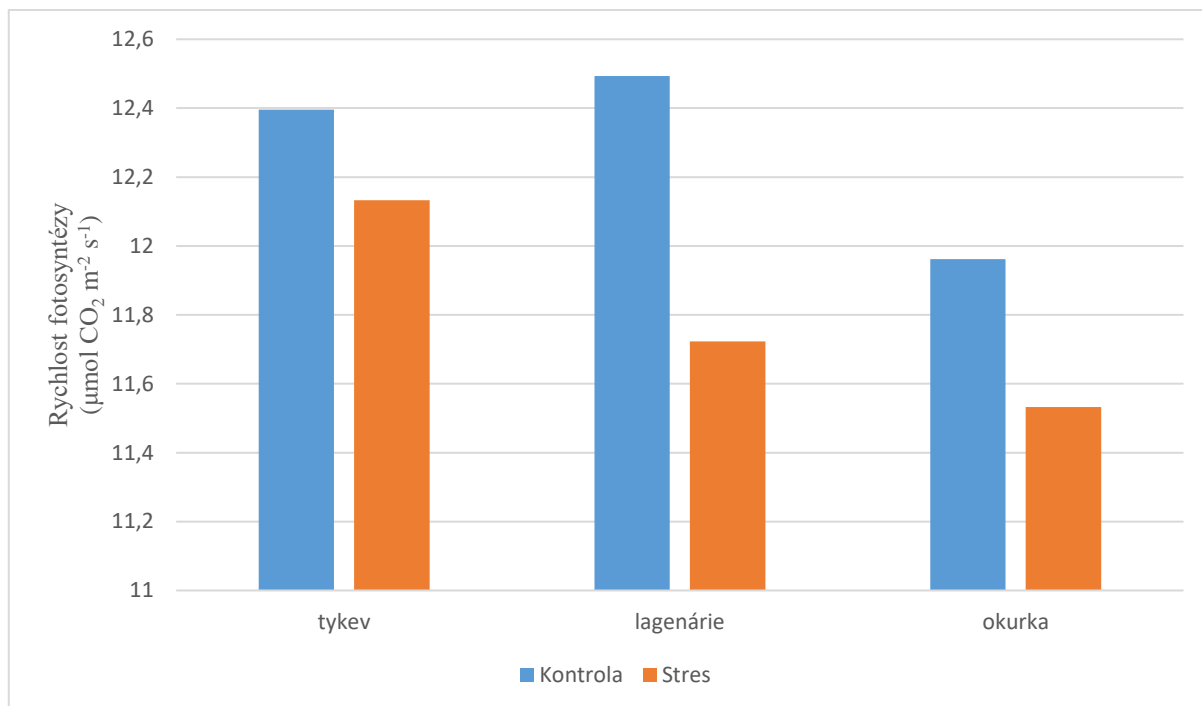
Rychlost fotosyntézy kontrolních rostlin se během pokusu lineárně zvyšovala, jak dokládá graf 3. Nejvyšší hodnota rychlosti fotosyntézy rostlin okurky byla naměřena 24. den pokusu ( $12,16 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ).

U rostlin stresovaných se rychlost fotosyntézy postupně snižovala vlivem působení vodního deficitu, kdy na počátku pokusu byla fotosyntéza ve výši  $11,74 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  a ve 14.den stresu  $11,21 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ . Vlivem působení vodního deficitu se rychlost fotosyntézy okurky snížila o  $0,53 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ . Po opětovném navození rehydratace v 15. dnu pokusu se rychlost fotosyntézy zvyšovala až do konce pokusu, kdy dosáhla hodnoty  $12,06 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  z hodnoty  $11,27 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ , jak dokládá graf 3. Po navození rehydratace stresované rostliny nedosáhly hodnot rostlin kontrolních obdobně jako v případě rostlin tykve a lagenárie.

Reakce jednotlivých sledovaných druhů rostlin na vodní stres je uvedena v grafu 4. Z uvedeného grafu jsou patrné mezidruhové rozdíly, kdy u rostlin kontrolních byla nejvyšší rychlost fotosyntézy u lagenárie ( $12,49 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ) a nejnižší u okurky ( $11,96 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ). U rostlin stresovaných byla nejvyšší rychlost fotosyntézy zaznamenána u tykve ( $12,13 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ) a nejnižší opět u okurky ( $11,53 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ).

Na stres suchem nejcitlivěji reagovaly rostliny lagenárie, u nichž rozdíl v rychlosti fotosyntézy kontrolních a stresovaných rostlin byl  $0,77 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  (6,16 %) v neprospěch stresovaných rostlin. Na straně druhé nejnižší snížení rychlosti fotosyntézy v závislosti na působení vodního stresu vykazovaly rostliny tykve. U tohoto druhu bylo stanoveno snížení rychlosti fotosyntézy mezi kontrolními a stresovanými rostlinami ve výši  $0,26 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  (2,1 %), jak dokládá graf 4.

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

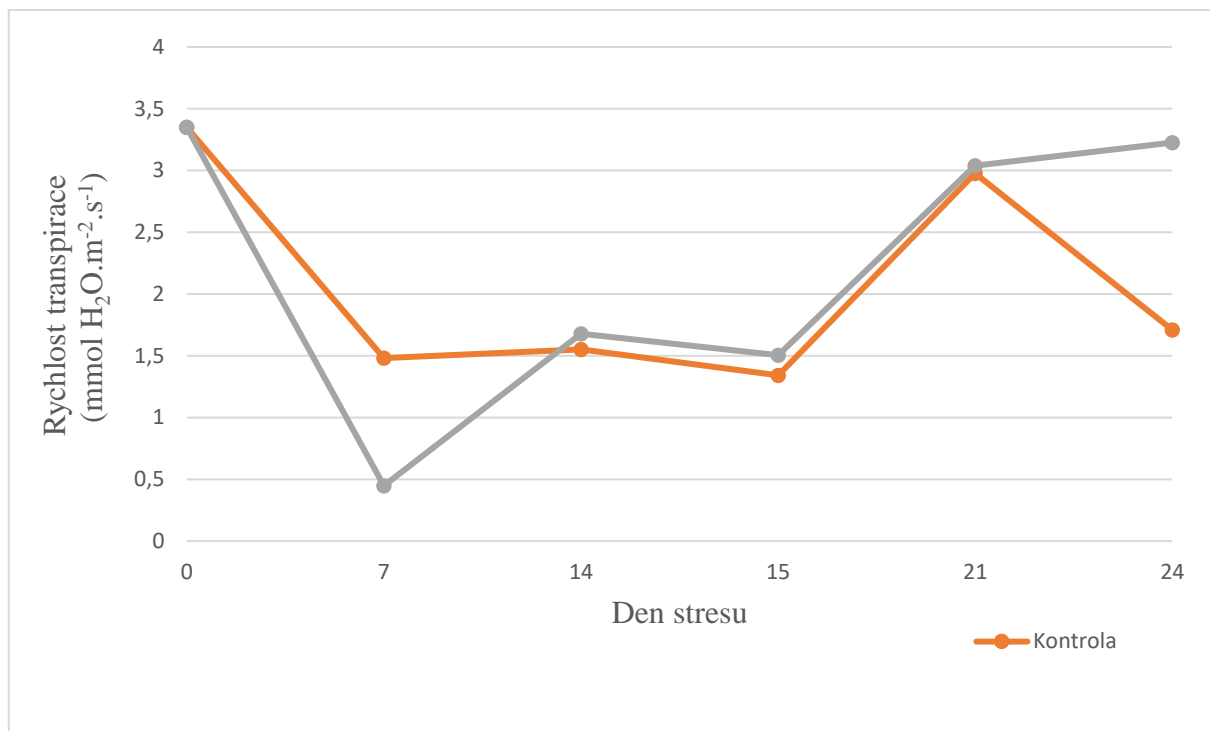


## 5.2. Rychlost transpirace

V grafu 5 je uvedena rychlost transpirace juvenilních rostlin tykve v závislosti na délce působení stresoru. Z uvedeného grafu vyplývá, že rychlost transpirace kontrolních rostlin byla nejnížší 15. den pokusu ( $1,34 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ) a naopak nejvyšší 0. den pokusu ( $3,35 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ). Interval naměřených hodnot transpirace v případě rostlin stresovaných byl od  $0,45 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  naměřený sedmý den pokusu do  $3,35 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  (0. den).

Rychlost transpirace kontrolních rostlin měla střídající klesající a stoupající trend hodnot, kdy pokles rychlosti transpirace byl vždy vystřídán nárůstem hodnoty. Na konci pokusu byla u této varianty naměřena nižší rychlost transpirace v porovnání s nultým dnem o  $1,64 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ , jak dokládá graf 5. Z něho je dále patrné, že rozdíl mezi maximální a minimální transpirací byl  $2,01 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ .

