

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra botaniky a fyziologie rostlin**



**Vliv genotypu špenátu setého (*Spinacia oleracea*) a  
vodního deficitu na rychlost výměny plynů**

**Bakalářská práce**

**Autor práce: Aneta Helebrantová**

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

© 2016 ČZU v Praze

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci: " Vliv genotypu špenátu setého (*Spinacia oleracea*) a vodního deficitu na rychlost výměny plynů" 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 Rakovníku dne 14.4.2016

---

### **Poděkování**

Ráda bych touto cestou poděkovala doc. Ing. Františkovi Hnilíčkoví, Ph.D. za odborné konzultace při vedení mé bakalářské práce. A dále hlavně za ochotu a trpělivost, s jakou mi poskytoval cenné rady a připomínky. Velké díky patří také mé rodině a mému příteli za podporu během studia.

# Vliv genotypu špenátu setého (*Spinacia oleracea*) a vodního deficitu na rychlost výměny plynů

## Souhrn

Bakalářská práce byla zpracována na téma „Vliv genotypu špenátu setého (*Spinacia oleracea*) a vodního deficitu na rychlost výměny plynů“.

Špenát setý (*Spinacia oleracea*) je jako všechna listová zelenina velmi náročná plodina na dostatek vláhy, a proto je věnována pozornost odrudám odolným vůči vodnímu stresu. Cílem šlechtění je tedy nalézt rostliny s genotypy, které by vykazovaly odolnost vůči působení vodního deficitu.

V klimaboxu katedry botaniky a fyziologie rostlin byl založen nádobový pokus se třemi genotypy špenátu: Misano F1, Monores a Matador. Rostliny byly pěstovány v nádobách o velikosti 11x11 cm. Teplotní režim byl nastaven na 21 °C ve dne a v noci na 17 °C. Světelný režim byl nastaven na 16 hodin světla a 8 hodin tmy. Maximální osvětlení v klimaboxu bylo 800  $\mu\text{mol}$ . Rostliny byly pěstovány ve 4 opakováních, kdy schéma pokusu zahrnovalo dvě varianty, kontrolní a stresovanou. Rostliny z kontrolních podmínek byly pěstovány v substrátu, který byl po celou dobu pokusu zavlažován cca 250 ml zálivky. U rostlin stresovaných byla zálivka přerušena na dobu 10 dnů, kdy byl substrát ponechán přirozenému vysychání. Po 10 dnech byla u stresovaných rostlin opět obnovena zálivka (rehydratace) na úroveň kontrolních rostlin. U pokusných rostlin byla ve dvoudenním intervalu sledována rychlost výměny plynů (fotosyntéza a transpirace). Rychlost výměny plynů byla měřena na listech rostlin gazometricky infračerveným přenosným analyzátozem plynů Lpro+ (ADC Bioscientific, Hodeson, Velká Británie). Měření probíhalo vždy v dopoledních hodinách. Z naměřených hodnot rychlosti fotosyntézy a transpirace byla vypočtena efektivita využití vody (WUE).

Ze získaných výsledků vyplývá, že u kontrolních rostlin nejvyšší průměrnou rychlost fotosyntézy vykazovala odrůda Monores (12,10  $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ) a nejnižší u odrůdy Misano (11,58  $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ). U rostlin stresovaných byla nejvyšší průměrná rychlost fotosyntézy naměřena u odrůdy Matador (9,43  $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ) a naopak nejnižší u odrůdy Monores

(8,76  $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ). U všech sledovaných odrůd byl zaznamenán pokles fotosyntézy v době působení vodního deficitu.

Nejvyšší průměrné hodnoty transpirace dosáhla stresovaná rostlina odrůdy Monores (1,97  $\text{mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ), nejnižší odrůda Matador (1,68  $\text{mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ). Stresované rostliny odrůdy Misano měly rychlost fotosyntézy ve výši 1,82  $\text{mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ . U kontrolních rostlin odrůdy Matador dosahovala rychlost transpirace hodnoty 1,54  $\text{mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  a odrůdy Monores 1,85  $\text{mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ . Rostliny kontrolní (1,85  $\text{mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ) i stresované (1,82  $\text{mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ) odrůdy Misano dosahovaly podobných hodnot.

Nejcitlivěji na stres reagovala odrůda Monores, jejíž efektivita využití vody byla 4,43 ( $10^{-3}$ ). Naopak nejlépe si při navození stresu vedla odrůda Matador, efektivita využití vody u této odrůdy byla 5,60 ( $10^{-3}$ ).

Získané výsledky potvrdily navrhované hypotézy, že existují genotypové rozdíly v reakci na vodní deficit a zároveň, že mezi odrůdami jsou rozdíly v rychlosti výměny plynů a WUE u kontrolních a pokusných rostlin.

**Klíčová slova:** špenát; odrůdy; vodní deficit; fotosyntéza; transpirace; WUE

# Gas exchange characteristics in relation to genotypes in spinach (*Spinacia oleracea*) under water stress

## Summary

The bachelor's dissertation was compiled on theme of „Gas exchange characteristics in relation to genotypes in spinach (*Spinacia oleracea*) under water stress“.

Spinach (*Spinacia oleracea*) is, similarly as the others leaf vegetables, difficult crop in terms of providing the sufficient level of moisture, therefore the attention is drawn to the varieties of spinach which are resistant to the water stress. Thus the target of cultivation is to find plant which will be resistance to influence of the water stress.

In climabox of department of botanics and physiology was founded experiment with three species of spinach: Misano F1, Monores a Matador. The temperature mode was set to 21 °C during the day and 17 °C during the night. The light mode was set to 16 hours of light and 8 hours of dark per day. Maximum light level in climabox was 800  $\mu\text{mol}$ . The plants were cultivated in 4 recurrences, diagram of experiment is involving two variants: control and stress. The plants in control variant were cultivated in substrate, which was irrigated during the whole time of experiment by 250 ml of water. For the plants in stress variant the supply of water was suspended for 10 days and the substrate was naturally continuously dehydrating. After 10 days the water supply was restored (rehydration) for plants in stress variant, same as level of control variant. The observation was made for the speed of gas exchange (photosynthesis and transpiration) in two-day interval. The speed of gas exchange was measured on leaf area with infrared gasometric gas analyzer Lpro+ (ADC Bioscientific, Hodson, UK). Measured was conducted in morning hours according. Based on the measured values of photosynthesis and transpiration we calculated water usage effectiveness (WUE).

Based on obtained results is evident that the highest average speed of photosynthesis in control variant was observed at variety of Monores ( $12,10 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ) and lowest at variety Misano ( $11,58 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ). The highest average speed of photosynthesis in stress variant was measured at variety of Matador ( $9,43 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ) and lowest at variety Monores ( $8,76 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ). There was observed decrease of photosynthesis for each of variety during the water stress.

The highest average values of transpiration were observed at variety Monores ( $1,97 \text{ mmol H}_2\text{O.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ), lowest at variety Matador ( $1,68 \text{ mmol H}_2\text{O.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ). Stressed variety Misano reached level of photosynthesis  $1,82 \text{ mmol H}_2\text{O.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ . Control variety Matador reached speed of transpiration  $1,54 \text{ mmol H}_2\text{O.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$  and variety Monores  $1,85 \text{ mmol H}_2\text{O.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ . Variety Misano was on same level of control variant as stress variant.

The most sensitively reacted variety Monores, which usage of water was  $4,43 (10^{-3})$ . Variety Matador managed the stress well, the usage of water was  $5,60 (10^{-3})$ .

Obtained results confirmed hypothesis of genotype differences depending on water deficit, thus there are differences between gas exchange and WUE in control and stress plants.

**Keywords:** spinach; variety; Water deficit; photosynthesis; transpiration ;WUE

## **Obsah**

<b>1. Úvod.....</b>	<b>1</b>
<b>2. Literární přehled.....</b>	<b>2</b>
<b>2.1 Botanická charakteristika špenátu.....</b>	<b>2</b>
<b>2.2 Historie a současnost pěstování špenátu .....</b>	<b>3</b>
<b>2.3 Nároky špenátu na pěstování, choroby a škůdci.....</b>	<b>5</b>
<b>2.4 Obecná charakteristika stresů .....</b>	<b>9</b>
<b>2.5 Vodní deficit - obecná charakteristika .....</b>	<b>13</b>
<b>2.6 Vliv vodního deficitu na rostliny.....</b>	<b>14</b>
<b>3. Cíl práce a hypotézy .....</b>	<b>18</b>
<b>4. Metodika .....</b>	<b>19</b>
<b>4.1 Charakteristika pokusného materiálu .....</b>	<b>19</b>
<b>4.2 Založení pokusu.....</b>	<b>21</b>
<b>4.3 Metodika měření fyziologických charakteristik.....</b>	<b>22</b>
<b>5. Výsledky .....</b>	<b>24</b>
<b>5.1 Fotosyntéza .....</b>	<b>24</b>
<b>6. Diskuse .....</b>	<b>33</b>
<b>6.1 Fotosyntéza .....</b>	<b>33</b>
<b>6.2 Transpirace.....</b>	<b>34</b>
<b>6.3 Efektivita využití vody WUE.....</b>	<b>35</b>
<b>7. Závěr.....</b>	<b>37</b>
<b>8. Přehled použité literatury.....</b>	<b>38</b>



# 1. Úvod

Zemědělství na celém světě i v České republice se neustále musí potýkat se změnou klimatických změn. Vlivem těchto změn dochází ke snížení úrodnosti zemědělsky obdělávaných půd následkem vodních a větrných erozí, zasolení a okyselení. Polní plodiny vykazují velké výkyvy ve výnosech v jednotlivých ročnících. Průměrná celosvětová produkce narůstá vlivem rychle rostoucího počtu obyvatel. Proto se klade stále větší důraz na využití biotechnologií, aby se dosáhlo zlepšení výnosu, ale i jakosti rostlinné produkce. Avšak především dlouhodobá sucha do plánů zvyšovat produkci zasahují. V našich podmínkách můžeme konstatovat, že již více jak dvě desetiletí je zkoumána problematika možné změny klimatu i s ohledem na dopady v zemědělství.

V budoucnu bude na racionální využívání vody kladen stále vyšší důraz. Proto se hledají možnosti, jak kromě závlah řešit negativní dopad sucha na výnos a kvalitu zemědělské produkce. Mezi tyto možnosti se řadí šlechtění na vyšší adaptabilitu a tím i vyšší odolnost rostlin vůči suchu.

Vodní deficit je nejvíce limitující stresor pro rostliny, neboť snižuje aktivitu všech enzymů v rostlině a zpomaluje růst rostliny. Důsledkem vodního deficitu je také vyšší náchylnost k napadení škůdci a chorobami. Snižuje se vitalita a kvalita rostlin a tím i jejich výnos. Na vodní deficit velmi citlivě reagují zeleniny, jako špenát, který je náročný na dostatek vody v půdě.

Cílem této práce bylo sledovat vliv vodního deficitu na fyziologické charakteristiky vybraných odrůd špenátu. A do jaké míry krátkodobý vodní deficit ovlivní jejich životní funkce, především rychlost fotosyntézy, transpirace a efektivitu využití vody.

## 2. Literární přehled

### 2.1 Botanická charakteristika špenátu

Bartoš a kol. (2002) uvádí, že špenát setý je řazen do čeledi merlíkovité (*Chenopodiaceae*). Špenát setý charakterizuje jako rychlerostoucí mrazuvzdornou rostlinu, která je stejně jako další listová zelenina nenáročná na klima. Rostlina je výrazně dlouhodobní, proto při pozdním jarním výsevu vybíhá rychle do květu (Pekárková, 2002).

Rostlina špenátu je jednoletá nebo ozimá. Vytváří nejdříve růžici sytě zelených hladkých nebo bublinatých lesklých listů, později rozvětvený, 60 až 70 cm vysoký květní stonek (Pekárková, 2002). Lodyha je jednoduchá a přímá. Listy řapíkaté, celistvé, vejčité, trojúhelníkovité až hrálovité. Mladé listy jsou pokryty měchýřkovitými trichomy. Květy jsou jednopohlavné. Samčí květy tvoří klubička skládajících přetrhované terminální nebo úžlabní lichoklasy s 4 – 5cípím okvětím a 4 - 5 tyčinkami, samičí květy tvoří jednotlivé úžlabní klubička, bez okvětí a semeník s 4 - 5 bliznami (Hejný a Slavík, 2003). Semeno je vertikální, kruhovitě zakřivené. Plodem je nažka. Hlavní kořen je v horní části mírně ztlustlý (Hejný a Slavík, 2003). Celý kořenový systém je rozmístěn mělce pod povrchem půdy (Gajdošin, 2011). Stavba rostliny je znázorněna na obr. 1.

**Obr. 1.: Rostlina špenátu setého**



<[http://www.knaagdieren.net/var/files/image/Spinazie\\_\\_\\_Spinacia\\_oleracea.jpg](http://www.knaagdieren.net/var/files/image/Spinazie___Spinacia_oleracea.jpg)>

## 2.2 Historie a současnost pěstování špenátu

### Historie pěstování špenátu

Špenát pochází z jihozápadní Asie. Čína ho dostala jako dar od Nepálu během prvních let dynastie Tchang (počátkem sedmého století n.l.). Špenát se v Evropě poprvé objevil v kuchařce zveřejněné v Norimberku v roce 1485. V roce 1568 byl vysazen v Anglii a během století se stal jedním z několika druhů zeleniny, které se objevily na stolech bohatých. Zvláště pro svůj bohatý obsah vitamínu C, beta-karotenu, vápníku, folacinu a řady důležitých minerálů. A roku 1806 byly již známy tři odrůdy špenátu setého <<http://search.credoreference.com/content/entry/cupfood/spinach/0>>.

Pekárková (2002) a Bartoš a kol. (2002) uvádí, že špenát setý vznikl pravděpodobně z planého druhu *Spinacia tetrandra*, který roste od Kavkazu přes Turkestán a Írán až po Afghánistán. Nejstarší zmínka o špenátu pochází ze Španělska. Starší evropské národy špenát neznaly. Pravděpodobně jej z Blízkého východu dovezli do Španělska Arabové nebo křižáci. V 16. století byl již v Evropě běžnou zeleninou (Pekárková, 2002).

Podle této autorky vznikl jeho latinský název a odvozeniny v řadě evropských jazyků pravděpodobně z latinského *spina*, osten, podle jeho semen s pichlavými ostny. Ostnitá semena, která se špatně vysévají, má však pouze varieta *spinosa*. Většina dnešních odrůd patří ke kulatosemenné varietě *inermis*, která je k výsevu mnohem vhodnější.

Původní typy špenátu byly dvoudomé, porost sestával z oddělených samčích a samičích rostlin. Ty se navíc výrazně lišily celkovým olistěním a rychlostí vykvétání, což jsou významné hospodářské vlastnosti. Rychleji vyvíjející a méně olistěné samčí rostliny jsou mnohem méně hodnotné než samičí. V posledních letech byly zavedeny F1 hybridy, jejichž předností je, že vytvářejí pouze rostliny s obojími květy, tedy rostliny jednodomé, takže porost je více olistěný a vzrůstem vyrovnaný. Hybridy mají kromě toho kombinovanou rezistenci k obávané plísni špenátové, dnes dokonce k pěti známým rasám této houbové choroby listů (Pekárková, 2002).

