

Česká zemědělská univerzita v Praze
Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů
Katedra botaniky a fyziologie rostlin



**Vliv nízkých teplot a aplikace Atoniku na rychlost výměny
plynů a fluorescence chlorofylů papriky roční**

Diplomová práce

Autor práce: Bc. Milana Petrásková

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

© 2015 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Vliv nízkých teplot a aplikace Atoniku na rychlost výměny plynů a fluorescence chlorofylů papriky roční" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 8.4. 2015

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala vedoucímu mé diplomové práce panu doc. Ing. Františku Hnilčkoví, Ph.D., za odborné rady, které mi vždy s ochotou poskytl. Dále mé poděkování patří mým rodičům a kamarádům, kteří mě během studia podporovali

Vliv nízkých teplot a aplikace Atoniku na rychlost výměny plynů a fluorescence chlorofylů papriky roční

Souhrn:

Cílem práce bylo zjistit, zda existují fyziologické rozdíly mezi vybranými genotypy papriky roční za působení nízkých teplot na počátku ontogenetického vývoje, dále jak rostliny papriky roční reagují na aplikaci antistresové látky Atonik a stanovit nejvhodnější fyziologické ukazatele odolnosti k nízkým teplotám. Paprika roční patří mezi teplomilné plodiny, pro které je teplotní optimum 22 – 25 °C přes den a 18 – 20 °C přes noc. Papriky jsou vysazovány na polní stanoviště v době, kdy se mohou vyskytnout přizemní mrazíky, ty mají za následek fyziologické změny v rostlině, nebo dokonce její usmrcení.

Pro pokus bylo vybráno pět odrůd papriky roční: PCR, Simona, Stalagnit, Citrina a Andrea. Rostliny byly rozděleny do šesti variant pokusu na rostliny kontrolní a stresované a dále každá z těchto variant ještě na rostliny bez aplikace Atoniku, s jednou aplikací a se dvěma aplikacemi. První ošetření Atonikem proběhlo ve fázi 6. listu rostliny a druhé 14 dní po první aplikaci. Kontrolní rostliny byly pěstovány v teplotách 20 °C přes den a 16 °C přes noc a varianty stresované se umístily do klimaboxu s teplotou 5 °C přes den i přes noc, která se může vyskytnout po vysazení paprik na venkovní stanoviště. Během pokusu se uskutečnilo deset měření přenosným gazometrickým infračerveným analyzátozem LCpro+, který stanovil průběh fotosyntézy a transpirace a deset měření fluorometrem ADC:OSI 1 FL, pro zjištění vlivu nízkých teplot na fluorescence chlorofylu.

Na základě získaných výsledků je možné konstatovat, že nízké teploty nejlépe snáší odrůda Simona a Stalagnit a nejhůře reaguje odrůda PCR. Dále bylo zjištěno, že ontogenetický vývoj rostliny má vliv na průběh fotosyntézy u všech odrůd a variant pokusu. Na stres způsobený nízkými teplotami negativně reaguje fotosyntéza i průběh fluorescence chlorofylu. Jedna aplikace Atoniku má za následek nárůst fotosyntézy u všech odrůd i variant pokusu. Na fluorescence chlorofylu měla jedna dávka Atoniku pozitivní vliv pouze u variant stresovaných. Druhá dávka Atoniku nemá u žádné sledované charakteristiky statisticky významný vliv. Z uvedených výsledků lze potvrdit stanovené hypotézy.

Klíčová slova: paprika roční, nízká teplota, Atonik, fotosyntéza, transpirace, fluorescence chlorofylu

Effect of low-temperature and application of Atonic on rate of gas exchange and chlorophyll fluorescence of pepper plants

The aim of the present thesis was threefold. Firstly, determine the possible existence of physiological differences between the selected genotypes of the species of pepper (*Capsicum annuum*) under low temperatures applied at the beginning of ontogenesis. Secondly, the reaction of pepper plants to the application of anti-stress Atonic was examined and thirdly, the author's focus was on determining the optimal physiological indicators of low temperature resistance. The *Capsicum annuum* is a thermophilous crop with optimal temperature ranges of 22 - 25 °C during the day and 18 – 20 °C at night. Peppers are planted on field habitats in a season when ground frost may occur and lead to physiological changes in the plant or even its death.

Five variants of *Capsicum annuum* were selected for the experiment including PCR, Simona, Stalagnit, Citrina and Andrea. The plants were divided into six versions of the experiment of blind sample plants and stressed plants, with each of these variants being further divided into plants without the application of Atonic, with one application and two applications of Atonic. First treatment with Atonic was performed in the stage of 6th leaf the plant and the second two weeks following the first application. Blind sample plants were grown in 20 °C in the day and 16 °C at night with the stressed variants being placed in a climabox under the temperature of 5 °C both day and night which may occur after peppers are planted in outdoor habitats. During the experiment ten measurements with LCpro+ gazometric infrared analyzer determining the photosynthetic and transpiration processes and ten measurements with the ADC:OSI 1 FL fluorometer determining the effect of low temperatures on chlorophyll fluorescence were conducted.

On the grounds of the results obtained it can be stated that low temperatures are tolerated the best by the Simona and Stalagnit variants and worst by the PCR variant. Furthermore, it was discovered that the ontogenetic development of the plant affects the photosynthesis of all variants in all sample versions. Stress induced by low temperatures is negatively responded to by the photosynthetic process as well as the chlorophyll fluorescence process. The longer do low temperatures affect the above stated characteristics the more the

values for all variants decrease. One application of Atonic results in an increase of photosynthesis in all variants and versions of the experiment. Chlorophyll fluorescence was positively influenced by one dose of Atonic only in stressed variants. Second dose of Atonic does not have a statistically significant effect on any of the characteristics monitored. The results confirm the established hypotheses.

Key words: *Capsicum annuum*, low temperature, Atonic, photosynthesis, transpiration, chlorophyll fluorescence

Obsah

1. Úvod	8
2. Cíl práce	9
3. Hypotézy	10
4. Literární rešerše	11
4.1 Paprika roční (<i>Capsicum annuum</i> L.) – botanická charakteristika	11
4.1.1 Původ a historie pěstování papriky roční.....	12
4.1.2 Současná produkce papriky roční v České republice.....	13
4.1.3 Obsahové látky v plodech papriky roční.....	13
4.1.4 Pěstování papriky – nároky na prostředí.....	13
4.1.5 Škůdci a choroby papriky roční	15
4.1.6 Sklizeň.....	17
4.2 Stres rostlin	17
4.2.1 Obranné mechanismy rostliny vůči stresu	20
4.2.2 Optimální teploty pro fyziologické procesy v rostlinách	21
4.2.3 Vliv nízké teploty na rostliny	22
4.3 Chlad	25
4.3.2 Reakce chladu na buněčnou strukturu	27
4.3.3 Účinek chladu na biochemické procesy v rostlinách.....	28
5. Materiál a metody	29
5.1 Charakteristika rostlinného materiálu	29
5.2 Založení pokusu	34
6. Výsledky	39
6.1 Rychlost fotosyntézy	39
6.2 Rychlost transpirace	51
6.3 Fluorescence chlorofylů	63
7. Diskuze	72
8. Závěr	78
9. Použitá literatura	79

1. Úvod

Rostlina je během svého růstu vystavována mnoha stresorům, které výrazně ovlivňují její vývoj. Mezi abiotické stresory patří také teplota mimo teplotní optimum pro určitý druh rostliny. Nejen vysoké, ale i nízké teploty znemožňují rostlině přirozený průběh vývoje. Při vyšších i nízkých teplotách nad/pod optimum výměna plynů u rostlin výrazně klesá, tím dochází k omezení tvorby primárních metabolitů, ale také prekurzorů a meziproduktů nutných pro růst a vývoj rostlin. V konečném důsledku mohou rostliny odumřít.

Rostliny ve vztahu k nízké teplotě dělíme na chlad citlivé a na mraz odolné. Do první kategorie řadíme rostliny tropického či subtropického původu, jako je například *Cucumis sativum*, *Zea mays*, *Solanum lycopersicon* nebo *Capsicum annuum*. Druhou skupinu představují rostliny, jako například *Brassica oleracea*, *Secale cereale*, *Triticum aestivum*, *Hordeum vulgare*.

Mezi rostliny, které jsou citlivé na chlad lze zařadit také papriku roční, neboť její teplotní optimum je 20 – 22 °C a to i v nočních hodinách. Paprika roční je oblíbenou plodovou zeleninou, která se v ČR pěstuje cca na 214 ha a její produkce činí 8 560 t (eagri.cz, 2015). Vedle pěstování pod krytem je paprika také vysazována i na polní stanoviště, a to v období května, kdy se objevují přízemní mrazíky. Tyto podmínky se dají zmírnit, jak mechanickým způsobem, tak chemickým ošetřením, například aplikací rostlinných stimulantů pro omezení stresů během vegetace.

Cílem práce je studium působení nízkých teplot na rychlost výměny plynů a fluorescence chlorofylu u neošetřené rostliny papriky roční růstovým stimulantem v porovnání s rostlinou ošetřenou. Dále je sledováno více genotypů papriky roční z důvodu zjištění nejlepší snášenlivosti stresoru způsobeného nízkou teplotou. Nízké teploty často postihují rostliny papriky roční, což má za následek snížení výnosu a proto je vhodné sledovat jejich reakce a hledat odolné odrůdy.

2. Cíl práce

V práci budou sledovány fyziologické reakce souboru genotypů papriky roční (*Capsicum annuum* L.): Citrina, PCR, Stalagnit, Andrea, Simona při působení nízkých teplot a aplikace „antistresové látky“ Atonik na počátku vegetativního růstu.

V souvislosti s tématem práce byly stanoveny tyto cíle:

- 1) Stanovení fyziologické variability vybraného souboru genotypů papriky roční z hlediska odolnosti k nízkým teplotám na počátku vegetativního růstu,
- 2) stanovení vhodného termínu aplikace antistresové látky Atonik na základě studovaných fyziologických charakteristik,
- 3) stanovení nejvhodnějších fyziologických ukazatelů odolnosti papriky roční k nízkým teplotám na počátku vegetativního růstu.

3. Hypotézy

Paprika roční je teplomilná rostlina a minimální teplota pro její vývoj je 14 °C. V době vysazování mladých rostlin na venkovní stanoviště je mohou ohrozit příliš nízké teploty okolního prostředí, což pro ně může mít až fatální následky. Z toho důvodu je potřeba sledovat změny ve vývoji rostliny za působení nižších teplot, než jsou pro ni teploty optimální a snažit se zjistit, která odrůda tyto podmínky snáší nejlépe, nebo zda má na ni vliv i působení rostlinného stimulantu.

V souvislosti s řešením navržených cílů byly stanoveny následující hypotézy:

- 1) Existují rozdíly mezi vybranými genotypy papriky roční ve sledovaných fyziologických charakteristikách při působení nízkých teplot na počátku vegetativního růstu (vliv genotypu)?
- 2) Existují rozdíly mezi vybranými genotypy papriky roční a jejich reakcí na působení rozdílných termínů aplikace látky Atonik (vliv testované látky)?
- 3) Lze stanovit vhodné fyziologické ukazatele odolnosti papriky roční k nízkým teplotám na počátku vegetativního růstu?