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

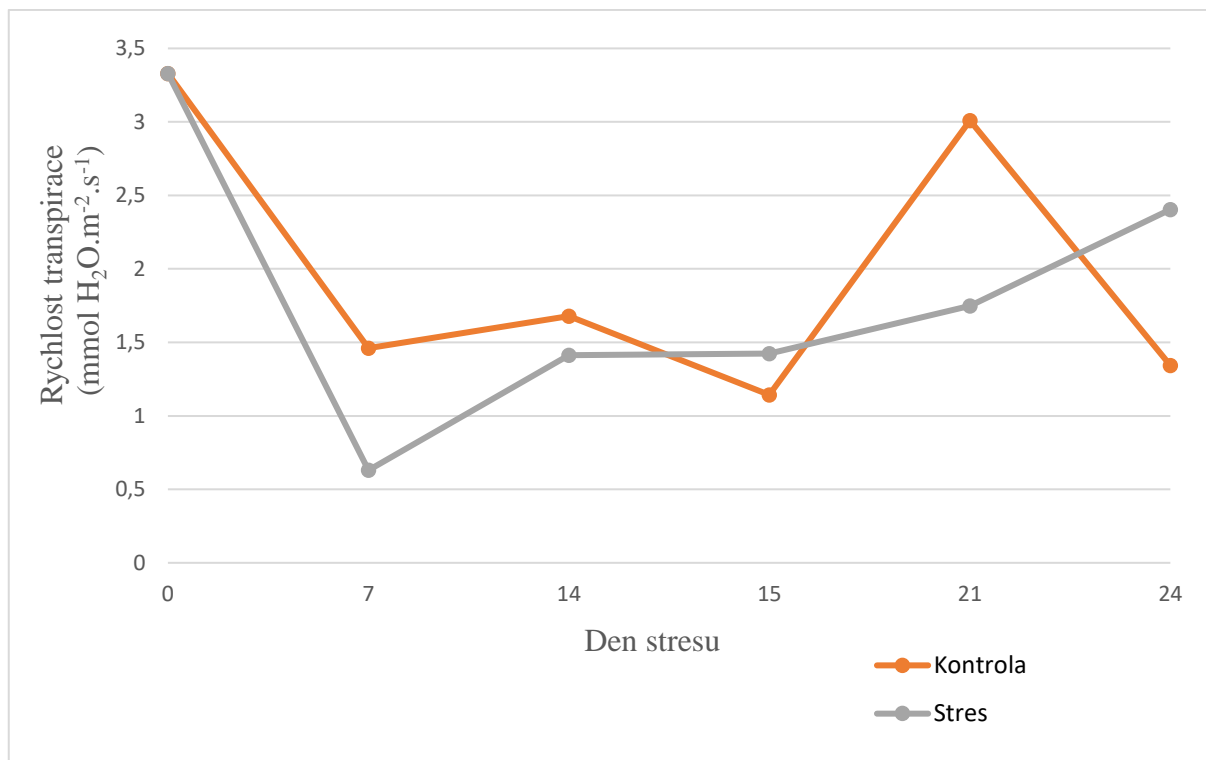


U rostlin stresovaných se rychlost transpirace výrazně snížila s předchozím měřením o  $2,9 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  (sedmý den pokusu). Čtrnáctý den pokusu byl dosažen nárůst hodnoty o  $1,23 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ . Po navození opětovné rehydratace 15. den pokusu se rychlost transpirace nepatrně snížila  $0,17 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ . Poté se již zvyšovala a dosáhla hodnoty  $3,23 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  a tím dosáhla v 24. dnu pokusu vyšší rychlosti v porovnání s kontrolní variantou.

V grafu 6 je uvedena rychlost transpirace juvenilních rostlin lagenárie obecné v závislosti na délce působení stresoru. Z uvedeného grafu je patrné, že rychlost transpirace kontrolních rostlin byla nejnižší 15. den pokusu ( $1,14 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ) a naopak nejvyšší na počátku pokusu, kdy rychlost transpirace byla ve výši  $3,33 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ . Interval naměřených hodnot transpirace v případě rostlin stresovaných v 7. den měření byl od  $0,63 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  do  $3,33 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  (0. den).

Nejnižší rychlost transpirace kontrolních rostlin lagenárie byla zaznamenána v 15. dnu pokusu ( $1,14 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ), poté se rychlost transpirace zvýšila o  $1,87 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  (21. den).

**Graf 6:** Změny rychlosti transpirace ( $\text{mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ) lagenárie obecné v závislosti na variantě pokusu a délce působení stresu.



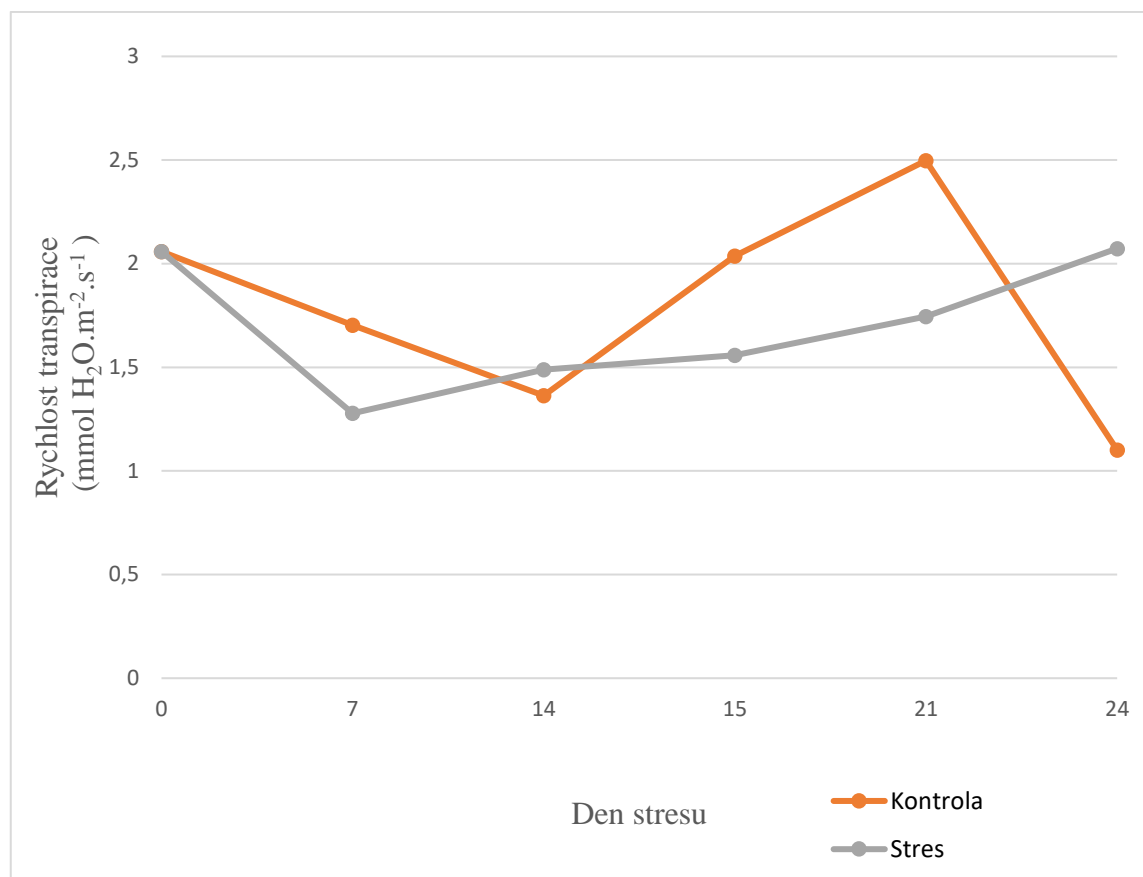
U rostlin stresovaných měla rychlost transpirace klesající tendenci prvních 7 dnů pokusu, kdy bylo zaznamenáno snížení o  $2,7 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  v porovnání s hodnotou v 0. dnu ( $3,33 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ). Poté se rychlost transpirace zvyšovala, kdy na konci pokusu byla rychlost transpirace ve výši  $2,4 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ .

V grafu 7 je uvedena rychlost transpirace juvenilních rostlin okurky v závislosti na délce působení stresoru. Z uvedeného grafu vyplývá, že rychlost transpirace kontrolních rostlin byla nejnižší 24. den pokusu ( $1,1 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ) a nejvyšší 21. den pokusu ( $2,5 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ). V případě rostlin stresovaných byl interval naměřených hodnot od  $1,28 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  (7.den) do  $2,07 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  (24. den).

Rychlost transpirace kontrolních rostlin se snížila o  $0,7 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  ve 14. dnu pokusu v porovnání s 0. dnem ( $2,06 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ). Poté se transpirace zvýšila až na hodnotu  $2,5 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  (21. den), jak dokládá graf 7.