### Současnost pěstování špenátu

Špenát se pěstuje téměř po celém našem území od plenárního do submontánního stupně. Pomíjivě zplahuje na skládkách, ruminištích apod. Běžně je pěstován jako listová zelenina v polních i zahradních kulturách. Pěstuje se v řadě kultivarů, ty se od sebe liší tvarem, barvou a zprohýbáním listů, a také rychlostí růstu, vyvíháním do květu a odolností proti plísňovým

chorobám, např. peronospoře špenátové (*Peronospora effusa*). Sklízají se pouze listy z přízemních růžic (Hejný a Slavík, 2003).

Pokluda (2007) uvádí, že konzumní částí špenátu jsou listy s vysokým podílem karotenoidních látek. Špenát je také bohatý na lutein, který má antioxidační účinky a chrání proti rakovině. Najdeme v něm také železo, kyselinu listovou a kyselinu šťavelovou, vitamín C a draslík.

V České republice celková spotřeba potravin stoupá. Spotřeba potravin na jednoho člověka se pohybuje okolo 759 kg. V roce 2014 byla zaznamenána historicky nejvyšší konzumace rýže a luštěnin, nedaleko za nimi se umístil se svou spotřebou špenát. Přesná spotřeba špenátu na obyvatele byla 1,3 kg <<https://www.czso.cz/csu/czso/cesi-jedi-pestreji>>.

V letech 1995 – 2000 byl špenát pěstován na ploše cca 600 ha při výnosu 8,7 t.ha<sup>-1</sup>. V letech 2008 – 2012 bylo dosaženo vyššího výnosu na hektar, než v předchozích letech, především v období 2002 až 2007. Nejnižšího výnosu bylo dosaženo v roce 2010, konkrétně 10,4 t.ha<sup>-1</sup>. V roce 2011 činil výnos 15 t.ha<sup>-1</sup> a v roce 2012 16 t.ha<sup>-1</sup>, to je téměř dvojnásobný nárůst výnosů oproti letům 1995–2000 <<http://eagri.cz/public/web/mze/zemedelstvi/statistika/>>.

Podle Buchtové (2015) nejsou v ČR statisticky sledovány plochy s produkcí zeleniny tržních a netržních pěstitelů. Údaje o rozsahu a objemu produkce tržní zeleniny obsahují i údaje o pěstování meziplodin. V roce 2013 byly osevň plochy ve výši 9 274 ha sníženy o plochy zničené povodní na 8 292 ha. V roce 2014 bylo oseto 9 263 ha, ze kterých bylo sklizeno celkem 245,4 tis. t tržní zeleniny, což je meziroční nárůst o 12 % z důvodu příznivého vývoje počasí. Přehled o tržní produkci špenátu v ČR v letech 2013-2015 je uveden v tabulce 1.

**Tab. 1: Přehled o tržní produkci špenátu v ČR**

2013		2014		2015	
plocha	produkce	plocha	produkce	plocha	produkce
347 ha	5552 t	466 ha	7456 t	456 ha	6840 t

(Buchtová, 2015)

## 2.3 Nároky špenátu na pěstování, choroby a škůdci

### Pěstování špenátu

Špenát je podle Pekárkové (2002) rostlinou nenáročnou na klima, vyžadující však půdu s dostatkem živin. Slouží dokonce pěstitelům jako indikátor půdní úrodnosti. Pro polní kulturu špenátu jsou nejvhodnější humózní náplavy a vlhčí půdy písčitohlinité až hlinitopísčité, s dostatečným obsahem humusu a vápna a s neutrální nebo mírně zásaditou půdní reakcí. Malý a kol. (1998) uvádí, že špenát vyžaduje půdy provlhčené do hloubky 0,1 – 0,2 m a 60 – 65 % využitelné vodní kapacity (VVK). Špenát je velmi náročný na přístupné živiny v půdě, jsou to především rozpustné sloučeniny jako kyselina uhličitá ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ) a hydrogenuhličitan sodný ( $\text{NaHCO}_3$ ). Přihnojení se doporučuje již před výsevem (Gajdošin, 2011).

Špenát se zásadně vysévá přímo na stanoviště. Je velmi citlivý na délku dne. Semena začínají klíčit, až když osvětlení během dne přesáhne 12,5 – 15 hod (Ashworth et Kent, 2002). Bartoš a kol. (2002) uvádí, že optimální teploty pro růst jsou 15 – 18 °C, avšak běžně roste při 5 – 24 °C. Bez poškození snáší dobře vyvinuté rostliny mráz až -9 °C.

Rozložení sklizně do delšího vegetačního období je možné jen pěstováním mimo letní období, kdy rostliny rychle vybíhají do květu. Špenát lze vysévat ve třech různých termínech. Jedná se o výsev časně na jaře pro jarní sklizeň, pozdě v létě pro podzimní sklizeň a brzo na podzim k přezimování pro jarní sklizeň. Pro každý z těchto termínů je třeba volit odrůdy k tomu určené. Nejvyšší výnosy a nejranější sklizeň se získává z přezimovaného špenátu. Úspěšně přezimují jen rostliny včas vyseté, které vytvořily několik pravých listů (Pekárková, 2002).

### Choroby a škůdci

Možnost uplatnění špenátu na trhu zeleniny ovlivňuje celá řada faktorů, mezi ten nejvýznamnější patří škůdci (Muška, 2007).

Nejnebezpečnějším škůdcem špenátu jsou larvy květilky špenátové, někdy je též označována jako květilka řepná, (*Pegomya hyoscyamin*) škodící na listech (Pekárková, 2002). Květilka řepná je stříbrošedá moucha dlouhá 5 – 7 mm (viz. obr. 2.). Larvy jsou bělavě nažloutlé nebo nazelenalé barvy a dosahují délky 8 mm. Hostitelskými rostlinami jsou řepa a druhy merlíkovitých rostlin. Přezimují ve formě kukly, ze které se líhnou dospělci v květnu. Ty kladou vajíčka na spodní stranu listu, následně se líhnou larvy, které se vžírají do listů.

V jednom roce se vyvinou až tři generace (Muška, 2007). Škodí výlučně larvy, které poškozují pletiva rostlin a často je také infikují bakteriemi (Šefrová, 2015). Larvy v listech zprvu tvoří tenké chodbičky, které postupně rozšiřují v plošnou podkopěnku. Podkopěnka je zprvu bělavá a prosvítají v ní larvy a trus (viz obr. 3.) Později zasychá, list hnědne a často se trhá <[www.agromanual.cz/cz/atlas/skudci/kvetilka-repna](http://www.agromanual.cz/cz/atlas/skudci/kvetilka-repna)>. Řešením je předčasná sklizeň při prvotním výskytu nebo chemická ochrana, kterou však komplikuje třínedělní ochranná lhůta před sklizní (Pekárková, 2002). Přirozenými nepřáteli květilek jsou parazitoidní blanokřídlý (Muška, 2007).

**Obr. 2.: Květilka řepná (*Pegomya hyoscyamin*)**



<<http://www.biolib.cz/cz/image/id79888/>>

**Obr. 3.: List řepky poškozený minováním larev květilek rodu *Pegomya***



<[http://www.agromanual.cz/userfiles/image/clanky/kazda\\_7\\_2014\\_moreni\\_repky](http://www.agromanual.cz/userfiles/image/clanky/kazda_7_2014_moreni_repky)>

Dalšími škůdci jsou larvy kovaříků neboli drátovci (*Elateridae* sp.), jejichž žluté tuhé larvy, okusují kořeny a rostliny následně hynou (Pekárková, 2002). Larvy kovaříků vyžírají také klíčící semena a překusují celé kořenové krčky (Kazda a Kabíček, 1998). Lze se proti nim bránit návnadami pod fólií a v půdě. Nebo postříkem látek chemické povahy.

Mšice maková (*Aphis fabae*) je také jedním ze škůdců špenátu, černé mšice lze vidět naspodu stočených žlutnoucích listů (Pekárková, 2002). Napadené rostliny se deformují a zpožďují ve vývoji. Při silném napadení poupata a květy zasychají a opadávají (Kazda a Kabíček, 1998). Bezkrídle i okřídlené samičky jsou černozele až černohnědé a přibližně 1,5 až 2,5 mm dlouhé, jak je patrné na obr. 4. Škody způsobují také jako přenašeči fytopatogenních virů. Mšice prezimují ve formě černých vajíček na rostlinách brslenu, kalině nebo pustorylu. V 2. polovině května se pak vyvinutá dvě až čtyři pokolení rozletají na letní hostitele. Přírozenými nepřáteli mšic jsou slunéčka, larvy pestřenek a zlatooček (Muška, 2007). Použitím těsného krytí netkanou textílií, lze zabránit jejich silnému napadení.

**Obr. 4.: Mšice maková (*Aphis fabae*)**



<<http://www.biolib.cz/cz/image/id120166/>>

V dnešní době, lze také za nejčastějšího škůdce všech zelenin, označit slimáky, ty škodí okusem kořenů a především listů (Pekárková, 2002). Požirají jak živá rostlinná pletiva, tak i tlející. Žerou většinou v noci. Mladé listy sežirají celé, do starších vykusují velké nepravidelné otvory. U nás se nejčastěji vyskytují slimáček polní (*Deroceras agreste*) a slimáček síťkovaný (*Deroceras reticulatum*). Na malé ploše lze proti nim aplikovat speciální jedové nástrahy, na větší plochy pak aplikujeme postřík některými postříky chemické povahy (Kazda a Kabíček, 1998). Na malých plochách se proti nim bráníme

agrotechnikou. K pěstování si vybíráme půdy lehké a suché, likvidujeme místa, která by mohla sloužit jako příležitost k úkrytu (Pekárková, 2002).

Kromě výše uvedených slimáčků se také vyskytují druhy z čeledi plzákovití (*Arion*) – plzák hnědý (*Arion subfuscus*), plzák zahradní (*Arion distinctus*), plzák španělský (*Arion lusitanicus*) a slimákovití (*Limax*) – slimák největší (*Limax maximus*). Ten se v Česku poprvé objevil na začátku 90. let minulého století. V celé Evropě se jedná o historicky nejvýznamnějšího a nejaromatictějšího škůdce mezi plži vůbec (Gall, 2006).

**Obr. 5.: Plzák španělský (*Arion lusitanicus*)**



<<http://www.ireceptar.cz/zahrada/choroby-a-skudci/proc-se-plzak-spanelsky-premnozil/>>

Mezi nejčastější choroby patří plíseň špenátová (*Peronospora spinaciae*), která se projevuje světlými skvrnami na listech, na jejich rubu pak šedě fialovým povlakem plísně, jak dokládá obr. 6. Listy hořknou a zasychají. Choroba se rozšiřuje zejména za teplejšího a deštivého počasí, obvykle před podzimní sklizní (Beránek a Smotlacha, 1966). Bráníme se proti ní především mořením osiva, vyséváním řidšího porostu a volbou rezistentních odrůd. Další častou chorobou je skvrnitost listů (*Cladosporium variabile* f. sp. *spinaciae*), kdy na obou stranách listů můžeme pozorovat ohraničené tmavé skvrny. Jako prevenci proti této chorobě se doporučuje za tepla omezit závlahu. Mšice nebo jiný přenašeč mohou na špenát přenést virové onemocnění virovou žloutenku, následkem onemocnění je žloutnutí a křehnutí listů. Tvoří se skvrnitost na listech špenátu, jak lze spatřit na obr. 7 (Pekárková, 2002).

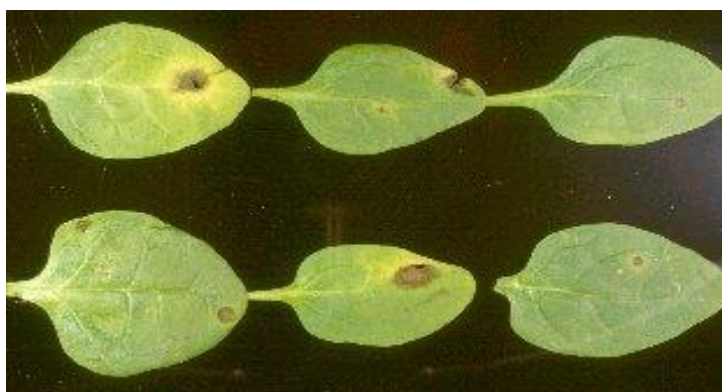


**Obr. 6.: Plíseň špenátová (*Peronospora spinaciae*)**



<<http://pnwhandbooks.org/plantdisease/spinach-spinacia-oleracea-downy-mildew>>

**Obrázek 7.: Skvrnitost špenátu (*Cladosporium variabile* f. sp. *spinaciae*)**



<[http://mtvernon.wsu.edu/path\\_team/newsaug03.htm](http://mtvernon.wsu.edu/path_team/newsaug03.htm)>

## 2.4 Obecná charakteristika stresů

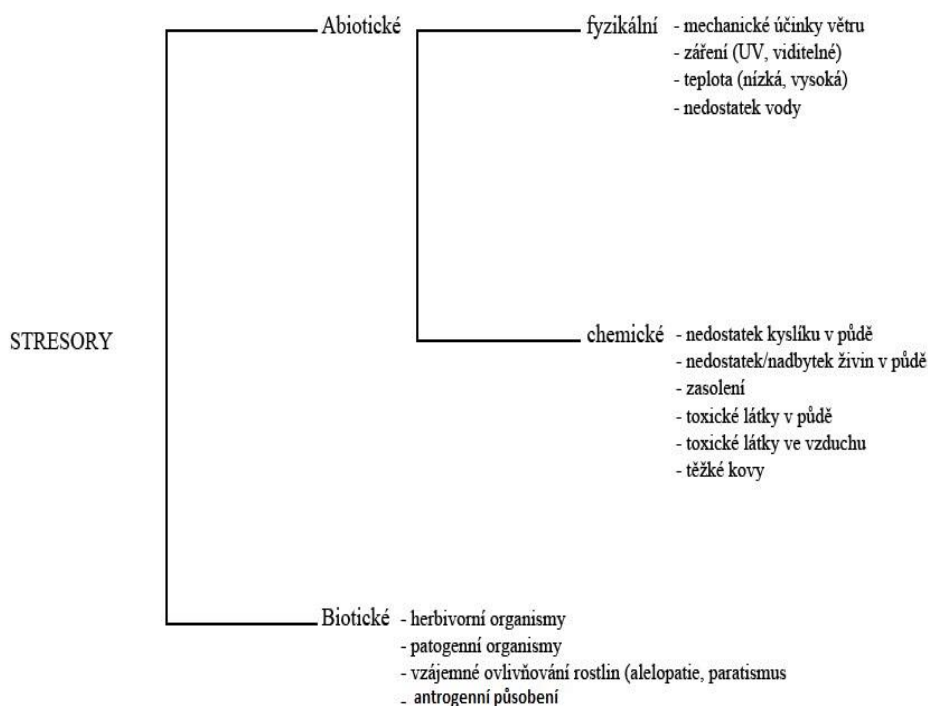
Termín stres se používá pro souhrnné označení stavu, ve kterém se rostlina nachází vlivem stresorů (Bláha a kol., 2003). Nielsen et Orcutt (1996) uvádí, že stres je stav způsobený faktory (stresory), které mění a ovlivňují vyváženou rovnováhu fungujícího organismu. Stresory a stresové faktory jsou extrémní podmínky prostředí, které mohou vyvolat funkční změny u rostlin v takové míře, že vedou k inhibici růstu, fyziologické aklimatizaci, adaptaci nebo nějaké kombinace těchto změn (Nielsen et Orcutt, 1996). Jsou to například negativní vlivy vnějšího prostředí, které působí na rostliny a ovlivňují tak jejich životní funkce. Rozdělení stresorů je uvedeno na obr. 8. Stresované faktory zpomalují nejenom životní funkce, ale následně nepříznivě ovlivňují také výši a kvalitu získaného produktu (Lawlor, 2013).