4. Literární rešerše

4.1 Paprika roční (*Capsicum annuum* L.) – botanická charakteristika

Říše: rostliny – *Plantae*

Podříše: cévnaté rostliny – *Tracheobionta*

Oddělení: krytosemenné – *Magnoliophyta*

Třída: vyšší dvouděložné – *Rosopsida*

Řád: lilkotvaré – *Solanales*

Čeleď: lilkovité – *Solanaceae*

Podle Melichara a kol. (1997) je paprika jednoletá rostlina s mělkou kořenovou soustavou. Lodyha je vzpřímená, rozvětvená, s jednoduchými kopinatými, dlouze řapíkatými listy. Květy jsou bílé nebo nažloutlé, samosprašné. Plody v tržní zralosti bývají bílé, žluté až zelené, v botanické zralosti většinou červené. Chuť může být sladká nebo pálivá. Semena jsou zploštělá, soustředěná v semeníku. Bartoš a kol. (2000) uvádějí, že stonek se sympodiálně větví, před větvením se vytváří květ a list. V závislosti na světelných podmínkách se tvoří první květy za 7. až 12. listem. Květy jsou oboupohlavné, pěti až sedmičetné, s vrchním semeníkem. Slavík a kol. (2000) doplňují, že lodyha může být lysá, nebo řídce chlupatá, 30 - 80 cm vysoká. Čepel listu je přibližně 6 cm dlouhá a 3 cm široká, na bázi klínovitá. Řapík listu je dlouhý přibližně 4 cm. Kalich je zelený, mělce členěný, zvonkovitý, 5 – 7 cípů. Koruna je kulovitá, 5 - 11 mm v průměru, hluboce členěná s krátkou trubkou. Tyčinek 5 s namodralými prašníky, mezi nimi je 5 hrbolkovitých staminodií. Plodem je bobule různého tvaru, 1 – 25 cm dlouhá, 0,8 – 10 cm široká, dutá, nepravidelně 2 – 3 pouzdrá. Semena jsou na centrální, popřípadě na prodloužené placentě, velikostí nejčastěji 3 – 4 mm v průměru, barvy žluté.

U zeleninových paprik je žádána co nejtlustší stěna plodu. Dříve takovou stěnu vytvářely pouze pozdní odrůdy. V našich podmínkách mají potřebné vlastnosti až domácí vyšlechtěné F1 hybridy. Jejich tloušťka stěny je přes 1 cm a jedná se o rané odrůdy. Jsou náročnější na výživu a teplo, ale dosahují vysokého výnosu i podílu dozrálých plodů (Pekárková, 2001).

4.1.1 Původ a historie pěstování papriky roční

Pravlastí papriky roční je Amerika. Předpokládá se, že dnešní zeleninová paprika vznikla z kořenové, a její původní forma se vyskytuje ve Střední Americe. Rostliny ve své původní domovině jsou víceleté a mohou tvořit jak jednoleté rostliny, tak i dlouhověké keře o výšce 1,8 m (Burnie a kol., 2007).

Původní pěstitelé byli podle Valšíkové (1987) obyvatelé v severní části Mexika a odtud se rozšířila do celé Ameriky a ostatních částí světadílů. Do Evropy se paprika roční dostala až po objevení Ameriky. Nejprve se pěstovala jako okrasná a léčivá rostlina ve Španělsku, Portugalsku a později v Itálii. V 16. století se dostala prostřednictvím Turků do Bulharska, které se tím stalo po Španělsku druhým pěstitelským centrem papriky v Evropě. Zasluhou bulharských zahradníků se do ostatních států střední a východní Evropy dostala až v 18. a 19. století. V České republice se ve větším množství nejprve pěstovala kořeninová paprika po první světové válce. Tehdy se i vyvážela. Na jihu Moravy se pěstovala už v roce 1940 na ploše 800 ha.

Uvedená autorka dále uvádí, že důsledkem rozšíření do severnějších oblastí s dostatečnou vlhkostí a mírnou teplotou se dosáhlo zvětšení rostlin, jejich plodů, květů a také snížení pálivosti. Vyšlechtěním nepálivých odrůd v Bulharsku značně vzrostl zájem o tuto plodinu v celé Evropě. V ČSSR se zeleninová paprika pěstovala z počátku pouze na malých plochách v soukromých zahradách. Větší rozšíření se zaznamenalo až po druhé světové válce. Pěstitelské plochy této plodiny dosáhly v roce 1963 2 000 ha, z toho více než 95 % na Slovensku. Její obliba postupně vzrůstala i v českých krajích a v roce 1977 se pěstovala na celkové ploše 3 000 ha, z kterých připadalo na Slovensko 91,6 %. V roce 1961 – 1965 dosáhl nákup papriky roční 21 470 tun, do roku 1983 vzrostl na 48 000 tun.

V posledních třech letech má na produkci papriky roční vliv vnějších podmínek. V roce 2012 způsobily přízemní mrazíky vážné škody. Mráz výrazně poškodil porosty, nejvíce pozdní mladé výsadby. Extrémní počasí v roce 2013 mělo výrazný negativní vliv na plodovou zeleninu. Deštivé a chladné počasí opozdilo výsadbu paprik na polní stanoviště a to až do konce května. První mráz přišel začátkem října a způsobil předčasnou likvidaci ještě silně nasazených porostů a tím definitivně ukončil sklizeň. Snížení výnosů se odhaduje zhruba o 1/3 (eagri.cz, 2015).

4.1.2 Současná produkce papriky roční v České republice

Tržní produkce papriky roční v České republice činila v roce 2012 9 320 tun na ploše 233 hektarů a v roce 2013 se snížila na 8 560 tun na ploše 214 hektarů. Plocha rychlených paprik ve sklenících a fóliovnících v České republice zaujímá cca 6 hektarů.

Průměrná roční spotřeba papriky v ČR pro rok 2011 na jednoho obyvatele (včetně výrobků) činila 5,5 kilogramů. Průměrné roční ceny zemědělských výrobců byly 25 229 Kč. t⁻¹ (rok 2013) a spotřebitelská cena za rok 2012 byla 65,21 Kč (zde byl zjištěn nárůst ceny o 10 % v porovnání s rokem 2011). Největším dovozcem papriky roční do ČR je Holandsko, Španělsko, Německo a nejvýznamnějším odběratelem je Slovensko, Německo a Polsko (eagri.cz, 2015).

4.1.3 Obsahové látky v plodech papriky roční

Paprika obsahuje 7,8 % sušiny, 1,2 % bílkovin, 4,6 % sacharidů, 1 % celulózy a z minerálních látek obsahuje hlavně fosfor. Dále je zde přítomen vitamin C (okolo 100 mg v 100 g čerstvé hmoty), provitamin A a vitamíny skupiny B. Množství vitamínů je závislé na zralosti plodů. V technické zralosti obsahují plody papriky roční 0,02 – 0,2 β karotenu, ale v botanické zralosti je toto množství vyšší, jedná se o 0,6 – 3,5 mg. Po tepelné úpravě je obsah β karotenu stálejší než vitamínu C a jeho ztráty představují pouze 4 – 15 %. Paprika dále obsahuje poměrně významné množství vitamínu U a to 4 mg na 100 g. Z ostatních látek jsou důležité bioflavonoidy. U některých odrůd je přítomna pálivá chuť, kterou způsobuje alkaloid kapsaicin. Ten se nachází především v placentě, méně v semenech a v žilkách (Petříková a Malý, 1998). Bartoš a kol. (2000) doplňují průměrný obsah tuků 0,3 %, vlákniny 1,9 % a uvádějí energetickou hodnotu 94 KJ. 100 g⁻¹.

4.1.4 Pěstování papriky – nároky na prostředí

Paprika se pěstuje z předpěstované sadby. Osivo se vysévá do pařeniště nebo fóliovníku v polovině března. Aby se urychlilo vzcházení, mohou se semena před výsevem smáčet. Používá se buď řídký výsev, aby se odstranilo pracné rozsazování, nebo hustý výsev na široko a rostliny se musí ve fázi klíčících lístků rozsazovat do sponu 80 x 50 mm do fóliovníku, nebo do hrnku po dvou rostlinách. Kvalitní sadba by měla být vysoká asi 0,1 m, hustě olistěná, s 10 pravými listy a lodyhou silnou 3 – 4 mm. Na pole se vysazuje po 15. květnu strojově, nebo pomocí vysazovacích kolíků do sponu 0,65 x 0,25 m po dvou

roślinách, většinou však 0,6 x 0,15 m po jedné rostlině. Ihned po výsadbě se provádí závlaha (Melichar, 1997).

V průběhu vegetace je podle Petříkové a Malého (1998) důležitá kultivace, kterou se nejen ničí plevele, ale provzdušňuje se i půda. Přihnojování spočívá v dodání druhé poloviny ledku vápenatého, kterou se doporučuje ještě rozdělit do dvou dávek. Poprvé se přihnojuje koncem června v době násady prvních plodů a podruhé za měsíc. Závlaha se aplikuje postřikem v množství asi 240 mm za vegetaci (8 až 10 zavlažovacích dávek). Mnohem vhodnější je však závlaha kapková s dávkou přibližně 0,5 l vody na rostlinu a den.

Nároky na prostředí

Malý a kol. (1998) uvádějí, že paprika má vysoké požadavky na světlo, teplotu a vodu. Nedostatečné množství světla vede k opadávání květů a květních pupat. Minimální teplota pro růst je 14 °C. Teploty nad 30 °C ovlivňují negativně výnos. Optimální teplota během dne je 22 – 25 °C, v noci 18 – 20 °C. Pro pěstování jsou podle Pekárkové (2001) vhodné kukuřičné oblasti výrobního typu. Poškozují ji teploty pod 10 °C. Na venkovních stanovištích se v České republice dá úspěšně pěstovat pouze v nejteplejších oblastech. Při dočasné ochraně vysázených rostlin folií v méně teplých oblastech se daří jen velmi raným odrůdám.

V důsledku menší kořenové soustavy potřebuje paprika dostatečné zásobení vodou. Optimální obsah vody v půdě je mezi 60 až 80 % polní vodní kapacity, vlhkost vzduchu má být v rozmezí 60 – 80 %. Půda pro pěstování papriky má být lehká, záhřevná a s dostatkem humusu (v lehkých půdách 2 - 3 %, v hlinitých půdách 4 %). Nejvhodnější jsou černozemě, lehké naplaveniny a hnědozemě. Reakce půdy je vhodná mírně kyselá, pH 6 – 6,5. Důležitá je také provzdušněnost půdy. Paprika je rostlina náročná na obsah a výměnu půdního vzduchu, proto je nezbytné věnovat pozornost nejen výběru půdy, ale také kultivaci (Petříková a kol., 2006).