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



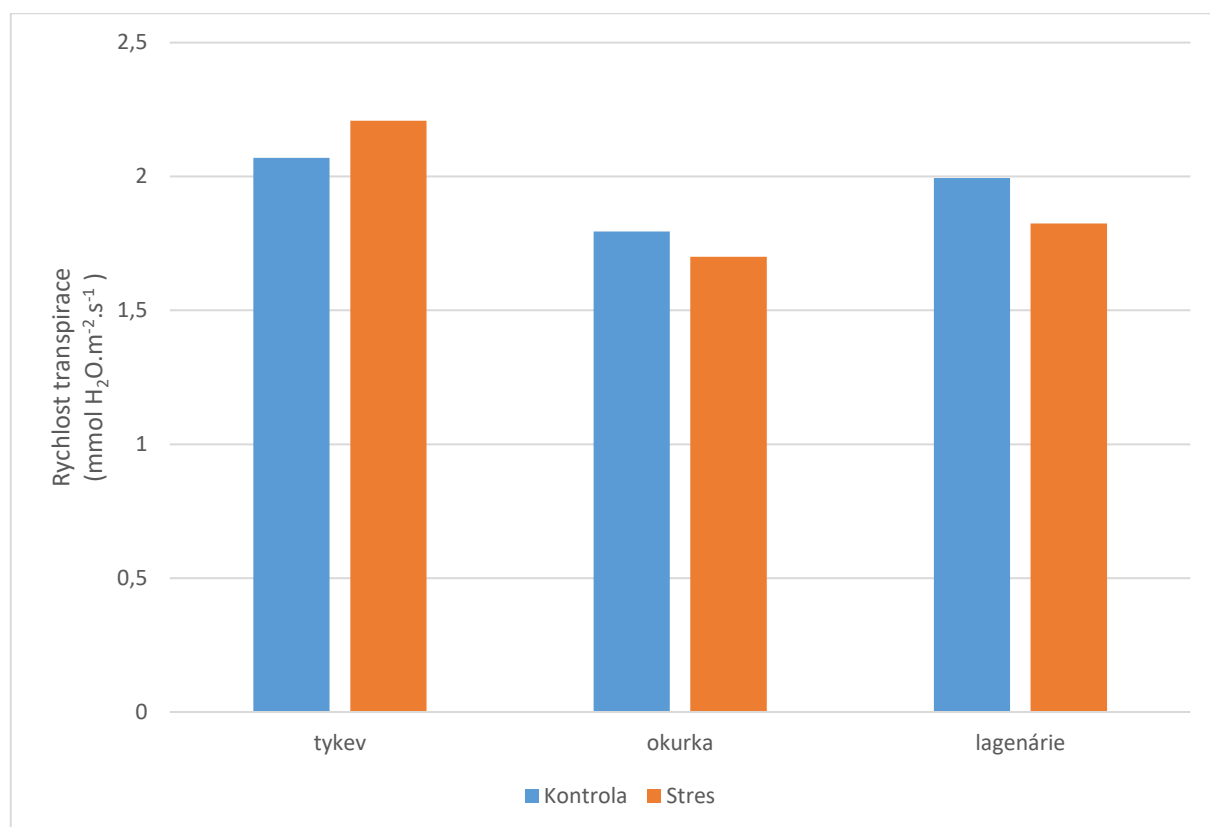
V případě rostlin stresovaných se rychlost transpirace v prvních dnech snížila o  $0,77 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  (7.den) v porovnání s předchozím měřením ( $2,06 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ). Hodnota transpirace se lineárně zvyšovala až na hodnotu  $2,07 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  (24. den). Z grafu je patrné, že rostliny okurky dosahovaly v 24. dnu pokusu vyšší rychlosti transpirace oproti kontrolní variantě o  $0,97 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ .

Reakce jednotlivých sledovaných druhů rostlin na vodní stres je uvedena v grafu 8. Z něho vyplývá, že u tykve ( $2,21 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ) byla zaznamenána nejvyšší rychlost transpirace stresovaných rostlin a nejnižší u okurky seté ( $1,7 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ) téže varianty.

Z uvedeného grafu jsou dále patrné mezidruhové rozdíly, kdy u rostlin kontrolních byla nejvyšší rychlost transpirace u tykve ( $2,07 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ) a nejnižší u okurky ( $1,79 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ). Na stres suchem nejcitlivěji reagovaly rostliny lagenárie, u níž rozdíl v rychlosti transpirace kontrolních a stresovaných rostlin byl  $0,16 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  (8,04 %) v neprospěch stresovaných rostlin. Na straně druhé nejnižší rychlosti transpirace v závislosti na působení vodního stresu vykazovaly rostliny okurky seté. U tohoto druhu bylo

zjištěno snížení rychlosti transpirace mezi kontrolními a stresovanými rostlinami ve výši 0,09 mmol H<sub>2</sub>O.m<sup>-2</sup>.s<sup>-1</sup> (5,03 %), dle grafu 8.

**Graf 8:** Porovnání průměrné rychlosti transpirace (mmol H<sub>2</sub>O.m<sup>-2</sup>.s<sup>-1</sup>) u jednotlivých druhů rostlin a variant pokusu



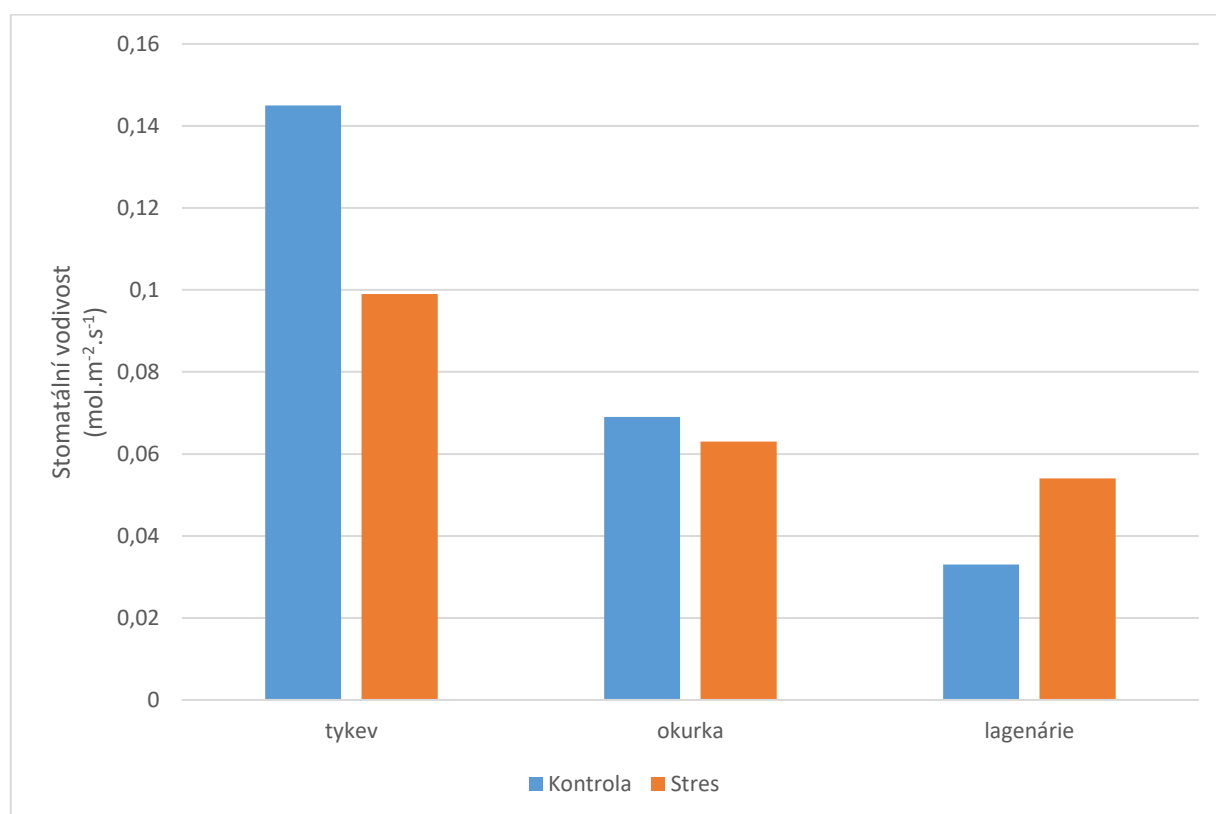
### 5.3. Stomatální vodivost

Reakce jednotlivých sledovaných druhů rostlin na vodní stres je uvedena v grafu 9. Z něho vyplývá, že nejvyšší stomatální vodivost byla zaznamenána u tykve, z kontrolních podmínek (0,15 mol.m<sup>-2</sup>.s<sup>-1</sup>) a nejnižší otevřenost průduchů byla naměřena u lagenárie, také z kontrolní varianty (0,03 mol.m<sup>-2</sup>.s<sup>-1</sup>).

Z uvedeného grafu vyplývají mezidruhové rozdíly, kdy u rostlin kontrolních byla nejvyšší stomatální vodivost u tykve (0,15 mol.m<sup>-2</sup>.s<sup>-1</sup>) a nejnižší u lagenárie (0,03 mol.m<sup>-2</sup>.s<sup>-1</sup>). U rostlin stresovaných byla rovněž nejvyšší stomatální vodivost naměřena u tykve (0,1 mol.m<sup>-2</sup>.s<sup>-1</sup>) a nejnižší u lagenárie (0,05 mol.m<sup>-2</sup>.s<sup>-1</sup>).

Na stres suchem nejcitlivěji reagovaly rostliny tykve, u kterých rozdíl ve stomatální vodivosti kontrolních a stresovaných rostlin byl  $0,05 \text{ mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$  (33,33 %) v neprospěch stresovaných rostlin. Na straně druhé nejnižší snížení stomatální vodivosti v závislosti na působení vodního stresu vykazovaly rostliny okurky. U tohoto druhu byl rozdíl ve stomatální vodivosti kontrolních a stresovaných rostlin ve výši  $0,01 \text{ mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$  (14,29 %), v neprospěch stresovaných rostlin.