Stres je fyziologický a biochemický jev, zahrnující změny ve struktuře a funkci na všech úrovních, od velkých molekul jako jsou proteiny a lipidy po složitější organely (chloroplasty, mitochondrie). Dochází také ke změnám na úrovni buňky, pletiva a orgánů, tedy na celé rostlině (Lawlor, 2013).

Stres je nejčastěji způsoben suchem, zasolením, vyšší nebo nižší teplotou, nedostatkem nebo nadbytkem živin a těžkých kovů. Následkem toho jsou morfologické, biochemické, fyziologické a molekulární změny v rostlině. Stres způsobený abiotickými faktory působí na fotosyntézu, respiraci, asimilaci dusíku, syntézu bílkovin, způsobuje poškození membránového systému, změnu rostlinného metabolismu i jiných buněčných procesů. Pokud stres působí dlouhodobě může vést k redukci růstu a v extrémních případech k úhynu rostliny (Madhava et al., 2006).

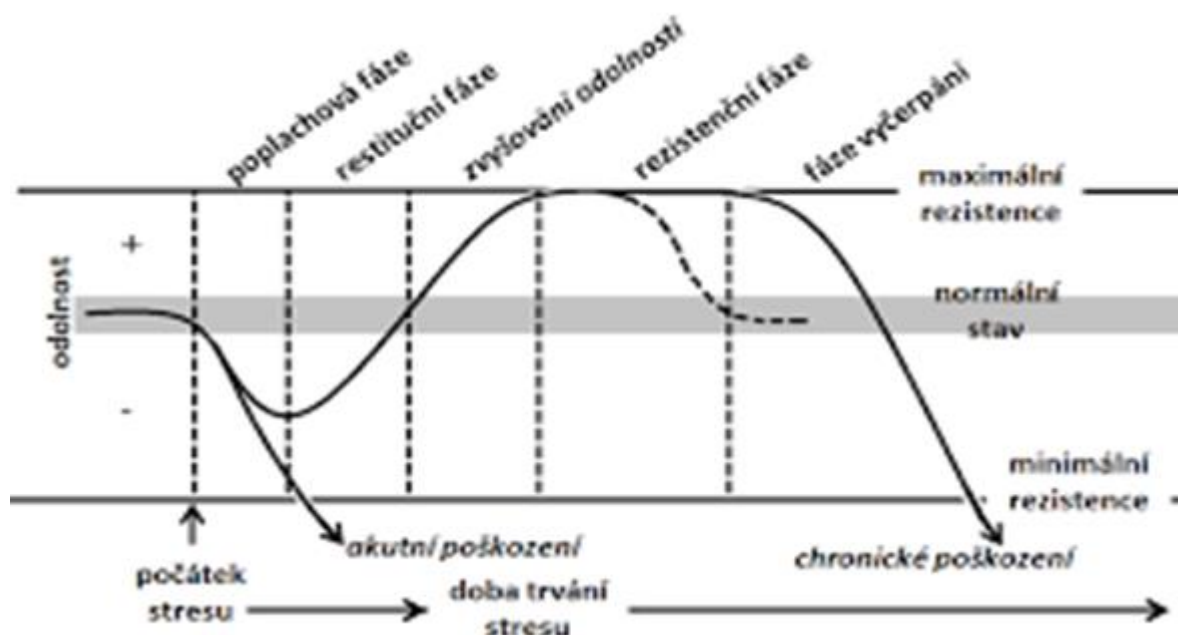
Avšak stres je také hnací silou adaptivní evoluce. V tomto případě působí stres na rostlinu pozitivně a je označován jako Eu – stres. Pozitivní stres lze pozorovat při mírném nedostatku vody, kdy kořenový systém vlivem nedostatku je silnější a vyvinutější, než tomu bývá u rostlin dostatečně zásobených. Opakem je di – stres, kdy stresový stav je silný a dlouhodobý. Tento stres působí na rostlinu negativně (Jones et al., 2008).

**Obr. 8.: Schéma rozdělení stresorů (Pekárková, 2012)**



Ihned po začátku působení stresorů dochází ke změnám ve fyziologických a biochemických procesech rostliny, a také ke změnám anatomickým a změnám ve vývoji rostliny. Tyto změny jsou označovány pojmem stresová reakce. Stresová reakce je dynamickým komplexem reakcí, které odpovídají danému podnětu, a pro každý podnět může být odlišná. Stresová reakce je členěna na několik fází, viz obr. 9 (Larcher, 2003).

**Obr. 9.: Průběh stresové reakce rostlin (Larcher 2003)**



Jsou-li narušeny buněčné struktury a životní funkce, tak se jedná o tzv. poplachovou fázi. Tato fáze začíná bezprostředně po začátku působení vlivu stresoru. V některých případech, kdy je stresor příliš silný, dochází k odumření rostliny. Pokud intenzita působení stresového faktoru nepřekročí letální úroveň, dochází k mobilizaci kompenzačních mechanismů, to označujeme jako fázi restitující. Restitující fáze směřuje ke zvýšení odolnosti vůči působícímu stresoru, je dvojího typu – avoidance a tolerance, nemá vždy trvalý charakter. Fáze vyčerpání nastává při dlouhodobějším působení stresorů, kdy rostlina není schopna stresu dále odolávat a vlivem toho dochází k odumření rostliny (Larcher, 2003).

Mechanismy odolnosti proti stresu lze obecně rozdělit do dvou kategorií. Do první spadají mechanismy zabraňující tomu, aby byla hostitelská rostlina vystavena stresu (avoidance mechanism). Rostlina vytváří mechanickou bariéru, která má převážně pasivní a dlouhodobý

charakter, jedná se hlavně o schopnost vyhnout se stresu. Do druhé skupiny spadá tzv. aktivní obrana rostlin (tolerance mechanism), ta omezuje negativní dopad stresorů až po jejich proniknutí k plazmatické membráně buněk a do symplastu (Levitt, 1980).

Stresové reakce jsou spouštěny podněty (signály), které mají fyzikální nebo chemickou povahu a pro které je v buňce vhodný receptor. Přenos signálu se děje z receptoru ke konečným efektorům, obvykle proteinům, na kterých bezprostředně závisí nějaká fyziologická funkce, např. enzymy primárního i sekundárního metabolismu, transportní proteiny v membránách, transportní faktory ovlivňující expresi genů (Petříková a kol., 2012). Stresové podmínky, zvláště vodní stres, mohou také vést k tvorbě reaktivních forem kyslíku (ROS), jedná se vysoce reaktivní produkty, které jsou generovány v důsledku postupného snížení molekulárního kyslíku vystavením vysoké energii, nebo jako výsledek přenosu elektronů chemických reakcí. ROS v rostlinách byly navrženy jako klíčové regulátory růstu, vývoje a jako obranné dráhy. Avšak zvýšená produkce ROS v průběhu biotických stresů může představovat hrozbu pro buňky, neboť způsobuje peroxidaci lipidů, oxidaci proteinů, poškození nukleových kyselin a nakonec způsobuje smrt buňky. ROS jsou tedy chápány jako buněční indikátoři stresu (Pessarakli, 2011).

Velký význam pro toleranci vůči stresu mají semena a kořeny rostlin. Dobře vyvinuté kořeny a vysoký energetický potenciál klíčivosti semen poskytuje rostlinám uniknout před stresem již v průběhu začátku růstu, a to zejména v období sucha, tento stav se u rostlin nazývá stres escape. Tyto semena pak dávají záruku vysoce kvalitního kořenového systému (Hnilička, 2013).

Na rostlinu působí obvykle několik faktorů o různé intenzitě současně. Působení stresorů bývá obvykle omezeno na část rostliny, ve které dochází k lokální stresové reakci, např. vliv vysoké teploty se projeví pouze na nadzemní část (snížení turgoru, vadnutí), kdežto kořeny tímto stresorem ohroženy tak výrazně nejsou. Také při působení biotických stresorů můžeme nalézt lokální reakci, kdy patogenní organismy mohou napadat pouze určitou část rostliny (Petříková a kol., 2012).

Reakce rostlin na stresové podmínky jsou podmíněny nejen povahou a intenzitou faktorů prostředí, ale také vývojem druhu a genotypem. Druhy citlivé na stres jsou většinou eliminovány přirozenou selekcí. Dormance je jednou z nejběžnějších metod přečkání, či vyhýbání se stresu (Jones et al., 2008).

## 2.5 Vodní deficit - obecná charakteristika

Kůdela a kol. (2013) popisuje vodní deficit jako zatížení rostlin nedostatkem vody. Vodní deficit tedy krátkodobá situace nastává tehdy, kdy rychlost transpirace je vyšší než míra absorpce vody, která může být ovlivněna řadou procesů v půdě a atmosférickými vlastnostmi (Nielsen et Orcutt, 1996). Další definici vodního deficitu popisují Petříková a kol. (2012), kdy konstatují, že vodní deficit vzniká při nedostatku vody, suchu a přisušku, přičemž je jedním z nejvýznamnějších stresorů, který působí na rostliny.

Sucho je obecné označení pro nedostatek vody v krajině a je vyvoláno nedostatkem atmosférických srážek. Sucho nelze definovat jednoznačně, lze vycházet z několika hledisek, které na sebe navazují. Sucho lze rozdělit na sucho agronomické, což je nedostatek vody v půdě, který se projevuje nízkou půdní vlhkostí. Fyziologické sucho je obdoba sucha agronomického, kde zohledňujeme fyziologické potřeby jednotlivých druhů rostlin. Některé vlastnosti vody (pevné skupenství, vysoká koncentrace rozpuštěných látek aj.) nebo půdy (jílovitost, malá velikost zrn) mohou rostlinám bránit v příjmu vody. Sucho lze definovat také pomocí meteorologických prvků, především srážek, pak mluvíme o suchu meteorologickém. To vzniká následkem dlouhých nebo často se opakujících suchých období, kde důležitou roli hraje především výpar <<http://slovník.cmes.cz/>>.

Sucho je stav, kdy má rostlina nedostatek vody a tím u ní dochází k vodnímu deficitu. V řadě zemí je právě sucho značným problémem, který ovlivňuje jak přirozené ekosystémy, tak i produkci kulturních rostlin. Rozhodující je pro rostlinu kdy sucho nastalo, jestliže suchem trpí již od počátku růstu, je vliv vodního stresu silnější. Neboť rostlina má pod jeho vlivem hlouběji pronikající kořenový systém, silnější kutikulu, méně průduchů a menší listovou plochu. Suchem trpí rostliny především v zimním období, kdy je nedostatek vody dán tím, že veškerá voda se vyskytuje v pevném skupenství, jež rostlina není schopna přijmout (Hnilička a kol., 2003).

U zelenin, ale i u jiných druhů kulturních rostlin, jsou vodní deficit a teplo hlavními limitujícími faktory, které snižují výnosový potenciál. Výnos chápeme jako výsledek komplexního působení vzájemně se ovlivňujících činitelů. Maximálního výnosového potenciálu lze dosáhnout jen v případě optimálního působení všech zúčastněných faktorů. Vlivem povětrnostních podmínek v ČR, kdy se střídá oceánské klima s kontinentálním, k ideální situaci téměř nedochází. Rostliny jsou vystavovány náhlým změnám a výkyvům, trpí tedy neustále stresem, což klade vysoké nároky na rychlost adaptace rostlin a na široké

adaptační rozpětí jednotlivých genotypů odrůd pěstovaných druhů zeleniny (Hnilíčková, 2003).

Vodní zdroje jsou nejenom u nás, ale po celém světě značně omezené, uvádí se, že 61 % povrchu zemského má méně jak 500 mm srážek ročně. V současné době více než 40 % potravin pochází ze zavlažovaných ploch. V zemích EU v oblasti středoziemního moře je pro zvlahy využíváno dokonce více než 70 % vodních zdrojů (Bláha, 2008). V řadě zemí a také v České republice se více vody spotřebovává, než se obnoví z přirozených zdrojů (Petříková a kol., 2012).

Na našem území jsou srážky proměnlivé především v závislosti na nadmořské výšce. Nejnižší srážkové úhrny jsou v okolí Žatce, kde nejnižší průměrný roční úhrn srážek má hodnotu 410 mm a je to nejsušší oblastí republiky. Podle aritmetického průměru jsou tedy na našem území roční srážky 1050 mm. Důležitým ukazatelem je ale plošný úhrn srážek, který se v současné době pohybuje průměrně okolo 730 mm za rok. Pokles srážek zákonitě vyvolává zvýšení aridity (převahy výparu nad srážkami) prostředí, to znamená snížení vlhkosti vzduchu a půdy, a tím i množství vody přístupné pro rostliny <portal.chmi.cz>.

## **2.6 Vliv vodního deficitu na rostliny**

Rostlina obecně potřebuje na tvorbu nové hmoty kolem 0,5 %, ale i méně přijaté vody a zbytek, tj. 99,5 % potřebuje na doplnění vypařené nebo gutací uvolněné vody (Nielsen et Orcutt, 1996). Rostliny využívají vodu především z půdy, je tedy důležité znát množství vody, jež půda rostlinám poskytuje. K odhadu množství dostupné vody v půdě se využívají hydrolimity.

Hydrolimity jsou hodnoty vlhkosti půdy, které byly dosaženy za určitých podmínek a jsou definovány pro určité vlhkostní potenciály. Jsou to např. polní kapacita, bod snížené dostupnosti a bod trvalého vadnutí. Obsah vody v půdních pórech (kapilární voda) držený proti působení zemské přitažlivosti se označuje jako polní kapacita čili horní hranice schopnosti půdy udržet vodu (Štekauerová a kol., 2002). Dolní limit je dán bodem trvalého vadnutí. Rostliny již nejsou schopny vyvinout sací sílu k odčerpání vody z užších půdních pórů. Hodnota půdní vlhkosti, při které rostliny odumírají, se označuje jako bod trvalého vadnutí (Stojanov, 1960).

Při působení vodního deficitu dochází u rostlin k vadnutí vlivem snížení turgoru v buňkách, to se projevuje především svěšením listů a ohýbáním vegetačního vrcholu. Dalším

projevem nedostatku vody v rostlině je žloutnutí a usychání spodních listů, které mají nejvyšší obsah vody. Voda je z nižších listů odčerpávána do mladších výše postavených (Penka, 1985). Vodní deficit snižuje aktivitu všech enzymů v rostlině a zpomaluje růst rostliny.