Malý a kol. (1998) řadí papriku do I. trati, dávka chlévského hnoje po organických předplodinách je 40 t. ha⁻¹. Při výnosu 20 tun vyžaduje dávky 20 – 30 kg P₂O₅, 70 – 90 kg K₂O a 10 – 15 kg MgO na hektar. Dusík se dodává v dávce 30 – 40 kg ve formě síranu amonného a 20 – 30 kg ve formě ledkové. Zásadně se nemají dodávat chloridové formy draselného hnojiva kvůli citlivosti na chlór.

Vhodnou předplodinou jsou luskoviny, krmné směsky a obilniny. Nevhodnou předplodinou jsou plodiny z čeledi lilkovitých, kvůli nebezpečí rozšíření virových chorob. Paprika se po paprice zařazuje za 4 – 5 let (Petříková a kol., 2006).

Na jednu tunu papriky roční se z půdy odčerpá 0,38 kg P, 2,75 kg N, 2,3 kg K, 2,24 Ca a 0,25 Kg Mg (Hlušek a kol., 2002).

4.1.5 Škůdci a choroby papriky roční

Papriku roční napadají různí škůdci a choroby, které ovlivňují její vývoj a následně výnos. Mezi nejvýznamnější škůdce podle Kazdy a kol. (2003) patří:

Sviluška chmelová – *Tetranychus urticae*

Třída: *Arachnoidea*

Čeleď: *Tetranychidae*

Škodí ve všech vývojových stádiích sáním na spodní straně listů, které pak zasychají a při silném poškození úplně usychají. Na silně poškozených rostlinách se vyskytuje jemná pavučinka.

Ochrana: Aplikace akaricidů

Třásněnka zahradní – *Thrips tabaci*

Třída: *Insecta*

Čeleď: *Thripidae*

Škodí sáním na listech, květech a i na vzrostných vrcholech. Způsobuje silné deformace a změnu barvy, květy a mladé plůdky opadávají.

Ochrana: Aplikace insekticidů

Mšice broskvoňová – *Myzus persicae*

Třída: *Insecta*

Čeleď: *Aphididae*

Sají na vegetačním vrcholu a na spodní straně listů, které se pak svinují a žloutnou. Mšice produkují medovici, na které posléze rostou černě. Patří k nebezpečným škůdcům, protože jsou přenašeči mnoha rostlinných virů.

Ochrana: Aplikace insekticidu

Mezi nejvýznamnější choroby papriky roční lze zařadit:

Bakteriální skvrnitost papriky

Původcem jsou bakterie *Xanthomonas vesicatoria* a *Xanthomonas axonopodis*. Na listech se vytvářejí tmavé, žlutě lemované skvrny, silně napadené listy pak odumírají. Skvrny se vyskytují i na plodech. Choroba se přenáší semenem a posklizňovými zbytky. Bakteriální skvrnitost papriky se vyskytuje za teplého, deštivého a větrného počasí (Rod a kol., 2005).

Padlí papriky

Původcem padlí je houba *Leveillula taurica*, která se do rostlin dostává skrz průduchy. Jedná se o padlí endofytní, takže parazituje i ve vnitřních pletivech. Příznakem jsou žluté skvrny na horní straně listů a bělavý povlak na spodní straně. Napadené listy brzo opadávají (Rod a kol., 2005).

Fytoftorová hniloba papriky

Původcem této choroby je půdní houba *Phytophthora capsici*, která napadá primárně kořeny rostliny a postupuje ke kořenovému krčku, kde způsobuje nekrózu a hnilobu. Následkem napadení *Phytophthora* dochází k rychlému vadnutí a poté k úhynu rostliny. Za vhodných podmínek mohou být napadány i listy, stonky a plody. Houbě se daří v přemokřených půdách (Rod a kol., 2005).

Feoramulariová skvrnitost papriky

Původcem této choroby je houba *Phaeoramularia capsicicola*. Na horní straně napadených listů se tvoří žluté skvrny oválného tvaru a na spodní straně se vytváří jemný, tmavý povlak. Listy postupně žloutnou celé a opadávají. Houbě se daří ve vlhkých a teplých podmínkách. Patogen přežívá v posklizňových zbytcích (Hudec a Gutten, 2007).

Alternáriová skvrnitost papriky roční

Původcem je houba *Alternaria capsici* – *annui*. Tato choroba napadá pouze plody papriky, kde se objevují neostře ohraničené skvrny. Nejprve jsou skvrny šedé, později dočerna a jsou pokryty tmavým sazovitým povlakem. Houba napadá spíše starší plody (Hudec a Gutten, 2007).

Plíseň šedá

Plíseň šedou způsobuje houba *Botryotinia fuckeliana*, která na řapících a stoncích tvoří vodnaté, šedozelené skvrny. Občas dochází i k napadení květů, které vadnou a opadávají. Nejvíce viditelné jsou příznaky na plodech, kde se tvoří pravidelné úzké žluté kruhy, tzv. prstence. Plody také mohou být napadány od stopky, kde potom vzniká mokrá hniloba. Houba přežívá na posklizňových zbytcích a na vytrvalých rostlinách. Výskyt podporuje vysoká vzdušná vlhkost (Kazda a kol., 2003).

4.1.6 Sklizeň

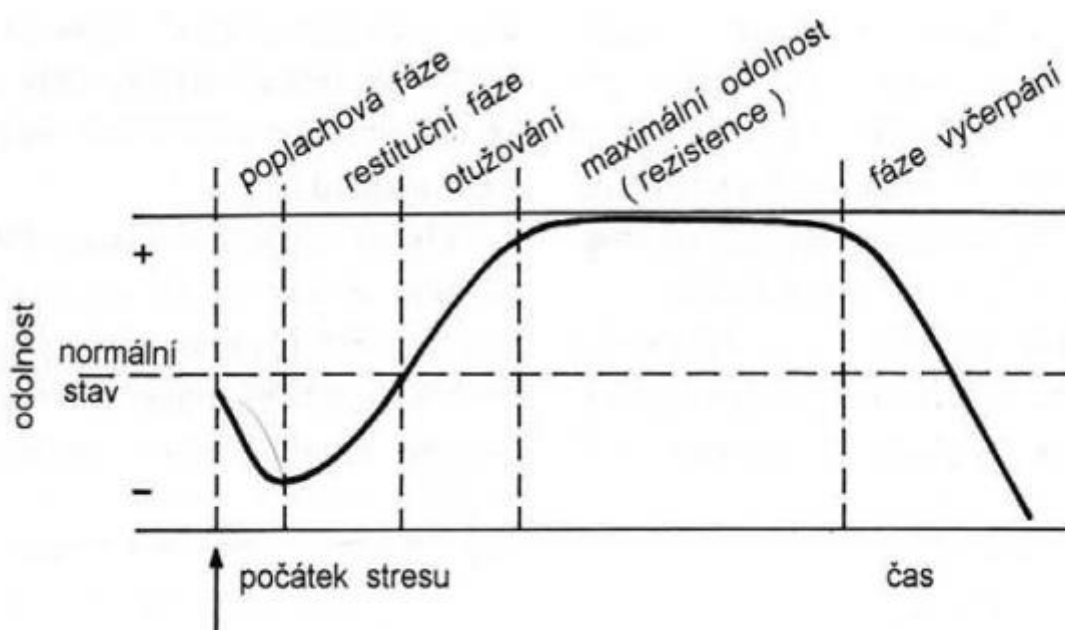
Sklízí se buď ručně probírkou v týdenních intervalech a to až v době, kdy plody dosáhnou požadované odrůdové velikosti, jsou lesklé a mají odpovídající odrůdové vybarvení. Nedostatečně dozrálé plody mají trávovitou, pro papriku atypickou chuť. Opožděná sklizeň zbrzdí násadu dalších květů, plodů a tím sníží výnos. Při doplňkové závlaze a v optimálních podmínkách lze dosáhnout výnosu 50 – 60 t. ha⁻¹. Pro přímý konzum i pro konzervářenské účely se v závěru sklizňového období sklízí plody v botanické zralosti. Skladovatelnost papriky je 10 – 20 dní za teploty 7 - 10 °C. Častou chybou je podchlazení plodů, které vede k černání a zahnívání stopek (Petříková a kol., 2012).

4.2 Stres rostlin

Rostliny jsou vystaveny vlivům okolního prostředí (různým přírodním podmínkám), které mohou vyvolat stres. Každý stresor se projevuje na rostlině jinak dlouho. Například nevhodná teplota vzduchu se může stát stresující již během několika minut, obsah vody v půdě může trvat několik dní až týden a špatný obsah minerálních látek v půdě se může projevit až za měsíc. Působení vnějších vlivů na rostlinu hraje roli v rozdělení druhů podle klimatických činitelů (Boyer, 1982). Taiz a Zeiger (2006) doplňují, že pro zemědělství i životní prostředí je nesmírně důležité pochopení fyziologických procesů, které vedou k poškození, nebo přetížení rostliny, nebo naopak k aklimatizaci a přizpůsobení rostliny na daný stres. Pojem stres je obvykle definován jako vnější faktor, který nevhodně působí na rostlinu. Ve většině případů se stres měří ve vztahu k přežití rostlin, výnosu plodin, akumulace biomasy (růstu), nebo primární asimilací (CO₂ a minerální příjem), která se vztahuje k celkovému růstu rostliny.

Larcher (1995) popisuje průběh stresové reakce (obr. 1), která nastane po proniknutí stresoru k plazmatické membráně buněk a do symplastu. Po začátku působení stresového faktoru dochází k narušení buněčných struktur a funkcí – jedná se o poplachovou fázi. Pokud intenzita působení stresoru nepřekračuje letální úroveň, pak dochází k mobilizaci kompenzačních mechanismů (restituční fáze), které směřují ke zvýšení odolnosti rostliny vůči působícím faktorům – rezistentní fáze. Toto zvýšení nemusí mít vždy trvalý charakter. Jestliže stresor působí dlouhodobě a intenzivně, může nastat fáze vyčerpání.

Obrázek 1: Průběh stresové reakce u rostlin (Larcher, 1995).



Levitt (1980) vysvětlil reakce na stres, které jsou použity pro všechny skupiny organismů (viz obr. 2) tak, že: těleso (organismus, buňka) je deformováno, pokud na něj působí síly z vnějšího prostředí (stres). Jestliže jsou tyto síly intenzivní, těleso se stane nevratně zdeformované a nakonec se zlomí (organismus, buňka odumře).

Obrázek 2: Znázornění působení stresu na těleso (organismus) (Levitt, 1980).