**Graf 9:** Porovnání průměrné rychlosti stomatální vodivosti ( $\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ) u jednotlivých druhů rostlin a variant pokusu



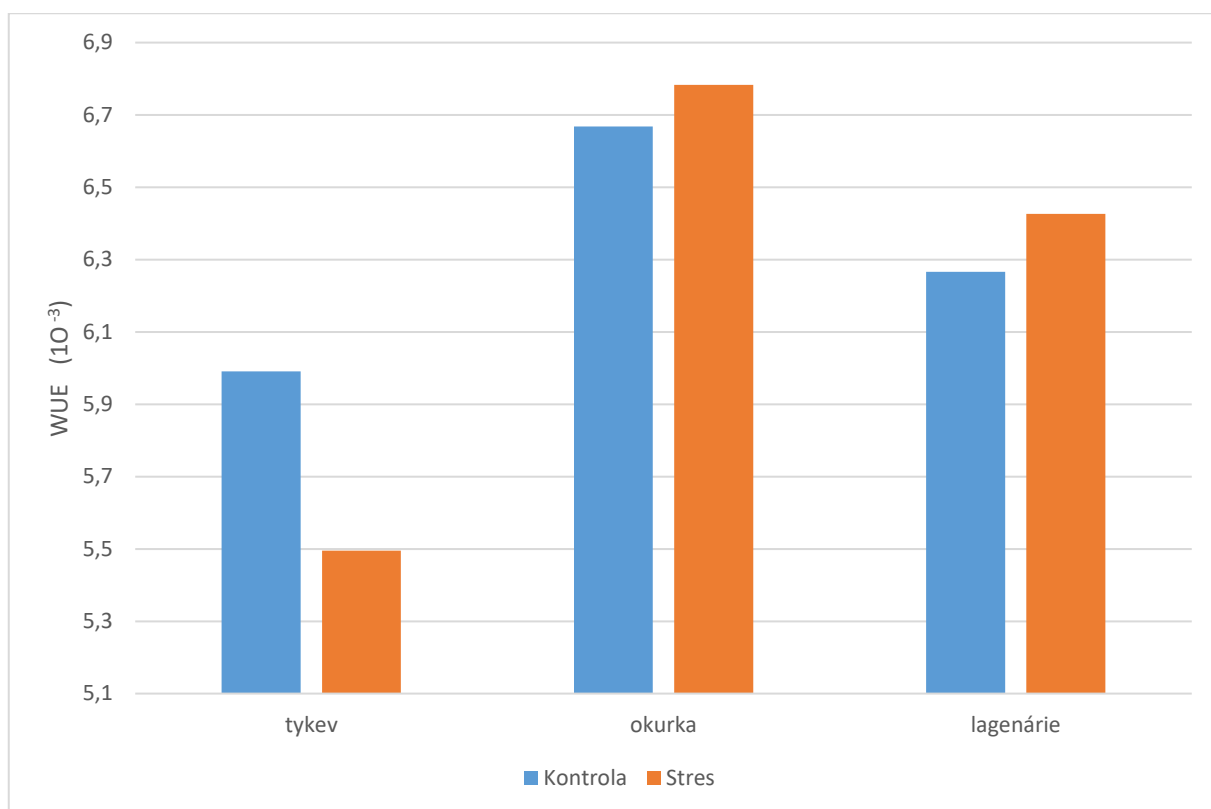
#### 5.4. Efektivita využití vody (WUE)

WUE je poměr mezi rychlostí fotosyntézy a transpirace, předpokládá se, že čím je uvedená hodnota vyšší, tím je daná rostlina odolnější vůči vodnímu stresu.

Reakce jednotlivých sledovaných druhů rostlin na vodní stres je uvedena v grafu 10. Z něho vyplývá, že hodnota WUE je výrazně nejvyšší u stresovaných rostlin okurky seté [ $6,78(10^{-3})$ ] a naopak nejnižší u stresovaných rostlin tykve [ $5,5(10^{-3})$ ]. Z uvedených hodnot efektivity využití vody vyplývá, že okurka setá by měla být odolnější vůči vodnímu stresu v porovnání s tykví a lagenárie. U tykve lze předpokládat, že je citlivější k vodnímu deficitu,

jelikož její hodnota WUE v stresované variantě poklesla v porovnání s kontrolní variantou o 0,49 ( $10^{-3}$ ).

**Graf 10:** Porovnání efektivity využití vody (WUE) v rámci jednotlivých variant pokusu v závislosti na druhu rostliny

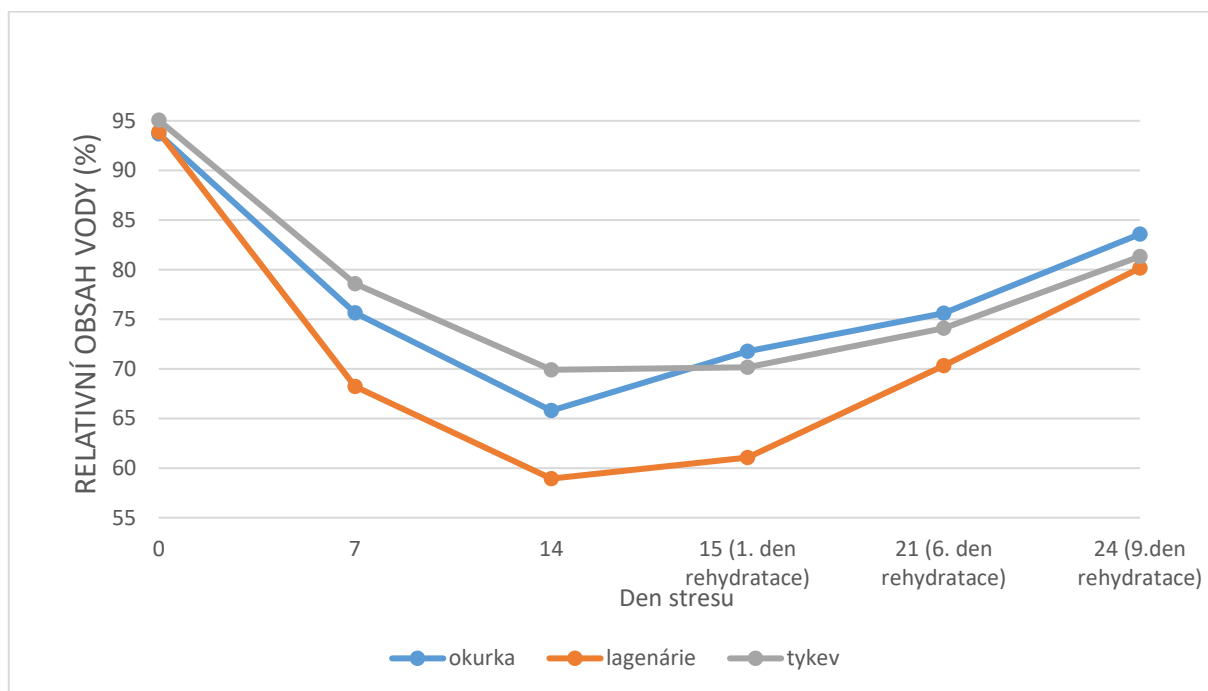


### 5.5. Relativní obsah vody (RWC)

Relativní obsah vody byl u všech pokusných druhů kontrolních rostlin velice podobný. Okurka setá měla průměrnou hodnotu RWC 93,69 %, lagenárie obecná 93,66 % a tykev obecná 94,18 %.

Prvních 14 dnů v stresované variantě se během pokusu relativní obsah vody snižoval u všech sledovaných druhů rostlin. Nejnižší relativní obsah vody byl zaznamenán nultý den u okurky seté (93,69 %), naopak nejvyšší u tykve obecné (95,06 %). V dalších dnech pokusu se RWC snižovalo. Nejnižší hodnoty dosáhla lagenárie obecná (58,94 %, 14. den), naopak nejvyšší RWC byla zaznamenána u tykve obecné (69,91 %, 14. den), dle grafu 11.

**Graf 11:** Porovnání relativního obsahu vody (RWC) u třech pokusných rostlin v stresované variantě



15. den pokusu byl zároveň prvním dnem rehydratace a u všech pozorovaných druhů rostlin byl zaznamenán nárůst hodnoty RWC. Hodnoty relativního obsahu vody se zvyšovaly až do konce pokusu. Nejvyšší hodnota byla naměřena u okurky seté (83,58 %, 24. den) a nejnižší u lagenárie obecné (80,16 %, 24. den).

## 6. Diskuze

U tří druhů rostlin z čeledi *Cucurbitaceae* (tykvovitě): *Cucurbita pepo* L. (tykev obecná), *Cucumis sativus* L. (okurka setá), *Lagenaria siceraria* (lagenárie obecná) byl během jejich ontogenetického vývoje sledován vliv vodního deficitu a následné rehydratace na rychlost výměny plynů, stomatální vodivosti a následně z těchto hodnot byla vypočtena efektivita využití vody (WUE). Dále byl sledován relativní obsah vody.

### 6.1. Rychlost výměny plynů

#### 6.1.1. Rychlost fotosyntézy

Z naměřených hodnot rychlosti fotosyntézy vyplývá, že v porovnání s kontrolní variantou rostliny stresované měly nižší hodnoty fotosyntézy což potvrzují ve své práci Osakabe et al. (2014). Uvedený závěr dále uvádí i Oliveira et al. (2011) u okurky seté (*Cucumis sativus* L.). Podle nich nedostatek vody je omezujícím faktorem, který negativně ovlivňuje mnohé aspekty fyziologie rostlin. Snížení rychlosti fotosyntézy jako následek omezení dostupnosti vody potvrzuje ve své práci i Flexas et al. (2004).

Z výsledných hodnot dále vyplývá, že u všech sledovaných druhů rostlin byl zaznamenán postupný nárůst rychlosti fotosyntézy v kontrolní variantě vlivem ontogenetického vývoje. Uvedené výsledky v případě rostlin pelyňku ročního jsou v souladu s prací Aftab et al. (2010) v případě rostliny pšenice (Jones et al., 1998) a v případě rostlin chmele (Hniličkové, 2012). U rostlin okurky seté (*Cucumis sativus* L.) naměřili snížení fotosyntetické aktivity během krátkodobého vodního deficitu ve své práci Fan et al. (2017). Snížení rychlosti fotosyntézy vlivem vodního deficitu u rostlin vinné révy potvrzuje také Escalona (1999).