Vodní deficit často také nastává vlivem teplého počasí, jež má za následek nadměrné odpařování vody z rostlin. Do jisté míry, je ale nadměrné slunečné záření pozitivním prvkem, rostlina tvoří více biomasy a zvyšuje tak výnos (Tardiee et al., 2014). Vlastní příjem vody rostlinou je závislý také na půdní reakci, obsahu živin a solí v půdě, a proto je vodní stres často ovlivněn i zasolením (Petříková a kol., 2012). Míra a reakce rostlin na vodní deficit se odvíjí od množství vody ztracené, míry ztráty a trvání stavu (Bray, 1997). Nejcitlivěji na vodní deficit reaguje dlouhivý růst buněk, což je ovlivněno ztrátou turgoru a zastavením růstu, jež má za následek hromadění nevyužitých asimilátů (Hniličková, 2003). Jakýkoliv nedostatek vody vede ke změnám buněčného obsahu, zvýšení koncentrace buněčné šťávy a k postupné dehydrataci protoplazmy (Brestič a Olšovská, 2001).

K měřitelnému zpomalení růstu dochází, když turgor klesne již o 0,1 až 0,2 MPa. K úplnému zastavení růstu dochází při poklesu turgoru na -0,3 až -0,4 MPa, tedy dříve než dojde k zjevnému vadnutí listu či k ovlivnění hlavních metabolických procesů, včetně fotosyntézy. Při dalším poklesu vodního potenciálu buněk na hodnotu -0,2 až -0,8 MPa se snižuje aktivita enzymů nitrareduktázy a naopak stoupá činnost alfa amylázy, ribonukleázy a hydrolázy (Hnilička a kol., 2003).

Snižuje se syntéza proteinů a cytokininů. Při větším poklesu vodního potenciálu k hodnotám okolo -1,0 MPa dochází u mnoha druhů rostlin k tvorbě cukrů, alkoholů a dalších sloučenin. Během vodního stresu se zvyšuje degradace chlorofylu a klesá jeho koncentrace, dále je omezen transport látek, akumulace sušiny, hromadění energeticky bohatých látek, a také toxických látek (Hnilička a kol., 2003). V rostlinách, které jsou vystaveny stresu se dále zvyšuje koncentrace iontů  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Cl^-$  a proteinu prolínu (Slama et al., 2006).

Při delším nedostatku vody se začínají projevovat i další metabolické změny a to především u fotosyntézy, kdy dochází k jejímu snižování v důsledku nestomatální ale i stomatální inhibice, k omezení výdeje vody transpirací a transportních pochodů v buňce (Tanaka et al., 2005). Dochází také k omezování příjmu  $CO_2$ . Bylo zjištěno, že k nestomatální inhibici může také docházet dočasným působením zvýšené koncentrace  $CO_2$  v mezibuněčném prostoru, což je příčinou uzavření průduchů (Hnilička a kol., 2003).

U cévnatých druhů rostlin se jedná o inhibici příjmu CO<sub>2</sub> vlivem světla. Zavírání průduchů omezuje výměnu plynů, při postupném vysychání příjem CO<sub>2</sub> dosahuje normálních rychlostí jen v úzkém rozsahu dostatečného zásobování vodou. Mimo tento rozsah příjem klesá a nakonec může dojít k zastavení příjmu (Hnilička a kol., 2003).

Snížení rychlosti fotosyntézy a uzavření průduchů se projevuje snížením výnosu. Déle trvající vodní deficit má za následek trvalé vadnutí rostliny, a rostlina již není schopna obnovit turgor (tlakový potenciál) v buňkách pletiv (Hnilička a kol., 2003).

Rostliny se adaptují na negativní podmínky vnějšího prostředí nejenom změnami anatomickými, morfologickými a metabolickými charakteristikami rostlin, ale hlavně je adaptace rostlin ovlivňována fytohormonálně a to především kyselinou abscisovou (ABA), kdy při působení vodního deficitu dochází až k 40násobnému zvýšení její koncentrace (Nielsen a Orcutt, 1996). Fytohormony jsou přirozeně se vyskytující skupina organických sloučenin, které ve velmi nízkých koncentracích regulují fyziologické procesy rostlin. (Rotrekl, 1998). Dalšími svojí funkcí podobnými hormony jako je kyselina abscisová (ABA) jsou ethylen, kyselina jasmonová (JA), a kyselina salicylová (SA). Tyto tzv. stresové hormony inhibují buněčné dělení, potlačují růst, aby bylo možné lepší přerozdělení omezených zdrojů pro energeticky náročné obranné reakce (Pessarakli, 2011).

Mezi základní fytohormony se řadí: již zmíněná kyselina abscisová (ABA), kyselina jasmonová (JA), kyselina salicylová (SA), ethylen a dále auxin, cytokinin, gibereliny a nedávno identifikované brassinosteroidy. Jejich syntéza a akumulace jsou přísně regulované. Z místa syntézy jsou transportovány xylémem nebo floémem do ostatních částí rostliny. V cílových buňkách jsou rozpoznávány transmembránovými nebo intracelulárními receptory. Hormonální signalizace, zejména signalizace zprostředkovaná kyselinou salicylovou a jasmonovou, je rozhodující v obraně rostlin proti abiotickým i biotickým stresům (Shanker et Venkateswarlu, 2011).

Kyselina abscisová (ABA) je fytohormon, který reguluje vývojové a metabolické procesy. Důležitou regulační schopnost má za stresových podmínek, sucha, chladu a nevhodných osmotických podmínek a imisí (Podlešáková a kol., 2012). Pokud se aplikuje ABA, rostliny krátce na to zavírají průduchy a snižují rychlost fotosyntézy a transpirace. U takto ošetřených rostlin dochází ke zpomalení progresu ve vývoji vodního stresu. Rostliny tak dosahují v pozdější fázi vodního stresu vyšší rychlost fotosyntézy při prakticky stejné efektivitě využití



vody jako u rostlin stresovaných suchem, ale neošetřených růstovými regulátory (Hejnák, 2010).

Kyselina jasmonová (JA) a její deriváty se také významně podílí na regulaci růstu rostlin při změně stávajících vnějších nebo vnitřních podmínek. Tyto deriváty vznikají oxidací lipidů a stimulují obranný a adaptační mechanismus rostlin (Podlešáková a kol., 2012). Změna koncentrace kyseliny jasmonové v rostlině poukazuje na působení stresoru na určité části rostliny. Snížení koncentrace, ale i jiné změny (změna pH, změna koncentrace organických kyselin, cukrů aj.) jsou pro rostlinu signálem pro uzavření průduchů, čímž se snižuje transpirace. Snížení transpirace pomáhá rostlině překonat období stresu ze sucha (Schachtman et Goodger, 2008). Dále se kyselina jasmonová podílí na rezistenci rostlin k nekrotrofním patogenům (Šašek a kol., 2007).

Kyselina salicylová se nachází v rostlinném pletivu, je to jednoduchá chemická sloučenina, betahydroxykyselina. Má regulační vliv a funkci, stejně jako kyselina jasmonová, přirozené signální molekuly při indukci rostlinného obranného systému. Volná kyselina salicylová inhibuje katalázu a následkem toho se zvyšuje vnitrobuněčná hladina  $H_2O_2$  (peroxid). Peroxid návazně na to indukuje geny zapojené do rostlinné obrany (Rotrekl, 1998).

Brassinosteroidy jsou steroidní rostlinné hormony, aktivují dlouhivý růst a stimulují buněčné dělení. Působí příznivě při nenadálých stresech v polních podmínkách, při nízkých a extrémních teplotách, za sucha a na chudých půdách (Hradecká a kol., 2009). Pozitivně se na klíčících rostlinách projevuje aplikace 24-epibrassinilidu, u polních pokusů, bylo sledováno, že kořeny jsou větší a to často i přes nečekanou a atypicky sníženou počáteční energii klíčení a růstu kořenů. Pozitivně se aplikace 24-epibrassinilidu projevuje také na růstu rostlin a tvorbě semen (Bláha a kol., 2005). U stresu způsobeným suchem nebo naopak přemokřením substrátu má aplikace 24-epibrassinolidu pozitivní vliv na akumulaci sušiny, po určité době snižuje produkci ethylenu a také endogenní hladinu kyseliny abscisové (ABA), což je v souladu s předpokladem, že méně stresované rostliny mají nižší endogenní obsah kyseliny abscisové (ABA) a uvolňují méně ethylenu (Vlašánková a kol., 2003).

Role auxinu je v udržování polarity a koordinovaného růstu rostliny. To spočívá v toku auxinu rostlinou od vrcholu ke kořenům. Směřovaný transport auxinu ve stonkových vrcholech určuje pravidelné postavení listů kolem stonku. Fytohormon cytokinin ve stonkových vrcholech podporuje dělení buněk. Dostatečná hladina cytokininu pomáhá zachovat kmenové buňky jako rezervoár nediferencovaných buněk pro další dělení. Giberelin

vyvolává dělení, ale i prodlužování buněk. Stimuluje růst stonku a vyvolává kvetení (Seidlová, 2011).

Bhatt et al. (2013) ve své práci uvádějí, že aby rostliny byly vůči vodnímu stresu odolné, je úsilí o vytvoření hybridních odrůd, které budou za vodního stresu prospívat a vytvářet množství biomasy jako rostliny, které vodním deficitem netrpí. Jejich prací bylo dokázáno, že pokud vystavíme rodičovské rostliny a jejich hybridní potomstvo vodnímu stresu, hybridní potomstvo si vede lépe, má určitou převahu na svými rodiči pokud jde o hmotnost čerstvé hmoty a hmotnost plodů a semen.

### **3. Cíl práce a hypotézy**

Z výše uvedeného vychází, že nedostatek vody a následný vodní deficit jsou významnými faktory, které limitují její produkci. V budoucnu bude na racionální využívání vody kladen stále vyšší důraz. Proto se hledají možnosti jak kromě závlah řešit negativní dopad sucha na výnos a kvalitu zemědělské produkce. Mezi tyto možnosti se řadí šlechtění na vyšší adaptabilitu a tím i vyšší odolnost rostlin k suchu, využívání agrotechnických opatření (výběr odolnějších odrůd, dodržování správné agrotechnické praxe), ale také třeba použití antistresových látek.

#### **Cílem práce je stanovit:**

- změny rychlosti výměny plynů a WUE (efektivita využití vody) sledovaných genotypů ve vztahu k vodnímu deficitu
- vliv odrůdy na rychlost výměny plynů a WUE.

#### **Hypotézy:**

Na vodní deficit velmi citlivě reagují zeleniny, které mají vyšší nároky na vodu, a proto byly stanoveny následující hypotézy:

- Existují mezi genotypové rozdíly v reakci na vodní deficit?
- Existují rozdíly v rychlosti výměny plynů a WUE při působení vodního deficitu?

## 4. Metodika

Během pokusu byl sledován vliv krátkodobého vodního deficitu a následné rehydratace na rychlost transpirace, výměny plynů a efektivitu využití vody u rostlin špenátu setého.

### 4.1 Charakteristika pokusného materiálu

Pokusným materiálem byly tři odrůdy špenátu setého: Misano F1, Monores a Matador. Osivo uvedených odrůd bylo získáno z komerčního prodeje.

Použité odrůdy špenátu:

Misano F1

Tato hybridní odrůda je vhodná zejména pro jarní výsev, ale také pro podzimní přezimování. Je odolná proti vybíhání do květu a její vegetační doba u jarního výsevu se odhaduje na 40 až 50dní. Vyznačuje se rychlerostoucími vzpřímenými oválnými hladkými listy sytě zelené barvy, viz obr. 10 a 11. Na pěstování není nijak náročná. Vyhovuje jí slunné stanoviště, vlhčí zásadité dobře prohnojené půdy, přiměřená záливka a občasné přihnojení hnojivem pro listovou zeleninu <<http://www.neoseeds.cz/cz/search/0/rozsirenevyhledavani.htm?search=get&text=monorest>>.

**Obr. 10. - 11.: Pokusný materiál, rostlina odrůdy Misano F1**



Zdroj: autor práce

Monores

Je to raná odrůda vhodná pro jarní i podzimní výsev. Vykazuje dobrou odolnost proti vymrzání. Tato odrůda tvoří střední až mohutnou rostlinu s polovzpřímenými až vzpřímenými listy. Listy jsou oválné se zakulacenou špičkou, bublinaté a světle zelené, viz obr. 12 a 13. Vegetační doba je přibližně 52 dní u jarní kultury, u podzimní 65 dní a u zimní 240 dní. Ze 100m<sup>2</sup> lze sklídit z jarní sklizně 200 kg, z podzimní 180 kg, ze zimního pěstování 240-250 kg listové hmoty. Tato odrůda má také dobrou odolnost k plísni špenátové i k vybíhání do květu. Počáteční růst je rychlý a umožňuje tak časté sklizně <http://www.semo.cz/homegardencz/index.php?s=&druh=43&odruda=3901>. Odrůda Matador byla prvně zaregistrována 5. 5. 1941, jejím udržovatel je firma Sempra Praha a.s., která 6. 4. 2007 požádala o prodloužení registrace [eagri.cz/public/app/sok/odrudyNouRL.do](http://eagri.cz/public/app/sok/odrudyNouRL.do).

**Obr. 12. - 13.: Rostlina odrůdy Monores, pokusný materiál**



Zdroj: autor práce

Matador

Tato odrůda patří k velmi oblíbeným. Je polopozdní, vhodná pro jarní i podzimní výsev. Rostliny této odrůdy jsou středně velké a mají širokou růžici. Listy mají lopatovitý tvar, jsou lesklé a stejnoměrně bublinaté, viz obr. 13 a 14. Odrůda Matador je vhodná pro jednorázovou sklizeň <http://www.semena-rostliny.cz/blog/108-zdravy-spenat-ze-zahonu>. Spolehlivě přezimuje a je odolný k vybíhání do květu <http://www.semo.cz/homegardencz/index.php?s=&druh=43&odruda=3902>. Odrůda Matador byla registrována 13. 5. 1981 a jejím udržovatelem je firma Seva – Flora s.r.o. [eagri.cz/public/app/sok/odrudyNouRL.do](http://eagri.cz/public/app/sok/odrudyNouRL.do).

**Obr. 13. - 14.: Rostlina odrůdy Matador, pokusný materiál**



Zdroj: autor práce

## **4.2 Založení pokusu**

Rostliny špenátu setého byly nejprve předpěstovány (viz obr. 15) v částečně řízených podmínkách skleníku Fakulty agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů, katedry botaniky a fyziologie rostlin. V klimatizované komoře Conviron CM6050, katedry botaniky a fyziologie rostlin, byl založen vlastní pokus. Teplotní režim byl nastaven na 21 °C ve dne a v noci na 17 °C. Světelný režim byl nastaven na 16 hodin světla a 8 hodin tmy. Maximální osvětlení v klimaboxu bylo 800  $\mu\text{mol}$ , při 75 % vlhkosti vzduchu.

Schéma pokusu zahrnovalo dvě varianty: kontrola a stres. Rostliny z kontrolních podmínek byly pěstovány v substrátu, který byl po celou dobu pokusu zavlažován cca 250 ml zálivky. U rostlin stresovaných byla zálivka přerušena na dobu 10 dnů, kdy byl substrát ponechán přirozenému vysychání. Po 10 dnech byla u stresovaných rostlin opět obnovena zálivka (rehydratace) na úroveň kontrolních rostlin.