Změna v těle organismu způsobená silou se podle Levitta (1980) nazývá „strain“ (napětí, tlak, zatížení) a síla potřebná k vyvolání změny v rostlině je modul pružnosti M . V tomto případě pružnost neznamená rozpínání ve smyslu maximální pružné deformace. Modul pružnosti M v zásadě odpovídá modulu pružnosti buněčné stěny. Modul pružnosti se dá vyjádřit rovnicí:

$$M = \frac{\text{síla}}{\text{deformace}} = \frac{\text{stres}}{\text{"strain" (napětí)}}$$

Podle tohoto vztahu je M rovněž silou odolnosti organismu na vnější síly, které na něj působí. Ty mohou mít za následek stres, který ovlivňuje chování a změnu v organismu. V první řadě je ovlivňován metabolismus, který se mění nebo deformuje. Vztah stresu a deformace metabolismu záleží na mnoha faktorech. Jedním z nich je délka trvání stresu. Čím déle stres trvá, tím je intenzivnější. Například je-li *Saintpaulia ionnantha* vystavena na krátkou dobu teplotě 5 °C, některé metabolické reakce se mohou změnit, ale ne tak výrazně, že by poškodily rostlinu. Ale jestliže by byla vystavena nízkým teplotám po delší dobu (48 hodin), v metabolismu by nastaly změny, které by vedly k poškození rostliny. Ve většině případů je organismus schopen opravit poškození, pokud není příliš závažné. Avšak změny nebo deformace v organismu nejsou zcela vratné. Opravy škod mohou vést k předčasnému stárnutí nebo odumírání poškozených orgánů (Levitt, 1980).

Dále uvedený autor uvádí, že mnoho organismů má schopnost adaptace na stresy způsobené vnějším prostředím. Jsou schopny se přizpůsobit nevhodným podmínkám (stresu) tím, že změní modul pružnosti, což má za následek i jejich odolnost vůči stresu. Tyto adaptace se vyskytují u stresových reakcí, které nejsou běžnou součástí metabolických změn. Za normálních podmínek rostliny reagují na stres změnou jejich metabolismu, která může být

interpretována jako poplachový signál. Pokud je tato změna tolerována, dojde k adaptaci na stres (viz obr. 3). V případě, že stres překročí rozsah tolerance, organismus je zraněn a jestliže je poškození tak veliké, že není možná jeho oprava, organismus odumře (Levitt, 1980).

Obrázek 3: Znárodnění procesu získání tolerance ke stresu podle Levitta (Levitt, 1980).



A – Poplachová fáze – začátek působení stresoru

B – Restituční fáze – mobilizace kompenzačních mechanismů vůči stresu

C – Fáze rezistence – odolnost vůči stresu

Dále podle Levitta (1980) platí, že čím více stresů působí na rostlinu, tím více odpovědí musí organismus vyvolat. Když je rostlina vystavena teplotám pod bodem mrazu, velká část vody v ní zmrzne, což vede k dehydrataci. Když se teplota zvýší, rostlina je vystavena vysoké intenzitě záření. Fotosyntetický aparát je pak pod napětím, protože nedokáže přijmout energii ze slunečního záření, z důvodu zamrznutí a dehydratace vody v pletivech, což má za následek i nefunkčnost fotosyntetického kyslíku. To všechno vede k oxidačnímu stresu a ke zničení pigmentů. Působení nízkých teplot vyžaduje tedy nejen toleranci k nim, ale i ochranná opatření vůči oxidačnímu stresu.

4.2.1 Obranné mechanismy rostliny vůči stresu

I když je stresu vystavena pouze část rostliny, do stresových reakcí a obraně vůči němu se zapojuje celá. Jakmile na rostlinu působí nepříznivé podmínky, dochází například ke zvýšené tvorbě fytohormonů (auxinů, cytokininů, giberelinů, kyseliny abscisové, ethylénu, kyseliny jasmonové, kyseliny salicylové, brassinosteroidů, polypeptidů, oligopeptidů), proteinů (každý stres je spojen s tvorbou jiných proteinů), které se za normálních podmínek nemusí v rostlině v takové míře vyskytovat a které se snaží o zabránění, nebo potlačení stresu (Jones et Flowers, 1989). Mezi obranné proteiny patří například tzv. nemrznoucí protein (antifreeze protein – AFP), který se aktivuje za působení nízkých teplot, váže se na krystalky ledu a zpomaluje jejich růst a rekrystalizaci (Griffith et al., 2005). Dalším obranným mechanismem je tvorba dehydrinů. Funkcí dehydrinů je vázání vody v molekulách. Jedná se o intercelulární proteiny, které se nachází v pletivech i za vhodných podmínek. Dále jsou

dehydriny důležité při chladovém stresu, kdy brání enzymy proti nízkým teplotám (Kosová a kol., 2008). Tyto biochemické změny v buňkách spotřebují spoustu energie, která pak nezbyvá na tvorbu biomasy, tudíž je pozastaven růst. Obranné mechanismy vůči stresu tedy nesouvisí pouze se změnami metabolickými, ale i morfologickými (Nielsen et Orcutt, 1996).

4.2.2 Optimální teploty pro fyziologické procesy v rostlinách

Dostatečná, nikoli nadměrná teplota je základním předpokladem života. Každý životní pochod probíhá jenom v jistém teplotním rozmezí a má svou optimální teplotu, pod níž a nad níž jeho účinnost klesá. A tak lze pro každý rostlinný druh a každé stadium individuálního vývoje rostlin určit charakteristické „kardinální teploty“. Ty nejsou konstantní, ale kolísají okolo geneticky fixované normy. V jejich rozmezí se mohou rostliny jednotlivých druhů vyvinout v různé ekotypy podle metabolismu nebo odolnosti. Optimální, minimální a maximální teploty pro rostliny se mohou posunout při adaptaci rostlin k podmínkám prostředí (Larcher, 1988).

Existují optimální teploty pro konkrétní fyziologické a biochemické procesy. Požadavky na teplotu v průběhu ontogeneze rostlin se mohou lišit. Zejména časná vývojová stadia jsou poměrně citlivá na změny teplot (Kolek a Kozinka, 1992).

Hughes a Burns (1977) uvádějí horní hranici pro dýchání 40 °C, při této teplotě se dýchání zpomaluje, kvůli deaktivování dýchacích enzymů. Maximov (1938) určuje dolní hranici pro dýchání -10 °C, kdy po překročení této teploty dochází k zamrznání pletiva. Penka (1985) konstatuje, že stejně tak teplota 40 °C je horní hranicí pro vodivost průduchů. Ushio et al. (2008) svým pokusem zjišťovali vliv teploty na fotosyntézu, kterým potvrdili, že rychlost fotosyntézy je silně závislá na teplotě a že při optimálních teplotách se rychlost fotosyntézy zvyšuje a naopak při působení nevhodných teplot fotosyntéza klesá. Podle Larchera (1988) je teplotní rozmezí pro fotosyntetický příjem uhlíku u většiny rostlin v aktivním stadiu jen asi o 5 °C užší, než jsou hranice teplot tak nízkých, že poškozují listy a tak vysokých, že je usmrcují. Rozmezí optimálních teplot pro fotosyntézu a produkci sušiny nebývá ale zpravidla širší než 10 – 15 °C. Optimální teplota pro fotosyntézu je 25 – 30 °C.

Teplota má vliv i na růst a vývoj rostlin. Dlouhivý růst prýtlů rostlin v mírném pásmu začíná, když teplota stoupne o několik stupňů nad 0 °C, zatímco u tropických rostlin začíná růst až při teplotě 12 – 15 °C. Teplotní optimum, při němž je dlouhivý růst nejrychlejší, se nachází mezi 30 – 40 °C u rostlin tropů a subtropů a mezi 15 – 30 °C u všech ostatních

roślin. Teplotní rozmezí pro vývoj a růst kořenů je obvykle velice široké. Rostliny teplejších oblastí potřebují pro růst kořenů vyšší teploty. Aktivní růst dělením buněk má také sezónní průběh a je závislý na teplotě stejně jako dlouhivý růst. Diferenciace buněk může probíhat za nízkých teplot, i když je třeba velmi pomalá. Vyšší teploty jsou zase potřebné pro rašení prýtu a květenství. Tvorba květů je indukována určitou prahovou teplotou a jiné teploty jsou zase účinné při vytváření a rozvoji květenství. Rozmezí teplot pro kvetení, zrání a klíčení semen se zpravidla liší od rozmezí pro růst a rozvoj vegetativních orgánů (Larcher, 1988).

Uvedený autor dále uvádí, že nevhodné teploty pro fyziologické procesy a rostliny vyvolávají stresové reakce, které se pak stávají závodem mezi adaptačními mechanismy a destrukčními procesy, které by mohly znamenat smrt. V případě, že je překročen kritický práh teploty, mohou být struktury a funkce buňky poškozeny tak silně, že protoplazma odumře. K náhlému úmrtí dochází často mimo zimní období, hlavně při působení jarních mrazů. Nemusí se však vždy jednat pouze o rychlý proces, ale k poškození může dojít i postupně a to v případě, je-li narušen stav mezi životními pochody a oslabena jejich činnost. Nakonec některé funkce důležité pro život ustávají a buňka umírá.

Stresy způsobené teplotou mají významné důsledky pro zemědělství. Například bylo zjištěno, že celosvětový pokles teploty o 1 °C má za následek snížení produkce rýže o 40 %. To svědčí o tom, že je teplota významným neovladatelným klimatickým prvkem, který je důležitý pro výzkum tolerance rostlin k teplotním extrémům. Podle hodnot teploty lze rostliny rozdělit do skupin citlivých na chlad, skupin citlivých na mráz a skupin citlivých na vysoké teploty (Hale et Orcutt, 1987).

4.2.3 Vliv nízké teploty na rostliny

Na základě rozmezí a specifické povahy odolnosti vůči nízkým teplotám můžeme rozlišovat tři kategorie:

- 1) Rostliny citlivé na chlad – tato skupina zahrnuje všechny rostliny, které jsou poškozovány i při teplotách nad bodem mrazu (Larcher, 1988). Jones a Flowers (1989) uvádějí, že je tato kategorie běžná u rostlin tropického či subtropického původu (jako jsou fazole, kukuřice, rajče). Lyons (1973) přidává i druhy rostlin z mírného klimatického pásma. Dále Jones a Flowers (1989) ve stručnosti popisují průběh reakcí na chlad. Obvykle se projevuje vadnutím, inhibicí růstu nebo klíčení, dokonce může vést až k usmrcení pletiva. Toto poškození se

vyskytuje u citlivých druhů, jsou-li teploty sníženy pod 10 °C. Pokud je působení nízkých teplot krátké, škoda je obvykle reverzibilní.

- 2) Rostliny citlivé na mráz – tyto rostliny snášejí nízké teploty, ale jsou poškozovány, když se v jejich buňkách začne tvořit led. Tato skupina rostlin se chrání před poškozením pouze mechanismy, které zamrznání oddalují. V chladnějším období vzrůstá v jejich buněčné šťávě a v protoplazmě koncentrace osmoticky účinných látek a snižuje se teplota, na kterou mohou být podchlazeny, a tím se snižuje bod zamrznání pletiv o několik °C (Larcher, 1988).
- 3) Rostliny snášející mráz – tyto skupiny přežívají ve studeném období extracelulární zamrznání a s ním spojené odčerpávání vody z buněk. Některé mohou získat odolnost k extrémnímu chladu. Zůstávají nepoškozené i po dlouhém období silných mrazů a mohou být dokonce ochlazeny až na teplotu tekutého dusíku (Larcher, 1988).