Rychlost fotosyntézy se nezvyšovala u všech vybraných druhů shodně. Nejvýraznější nárůst rychlosti fotosyntézy byl zaznamenán u okurky seté během její ontogeneze. Rozmezí rychlosti bylo od  $11,74 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  (0. den) do  $12,16 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  (24. den). Fan et al. (2017) naměřil u okurky seté v kontrolní variantě rychlost fotosyntézy, která dosahovala hodnotu kolem  $7 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ . Kontrolní rostliny v našem pokusu při teplotě  $25 \text{ }^\circ\text{C}$  dosáhly vyšší rychlosti. Hodnoty u okurky seté ve variantě kontrola v pokusu Hniličky a kol. (2012) měly vyšší rychlost ( $15,04 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ), v porovnání s našim pokusem, kde byla nejvyšší rychlost  $12,16 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ . Uvedené rostliny však byly v jiné vývojové fázi a dále se jednalo o polní pokusy. Nejcitlivěji na vodní stres reagovala lagenárie obecná, u které

byl zaznamenán rozdíl v rychlosti fotosyntézy mezi kontrolní a stresovanou variantou o  $0,77 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ .

Po navození rehydratace bylo zaznamenáno zvýšení rychlosti fotosyntézy u okurky seté a tykve obecné. Uvedený závěr potvrzuje Naz et al. (2016) u rostlin okurek. Uvedený závěr nebyl potvrzen u lagenárie obecné, u níž byl zaznamenán pokles z hodnoty  $11,94 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  (15. den) na hodnotu  $11,41 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  v poslední 24. den.

Mezidruhové rozdíly v reakci na vodní stres ve své práci uvádí např. Vanaja et al. (2011).

### 6.1.2. Rychlost transpirace

Z uvedených výsledků rychlosti transpirace vyplývá, že vodní stres, respektive vodní deficit má vliv na rostliny. U všech sledovaných druhů rostlin z čeledi *Cucurbitaceae* byl zaznamenán kolísavý trend rychlosti vlivem ontogenetického vývoje, stejný trend uvádí i Hniličková a kol. (2005) u juvenilních rostlin chmele nebo Downes (1970) u rostlin pšenice a čiroku. Snížení transpirace potvrzuje ve své další práci rovněž u rostlin chmele Hniličková (2012), která uvádí, že vlivem dehydratace, kdy byla omezena zálivka, nastal pokles všech fyziologických parametrů včetně rychlosti transpirace. Pokles rychlosti transpirace v důsledku působení vodního stresu ve svých pracích uvádí také Osakabe et al. (2014), Xu et al. (2007) u rostlin pšenice.

Pokles rychlosti transpirace potvrzují také Hnilička a kol. (2012), kteří ve své práci naměřili nižší hodnoty po omezení zálivky u okurky seté v polních podmínkách. Pokusné rostliny v stresované variantě dosáhly hodnoty  $1,83 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ , rostliny ve variantě kontrola  $2,16 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ . Což je srovnatelné se skleníkovými pokusy. Vliv vodního deficitu na rychlost transpirace potvrzuje u rostlin chmele Gloser (2011). Změny rychlosti transpirace vlivem sucha u okurky seté potvrzují také Fan et al. (2017), kteří v kontrolní variantě naměřili hodnotu kolem  $2,5 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ .

Nejnižší rozdíl mezi kontrolní a stresovanou variantou v rychlosti transpirace byl zaznamenán u okurky seté s hodnotou  $0,09 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ , naopak nejvyšší u lagenárie obecné ( $0,16 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ).

Po navození rehydratace bylo zaznamenáno zvýšení rychlosti transpirace u všech sledovaných druhů. Tento závěr potvrzují u řepy cukrové Vomáčka a Pospíšilová (2003), kteří naměřili rychlost transpirace  $3,85 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  a to je shodné s hodnotou v našem pokusu u tykve v 24. den pokusu ( $3,23 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ). Nejnižší hodnota transpirace po rehydrataci byla naměřena u okurky seté ( $2,07 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ).

### 6.1.3. Vodivost průduchů

V rámci pokusu nebyly zjištěny významné rozdíly hodnot stomatální vodivosti ( $g_s$ ) u kontrolních rostlin. Obecně bylo zaznamenáno snížení hodnot  $g_s$  u rostlin stresovaných vodním deficitem. Tento trend byl zaznamenán u rostlin tykve a okurky, zatímco u lagenárie se stomatální vodivost mírně zvýšila. Snížení hodnoty  $g_s$  uvádí i Osakabe et al. (2014), Janoudi et al. (1993).

Holá a kol. (2010) ve své práci uvádí vliv nedostatku vody na stomatální vodivost rostlin kukuřice. Podle těchto autorů se změny ve funkci průduchů stresovaných rostlin buďto vůbec neprojevíly nebo se zvýšily. Tento závěr byl potvrzen pouze u lagenárie.

Pokles hodnot stomatální vodivosti indikuje uzavírání průduchů. Souvisí s tím pokles rychlosti transpirace a fotosyntézy. Snižování hodnot  $g_s$  vlivem stresu z nedostatku vody potvrzuje i Mohsenzadeha et al. (2003) u pšenice.

Z naměřených výsledků jak kontrolních, tak i stresovaných rostlin jsou patrné mezidruhové rozdíly v reakci rychlosti stomatální vodivosti na vodní stres.

Nejvyšší průměrnou rychlost stomatální vodivosti dosáhly rostliny tykve obecné v kontrolní variantě ( $0,15 \text{ mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ), v porovnání se stresem je vyšší o  $0,05 \text{ mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ . Nízké hodnoty  $g_s$  byly zaznamenány u lagenárie obecné, u které byla naměřena vyšší rychlost v porovnání s kontrolou o  $0,02 \text{ mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$  (kontrola,  $0,03 \text{ mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ). Mezidruhové rozdíly v reakci na vodní stres ve své práci uvádí např. Vanaja et al. (2011).

Po navození rehydratace se rychlost stomatální vodivosti nepatrně zvýšila. Nejvýraznější zvýšení bylo zaznamenáno v 15. dnu u okurky seté o  $0,05 \text{ mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$  v porovnání s 14. dnem ( $0,01 \text{ mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ). Nejvyšší nárůst  $g_s$  během 9 dní rehydratace byl zjištěn u tykve obecné o  $0,13 \text{ mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$  v porovnání s 14. dnem ( $0,06 \text{ mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ), který byl zároveň posledním dnem stresu. U okurky seté byl zaznamenán pokles rychlosti v 24. den o  $0,05 \text{ mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$  v porovnání s předchozím měřením (21. den,  $0,14 \text{ mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ).

## 6.2. Efektivita využití vody (WUE)

Lze předpokládat, že čím je hodnota WUE vyšší, tím je daný druh rostlin odolnější vůči suchu, respektive lépe odolává vodnímu stresu (Zámečnicková, 2000).

Dle výsledků lze konstatovat, že nejodolnější vůči vodnímu deficitu se jeví okurka setá ( $6,78.10^{-3}$ ), která během vodního stresu vykazovala lepší efektivitu využití vody v porovnání s kontrolní variantou. Tyto výsledky jsou rovněž v souladu s prací Yaghi et al. (2013) u okurky seté, kde společně dospěli k závěru, že vodní deficit výrazně ovlivňuje efektivitu



využití vody. Vyšší hodnoty efektivity využití vody v stresované variantě prokazuje také Webber et al. (2006) u fazole nebo Arunyanark et al. (2008) u podzemnice olejné. Naopak tykev obecná měla nižší hodnoty WUE v stresované variantě v porovnání s kontrolní. Tento závěr potvrzuje Hejnák a kol. (2011), který u jednotlivých odrůd ječmene naměřil vyšší hodnoty v kontrolní variantě.

Rozdíly v efektivitě využití vody u rostlin potvrzuje také Zámečník (2008), který konstatuje, že různé rostliny rozdílně reagují na vodní stres. Rozdílné hodnoty WUE u rajčat také uvádí Bjorn et al. (1988).

Dle Zhanga et al. (2006) vlivem vodního stresu se zvyšuje hodnota WUE u rostlin pšenice, tyto výsledky jsou srovnatelné s výsledkem, který byl naměřen u okurky seté a lagenárie obecné. Naopak Shana et al. (2000) konstatují, že hodnota WUE vlivem sucha klesá. Tento výsledek potvrzují pouze rostliny tykve obecné. Změny hodnot WUE jsou ovlivňovány změny rychlosti výměny plynů dle Larchera (2003), což potvrzují výsledky uvedené v této bakalářské práci.

Hejnák a kol. (2011) u odrůdy ječmene Malz naměřili v stresované variantě hodnotu WUE  $10,21 (10^{-3})$ , v porovnání s kontrolní variantou je tam rozdíl  $5,67 (10^{-3})$ . V pokusu s plodovou zeleninou byla nevyšší hodnota efektivity využití vody naměřena u okurky seté ve stresované variantě [ $6,78 (10^{-3})$ ], rozdíl mezi kontrolou a stresem činil hodnotu  $0,11 (10^{-3})$  a to nepředstavuje až tak významný rozdíl v porovnání s výsledkem Hejnáka a kol. (2011). Naopak nejnižší WUE byla zaznamenána u tykve obecné ve stresované variantě [ $5,5 (10^{-3})$ ].