Kontrolní a pokusné rostliny byly pěstovány v nádobách o velikosti 11x11 cm (viz obr. 16) ve směsi pěstebního substrátu A a křemičitého písku (2:1). Pěstební substrát A se vyznačuje pH 5,0 – 7,0, kde spalitelné látky tvoří min. 50 %, částice nad 20 mm max. 5 %, vlhkost max. 65,0 % a elektrická vodivost ve vodním výluhu 1:25 je max. 1,2  $\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ . A je obohacený

o živiny N 80–120 mg l<sup>-1</sup>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 50–100 mg l<sup>-1</sup>, K<sub>2</sub>O 100–150 mg l<sup>-1</sup>. Rostliny byly pěstovány ve 4 opakováních a jejich rozmístění vycházelo z metody Latinského čtverce.

**Obr. 15. - 16. : Založení pokusu**



Zdroj: autor práce

### **4.3 Metodika měření fyziologických charakteristik**

#### **Měření rychlosti výměny plynů**

U pokusných rostlin byla ve dvoudenním intervalu sledována rychlost výměny plynů, jak je patrné z obr. 16 a 17. Rychlost výměny plynů byla měřena na listové ploše rostlin gazometricky infračerveným přenosným analyzátozem plynů Lpro+ (ADC Bioscientific, Hodson, Velká Británie). Měření probíhalo vždy v dopoledních hodinách, dle metodických postupů Holá a kol. (2010).

Přístroj LCpro+ pracuje na principu využití nerozptýleného infračerveného záření pro měření CO<sub>2</sub>. To znamená, že CO<sub>2</sub> absorbuje záření v infračervené oblasti v poměru ke koncentraci plynu. Vzorek měřeného plynu prochází buňkou. Rychlost fotosyntézy a transpirace je poté automaticky vypočtena přístrojem z průtoku vzduchu a změny koncentrace CO<sub>2</sub> mezi vstupem a výstupem.

**Obr. 16. - 17.: Měření výměny plynů přenosným analyzátozem**



Zdroj: autor práce

### **Efektivita využití vody – WUE**

WUE (odvozeno z anglického termínu Water Use Efficiency), neboli efektivita využití vody, je limitním cílem, podle kterého se řídíme při výpočtu potřeby vody při zemědělské činnosti. Pozitivní spojení mezi WUE a celkovým výtěžkem biomasy v suchém prostředí ukazuje, že zvýšení příjmu vody rostlinou by mělo za následek vysoký výnos (Shabala, 2012).

Fyziologická definice WUE odpovídá tzv. okamžité efektivitě využití vody na základě výměny plynů v listu (Condon et al., 2004). WUE je bezrozměrná veličina, je definovaná jako podíl intenzity fotosyntézy k intenzitě transpirace a vypočítá se podle rovnice:

$$\text{WUE} = \text{intenzita fotosyntézy (příjem CO}_2\text{)}/\text{intenzita transpirace (výdej H}_2\text{O)}$$

intenzita fotosyntézy je zde vyjádřena jako změna koncentrace CO<sub>2</sub> na jednotku listové plochy za jednotku času ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) a intenzita transpirace je vyjádřena jako změna koncentrace H<sub>2</sub>O na jednotku listové plochy za jednotku času ( $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) (Zámečník, 2007).

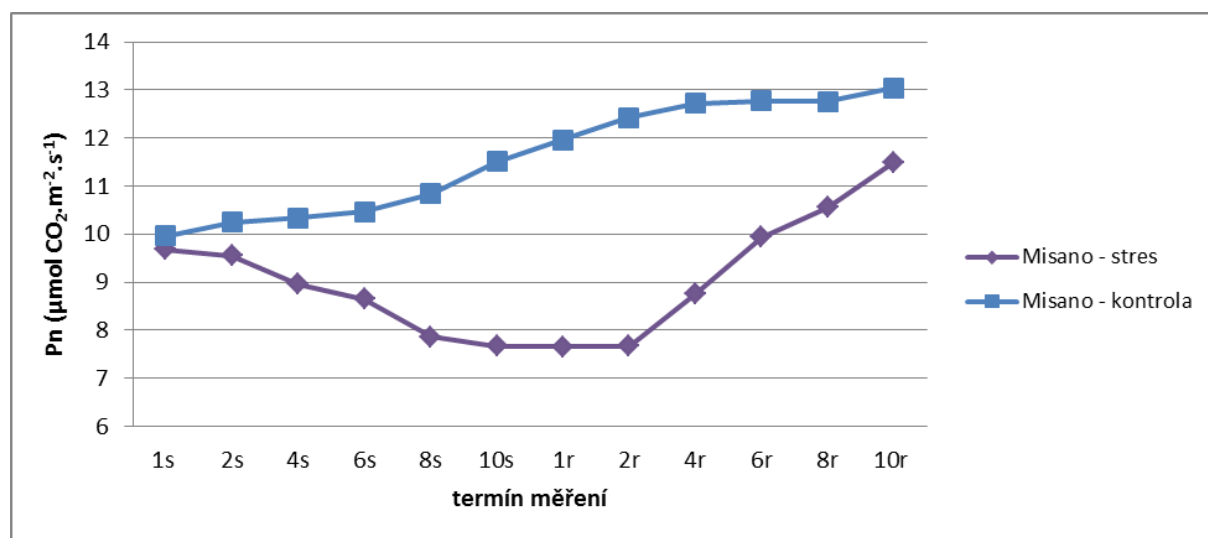
## 5. Výsledky

U vybraných odrůd špenátu setého byl sledován vliv krátkodobého působení vodního deficitu a následné rehydratace na rychlost fotosyntézy ( $P_n$ ), transpirace ( $E$ ) a efektivitu využití vody ( $WUE$ ).

### 5.1 Fotosyntéza

Jak je patrné z grafu 1, u kontrolní rostliny odrůdy Misano se rychlost fotosyntézy ( $P_n$ ) zvyšovala již od prvního dne měření ( $9,96 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ) a tento nárůst pokračoval po celou dobu měření. Na konci sledovaného období byla rychlost fotosyntézy  $13,04 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ .

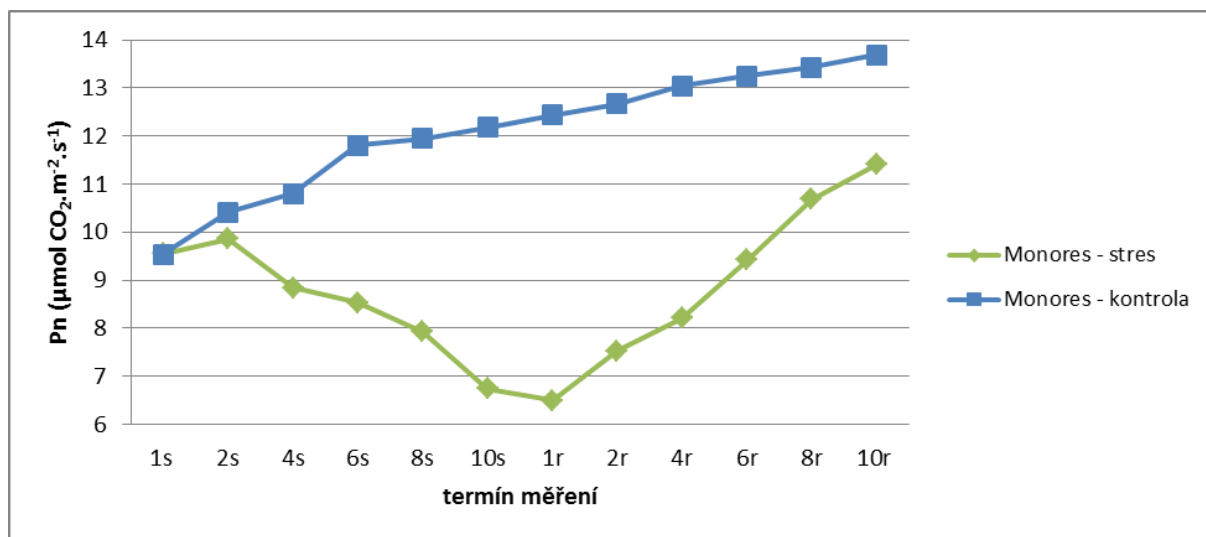
**Graf 1. : Vliv variant pokusu a doby působení stresu na rychlost fotosyntézy ( $\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ) špenátu setého odrůdy Misano**



U stresované varianty bylo vlivem vodního deficitu pozorováno snižování rychlosti fotosyntézy již od 1. dne působení stresu. Na počátku sledovaného období byla rychlost fotosyntézy stresovaných rostlin ve výši  $9,67 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ . Vlivem působení vodního deficitu docházelo k postupnému snižování rychlosti fotosyntézy. Nejnižší hodnota byla naměřena 1. den rehydratace ( $7,65 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ). Vlivem rehydratace se rychlost fotosyntézy opět zvyšovala z hodnoty  $7,76 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  (2. den rehydratace) na hodnotu  $11,49 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  (10. den rehydratace), jak dokládá graf 1.



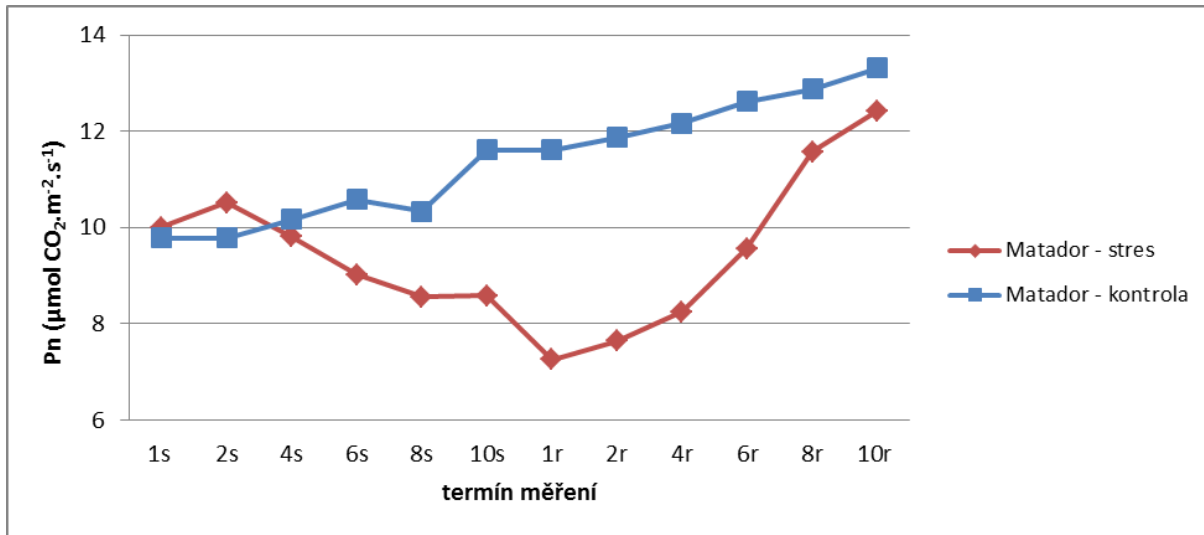
**Graf 2. : Vliv variant pokusu a doby působení stresu na rychlost fotosyntézy ( $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ) špenátu setého odrůdy Monores**



Z 2. grafu vyplývá, že u kontrolních rostlin odrůdy Monores docházelo stejně jako u odrůdy Misano k mírnému nárůstu rychlosti fotosyntézy již od 1. dne měření ( $9,54 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ). Tento nárůst pokračoval po celou dobu měření. Na konci sledovaného období byla rychlost fotosyntézy  $13,68 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ .

U stresované varianty byl naopak zaznamenán pokles rychlosti fotosyntézy během období působení vodního deficitu, neboť rychlost fotosyntézy byla v tomto období v intervalu hodnot od  $9,86 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  (2. den působení stresu) do hodnoty  $6,74 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  (10. den působení stresu). První den rehydratace se rychlost fotosyntézy snížila na hodnotu  $6,49 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ . Vlivem rehydratace se rychlost fotosyntézy začala opět zvyšovat z hodnoty  $6,49 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  (1. den rehydratace) na hodnotu 10. den rehydratace se hodnota zvýšila na nejvyšší hodnotu (10. den rehydratace)  $11,41 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ , jak dokládá graf 2.

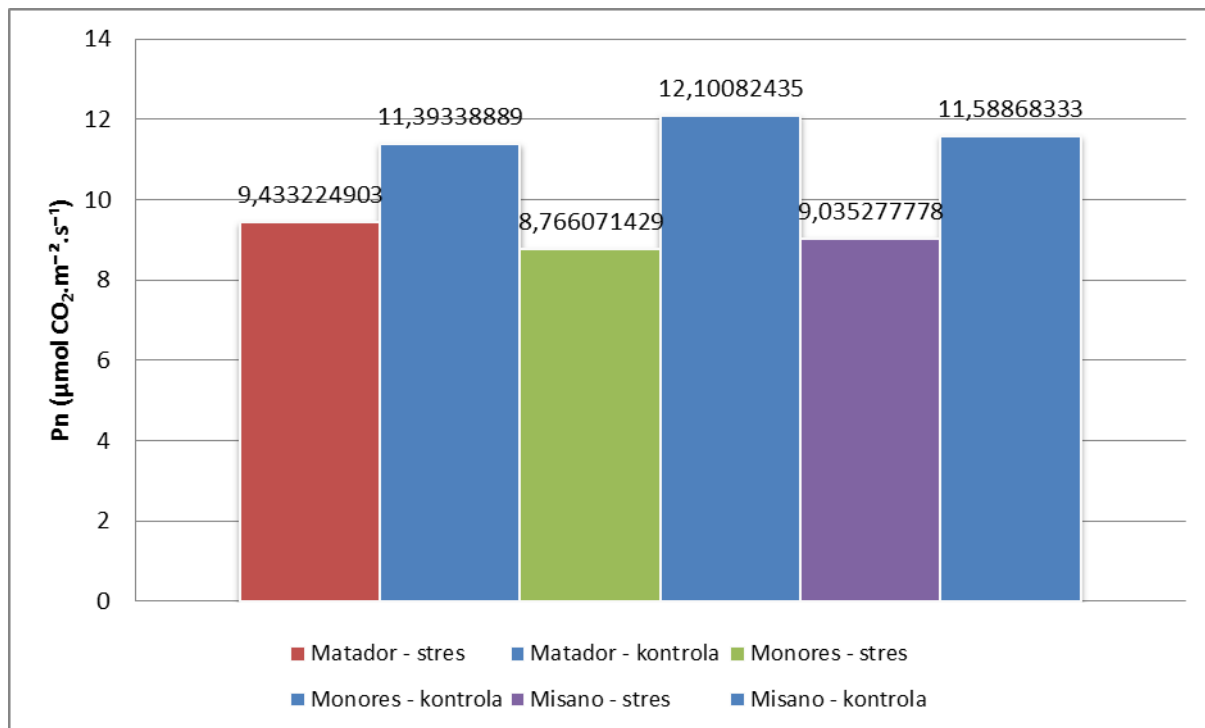
**Graf 3.: Vliv variant pokusu a doby působení stresu na rychlost fotosyntézy ( $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ) špenátu setého odrůdy Matador**



Z grafu 3 je patrné, že rychlost fotosyntézy kontrolních rostlin byla po dobu prvních pěti dnů relativně stabilní, přesto je zaznamenáno její zvyšování. V tomto období byl interval naměřených hodnot fotosyntézy  $9,78 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  (1. den navození stresu) až  $10,56 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  (6. den působení stresu). V 8. den stresu se rychlost fotosyntézy kontrolních rostlin špenátu snížila na hodnotu  $10,34 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ . Od následujícího termínu měření až do konce sledovaného období se rychlost fotosyntézy zvyšovala z  $10,34 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  na  $13,32 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ .

U stresované varianty odrůdy Matador byla na počátku sledovaného období rychlost fotosyntézy stresovaných rostlin ve výši  $9,99 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ , jak dokumentuje graf 3. Z uvedeného grafu je dále patrné, že vlivem působení vodního deficitu se rychlost fotosyntézy snižovala od 2. dne stresu ( $10,56 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ) až do 10. dne stresu ( $8,58 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ). První den rehydratace se rychlost fotosyntézy ještě snížila na hodnotu  $7,25 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ . Avšak vlivem následné rehydratace se rychlost fotosyntézy zvýšila z hodnoty  $7,25 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  (1. den rehydratace) na hodnotu  $12,42 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  (10. den rehydratace).

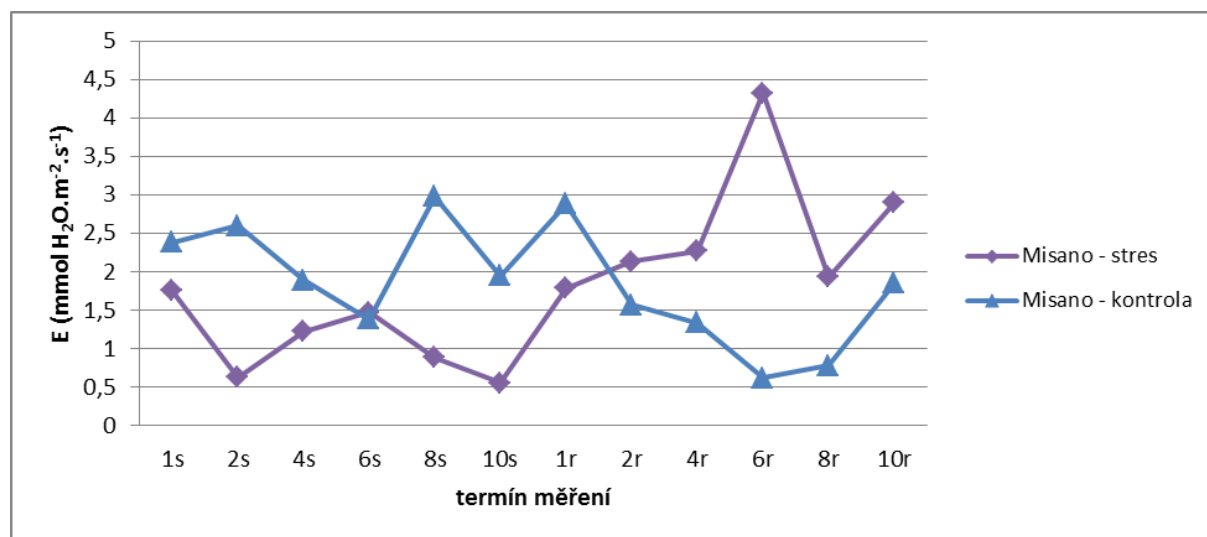
**Graf 4.: Průměrné hodnoty rychlosti fotosyntézy ( $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ) v rámci pokusných odrůd a jejich variant**



Z grafu 4, který zobrazuje průměrné hodnoty rychlosti fotosyntézy je patrné, že stresované rostliny vykazují nejnižší hodnoty. U odrůdy Monores varianty stresované byla naměřena průměrně nejnižší hodnota fotosyntézy ve výši  $8,76 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  v porovnání s ostatními odrůdami. Naopak stresovaná rostlina odrůdy Matador dosahovala v průměru nejvyšší hodnoty  $9,43 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ . Nejvyšší hodnoty  $12,10 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  ze všech odrůd a variant dosahovaly kontrolní rostliny odrůdy Monores, jak dokládá graf 4. Nejvýraznější snížení mezi variantami bylo zaznamenáno u odrůdy Monores. U této odrůdy rozdíl v rychlosti fotosyntézy v neprospěch stresovaných rostlin činil 27,6 %. Na straně druhé nejnižší rozdíl mezi variantami byl zjištěn u odrůdy Matador. V tomto případě se jednalo o snížení 17,3 %.

## 5.2 Transpirace

**Graf 5.: Vliv variant pokusu a doby působení stresu na rychlost transpirace ( $\text{mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ) špenátu setého odrůdy Misano**

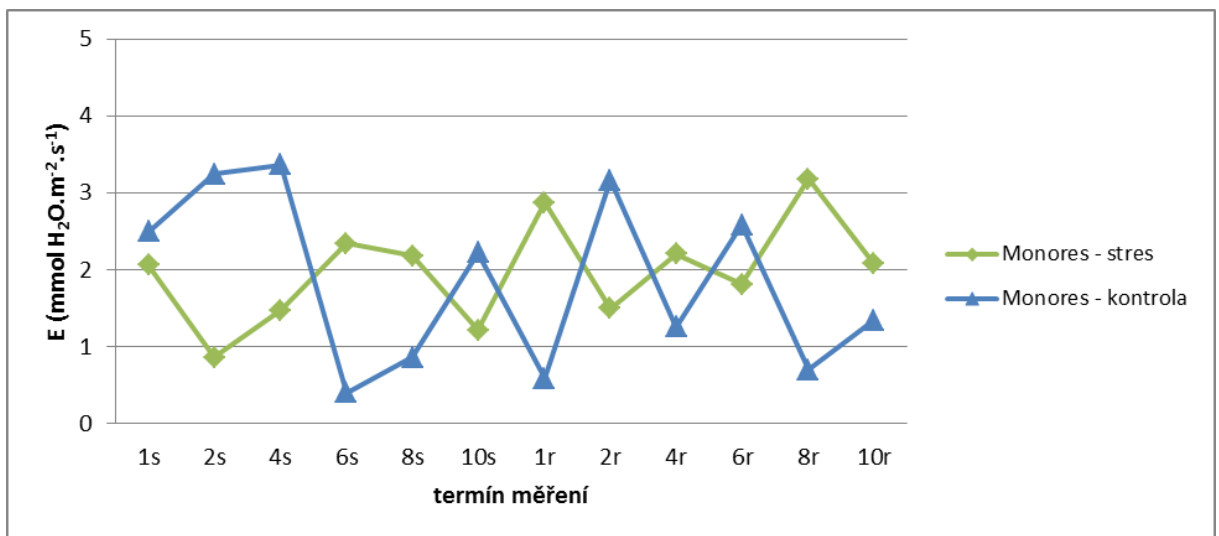


Z grafu 5 je patrné, že u kontrolní rostliny odrůdy Misano docházelo k poklesu i zvyšování rychlosti transpirace ( $E$ ) v nepravidelných intervalech. Na počátku sledovaného období byla naměřena transpirace ve výši  $2,38 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ . Šestý den stresu se rychlost transpirace snížila z hodnoty  $2,60 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  (2. den působení stresu) na hodnotu  $1,38 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  (6. den působení stresu). Osmý den stresu byla rychlost transpirace  $2,98 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ , z této hodnoty se opět rychlost transpirace snížila na hodnotu  $1,95 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  (10. den stresu). V termínu rehydratace stresovaných rostlin se rychlost transpirace kontrolních rostlin zvýšila na hodnotu  $2,88 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  (1. den rehydratace), ale šestý den rehydratace se rychlost transpirace snížila na úroveň  $0,62 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ . Na konci sledovaného období se rychlost transpirace zvýšila z hodnoty  $0,62 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  (6. den rehydratace) na hodnotu  $1,85 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  (10. den rehydratace), jak dokládá graf 5.

U rostliny stresované docházelo k poklesu a zvýšení rychlosti transpirace v pravidelných intervalech během působení vodního deficitu. Na počátku sledované období byla rychlost transpirace stresovaných rostlin ve výši  $1,75 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ . Nejnižší hodnota transpirace ( $0,62 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ) byla naměřena 2. den stresu. Poté se rychlost transpirace zvýšila z hodnoty  $0,62 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  (2. den působení stresu) na hodnotu  $1,46 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$

(6. den působení stresu). Z hodnoty  $1,46 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ , se rychlost transpirace do konce období stresu snížila na hladinu  $0,55 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  (10. den působení stresu). Z této hodnoty se vlivem rehydratace rychlost fotosyntézy zvýšila na  $4,32 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  (6. den rehydratace). Na konci sledovaného období byla rychlost transpirace  $2,90 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ , jak dokládá graf 5.

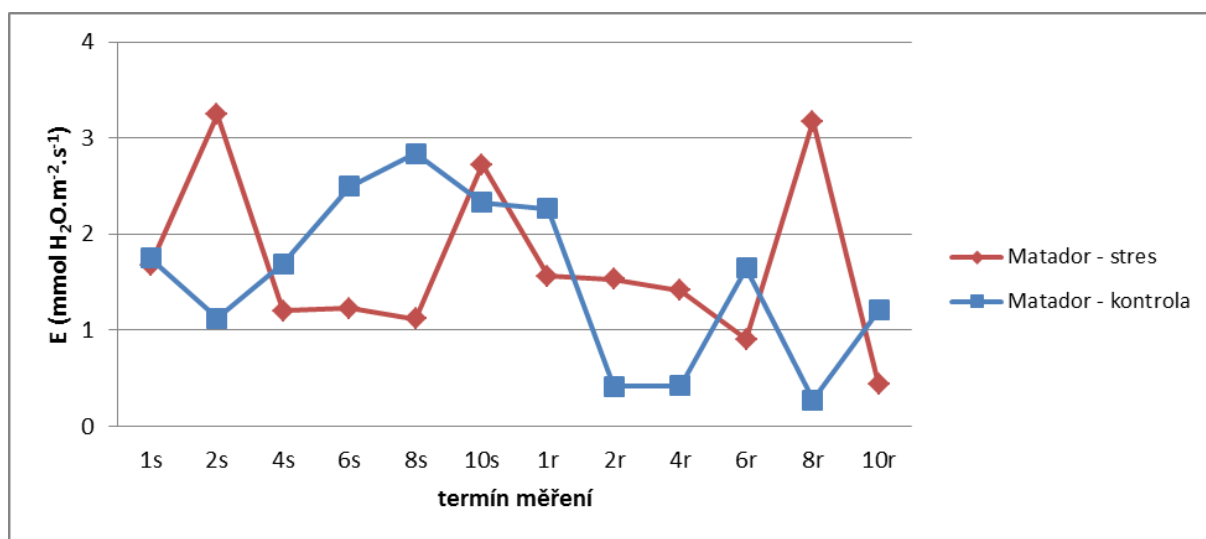
**Graf 6.: Vliv variant pokusu a doby působení stresu na rychlost transpirace ( $\text{mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ) špenátu setého odrůdy Monores**



Z hodnot v grafu 6 je patrné, že u odrůdy Monores docházelo u kontrolních rostlin ke zvyšování a snižování rychlosti transpirace. Na počátku sledovaného období byla rychlost transpirace ve výši  $2,50 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ . Hodnoty se zvyšovaly až do 4. dne stresu ( $3,36 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ). Šestý den stresu se rychlost transpirace kontrolních rostlin snížila z hodnoty  $3,36 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  na hodnotu  $0,40 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  (6. den působení stresu). V období rehydratace stresovaných rostlin se rychlost transpirace kontroly zvýšila z hodnoty  $0,58 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  (1. den rehydratace) na hodnotu  $3,16 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  (8. den rehydratace). Na konci sledovaného období byla rychlost transpirace  $1,34 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ , jak dokazuje graf 6.

Stresované rostliny odrůdy Monores dosahovaly na začátku sledovaného období rychlosti transpirace  $2,05 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ . Druhý den stresu se rychlost transpirace snížila na hodnotu  $0,86 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ . Šestý den stresu se rychlost transpirace zvýšila na hodnotu  $2,33 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ . Nejvyšší hodnoty  $3,17 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  dosáhla rychlost transpirace vlivem rehydratace 8. den rehydratace, jak vyplývá z grafu 6.

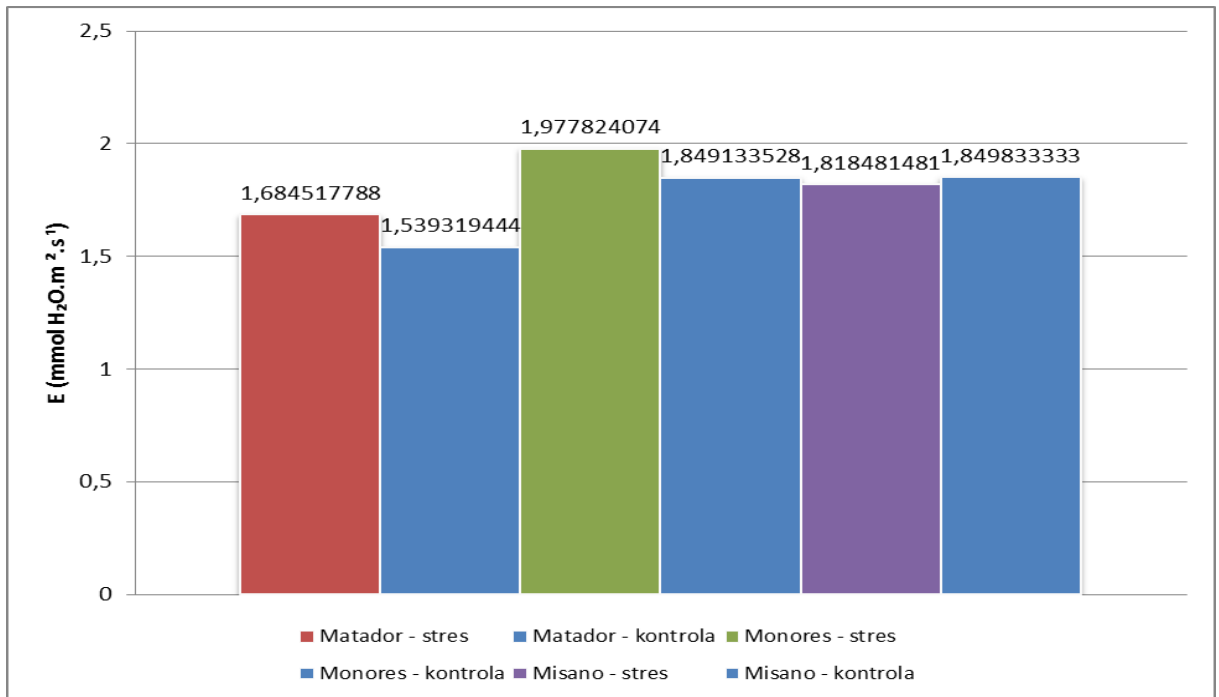
**Graf 7.: Vliv variant pokusu a doby působení stresu na rychlost transpirace ( $\text{mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ) špenátu setého odrůdy Matador**



Z grafu 7 je patrné, že u rostliny kontrolní odrůdy Matador dochází od 2. dne stresu ke zvýšení rychlosti transpirace z hodnoty  $1,13 \text{ H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  až na hodnotu  $2,83 \text{ H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  (8. den stresu). Osmý den stresu rychlost transpirace klesla z hodnoty  $2,83 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  na hodnotu  $0,41 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  (2. den rehydratace). Na konci sledovaného období byla rychlost transpirace  $0,27 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ , jak dokazuje graf 7.