Nízká teplota může mít na různé druhy rostlin jiný vliv. Některé rostliny si k ní vytvořily toleranci, na jiných může způsobovat škody v podobě fyziologické a vývojové abnormality (Hirt et Shinozaki, 2004).

Lyons (1973) popsal mnoho příznaků způsobených nízkou teplotou. Mezi viditelné příznaky poškození patří poranění listů, vadnutí, zesvětlení rostlin kvůli fotooxidaci pigmentu, nekrotizace listů, zpomalení růstu a vývoje a v krajním případě i smrt. Nielsen a Orcutt (1996) přidávají i poranění plodů, nadměrné kroucení a svinování listů, praskání a usychání stromů. Nízké teploty mohou snížit výnos plodin. Chladové a mrazové poškození může ovlivnit růst zemědělských plodin, neboť manipuluje s biochemickými a fyziologickými funkcemi, což vede ke snížení výnosu. Proto je důležité v oblastech s nízkou teplotou pěstovat pouze plodiny tolerantní k chladu, aby vykazovaly nejvyšší možný výnos.

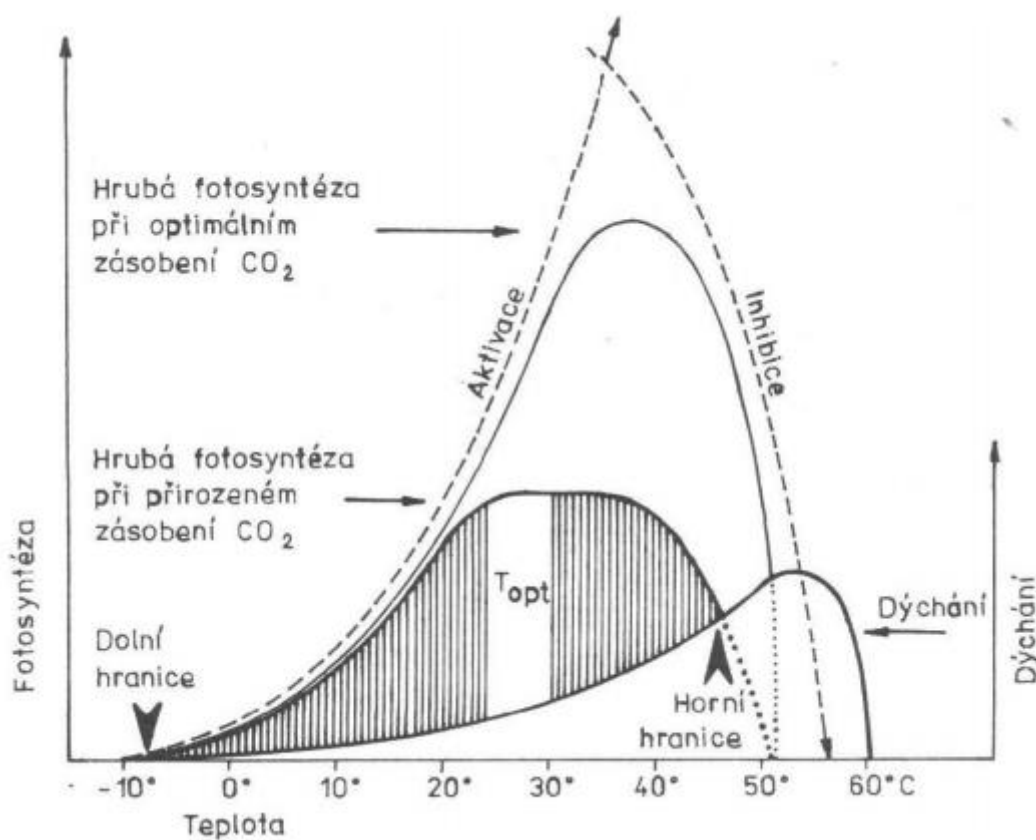
Nízká teplota má vliv i na biochemické procesy rostlin, jako je fotosyntéza, která je úzce spjata s dýcháním (viz obr. 4) a transpirací. Intenzita dýchání závisí na zvýšení teploty. Platí zde Van't Hoffovo pravidlo poměru reakční rychlosti k teplotě, podle něhož se reakční rychlost s teplotou zvyšuje exponenciálně. Nárůst rychlosti reakce způsobené zvýšením teploty o 10 °C udává teplotní koeficient Q_{10} , který je v malém rozsahu teplot téměř konstantní (Larcher, 1988).

Pro teplotní koeficient Q_{10} platí vztah:

$$\ln Q_{10} = \frac{10}{T_2 - T_1} \times \ln \frac{k_2}{k_1}$$

T_2 a T_1 představují dvě různé absolutní teploty a K_2 a K_1 jsou jim odpovídající reakční rychlosti. Při nízkých teplotách (například 5 °C) je aktivační energie pro rozličné procesy zahrnuté v dýchání velká a koeficient Q_{10} je vysoký. S klesající teplotou se rychlost dýchání zvyšuje. Pokud je teplota extrémně nízká, je příjem CO_2 zcela potlačen (Larcher, 1988).

Obrázek 4: Závislost fotosyntézy a dýchání na teplotě (Larcher, 1988).



Jak již bylo zmíněno, nízká teplota také ovlivňuje fotosyntézu a transpiraci, protože má vliv na pohyb průduchů. Otevírání a zavírání průduchů je zapříčiněno rozdílem turgoru svěřacích a přilehlých pokožkových buněk. V případě, že začne turgor svěřacích buněk převyšovat turgor buněk podpůrných, průduchy se otevrou, pokud se tlak nezvětší, zůstávají zavřené. Pohotovost průduchů k uzavírání a otevírání se mění v průběhu dne, vývoje, stresu a adaptace. Stupeň otevření je na teplotě závislý nepřímo prostřednictvím účinku na fotosyntézu a na transpiraci. Při nízkých teplotách (0 – 5 °C) se průduchy otevírají pomalu a jen částečně a

při teplotách pod nulou transport plynu průduchy ustává. Proto je i průběh fotosyntézy za nízkých teplot pomalý (Larcher, 1988).

Za uzavírání průduchů je zodpovědná kyselina abscisová (ABA), která způsobuje pohyby svěřacích buněk pomocí ATP – protonové pumpy v plazmatické membráně. Nezbytný pro pohyb průduchů je obsah K^+ iontů, které po transportu do průduchů zvyšují vodní potenciál a tím dochází k jejich otevření (Lang, 1993). Kyselina abscisová patří mezi významné fytohormony řídící stresové reakce. Je obsažena u všech rostlin a téměř ve všech pletivech. Často se jeví jako antagonistka k ostatním fytohormonům, jako je giberelin, cytokinin, nebo auxin (Araco et al., 2003).

4.3 Chlad

Chladem se rozumí nízké teploty, které ještě umožňují růst, ale nejsou tak nízké, že se v rostlinách tvoří led (Taiz et Zeiger, 2006). Jsou to teploty vyšší než bod mrazu (Shabala, 2012). U rostlin citlivých na chlad se jedná o teploty 0 - 15 °C (Pessarakli, 2010). I tyto teploty mohou v rostlinách vyvolat stres. Některé rostliny jsou schopny se s tímto stresem vyrovnat a získat k němu toleranci, u některých druhů tento stres vyvolá odpovědi, a ty nejcitlivější druhy rostlin nejsou schopny vyvolat správné obranné mechanismy a to vede až ke smrti rostlin (Shabala, 2012). Chlad se na rostlinách projevuje fyziologickými a cytologickými změnami, které mohou být vratné nebo nevratné. To záleží na době působení a míry poškození. Nicméně rostliny citlivé na chlad jsou schopny se mu do jisté míry a na určitý čas přizpůsobit (Pessarakli, 2010). Rostliny, které si vytvořily toleranci vůči chladu, musí projít velkými změnami v obsahu metabolitů, jako je akumulace rozpustných cukrů, RNA - chaperonů a zvýšení kyslíku pro detoxikaci. Tyto změny v buňce způsobují, že chlad je přenesen až k jádru buňky. Další změnou je zvýšení cytosolického vápníku a aktivita proteinových kináz a fosfolipáz (Shabala, 2012).

Mezi citlivé plodiny patří kukuřice, brambory, rajče, rýže, okurky, bob a bavlna. Tyto rostliny za optimálních podmínek rostou při teplotách 25 – 30 °C. Když teplota klesne na 10 – 15 °C, dojde ke zpomalení růstu, změně barvy nebo k nekrotickým na listech a vadnutí rostliny (Taiz et Zeiger, 2006). Hale a Orcutt (1987) doplňují, že dochází i k poškozením pletiva nebo selhání klíčivosti v případě semen. Dále Taiz a Zeiger (2006) uvádějí, že i u druhů citlivých na chlad existují rozdílné reakce na něj, které závisí na genetické adaptaci rostliny na chladnější teploty. Poškození nízkými teplotami lze minimalizovat, pokud jim jsou

rostliny vystaveny postupně. Náhlé vystavení teplotám okolo 0 °C vede k teplotnímu šoku a výrazně zvyšuje riziko poranění.

Velké rozdíly citlivosti na chlad lze pozorovat v rámci jednoho rostlinného druhu, odrůdy nebo kultivaru (Marcelin, 1992). Citlivost na chlad se může také měnit v závislosti na vývojovém stadiu (Lyons, 1973). Fáze růstu, která je obzvláště citlivá na chlad, je reprodukční fáze. Účinky chladu na reprodukční fázi se opět liší v závislosti na druhu rostliny. Příčinou špatné reprodukce je snížení enzymové aktivity, stejně jako rekonfigurace metabolomu stresovaných buněk, které byly poškozeny kvůli špatné dodávce cukru na buněčných výstelkách prašníků a pylových zrn z důvodu snížení rozkladu sacharózy na glukózu a fruktózu – specifickou invertázu (Thakur et al., 2010).

Kratsch a Wise (2000) navrhli klasifikaci druhů rostlin podle jejich citlivosti na chlad:

- 1) Rostliny rezistentní k chladu. Mezi tuto skupinu rostlin patří *Hordeum vulgare*, *Secale cereale*, *Spinacia oleracea*, *Arabidopsis thaliana*, *Brassicca oleracea*, *Cephalozziella exiliflora*, *Selaginella*, *Triticum aestivum*. Na rostlinách nebylo zjištěno poranění způsobené chladem. Mitochondrie i plastidy zůstaly bez změny
- 2) Rostliny citlivé na chlad *Cucumis sativum*, *Fragaria virginiana*, *Solanum lycopersicon*, *Zea mays*, *Nicotiana tabacum*, *Paspalum dilatatum*, *Phaseolus vulgaris*, *Pisum sativum*. U rostlin citlivých na chlad byly pozorovány změny v chloroplastech, změny ve funkci thylakoidů a hromadění lipidů ve stroma. Při dlouhém působení chladu se chloroplasty rozpadly. Mitochondrie zůstaly bez změny
- 3) Rostliny velmi citlivé na chlad. Do této skupiny patří *Ephedra vulgaris*, *Episcia reptans*, *Gossypium hirsutum*, *Saintpaulia ionantha*, *Vigna radiata*. U této skupiny rostlin došlo i k poranění mitochondrií.