### **6.3. Relativní obsah vody (RWC)**

Relativní obsah vody se vlivem vodního deficitu snižuje. U kontrolních pokusných rostlin se RWC pohybovala v rozmezí od 90,66 % (21. den, okurka setá) do 95,94 % (14.den, okurka setá).

Snižování hodnot relativního obsahu vody uvádí Furtana et al. (2008) u tří kultivarů okurky seté. Nejvýraznější pokles během 14denního stresu byl zaznamenán u lagenárie obecné z 93,88 % na 58,94 %. Nejnižší pokles RWC byl u tykve obecné, pokusná rostlina měla na začátku měření 95,06 % RWC, v 14. dnu 69,91 %.

Následující den (15.) byla navozena rehydratace a hodnoty RWC se lineárně zvyšovaly. Nejvyšší rozdíl mezi 14. a 15. dnem byl u okurky seté, rozdíl byl 5,99 %, v porovnání s 14.dnem (65,79 %).

Navozením rehydratace stresované pokusné rostliny nedosáhli hodnot kontrolních. RWC v poslední den měření (24.) bylo následovné lagenárie obecná 80,16 %, tykev obecná 81,32 % a okurka setá 83,58 %. Uvedený závěr je v souladu s prací Furtana et al. (2008).

Dle naměřených hodnot relativního obsahu vody měla nejvyšší hodnotu RWC z pokusných rostlin okurka setá po navození rehydrataci v poslední den pokusu.

## 7. Závěr

Cílem bylo sledování vlivu vodního deficitu u vybraných druhů juvenilních rostlin z čeledi tykvovitě na rychlost výměny plynů a efektivitu využití vody. Ze získaných výsledků vyplývá:

1. Vlivem vodního deficitu se snížila rychlost fotosyntézy u všech druhů juvenilních rostlin z čeledi *Cucurbitaceae*.
2. Ze sledovaných druhů rostlin nejcitlivěji na vodní deficit reagovaly rostliny okurky seté ( $11,53 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ) a jako tolerantní se jeví rostliny tykve obecné ( $12,13 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ),
3. Snížení rychlosti transpirace v závislosti na působení vodního deficitu bylo zaznamenáno u okurky seté a lagenárie obecné.
4. Stomatální vodivost se vlivem vodního stresu snížila u okurky seté a tykve obecné. Naopak u rostlin lagenárie bylo zaznamenáno zvýšení stomatální vodivosti u stresovaných rostlin.
5. Nejvyšší rozdíl v rychlosti transpirace byl zaznamenán u lagenárie obecné, kontrolní varianta ( $1,99 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ) a stresovaná varianta ( $1,83 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ). Naopak nejnižší rozdíl mezi kontrolní ( $1,79 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ) a stresovanou variantou ( $1,7 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ) byl u okurky seté.
6. U lagenárie obecné byl zaznamenán nejvyšší rozdíl v rychlosti fotosyntézy kontrolních a stresovaných rostlin ( $12,49 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  a  $11,72 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ). Nejnižší rozdíl byl u tykve obecné, kontrolní varianta ( $12,4 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) a stresovaná varianta ( $12,13 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ).
7. Nejvyšší efektivitu vody vykazovaly rostliny okurky seté [ $6,78 (10^{-3})$ ]. Naopak nejnižší WUE bylo zaznamenáno u rostlin tykve obecné [ $5,5 (10^{-3})$ ].
8. Rychlost transpirace se vlivem rehydratace u všech sledovaných druhů zvýšila, nejvýraznější nárůst byl u tykve obecné a nejméně u okurky seté.
9. U všech sledovaných druhů se po navození rehydrataci zvýšily hodnoty RWC.
10. Jako tolerantní se jeví rostliny tykve obecné podle všech naměřených fyziologických charakteristik, a jako citlivé se jeví rostliny okurky seté a lagenárie obecné.

## 8. Seznam použité literatury

Aftab, T., Khan, M. A., Idrees, M., Naeem, M., Singh, M., Ram, M. 2010. Stimulation of crop productivity, photosynthesis and artemisinin production in *Artemisia annua* L. by triacontanol and gibberellic acid application. *Journal of Plant Interactions*. 5 (4). 273-281.

Arasimowicz-Jelonek, M., Floryszak-Wieczorek, J., Kubiś, J. 2009. Involvement of nitric oxide in water stress-induced responses of cucumber roots. *Plant science*. 177 (6). 682-690.

Arunyanark, A., Jogloy, S., Akkasaeng, C., Vorasoot, N., Kesmala, T., Nageswara, R., Wright, G., Patanothai, A. 2008. Janket, A., Jogloy, S., Vorasoot, N., Kesmala, T., Holbrook, C. 2013. Genetic diversity of water use efficiency in Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) germplasm, *Australian journal of crop science*, 7 (11) 1670–1681

Ashraf, M., Ozturk, M., Athar, H. R., 2008. *Salinity and Water Stress: Improving Crop Efficiency*. Springer Science + Business Media. p. 244. ISBN: 9781402090653

Atwell, B., Kriedeman, P., Turnbull, C. 1999. *Plants in action*. The Australian Society of Plant Physiologists and The New Zealand Society for Horticultural Science. 202-300.

Bartoš, J. 2000. *Pěstování a odbyt zeleniny*. Praha: Agrospoj. Semafor. ISBN 80-239-4242-5.

Bewley, J., D. Larsen, K., M. 1982. Differences in the response to water stress of growing and non-growing regions of maize mesocotyls. Protein synthesis on total, free and membrane bound polyribosome fractions. *J. Exp. Bot.* 33. 406-415.

Bewley, J., D. Larsen, K., M. Papp, J., E., T. 1983. Water stress induced changes in the pattern of protein synthesis in maize seedlings mesocotyls. A comparison with the effect of heat shock. *J. Exp. Bot.* 34. 1126-1133.

Biggs, Matthew, 1997. *Zelenina: velká kniha zeleninových druhů*. Praha: Volvox Globator. ISBN 80-720-7053-3.

- Bjorn, M., Nienhuis, J., King, G., Schaefer, A. 1988. Restriction Fragment Length Polymorphisms Associated with Water Use Efficiency in Tomato. *Science*. 24 (7). 1725-1728.
- Bláha, L. 2003. *Rostlina a stres*. Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby. ISBN 80-865-5532-1.
- Bláha, L. et al. 2010. *Současné možnosti fyziologie a zemědělského výzkumu přispět k produkci rostlin (Vybrané kapitoly)*. Praha, 2010, s. 256–268.
- Brestič, M. 1996. Je fotosyntéza limitovaná vodným stresom?. In: *Rostlina v podmienkach stresu*, Nitra: SPU.
- Brestič, M., Olšovská, K. 2001. *Vodný stres rastlín: príčiny, dôsledky, perspektívy*. Nitra: SPU. 15-70 s. ISBN 80-7137-902-6.
- Cablík, J. 1951. *Ochrana zemědělství před klimatickým suchem*. Brázda. Praha. 137 s.
- Čiamporová, M. a Mistrík, I. 1991. *Rastlinná bunka v nepriaznivých podmienkach*. Veda. Bratislava. 136 s. ISBN 8022402907.
- Downes, R. W. 1970. Effect of Light Intensity and Leaf Temperature on Photosynthesis and Transpiration in Wheat and Sorghum. *Australian Journal of Biological Sciences*. 23 (4). p. 775-782.
- Dreher, C., Callis, J. 2007. Ubiquitin, hormones and biotic stress in plants. *Annals of Botany*. 99 (5). 787-822.
- Escalona, J. M., Flexas, J., Medrano, H. 1999. Stomatal and non-stomatal limitations of photosynthesis under water stress in field-grown grapevines. *Australian Journal of Plant Physiology*, 26, 421–433.

- Fan, H. F., Ding, L., Xu, I. L. et al. 2017. Antioxidant system and photosynthetic characteristics responses to short-term PEG-induced drought stress in cucumber seedling leaves. *Russian journal of plant physiology*. 64 (2). p. 162-173.
- Filippou, P., Antoniou, Ch., Fotopoulos, V. 2011. Effect of drought and rewatering on the cellular status and antioxidant response of *Medicago truncatula* plants. *Plant Signaling & Behavior*. 6 (2). 270-277.
- Flegr, J. 2007. Úvod do evoluční biologie. Praha: Academia. Galileo. ISBN 978-80-200-1539-6.
- Flynn, P. 2003. Biotic vs. abiotic - distinguishing disease problems from environmental stresses. *Department of Plant Pathology*. 22. 489.
- Furtana, G. B., Tipirdamaz, R. 2008. Physiological and antioxidant response of three cultivars of cucumber (*Cucumis sativus* L.) to salinity. *Turkish Journal of Biology*, 34 (3), 287-296.
- Gloser, V., Baláž, M., Svoboda, P. 2011. Transport vody v rostlinách chmele za dostatečné a snížené dostupnosti vody v půdě. Vliv abiotických a biotických stresorů na vlastnosti rostlin. 205–207.
- Guilioni, L., Wéry, J., Lecoœur, J. 2003. High temperature and water deficit may reduce seed number in field pea purely by decreasing plant growth rate. *Funct. Plant Biol.*, 30, 1151-1164.
- Griffiths, H., Parry, M. A. J. 2002. Plant Responses to Water Stress. *Annals of Botany*. 89.801-802.
- Hanin, M., Brini, F., Ebel, Ch., Toda, Y., Takeda, S., Masmoudi, K. 2011. Plant dehydrins and stress tolerance, versatile proteins for complex mechanisms. 6 (10). 1503-1509.
- Hejnák, V., Zámečnicková, B., Neckářová, J. 2011. The influence of high sodium and chlorine ion concentration on physiological responses of various spring barley varieties, *Turkish journal of field crops* 16 (1). 93-98.