Rychlost transpirace stresovaných rostlin byla na počátku pokusu ve výši  $1,68 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ . Druhý den stresu se rychlost transpirace zvýšila na hodnotu  $3,24 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ . Čtvrtý den stresu se rychlost transpirace postupně zvyšovala z hodnoty  $1,19 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  na hodnotu  $2,72 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  (10. den působení stresu). Vlivem působení rehydratace se rychlost transpirace výrazně zvýšila na  $3,17 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  (8. den rehydratace). Na konci sledovaného období byla naměřena naopak nejnižší hodnota transpirace -  $0,44 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ , viz graf 7.

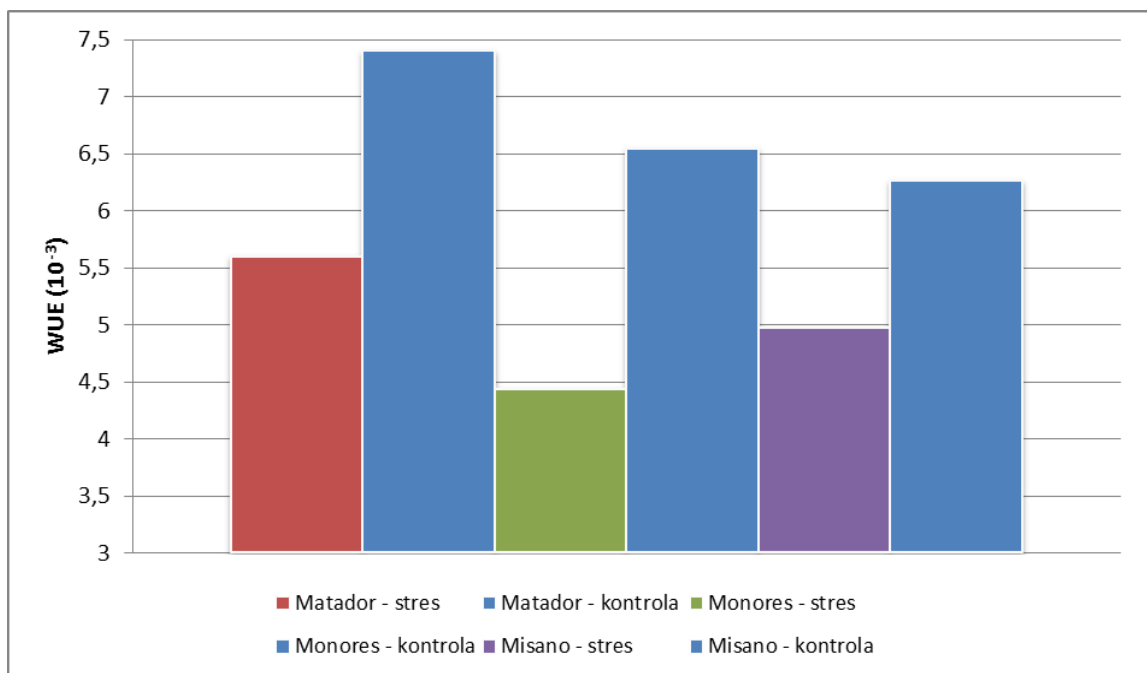
**Graf 8.: Průměrné hodnoty rychlosti transpirace ( $\text{mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ) v rámci pokusných odrůd a jejich variant**



Z grafu 8 je patrné, že rychlost transpirace stresovaných rostlin byla vyšší než rostlin kontrolních. Nejvyšší průměrné hodnoty transpirace  $1,97 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  dosáhla stresovaná rostlina odrůdy Monores, rostlinu kontrolní převýšila o  $0,13 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ . Nejnižší rychlost transpirace byla průměrně naměřena u odrůdy Matador, její kontrolní varianta a to  $1,53 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ . Její stresovaná varianta dosáhla hodnoty vyšší  $1,68 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ .

### 5.3. WUE

Graf 9.: Efektivita využití vody ( $10^{-3}$ )



Graf 9 zobrazuje vypočtenou hodnotu efektivity využití vody (WUE). Z grafu je patrné, že stresované varianty všech odrůd měly nižší efektivitu využití vody než varianty kontrolní. Nejvyšší hodnota byla vypočtena u kontrolní varianty odrůdy Matador a to  $7,40 (10^{-3})$ . Z kontrolních variant měla nejnižší hodnotu WUE odrůda Misano  $6,26 (10^{-3})$ .

Nejnižší efektivita využití vody ( $4,43 (10^{-3})$ ) byla naměřena u stresované varianty odrůdy Monores a nejvyšší u odrůdy Matador, efektivita využití vody u této odrůdy byla  $5,60 (10^{-3})$ . Nejvýraznější snížení bylo zaznamenáno mezi variantami u odrůdy Monores. U této odrůdy činil rozdíl v efektivitě využití vody v neprospěch stresovaných rostlin 32,3 %. Na straně druhé nejnižší rozdíl mezi variantami byl zjištěn u odrůdy Matador. V tomto případě se jednalo o snížení 24,4 %.



## 6. Diskuse

### 6.1 Fotosyntéza

Při hodnocení jednotlivých odrůd a jejich variant na vliv rychlosti fotosyntézy je možné konstatovat, že vyvolaný vodní deficit výrazně snižuje rychlost fotosyntézy. Průměrná hodnota rychlosti fotosyntézy naměřená u kontrolních variant byla  $11,69 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  u rostlin stresovaných byla  $9,08 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ , tedy o 1,06 % nižší. Nielsen et Orcutt (1996) uvádí, že působení vodního stresu má za následek rovnoměrné snížení rychlosti fotosyntézy proti nestresované variantě, což bylo potvrzeno i v případě rostlin špenátu. Snížení rychlosti fotosyntézy u rostlin rajčat pod vlivem vodního deficitu ve své práci uvádí např. Hnilíčková (2003) a u pokusu s rostlinou révy vinné toto tvrzení potvrzuje Escalona et al. (2000). Naopak Hejnák (2010) uvádí, že rostliny řepy dosahovaly vyšší rychlosti fotosyntézy v pozdější fázi vodního stresu, tento závěr nebyl potvrzen, protože rostliny špenátu obsahují více vody, než-li rostliny řepy, a proto na vodní deficit reagují citlivěji.

V případě rehydratace bylo zaznamenáno, že u rostlin stresovaných dochází nejprve ke snížení rychlosti fotosyntézy a později k jejímu zvýšení. Uvedené závěry potvrzují. Bláha a kol. (2003), kteří uvádějí, že obnovení přísunu vody nevede k okamžité obnově fotosyntézy.

Pozvolné zvýšení fotosyntézy bylo zaznamenáno u všech sledovaných odrůd, avšak žádná z nich nedosáhla průměrné rychlosti variant kontrolních. Obdobné závěry udává např. Hnilíčková (2003), která konstatuje, že rozdíl rychlosti fotosyntézy rajčat byl zaznamenán v období regenerace, u krátkodobého pokusu dosahovala 4. den po obnovení závlivky rychlost fotosyntézy u stresovaných rostlin pouze 51,8 % úrovně nestresovaných rostlin. Toto tvrzení nelze zcela potvrdit, u tohoto pokusu dosahovaly rostliny již 2. den po obnovení závlivky v průměru 98,9 %. Na základě naměřených hodnot lze konstatovat, že u sledovaných odrůd Misano a Matador se vlivem rehydratace zvýšila rychlost fotosyntézy nad původní hodnoty naměřené na začátku měření.

Nejvýraznější snížení mezi variantami bylo zaznamenáno u odrůdy Monores. U této odrůdy rozdíl v rychlosti fotosyntézy v neprospěch stresovaných rostlin činil 27,6 %. Na straně druhé nejnižší rozdíl mezi variantami byl zjištěn u odrůdy Matador. V tomto případě se jednalo o snížení 17,3 %. Z toho je tedy patrné, že míra, jakou působí vodní stres na rostliny je

ovlivňována genotypem. To potvrzuje také Gloser a kol., kteří uvádějí že u rostlin chmele docházelo k odlišným výsledkům vlivem použití různých genotypů.

## 6.2 Transpirace

Hnilička (2010) uvádí, že vodní deficit průkazně snižuje rychlost výměny plynů rostlin kvěťáku ve srovnání se zavlažovanou kontrolou. Pokles v rychlosti transpirace vlivem vodního deficitu u rostlin kvěťáku, potvrzuje také Hniličková a Duffek (2004). To z naměřených hodnot nelze zcela potvrdit, u stresovaných variant sledovaných odrůd nedošlo ke snižování rychlosti transpirace. Naopak stresované varianty měly vyšší rychlost transpirace v porovnání s rostlinami kontrolními. Mírné zvýšení rychlosti transpirace u stresovaných rostlin oproti kontrolním bylo sledováno také při uměle navozeném vodním stresu u krmné kapusty (Pospíšilová, 1970).

Rostliny jsou fyziologicky vybaveny tak, že propouští vodu z listů, transpirují, v situaci, kdy jim hrozí vlivem tepla přehřátí. Za běžných podmínek se rostlina ochlazuje příjmem chladící vody, v situaci, kdy rostlina trpí vodním deficitem, vysychá substrát a u rostlin dochází k přehřátí. Obranným mechanismem je tedy v tomto případě zvýšení transpirace. Taiz et Zeiger (1998) uvádějí, že když se např. teplota listu zvýší o 12 °C, v rozmezí teplot od 10 °C do 35 °C, zdvojnásobí se koncentrace vodní páry uvnitř listu. Důsledkem toho dochází k poklesu relativní vlhkosti vzduchu v listu. Při poklesu relativní vlhkosti vzduchu uvnitř listu dochází k vyrovnání hodnot relativní vzdušné vlhkosti mezi vnitřním a vnějším prostředím rostliny. K transpiraci dochází do té doby, dokud se relativní vlhkost vzduchu nevrátí na původní hodnotu.

Průměrná rychlost transpirace u stresovaných variant byla  $1,83 \mu\text{mol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ , u variant kontrolních byla naměřena  $1,75 \mu\text{mol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ . To je o 0,03 % méně než u variant stresovaných. U stresovaných variant odrůd Matador a Misano bylo vlivem opětovného navození závlaky zjištěno zvýšení rychlosti transpirace. Hejnák (2010) uvádí, že vysoká rychlost fotosyntézy úzce souvisí se zvýšením rychlosti transpirace. To se zde potvrdilo, u všech odrůd vlivem rehydratace došlo k výraznému zvýšení fotosyntézy, následně se také zvýšila rychlost transpirace.

Miyashita (2005) ve svém pokusu na fazolu sledoval pokles rychlosti transpirace u stresovaných variant. Uvedl, že druhý den se rychlost transpirace snížila na minimum a téměř úplné zastavení tohoto fyziologického procesu nastalo sedmý den rehydratace. To lze

pozorovat i u stresovaných variant odrůd Monores a Misano, kdy u nich druhý den rychlost transpirace výrazně poklesla. U odrůdy Monores dosáhla rychlost transpirace již druhý den stresu svého minima. U odrůdy Misano se potvrdilo konstatování Misyashita (2005), že téměř úplného zastavení rychlosti transpirace dosáhla tato odrůda, v našem případě 10. den stresu.

Yuan et Deng (2004) uvádějí, že se rychlost transpirace po navození rehydratace u stresovaných rostlin pšenice zvyšovala. To lze z naměřených hodnot potvrdit. Nejvyšších hodnot dosahovaly rostliny stresovaných variant 6. den rehydratace, konkrétně odrůda Misano a 8. den rehydratace odrůdy Matador a Monores.

Nejvyšší průměrné hodnoty transpirace  $1,97 \text{ mmol H}_2\text{O.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$  dosáhla stresovaná rostlina odrůdy Monores, rostlinu kontrolní převýšila o  $0,13 \text{ mmol H}_2\text{O.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ . Nejnižší rychlost transpirace byla průměrně naměřena u odrůdy Matador, její kontrolní varianta a to  $1,53 \text{ mmol H}_2\text{O.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ . Její stresovaná varianta dosáhla hodnoty vyšší  $1,68 \text{ mmol H}_2\text{O.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ . Z těchto výsledků lze usuzovat, že genotyp rostliny má vliv na rychlost transpirace.

### **6.3 Efektivita využití vody WUE**

Nejcitlivěji na vodní deficit reagovala odrůda Monores, její hodnota efektivity využití vody dosáhla pouze  $4,43 (10^{-3})$ . Jako nejodolnější se jeví odrůda Matador s naměřenou  $5,60 (10^{-3})$ . Obecně nejvyšší hodnoty byly naměřeny u variant kontrolních. Nejvyšší hodnoty byly naměřeny u odrůdy Matador a to  $7,40 (10^{-3})$ .

Hejnák (2010) uvádí, že u řepy byly hodnoty efektivity využití vody i při působení vodního stresu srovnatelné s hodnotami rostlin kontrolních. Z naměřených hodnot toto nelze potvrdit. Byl potvrzen závěr Shana et al. (2000), kteří sledovali vliv vodního deficitu na efektivitu využití vody u kukuřice. Podle těchto autorů dochází při působení vodního deficitu ke snížení hodnot efektivity využití vody v porovnání s rostlinami zavlažovanými. Ke stejnému závěru došli také Olszewska a Grzegorzcyk (2013), kteří sledovali vliv vodního deficitu na pěti různých druzích trav.

Nejvýraznější snížení bylo zaznamenáno mezi variantami u odrůdy Monores. U této odrůdy činil rozdíl v efektivitě využití vody v neprospěch stresovaných rostlin  $32,3 \%$ . Na straně druhé nejnižší rozdíl mezi variantami byl zjištěn u odrůdy Matador. V tomto

případě se jednalo o snížení 24,4 %. Z vypočtených hodnot vyplývá, že sledované genotypy reagovaly na vodní deficit odlišně. To potvrzují Horáková a Kovár (2006), kteří ve své práci uvádějí, genotypové rozdíly v reakci na vodní deficit.