Na závěr je třeba zdůraznit, že vystavení rostliny chladným teplotám není vždy škodlivé. Například nízké teploty jsou důležité pro přechod z fáze vegetativní do fáze reprodukční a také nízké teploty příznivě působí při skladování semen tzv. stratifikaci (Heide et Prestrud, 2005).

4.3.2 Reakce chladu na buněčnou strukturu

I když je reakce rostlin citlivých na chlad variabilní, na ultrastrukturální úrovni jsou příznaky podobné (Shabala, 2012). Rostliny poraněné chladem vykazují inhibici fotosyntézy, pomalejší pohyb sacharidů, nižší respiraci, inhibici syntézy proteinů a zvýšený rozklad již existujících proteinů. Všechny tyto mechanismy souvisí se ztrátou funkce plasmatické membrány případně tonoplastu. Potlačení fotosyntézy a dýchání má za následek poranění chloroplastů a mitochondriální membrány (Taiz et Zeiger, 2006). Chlad nejvíce ovlivňuje chloroplast, u kterého jsou první projevy zranění narušení thylakoidů a snížení velikosti a počtu škrobových zrn, narušení vrstev grana a nakonec zánik chloroplastů. Tento jev je výraznější, pokud jsou rostliny vystaveny chladu ve dne, kdy rozsah symptomů závisí na citlivosti druhu (Shabala, 2012). Nízké teploty mají za následek i změny v endoplasmatickém retikulu, u kterého dochází k rozsáhlé dilataci hladkého a k téměř úplnému rozpadu drsného retikula (Wilson et al., 1990).

Vliv nízkých teplot byl zkoumán u řady rostlin. Chloroplasty u *Episcia reptans*, která byla vystavena po dobu 6 hodin teplotě 5 °C, mají nepravidelný a méně organizovaný membránový systém a méně plastoglobulí a škrobových zrn (Murphy et Wilson, 1981). Již po 4 hodinách dochází k poškození chloroplastů a k rozpadu thylakoidů (Ilker et al., 1979). U okurky, která byla vystavena po dobu 11 dnů také teplotě 5 °C lze pozorovat rozpad gran a zvýšení počtu plastoglobulí. Stejně tak u brambor, ponechaných po dobu 10 dnů v teplotě 5 °C došlo k dilataci thylakoidů a k rozpadu škrobových zrn (Balagurova et al., 1980). Totéž chlad vyvolal i u kukuřice (Crevecoeur et al., 1983). Další rostlinou, která byla vystavena nízkým teplotám je *Ephedra sp.*, která byla ponechána 15 dnů v teplotě 2 °C. Došlo u ní k uspořádání plastidů a mitochondrií do skupin a ke snížení počtu gran (Zedd et Geneves, 1982). Naopak při dlouhodobém ponechání smrku ztepilého v teplotě 3 °C nebyly v buněčné struktuře zřetelné žádné změny. Spíše došlo ke zvýšení obsahu škrobových zrn (Salaj, 1982). Ilker et al. (1979) popsali změny způsobené chladem v buňce rajčete, které bylo vystaveno také 5 °C po dobu 3 dnů. K závažnému poškození došlo ve všech úrovních buněčné organizace. Po dvou hodinách nebyly registrovány žádné změny, po čtyřech hodinách došlo ke změně thylakoidů a mitochondriální membrány. Po osmi hodinách byla narušena struktura cytoplazmy a ribozomu. Po šestnácti hodinách všechny příznaky drasticky narůstaly a byly doprovázeny srážením bílkovin.

4.3.3 Účinek chladu na biochemické procesy v rostlinách

Snižující se teploty snižují metabolické reakce. Kromě toho dochází k poškození vazby lipidů na proteiny v buněčných membránách (Shabala, 2012). Taiz a Zeiger (2006) vysvětlují, proč dochází k poškození membrán. Rostlinné membrány se skládají z lipidové dvojvrstvy proložené proteiny a steroly. Fyzikální vlastnosti lipidů významně ovlivňují činnost integrálních membránových proteinů, včetně H^+ iontů a ATPasy, které regulují transport iontů a dalších rozpuštěných látek, včetně přepravy enzymů, na kterých závisí průběh metabolismu. U rostlin citlivých na chlad mají lipidové dvojvrstvy vysoké procento nasycených mastných kyselin a membrány s tímto složením mají tendenci tuhnout při nižších teplotách. To má za následek potlačení činnosti H^+ iontů, ATPasy a omezený transport látek do a ven z buněk. Proto je při nízkých teplotách narušena rovnováha různých enzymů v metabolických cyklech a redox řetězců. Některé metabolické produkty se zvyšují a některé snižují. Během fotosyntézy se CO_2 spojuje s ribulosa - 1,5 - bisfosfát za vzniku 3 - fosfoglycerátu, který se redukuje na 1,3 - bisfosfoglycerát. Nejvíce 1,3 - bisfosfoglycerátu je zachováno v chloroplastech a zbytek převážně v cytosolu a převeden na sacharózu pomocí syntézy fosforylovaných meziproduktů. Nakonec sacharóza uvolňuje anorganický fosfát, který se vrací do chloroplastů pro syntézu ATP. Nízká teplota vede k akumulaci fosforylovaných metabolitů, což má za následek snížení dostupnosti anorganického fosfátu v chloroplastech. Stres způsobený chladem vyvolává velmi předčasné vyčerpání anorganického fosfátu, který snižuje dostupnost elektronového akceptoru glycerátu - 1,3 - bisfosfátu v Calvinově cyklu.

5. Materiál a metody

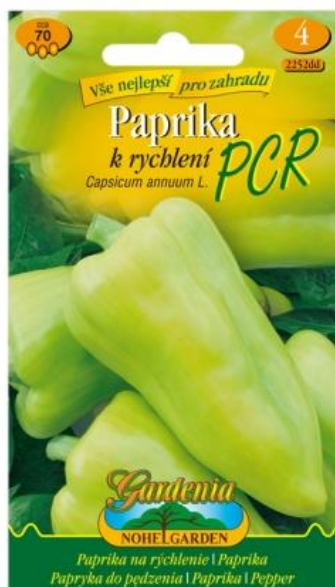
Pro pokus bylo vybráno 5 odrůd papriky roční: PCR, Citrina, Simona, Stalagnit, Andrea. Cílem pokusu bylo vystavit dané odrůdy papriky roční nízkým teplotám a sledovat jejich reakce na vybrané fyziologické charakteristiky (fotosyntézu, transpiraci a fluorescenci chlorofylů) a stanovit účinek aplikace přípravku Atonik jako antistresového opatření.

5.1 Charakteristika rostlinného materiálu

PCR

Odrůda, určená k rychlení a ve vybraných lokalitách i pro polní pěstování. Rostlina je bujného vzrůstu. Plody jsou převislé, mírně zploštělé, s jemně pikantní chutí. Barva plodů v technologické zralosti je světle žlutá, v botanické červená. Síla stěny je 4 - 5 mm, poměr délky a šířky plodu je 12:6,0 (viz obr. 5) (moravoseed.cz).

Obrázek 5: Odrůda PCR

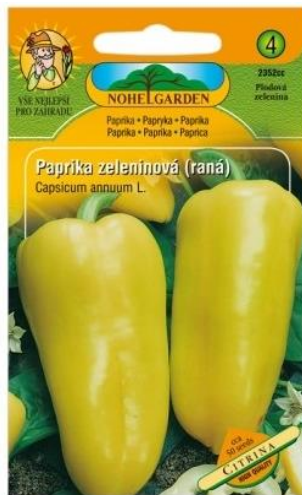


Zdroj: www.Nohelgarden.cz

Citrina

Odrůda je určená pro polní pěstování. Rostlina je středně vysoká, rozložitá. Plod má protáhle kvadratický tvar, silnostěnný dvou až tříkomorový. Odrůda je kvalitní chuti s vysokým obsahem vitamínu C. V technologické zralosti je barva světle zelená (viz obr. 6) Tloušťka stěny činí 6 – 8 mm, poměr délky a šířky plodu je 13:6,5 (Moravoseed.cz).

Obrázek 6: Odrůda Citrina



Zdroj: www.Nohelgarden.cz

Stalagnit

Velmi odolná, raná odrůda vhodná na pole či do vyšších nadmořských výšek. Délka plodu je 15 – 18 cm, šířka plodu 7 – 8 cm, tloušťka stěny 8 – 10 mm. Rostlina je středně vysoká. Plod v botanické zralosti má barvu světle zelenou přecházející až do červena (viz obr. 7, 8) (paprikylibera.cz).

Obrázek 7 :Odrůda Stalagnit



Zdroj: www.eshop.cernyseed.cz

Obrázek 8: Odrůda Stalagnit



Zdroj: www.paprikylibera.cz

Simona

Simona je jemně pálivá paprika. Pochází z jižního Slovenska a velmi dobře se jí daří i u nás. Plody jsou trojúhelníkovité, v botanické zralosti v barvě jasně červené (viz obr. 9). Má výraznou chuť a jemnou slupku (ireceptar.cz). Plody jsou široké 6 - 8 cm a jejich délka je 14 - 20 cm. Průměrná hmotnost se pohybuje v rozmezí 120 - 210 g (zahradkar.org).

Obrázek 9: Odrůda Simona



Zdroj: www.zahradkar.org

Andrea

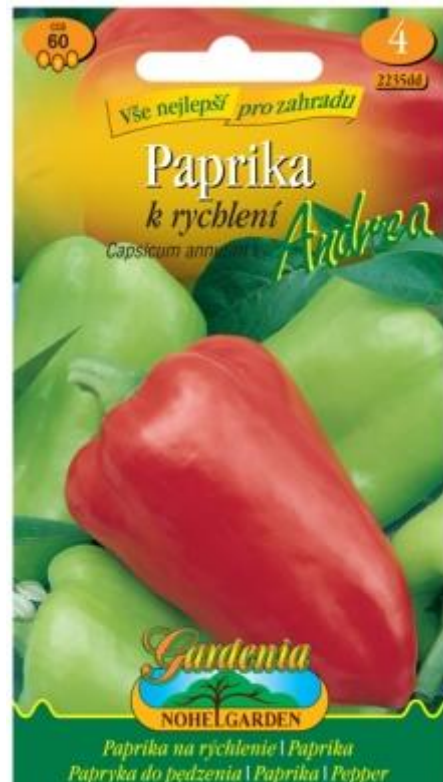
Odrůda je určena k rychlení. Plody jsou silně lesklé, převislé, mírně žebnaté a s hrubou dužninou. V technické zralosti jsou barvy nažloutlé, ve zralosti botanické pak svítivě červené (viz obr. 10, 11). Síla stěny je 4 - 6 mm, poměr délky a šířky plodu je 12 : 6,2 (Moravoseed.cz).