Hejný, S., Slavík, B. (eds.). 2003. Květena České republiky. 2. vyd. Praha: Academia. ISBN 80-200-1089-0.

Hlava, B., Táborský, V., Valíček, P. 1998. Tropické a subtropické zeleniny: pěstování a využití. 1. vyd. Praha: Brázda. 146 s. ISBN 80-209-0274-0.

Hnilička, F., Koudela, M., Martinková, J., Svozilová, L. 2012. Influence of mulch on gas exchange by cucumber plants (*Cucumis sativus* L.). Sborník recenzovaných příspěvků z konference Vliv abiotických a biotických stresorů na vlastnosti rostlin. Praha. ČZU v Praze. 1.2. – 2.2. 2012. 94-97.

Hniličková, H. 2012. Vliv vodního deficitu na rychlost fotosyntézy a transpirace juvenilních rostlin chmele. Sborník recenzovaných příspěvků z konference Vliv abiotických a biotických stresorů na vlastnosti rostlin. Praha. ČZU v Praze. 1.2. – 2.2. 2012. 98-101.

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.

Holá, D., Fridrichová, L., Jelénková, I., Kočová, M., Rothová, O., Trubanová, N., Panchártek, D., Seňková, J., Palovská, M. 2012. Odezva bobu obecného (*Vicia faba* L.) na nedostatek vody a ošetření 24-Epibrassinolidem. Sborník recenzovaných příspěvků z konference Vliv abiotických a biotických stresorů na vlastnosti rostlin. Praha. ČZU v Praze. 1.2. – 2.2. 2012. 115-119.

Hundertmark, M., Hinch, D. K. 2008. LEA (Late Embryogenesis Abundant) proteins and their encoding genes in *Arabidopsis thaliana*. *BMC Genomics*. 9. 118.  
*Hydromechanics*. 53 (3). 164-176.

Huseynova, I., Suleymanov, S. Y., Aliyev, J. A. 2007. Structural-functional state of thylakoid membranes of wheat genotypes under water stress. In *Biochimica et Biophysica Acta*. vol. 1767. p. 869-875.

- Chaves, M. M. 1991. Effects of Water Deficits on Carbon Assimilation. *Journal of Experimental Botany*. 42 (1). 1-16.
- Janoudi, A. K., Widders, I. E., Flore, J. A. 1993. Water deficit and environmental factors affect photosynthesis in leaves of cucumber (*Cucumis sativus*). *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 118. 366-370.
- Jones, H. G., Kershanskaya, O. I., Bogdanova, E. D. 1998. Photosynthesis characteristics of rolling leaf wheat lines in response to drought stress. *Photosynthesis: mechanisms and effects*. Volume 5. In. (Galab ed.) *Proceedings of the XIth International Congress on Photosynthesis*. Budapest. Hungary. p. 3833-3836.
- Judd W. S. et al. 2002. *Plant Systematics: A Phylogenetic Approach*. 2. ed. W.H. Freeman. ISBN 978-0-87893-403-4. p. 576.
- Kebza, V. 2005. *Psychosociální determinanty zdraví*. Academia. 1.vyd. P. 264. ISBN: 80-200-1307-5
- Kefali, V., Kalevitch, M. 2003. *Natural Growth Inhibitors and Phytohormones in Plants and Environment*. Dordrecht (Holandsko): Kluwer Academic Publishers. ISBN 1-4020-1069-9.
- Kosová, K., Vítámvás, P., Prášil, I. T. 2008. Dehydriny – struktura, funkce a využití při studiu stresů vyvolávajících dehydrataci rostlin. In: *Vliv abiotických a biotických stresorů na vlastnosti rostlin (Sborník příspěvků)*. s. 239–241. ISBN: 978-80-87011-18-8.
- Kosová, K., Vítámvás, P., Prášil, I. T. 2007. The role of dehydrins in plant response to cold. *Biologia Plantarum*. 51 (4). 601-617.
- Kóňa, J., Ďurovka M., Tancík J. *Tekvicovité zeleniny*. 1.vyd. Nitra: Garmond, 2007. ISBN 978-80-89148-36-3.



Kroon, G.H., Custers, J.B.M., Kho, Y.O., et al. 1979 Interspecific hybridization in *Cucumis* (L.). I. Need for genetic variation, biosystematic relations and possibilities to overcome crossability barriers. *Euphytica*. v.28. p.723-728.

Křivohlavý, J. 2001. *Psychologie zdraví*. Praha: Portál. 252 s. ISBN 80-7178-774-4.

Kůdela, V. (eds.). 2013. *Abiotikózy rostlin: poruchy, poškození a poranění*. Academia. Praha. 566 s. ISBN: 9788020022622.

Larcher, W. 2003. *Physiological plant ecology*. 4th edn. Springer. Berlin. 513 s. ISBN: 9783540435167.

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

Larcher, W. 1988. *Fyziologická ekologie rostlin*. Academia. Praha. p. 368.

Lawlor, D. W. - Cornic, G. 2002. Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in higher plants. In *Plan, Cell and Environment*, vol. 25. p. 275-294.

Levitt, J., 1980. *Responses of plants to environmental stresses*. 2d ed. New York: Academic Press. ISBN 978-012-4455-023.

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

Meyer, S. 1993. *Effet de la sécheresse sur la bioenergetique des thylakoides en relation avec les parametres biochimiques et structuraux des membranes*. These de doctorat de l'Université de paris 6, 175 pp.

Mohsenzadeh, S., F., Ashtiani, S., Malboubi, M., A., Ghanati, F. 2003. Effects of drought and chlorocholine chloride on seedling growth and photosynthesis of two cultivars of wheat (*Triticum aestivum* L.), *Agronomy and horticulture*, 16. 56-64.

- Naz, H., Akram, N. A., Ashraf, M. 2016. Impact of Ascorbic Acid on Growth and Some Physiological Attributes of Cucumber (*Cucumis sativus*) Plants Under Water-Deficit Conditions. *Pakistan journal of botany*. 48(3). 877-883.
- Nielsen, E. T., Orcutt, D. M. 1996. *Physiology of Plants under Stress. Abiotic factors*. John Wiley and Sons. New York. p.689.
- Ögren, E., Öquist, G. 1985. Effects of drought on photosynthesis, chlorophyll fluorescence and photoinhibition susceptibility in intact willow leaves. *Planta*, 166, (3), 380-388.
- Oliveira, E. C., Carvalho, J. D. A., Silva, W. G. D., Rezende, F. C., Almeida, W. F. D. 2011. Effects of water deficit in two phenological stages on production of japanese cucumber cultivated in greenhouse. *Engenharia Agrícola*, 31 (4), 676-686.
- Orfánus, T. 2005. Spatial Assessment of soil drought indicators at regional scale: hydrolimits and soil water storage capacity in Záhorská Nížina Lowland. *Journal of Hydrology and Hydromechanics*. 53 (3). 164-176.
- Osakabe, Y., Osakabe, K., Shinozaki, K., Tran, L. S. P. 2014. Response of plants to water stress. *Frontiers in Plant Science*. 5. 1-8.
- Pekárková, E. 2001. *Pěstujeme rajčata, papriky a další plodové zeleniny*. Grada Publishing, spol. S. r. o. 72 s. ISBN: 80-247-0170-7.
- Penka, M. 1985. *Transpirace a spotřeba vody rostlinami*. Academia. Praha. 256 s.
- Petříková, K., Hlušek, J. 2012. *Zelenina*. ProfiPress. Praha. p. 194. ISBN: 9788086726502
- Petříková, K., a kol. 2012. Omezení negativních důsledků vláhového deficitu na hospodářské ukazatele zeleniny. *Editační středisko Mendelovy university v Brně..* p. 50. ISBN: 9788021323346
- Prášil, I. 1989. Koncepce stresů u rostlin. In: *Sborník referátů „ V. dni rostlinné fyziologie“*. Brno, 1989, s. 174.

Prášil, I. T. – Vítamvás, P. – Kosová, K. – Škodáček, Z. – Zelenková, S. 2009. Využití proteomiky při studiu stresorů rostlin. In: *Vliv abiotických a biotických stresorů na vlastnosti rostlin (Sborník příspěvků)*, 2009, s. 32, ISBN: 978-80-87011-91-1.

Reddy, A. R., Chaitanya, K. V., Vivekanadan, M. 2004. Drought-induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. *Journal of Plant Physiology* 161 (11). 1189-1202.

Robinson, R.W. a Decker-Walters, D. S. 1997. Cucurbits. Wallingford: CABI Publishing. ISBN 0-85199-133-5.

Rosa, M. 2007. Hnojivo k podpoře růstu a výnosu. *Zahradnictví*, 5, 2007, s. 60 – 61.

Rubatzky, V. E., et al. *World vegetables: principles, production, and nutritive values*. 2nd ed. New York: Chapman. xxiv, 843. p. ISBN: 04-121-1221-3.

Selye, H. 1936. A syndrome produced by diverse nocuous agents. *Nature*. 138. 32.

Selye, H. 1966. Život a stres. *Obzor*. Bratislava. 390.

Shan, L., Pei, S., Likun, G., Wangou, L. 2000. The response of different crops to drying wetting cycle in field. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*. 20 (2). 164-170.

Smith, N., et al. 2003. *Flowering Plants of the Neotropics*. Princeton: Princeton University Press. ISBN: 0691116946.