## 7. Závěr

V bakalářské práci bylo sledováno a hodnoceno působení uměle navozeného vodního deficitu na fyziologické charakteristiky rostlin špenátu setého. K pokusu byly vybrány odrůdy: Misano F1, Monores a Matador, u nichž byla sledována rychlost fotosyntézy, transpirace a efektivita využití vody (WUE). Ze získaných výsledků vyplývají následující závěry:

- U všech sledovaných odrůd byl zaznamenán pokles fotosyntézy v době působení vodního deficitu.
- Nejvyšší rychlost fotosyntézy byla zaznamenána u odrůdy Monores ( $12,10 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ) a nejnižší u odrůdy Misano ( $11,58 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ).
- U rostlin stresovaných byla nejvyšší rychlost fotosyntézy naměřena u odrůdy Matador ( $9,43 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ) a naopak nejnižší u odrůdy Monores ( $8,76 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ).
- Na vodní deficit nejcitlivěji reagovala odrůda Monores, u níž se rychlost fotosyntézy v porovnání s kontrolou snížil o 27,6 %. Naopak jako tolerantní se jeví odrůda Matador s poklesem 17,3 %.
- Kontrolní rostliny špenátu vykazují nižší transpiraci v porovnání se stresovanými.
- Nejvyšší rychlost transpirace měla stresovaná rostlina odrůdy Monores ( $1,97 \text{H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ), nejnižší odrůda Matador ( $1,68 \text{H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ). U rostlin kontrolních byla nejnižší rychlost transpirace u odrůdy Matador ( $1,54 \text{H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ) a nejvyšší u odrůdy Monores ( $1,85 \text{H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ).
- Efektivita využití vody byla nejnižší stresovaných rostlin odrůdy Monores,  $4,43 (10^{-3})$ . a nejvyšší u kontrolních rostlin Matador  $5,60 (10^{-3})$ .
- Ze získaných výsledků vyplývá, že na vodní stres citlivěji reaguje odrůda Monores a jako méně citlivá se jeví odrůda Matador a Misano.

## 8. Přehled použité literatury

- Ashworth, S., Whealy, K. 2002. Seed to Seed: Seed Saving and Growing Techniques for the Vegetable Gardener. Seed Savers Exchange. 2 edition. ISBN: 1882424581.
- Bartoš, J., Kopec, K., Mydlil, V., Peza, Z., Rod, J. 2000. Pěstování a odbyt zeleniny. Agrospoj. Praha. 323 s. ISBN: 80-239-4242-5.
- Beránek, R., Smotlacha M. 1966. Velkovýrobní technologie pěstování špenátu a mechanizace sklizně. Mrazírny. Praha.
- Bhatt, R. M., Srinivasa Rao, N. K., Reddy, K. M., Nageswara Rao, V. S. 2013. Gas exchange characteristics, water use efficiency and osmotic adjustment in relation to heterosis in hot pepper (*Capsicum annuum* L.) under water stress. *Vegetable Science*. 40 (2). 137-142.
- Bláha, L. 2008. Biologické metody boje se suchem. Sborník příspěvků ze semináře ke světovému dni výživy. Výzkumný ústav potravinářský. Praha. s. 3- 6. ISBN: 978-80-86909-03-5.
- Bláha, V. 2010. Listy Cukrovarnické a Řepařské. Vol. 126 (1). s. 27-30. Dostupné také z <<http://eds.b.ebscohost.com/>>.
- Bláha, L., Gottwaldová, P., Hnilička F., Kadlec, P., Janovská, P., Kohout, L. 2005. Vliv 24-epibrassinolidu na vlastnosti semen a jejich klíčivost. *Osivo a sadba*. Dostupné také z <<http://www.agris.cz>>.
- Bláha, L., Bocková R., Hnilička, F., Hniličková, H., Holubec, V., Möllerová, J., Štolcová, J., Zieglerová, J. 2003. *Rostlina a stres*. Výzkumný ústav rostlinné výroby. Praha. ISBN: 80-86555-32-1.
- Bray, E. A. 1997. Plant responses to water deficit. *Trends in plant science*. 2 (2). p.48-54.
- Brestič, M., Olšovská, K. 2001. *Vodný stres rostlín: příčiny, dosledky, perspektívy*. SPU. Nitra. 205 s. ISBN 80-7137-902-6.
- Buchtová, I. 2015. *Situační a výhledová zpráva*. Ministerstvo zemědělství. Praha. s. 40-41. ISBN: 978-80-7434-260-8.
- Condon, A. G., Richards, R. A., Rebetzke, G. J., Farquhar, G. D. 2004. Breeding for Highwater - use efficiency. *Journal of Experimental Botany*. 55. p. 2447–2460.

Escalona, J. M., Flexas, J., Medrano H. 2000. Stomatal and non-stomatal limitations of photosynthesis under water stress in field-grown grapevines. *Australian Journal of Plant Physiology* 27(1) 87 – 87. Dostupné také z <<http://www.publish.csiro.au/>>.

Gajdošin, P. 2011. Špenát zelenina Pepka námořníka. *Zahradkář*. roč. 43 (8). s. 14-15.

Gall, J. 2006. Slimáci a nový škůdce – plzák španělský. *Agromanuál*. Dostupné také z <<http://www.agromanual.cz/cz/clanky>>.

Hejnák, V., 2010. Vliv růstových regulátorů na fotosyntézu a vodní režim cukrovky při vodním stresu. *Univerzita v Praze. Listy Cukrovarnické a Řepářské*. 126.1. (27).

Hejný S., Slavík, B. 2003. *Květena České republiky 2*. Academia. Praha. 2. nezm. vyd.. 540 s. ISBN: 80-200-1089-0.

Hnilička, F. 1972. Effect of water deficit and application of 24-epibrassinolide on gas exchange in cauliflower plants = Vliv vodního deficitu a aplikace 24-epibrassinolidu na výměnu plynů květáku. *Scientia agriculturae bohemia*. roč. 41 (1). s. 15-20.

Hnilička, F. 2013. In: Bláha, L., Pazderů, K. 2013. Influence of the root and seed trakte on tolerance to abiotic stress. Dostupné také z <<http://cdn.intechopen.com>>.

Hnilička, F., Hniličková, H., Bláha L. 2003. Působení vnějších negativních faktorů na rostliny, abiotické stresory. In: *Rostlina a stres*. Výzkumný ústav rostlinné výroby. Praha. ISBN: 80-86555-32-1.

Hniličková, H. 2003. Působení stresů na základní fyziologické procesy u vybraných druhů zeleniny. *Zahradnictví*. roč. 95 (7).

Hniličková, H. Duffek, J. 2004. The effect of water deficit and subsequent regeneration on selected physiological characteristics in tomatoes (*Lycopersicum esculentum* Mill.). *Scientia Agricultura Bohemica*. 35 (1). 26 – 31.

Horáková, M. K., Kovár, M. (2006). Úloha osmotického prispůsobení v toleranci Jařmena na suchu. Dostupné také z <<http://www.vurv.cz>>.

Hradecká, D., Urban, J., Kohout, L., Pulkrábek, J., Hnilička, R. 2009. Využití brassinosteroidů k regulaci stresu během růstu a tvorby výnosu řepy cukrové. *Česká*

zemědělská univerzita v Praze. Ústav organické chemie a biochemie AV ČR. Listy Cukrovarnické a Řepářské. 125(9-10).

Jones, H. G., Flowers, T.J., Jones, M. B. (Eds.) 2008. Plants under stress: Biochemistry, physiology and ecology and their application to plant improvement. Cambridge university press. p. 257. ISBN: 0521050375.

Kazda, J., Kabíček, J. 1998. Ochrana proti škůdcům polních plodin. Farmář. roč. 4 (1/98). s. 21-57.

Kůdela, V., Ackermann, P., Prášil, I. T., Rod, J., Veverka, K. 2013. Abiotikózy rostlin: poruchy, poškození a poranění. Academia. Praha. 566 s. ISBN: 978-80-200-2262-2.

Larcher, W. 2003. Physiological plant ecology: ecophysiology and stress physiology of functional groups. Springer. Berlin. 513 p. ISBN: 3-540-43516-6.

Lawlor, D. W. 2013. Genetic engineering to improve plant performance under drought: physiological evaluation of achievements, limitations, and possibilities. Journal of experimental botany. 64 (1). 83-108.

Lewitt, J. 1980. Responses of plants to environmental stresses : water, radiation, salt and other stresses. Academic Press. London. 503 p.

Madhava R., Raghavendra K. V. 2006. Physiology and molekula biology of stress tolerance in plants. Dordrecht, Springer, 345 p. ISBN: 1-4020-4225-6.

Malý, I., Bartoš, J., Hlušek, J., Kopec, K., Petříková, K., Rod, J., Spitz, P. 1998. Polní zelinářství. Agrospoj. Praha. 196 s. ISBN: 80-239-4232-8.

Muška, F. 2007. Škůdci špenátu. Zahradnictví. . č 8. s. 18.

Miyashita, K. 2005. Recovery responses of photosynthesis, transpiration and stomatal conductance in kidney bean following drought stress. Environmental and experimental botany 53. p. 205-214.

Nielsen, E. T., Orcutt, D. M. 1996. Physiology of Plants under Stress. Abiotic factors. New York: John Wiley a Sons, 704 p. ISBN: 978-0-471-03152-9.

Olszewska, M., Grzegorzcyk, S. 2013. Oddziaływanie stresu wodnego na wybrane gatunki traw uprawianych na glebie organicznej. Fragm. Argon. 30(3). p. 140-147. Dostupné také z <<http://www.up.poznan.pl>>.



- Pekárková E. 2002. Pěstujeme salát, špenát a další listové zeleniny. Grada Publishing, spol. s.r.o. Praha. s. 70-72. ISBN 80-247-0283-5.
- Penka, M. 1985. Transpirace a spotřeba vody rostlinami. Academia. Praha. 256 s. ISBN: 21-135-85.
- Petříková, K., Pokluda, R., Koudela M., Hnilička, F., Jezdinský, A., Jurica, M., Vojtíšková, J., Kopta, T., Martinková, J., Nedorost, L. 2012. Omezení negativních důsledků vláhového deficitu na hospodářské ukazatele zeleniny: certifikovaná metodika pro praxi. Mendelova univerzita. Brno. 50 s. ISBN: 978-80-7375-674-1.
- Pessarakli, M. 2011. Handbook of Plant and Crop Stress. CRC Press, Taylor nad Francis Group. p. 1215. ISBN: 9781439813966.
- Podlešáková K., Tarkowská D., Pěničik A., Oklešťková J., Turečková V., Floková K., Tarkowski, P. 2012 Chemické listy. 106: 373-379.
- Pokluda, R. 2007. Špenátové druhy zeleniny. Zahrádkář. roč. 39 (8). s. 18-19.
- Pospíšilová, J. 1970. Effect of decreased rate of water absorption on water balance of leaf tissue. *Biologia Plantarum*, 12 (6). p. 395-400.
- Rotrekl, V. 1998. Rostlinné  $\beta$ -Glukosidasy. *Chemické listy* 92. 883-893.
- Seidlová, F. 2011. Rostliny, obdivuhodné organismy naší planety. *Vesmír* 90. 328.
- Shabala, S. 2012. *Plant Stress Physiology*. C. A. B. International. 318 p. ISBN: 9781845939953.
- Shan, L., Deng, X., Ma, Y., Inanaga, S. 2000. Diurnal Oscillation in the Intercellular CO<sup>2</sup> Concentration of Spring Wheat Under the Semiarid Conditions. Dostupné také z <<http://link.springer.com/article/10.1023/A:1007253428312>>.
- Shanker, A. K. a Venkateswarlu, B. (2011) Abiotic response in plants-physiological, biochemical and genetic perspectives. *Croatia*. pp. 5-16.
- Schachtman, D. P., Goodger, J. Q. D. 2008. Chemical root to shoot signaling under drought. *Trends in Plant Science*. 13 (6). p. 281-287.

Slama, I., Nessedá, D., Ghnahay, T., Savojče, A., Abdelly, C. Effects of water deficit on growth and proline metabolism in *Sesuvium portulacastrum*. Environmental and Experimental Botany. 56 (3) : 231.

Stojanov, Ž. 1960. Über die Bodenfeuchtigkeit, bei der die Pflanzen absterben. Biologia Plantarum. 2(1). p. 79 – 87.

Šašek, V., Korbelová, B., Burketová, L. 2007. Antioxidační mechanismy a signální dráhy řepky aktivované při napadení *Leptosphaeria maculans*. Interakce mezi rostlinami a patogenními mikroorganismy. 33.

Šefrová, H. 2015. Škodlivý činitelé cukrové řepy – živočišní škůdci. Listy cukrovarnické a řepářské. 131 (5-6). květen – červen.

Štekauerová, V., Skalová, J., Šútor, J. 2002. Using of pedotransfer functions for assessment of hydrolimits. Rostlinná výroba. Dostupné také z <<http://www.agriculturejournals.cz>>.

Taiz, L., Zeiger, E. 1998. Plant Physiology. 2nd edition. Sinauer Associates. Inc., Publisher. Sunderland. Massachusetts.

Tanaka, Y., Sano, T., Tamaoki, M., Nakajima, N., Kondo, N., Hasezawa, S. Ethylene inhibits abscisic acid-induced stomatal closure in *arabidopsis*. Plant Physiol. 138:2337-2343.

Tardiee, F., Parent, B., Caldeira, C. F., Welcker, C. 2014. Genetic and Physiological Controls of Growth under Water Deficit. Plant Physiology. 164. 1628-1635.

Vlašánková E., Kohout, L., Klemš, M., Hradilík, J. 2003. Brassinosteroidy a vodní stres. Ústav botaniky a fyziologie rostlin. Brno. Dostupné také z <<http://www.mnet.mendelu.cz>>.

Yuan, Y. , Deng, X. 2004. Effect of deficit and rewatering on wheat photosynthesis and yield. Dostupné také z <<http://europepmc.org/abstract/CBA/405515>>.

Zámečník, J. 2007. Hospodaří rostliny s vodou efektivně, Vliv abiotických a biotických stresorů na vlastnosti rostlin. VÚRV v. v. i. a ČZU. Praha, s.77–83.

Internetové zdroje:

<<https://www.agromanual.cz/cz/atlas/skudci/kvetilka-repna>> Aktuálně z 4. 4. 2016

<<https://www.czso.cz/csu/czso/cesi-jedi-pestreji>> Aktuálně z 23. 3. 2016

<<http://eagri.cz/public/app/sok/odrudyNouRL.do>> Aktuálně z 29. 3. 2016

<<http://eagri.cz/public/web/mze/zemedelstvi/statistika/>> Aktuálně z 28. 1. 2016

<<http://www.neoseeds.cz/cz/search/0/rozsirene-vyhledavani.html?search=get&text=monorest>> Aktuálně z 11. 1. 2016

<<http://www.portal.chmi.cz>> Aktuálně z 26. 3. 2016

<<http://www.prpress.cz/kategorie/17/PR/PR-clanek/615/statistiky-zimni-sezony-2014-2015>> Aktuálně z 23. 3. 2016

<<http://search.credoreference.com/content/entry/cupfood/spinach/0>> Aktuálně z 22. 3. 2016

<<https://www.semenaonline.cz/spenat/2756-seminka-spenatu-spenat-sety-matador-prodej-semen-1-gr.html>> Aktuálně z 19.2.2016

<<http://www.semena-rostliny.cz/blog/108-zdravy-spenat-ze-zahonu>> Aktuálně z 19. 2. 2016

<http://www.semo.cz/homegardencz/index.php?s=&druh=43&odruda=3901>  
- aktuálně 19. 2. 2016

<<http://www.semo.cz/homegardencz/index.php?s=&druh=43&odruda=3902>> Aktuálně z 19. 2. 2016

<<http://slovník.cmes.cz/>> Aktuálně z 7. 4. 2016