Obrázek 10: Odrůda Andrea



Zdroj: www.moravoseed.cz

Obrázek 11: Odrůda Andrea



Zdroj: www.pestovani.in

5.2 Založení pokusu

Semena jednotlivých genotypů paprik byla předklíčena v termostatu BT120 (Chirana Brno, ČR) na vlhkém filtračním papíru při teplotě 20 °C po dobu 18 hodin dle metodiky ISTA (International Seed Testing Association) a poté byly zasety do pěstebních nádob (rozměr 11x11x11,5 cm) s homogenizovaným pěstebním zahradnickým substrátem A (Rašelina a. s., ČR; pH 5,5 - 6,0, spalitelné látky min. 35 %, částice nad 25 mm max. 5 %, celkový N: 80 - 120 mg l⁻¹, P₂O₅: 50 - 100 mg l⁻¹, K₂O: 100 - 150 mg l⁻¹) a kultivovány v částečně řízených podmínkách skleníku KBFR FAPPZ. Ve skleníku byl nastaven teplotní režim na 20 °C (den) a v noci na 16 °C, světelný režim byl přirozený, tedy 11 hodin světla a 13 hodin tmy.

Rostliny byly ve skleníku pěstovány do fáze 6 pravých listů a poté byly rozděleny do jednotlivých variant pokusu. Schéma pokusu zahrnovalo 6 variant, viz tab. 1. Rostlinám v klimaboxu byla nastavena teplota 5 °C v noci a 12 °C ve dne. Světelné podmínky byly nastaveny stejné jako u rostlin pěstovaných ve skleníku. Stresované varianty byly v klimaboxu ponechány po dobu 11 dnů, kdy na ně působila nízká teplota a poté se daly na 12 dnů regenerovat do skleníku KBFR, kde měly stejné podmínky jako rostliny kontrolní.

Tabulka 1: Schéma pokusu

Varianta	Teplota Den/noc	1.Fáze ošetření	1.Fáze ošetření	Koncentrace látky	Místo pokusu
Kontrola bez aplikace Atoniku	20°C/16°C				skleník ČZU
Kontrola s jednou aplikací Atoniku	20°C/16°C	Fáze 6. listu		0,04%	skleník ČZU
Kontrola se dvěma aplikacemi Atoniku	20°C/16°C	Fáze 6. listu	14 dní po prvním ošetření	0,04%	skleník ČZU
Stres bez aplikace Atoniku	5°C/12°C				klimabox
Stres s jednou aplikací Atoniku	5°C/12°C	Fáze 6. listu		0,04%	klimabox
Stres se dvěma aplikacemi Atoniku	5°C/12°C	Fáze 6. listu	14 dní po prvním ošetření	0,04%	klimabox

Přípravek Atonik je rostlinný stimulant, jehož fyzikálně-chemické vlastnosti jsou uvedeny v tab. 2. Používá se pro omezení stresů během vegetace, pro rychlejší regeneraci poškozených kultur a celkově vyšší výnos plodin. Aplikace se provádí postřikem na list, odkud je přípravek rychle vstřebáván do rostlinných pletiv. Účinné látky zrychlují transportní procesy v jednotlivých buňkách a následně anabolické pochody v rostlinách. Ovlivňuje pohyb plazmy v buňkách rostlin, což se projevuje lepším zakořeňováním, příjmem živin a intenzivnějším růstem (arystalifescience.cz).

Atonik (Atonik Pro) je registrován v širokém spektru plodin v dávce 0,6 (0,2) l. ha⁻¹. Aplikaci je podle potřeby možno opakovat 2 krát i 3 krát za vegetaci. Na papriku roční se doporučuje dávkování 2x za vegetaci. První dávka před květem, další 14 dní po aplikaci první dávky. Obě aplikace v koncentraci 0,04 % a 0,2 l. ha⁻¹ (arystalifescience.cz).

Tabulka 2: Chemické a fyzikální vlastnosti Atoniku

Chemická a fyzikální vlastnost	hodnota	g.l ⁻¹
4 – nitrofenolát sodný v %	0,9	9
2 – nitrofenolát sodný v %	0,6	6
5 – nitroguajakolát sodný v %	0,3	3

Zdroj: arystalifescience.cz

Měření fyziologických charakteristik

Rychlost výměny plynů

Měření rychlosti čisté fotosyntézy (P_N), rychlosti transpirace (E) a vodivosti průduchů (g_s) se uskutečnilo přenosným gazometrickým infračerveným analyzátozem LCpro+ (obr. 12), otevřený systém (ADC Bio Scientific Ltd., Hoddeson, UK). Fotosyntetická hustota toku fotonů (PPFD) a teplota v listové komoře byly nastaveny na 650 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ a 23 °C.

Sledované charakteristiky byly stanoveny pomocí následujících výpočtů dle

Holé et al.,(2010):

- **Rychlost (intenzita) čisté fotosyntézy (P_N):**

$$P_N = u_s \Delta c \quad [\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}],$$

kde Δc je rozdíl koncentrací CO_2 na vstupu a výstupu do komory [$\mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$],

u_s je množství - průtok vzduchu na 1 m² listové plochy [$\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$].

- **Rychlost (intenzita) transpirace (E):**

$$E = u_s \Delta W \quad [\text{mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}],$$

kde ΔW je rozdíl koncentrací vodní páry [$\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$],

u_s je množství - průtok vzduchu na 1 m² listové plochy [$\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$].

- **Vodivost průduchů (g_s):**

$$g_s = 1/r_s \quad [\text{mol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}],$$

kde r_s jsou stomatální odpory.

Měření se uskutečnilo na intaktní rostlině, na plně vyvinutém listu – fotosynteticky dospělém listu. Po stabilizaci přístroje bylo v intervalu jedné minuty zaznamenáno vždy 20 hodnot sledovaných charakteristik.

Stanovení fluorescence chlorofylů

Metoda fluorescence chlorofylu patří mezi moderní biofyzikální techniky pro získávání kvalitativních a kvantitativních informací o účinnosti fotochemických a nefotochemických procesů uvnitř chloroplastů. Měření fluorescence je rychlá, kvantitativní a diagnostická metoda porovnatelná s ostatními metodami hodnocení kvantity a kvality fotosyntetických procesů (Gogoláková, Štrba, 2011).

Potenciální fotochemická efektivita elektronového transportu ve fotosystému II (F_v/F_M), základní fluorescence (F_0), maximální fluorescence (F_M) a variabilní fluorescence (F_v) byly zaznamenány přenosným fluorometrem (obr. 13) s technologií pulzní modulace ADC:OSI 1 FL (ADC Bio Scientific Ltd., Hoddeson, UK).

Variabilní fluorescence (F_v) byla přístrojem stanovena z hodnot základní fluorescence (F_0) a maximální fluorescence (F_M) dle následujícího matematického vztahu:

- $F_v = F_M - F_0$.

Měření bylo při každém termínu prováděno po dvaceti minutách. Temnostní adaptace za použití listových klipsů na pokusných rostlinách.

Statistické vyhodnocení získaných dat

Získaná data byla statisticky vyhodnocena pomocí programu Statistica12. Použitá hladina významnosti α , byla stanovena na hodnotu 0,05. To znamená, že hodnocení bylo průkazné s 95% pravděpodobností. K vyhodnocení byla použita metoda vícefaktorové ANOVY.

Obrázek 12: Přístroj LCpro+ pro měření fotosyntézy a transpirace



Zdroj: foto autorka

Obrázek 13: Přístroj ADC:OSI 1 FL pro získání dat fluorescence chlorofylu



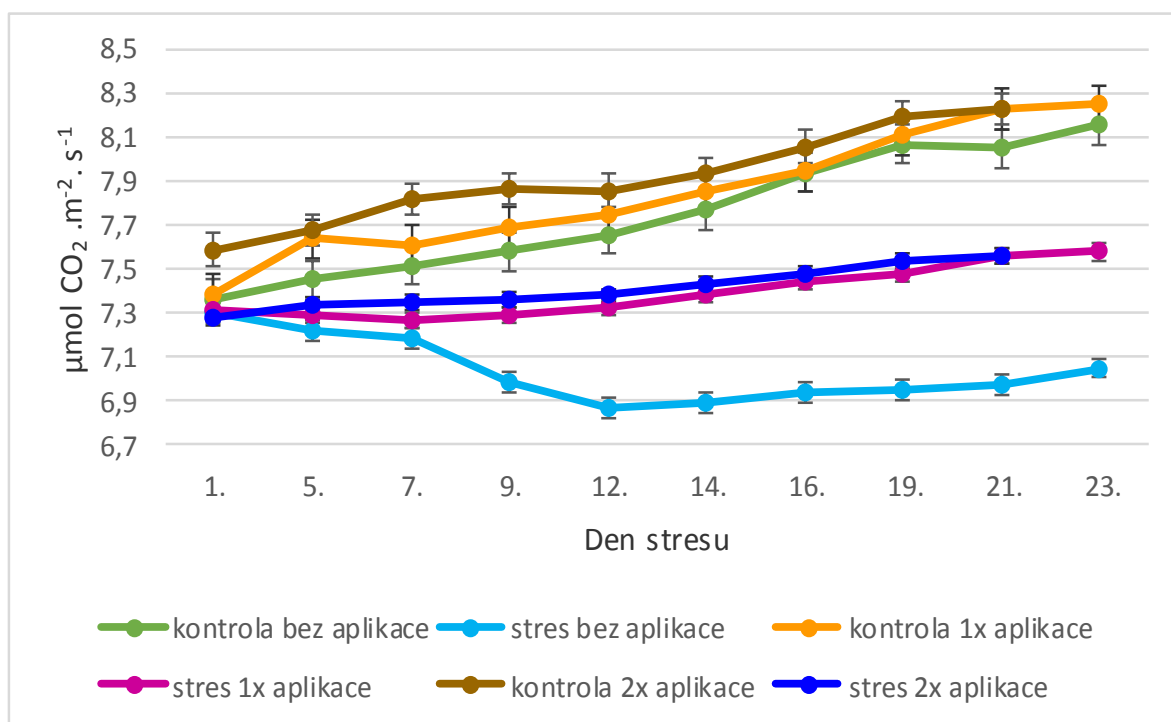
Zdroj: foto autorka

6. Výsledky

Měřením byla zjišťována rychlost fotosyntézy, transpirace a průběh fluorescence. U každé odrůdy bylo založeno šest variant. Kontrolní i stresovaná varianta bez aplikace Atoniku, dále s jedním postřikem Atoniku a se dvěma dávkami Atoniku. Stejně se postupovalo i při stresované variantě. Kontrolní varianta byla pěstována ve skleníku s teplotou 20 °C ve dne a 16 °C v noci, stresovaná varianta v klimaboxu při teplotě 5 °C v noci a ve dne 12 °C. Pro stanovení fotosyntézy a transpirace byl použit přístroj LCpro+ a pro měření fluorescence přenosný fluorometr ADC:OSI 1 FL. Výsledky jednotlivých měření byly zaznamenány do grafů a následně statisticky vyhodnoceny pomocí vícefaktorové ANOVY v programu Statistica12.