Soukupová, M., Soukup, F. 1998. Kapitoly z lékařské biologie a genetiky. Praha: Karolinum. ISBN 80-718-4581-7.

Swiader, J.M., Ware, G.W., McCollum, J.P. 1992. Producing vegetable crops. Danville, Illinois : Interstate. 626p.

Štekauerová, V., Skalová J., Šútor, J., 2002. Using of pedotransfer functions for assessment of hydrolimits. *Rostlinná výroba*. 48 (9). 407-412.

Tindall, H. D. 1983. *Vegetables in the tropics*. Reprint. London [u. a.]: Macmillan. ISBN 03-332-4268-8.

Tindall, H. D., 1968. *Commercial vegetable growing*. Ibadan [etc.]: Oxford U.P. ISBN 01-929-4308-1.

Valíček, P., Pokluda R. 2004. *Zelinářství tropů a subtropů*. Vyd. 1. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita. 98 s. ISBN 80-715-7777-4.

Vanaja, M., Yadav, S. K., Archana, G., et al. 2011. Response of C4 (maize) and C3 (sunflower) crop plants to drought stress and enhanced carbon dioxide concentration. *Plant Soil Environ*. 57. 5. 207-215.

Verslues, P. E., Agarwal, M., Katiyar-Agarwal, S. Zhu, J. 2006. Methods and concepts in qualifying resistance to drought, salt and freezing, abiotic stresses that affect plant water status. In *The Plant Journal*, vol. 45, 2006, p. 523-539.

Vomáčka, L., Pospíšilová, J. 2003. Rehydration of sugar beet plants after water stress: Effect of cytokinins. *Biologia Plantarum*. 46 (1). 57-62.

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

Webber, H., Madramootoo, C., Bourgault, M., Horst, M., Stulina, G., Smith, D. 2006. In Janket, A., Jogloy, S., Vorasoot, N., Kesmala, T., Holbrok, C. 2013. Genetic diversity of water use efficiency in Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) germplasm, *Australian journal of crop science*, 7.(11) 1670–1681.

Xu, Ch., Jing, R., Mao, X., Jia, X., Chang, X. 2007. A wheat (*Triticum aestivum*) protein phosphatase 2A catalytic subunit gene provides enhanced drought tolerance in tobacco. *Annals of Botany*, 99. 439-450

Yaghi, T., Arslan, A., Naoum, F. 2013. Cucumber (*Cucumis sativus*, L.) water use efficiency (WUE) under plastic mulch and drip irrigation. *Agricultural water management*, 128, 149-157.

Zámečníková, B. 2000. Vliv vodního potenciálu, dusíkaté výživy a abiotických stresů na fotosyntézu a transpiraci u rostlin ječmene a pšenice. ČZU. Praha.

Zhang, X. Y., Sun, H. Y., Liu, Ch. M., Shen, Y. J., Zhang, Y. Q. 2006. Effects of irrigation on water balance, yield and WUE of winter wheat in the North China Plain. 85 (1-2). 211-218.

Zima, M. et al., 2002. *Fyziológia rastlín*. 3. nezmenené vyd. Nitra: SPU v Nitre, 2002. 154 s. ISBN 80-8069-011-1.

### **Internetové zdroje:**

Adc.co.uk LCpro-SD Advanced Photosynthesis Measurement System [online]. 2017. [cit. 2017-04-04]. Dostupné z <http://www.adc.co.uk/products/lcpro-sd-advanced-photosynthesis-measurement-system/>.

Agrocs.cz Zahradní substrát [online]. 2015. [cit. 2016-11-12]. Dostupné z: <http://www.agrocs.cz/zahradni-divize/produkty-a-sluzby>

Bisognin, Dilson A. 2002. Origin and evolution of cultivated cucurbits. Scielo.br [online]. Universidade federal de Santa Maria. [cit. 2016-05-01]. Dostupné z: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-84782002000400028](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782002000400028)

Český statistický úřad. 2016. [online]. Dostupné z: [https://www.czso.cz/csu/czso/zemedelstvi\\_zem?p\\_p\\_id=3&p\\_p\\_lifecycle=0&p\\_p\\_state=maximized&p\\_p\\_mode=view&\\_3\\_struts\\_action=%2Fsearch%2Fsearch&\\_3\\_redirect=%2Fc%2F](https://www.czso.cz/csu/czso/zemedelstvi_zem?p_p_id=3&p_p_lifecycle=0&p_p_state=maximized&p_p_mode=view&_3_struts_action=%2Fsearch%2Fsearch&_3_redirect=%2Fc%2F)

[portal%2Flayout%3Fp\\_1\\_id%3D20137706%26p\\_v\\_1\\_s\\_g\\_id%3D0&\\_3\\_keywords=vynos+okurky&\\_3\\_groupId=0>](#)

Elektrotechnika.cz. Fotosyntéza [online]. 2014. [cit. 2016-05-20]. Dostupné z <http://www.ekotechnika.cz/lcpro-sd-gazomericky-pristroj-pro-mereni-prubehu-fotosyntezy>>

Faostat.fao.org Crops production [online]. 2014. [cit. 2017-02-23]. Dostupné z <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>><http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> >

Flexas, J. et al. 2004. Diffusive and metabolic limitations to photosynthesis under drought and salinity in C3 plants. *Plant Biology*. 6.03: 269-279.

Dostupné z :

[http://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/45790870/Diffusive\\_and\\_Metabolic\\_Limitations\\_to\\_P20160519-31079-1vs19jc.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1490130668&Signature=udShAi5u%2FL%2FHVtrO71DH%2BE6wuic%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DDiffusive\\_and\\_Metabolic\\_Limitations\\_to\\_P.pdf](http://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/45790870/Diffusive_and_Metabolic_Limitations_to_P20160519-31079-1vs19jc.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1490130668&Signature=udShAi5u%2FL%2FHVtrO71DH%2BE6wuic%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DDiffusive_and_Metabolic_Limitations_to_P.pdf)>

Hniličková, H., Hnilička, F., Hejnák, V., Kořen, J. 2005. Vliv vodního deficitu na rychlost fotosyntézy a transpirace chmele. Vliv abiotických a biotických stresorů na vlastnosti rostlin [online]. [cit. 2017-3-28] Dostupné z <http://www.vurv.cz/files/publications/ISBN80-86555-63-1.pdf>>

Charakteristika okurky seté 'Markýza F1'. [online]. [cit. 2017-01-02] Dostupné z: <<https://www.semo.cz/eshop/okurka-seta-salatova-markyza-f1-2407/>>

Charakteristika tykve obecné 'StartGreen F1'. [online]. [cit. 2017-01-02] Dostupné z: <<https://www.semo.cz/eshop/tykev-cuketa-startgreen-f1-0611/>>

Charakteristika lagenárie obecné. [online]. [cit. 2017-01-02] Dostupné z: <<https://www.semo.cz/eshop/kalabasa-kalabasa-4091/>>

Khalili, M., et al. 2012. Response of spring Canola (*Brassica napus* L.) genotypes to water deficit stress. Int. J. Agric. Crop Sci. 4. 1579-1586. Dostupné z:

<<http://pakacademicsearch.com/pdf-files/agr/70/1579-1586.pdf>>

Lapin, M. 2005. Čo je to sucho a čo je to povodeň? Ako s tým súvisí globálne otepľovanie? [online] [cit. 2017-29-03]. Dostupné z:

<[http://www.dmc.fmph.uniba.sk/public\\_html/climate/aktualne2.htm](http://www.dmc.fmph.uniba.sk/public_html/climate/aktualne2.htm)>

Lecoq, H. 2003. Virus and Virus-like Diseases of Major Crops in Developing Countries [online]. Dordrecht: Springer Netherlands [cit. 2017-03-15]. ISBN 978-940-0707-917.

Dostupné z <[http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-007-0791-7\\_26#page-1](http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-007-0791-7_26#page-1)>

Pessarakli, M. 2016. Handbook of Cucurbits: Growth, Cultural Practices, and Physiology. [online]. CRC Press. [citované 2017-03-15]. Dostupné z

<[https://books.google.cz/books?id=jnGmCwAAQBAJ&dq=PESSARAKLI+HANDBOOK+cucurbits&hl=cs&source=gbs\\_navlinks\\_s](https://books.google.cz/books?id=jnGmCwAAQBAJ&dq=PESSARAKLI+HANDBOOK+cucurbits&hl=cs&source=gbs_navlinks_s)>.

Sarker, B., Hara, M. 2011. Effects of elevated CO<sub>2</sub> and water stress on the adaptation of stomata and gas exchange in leaves of eggplants (*Solanum melongena* L.). Bangladesh J. Bot. [online]. č. 40 [cit. 2016-03-12]. Dostupné z <

<http://www.banglajol.info/index.php/BJB/article/download/7985/5962> >

Staňková, H. Dýně – zelenina mnoha tváří [online]., [cit. 2017-10-02]. Dostupné z:

<[http://www.rozhlas.cz/leonardo/priroda/\\_zprava/389738](http://www.rozhlas.cz/leonardo/priroda/_zprava/389738)>

Sucho a jeho rozdělení. [online]. [cit.2016-10-06]. Dostupné z:

<<http://portal.chmi.cz/aktualni-situace/sucho#>>

Zámečník, J. 2008. Hospodaří rostliny s vodou efektivně? [cit. 2017-01-03] Dostupné z

<<http://www.vurv.cz/files/Publications/ISBN978-80-87011-18-8.pdf>>