6.1 Rychlost fotosyntézy

Graf 1: Změny fotosyntézy ($\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) v rámci variant pokusu a ontogenetického vývoje u odrůdy PCR



Z grafu 1 vyplývá, že nejnižší rychlost fotosyntézy rostlin papriky roční odrůdy PCR byla zjištěna u varianty stresované bez aplikace ($6,87 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) a naopak nejvyšší u varianty kontrolní s dvojitou aplikací ($8,23 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$). U rostlin kontrolních bez ošetření byl zaznamenán postupný nárůst rychlosti fotosyntézy v rámci ontogenetického vývoje, kdy nejnižší fotosyntézu vykazovaly rostliny na počátku pokusu

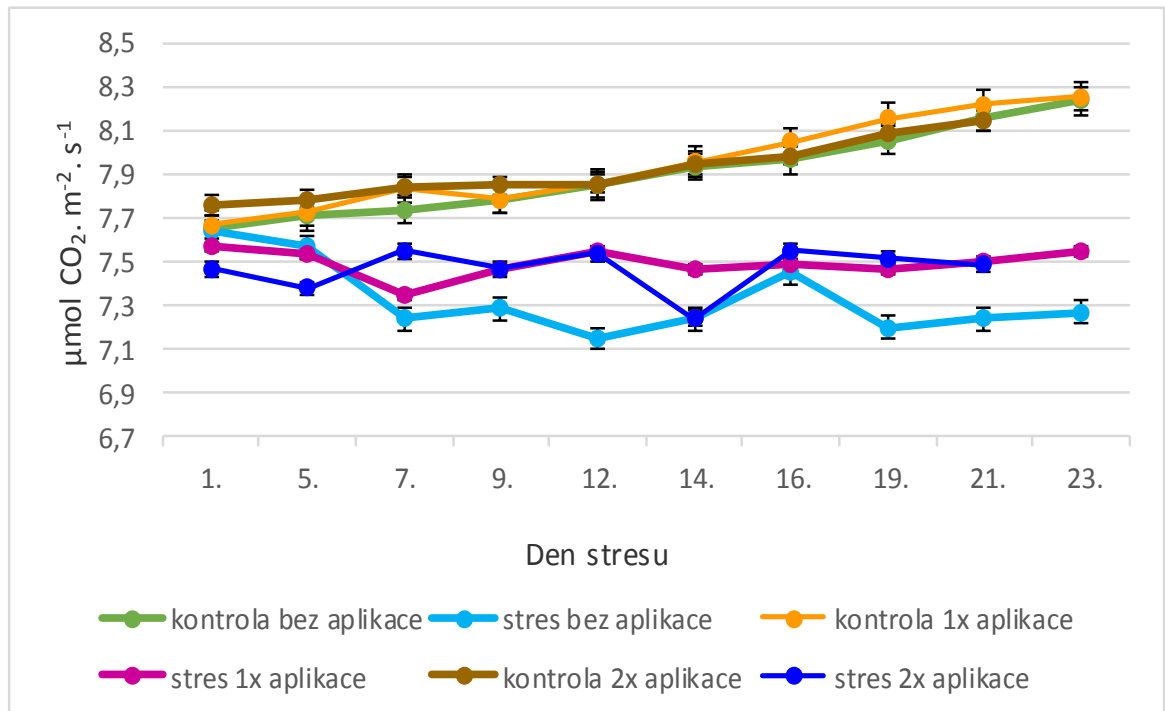
(7,36 $\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) a nejvyšší na jeho konci (8,16 $\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$). V rámci ontogenetického vývoje kontrolních rostlin bylo zaznamenáno průkazné snížení fotosyntézy 21. den pokusu, kdy naměřená rychlost fotosyntézy byla 8,05 $\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$.

Oproti kontrolním neošetřeným rostlinám vykazují rostliny z varianty stresované bez ošetření opačný trend v rychlosti fotosyntézy, viz graf 1. U rostlin stresovaných se rychlost fotosyntézy v průběhu ontogenetického vývoje snižuje vlivem působení chladové teploty. U této varianty byla rychlost fotosyntézy nejnižší 12. den stresu (6,87 $\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) a nejvyšší v prvním stresovaném dni (7,3 $\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$). Rychlost fotosyntézy průkazně klesá od 1. dne stresu do 12. dne stresu, ale od následujícího měření se rychlost fotosyntézy pozvolna, téměř lineárně zvyšovala až do konce sledovaného období (7,05 $\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$), v důsledku přenesení rostlin do prostředí s vyšší teplotou.

Z uvedeného grafu dále vyplývá, že u kontrolních rostlin ošetřených 1x přípravkem Atonik se rychlost fotosyntézy zvyšuje v závislosti na ontogenetickém vývoji. Rychlost fotosyntézy byla u této varianty v intervalu hodnot od 7,39 $\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ do 8,25 $\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. V pátém dni pokusu se rychlost fotosyntézy zvýšila na hodnotu 7,39 $\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. Toto zvýšení je statisticky průkazné. Poté se rychlost fotosyntézy téměř lineárně zvyšovala až do konce sledovaného období, kdy její rychlost činila 8,25 $\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. U rostlin stresovaných nebyl zaznamenán výrazný nárůst rychlosti fotosyntézy po aplikaci přípravku Atonik, ale rychlost fotosyntézy se od počátku zvyšovala pozvolna až do konce sledovaného období. Zjištěné hodnoty rychlosti fotosyntézy byly u této varianty v rozpětí hodnot od 7,31 $\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ do 7,58 $\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. U obou variant bylo zaznamenáno zvýšení fotosyntézy v porovnání s neošetřenou variantou, přičemž na postřik lépe reagují rostliny stresované. Toto tvrzení je statisticky průkazné pouze u odrůdy PCR.

V případě dvou aplikací přípravku Atonik je možné konstatovat, že obdobně jako u jedné aplikace dochází ke zvýšení rychlosti fotosyntézy u obou variant pokusu, ale toto zvýšení ve srovnání s jednou aplikací je nižší. U rostlin kontrolních dochází nejprve ke zvýšení rychlosti fotosyntézy mezi 1. dnem pokusu (7,59 $\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) a 9. dnem (7,87 $\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$). Ve dvanáctém dni pokusu se rychlost fotosyntézy snížila na hodnotu (7,86 $\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$), ale poté se rychlost fotosyntézy až do konce sledovaného období pozvolna zvyšovala až na hodnotu 8,23 $\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. U rostlin stresovaných se rychlost fotosyntézy zvyšovala pozvolna, téměř lineárně od počátku pokusu (7,28 $\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) až do jeho konce (7,56 $\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$), viz graf 1.

Graf 2: Změny fotosyntézy ($\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) v rámci variant pokusu a ontogenetického vývoje u odrůdy Andrea



Nejvyšší rychlost fotosyntézy odrůdy Andrea byla naměřená u varianty kontrolní s jednou aplikací ($8,26 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) a nejnižší u varianty stresované bez aplikace ($7,15 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$), jak dokazuje graf 2.

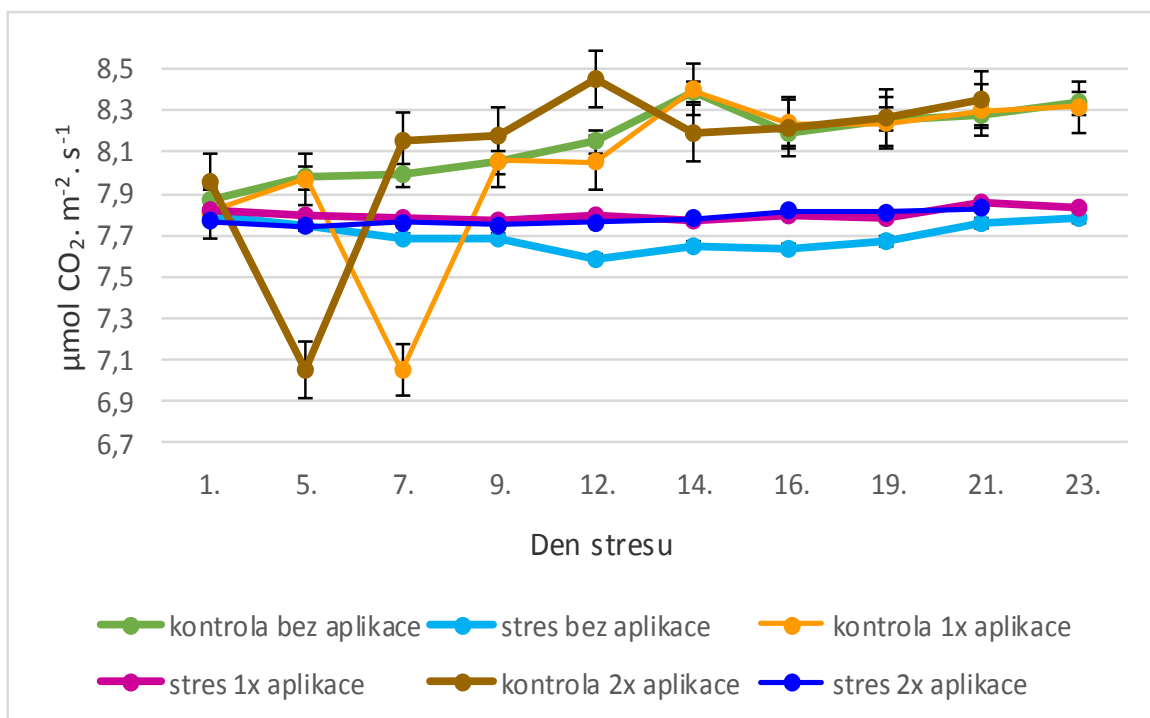
U rostlin kontrolních bez aplikace má rychlost během sledovaného období pozvolný, téměř lineární nárůst ze $7,65 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ (hodnota naměřena v prvním dni pokusu) až na $8,24 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ (naměřeno poslední den pokusu). Tím je prokazatelný vliv ontogenetického vývoje na rychlost fotosyntézy. Rostliny stresované vykazují mnohem nižší hodnoty rychlosti fotosyntézy než rostliny kontrolní. Od prvního ($7,64 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) do sedmého dne stresu rychlost klesá ($7,24 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$), v 9. dni stresu vzroste ($7,29 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$), ale ve dvanáctém dni stresu klesá na nejnižší hodnotu ($7,15 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$). V šestnáctém dni je zaznamenán nárůst ($7,45 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$), nicméně 19. den stresu klesá ($7,2 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$). Následně se až do posledního dne zvyšuje ($7,27 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$), viz graf 2.

Dále z grafu 2 vyplývá, že u rostlin kontrolních s jednou aplikací Atoniku se rychlost fotosyntézy zvyšuje. Nejnižší hodnoty vykazovaly rostliny odrůdy Andrea na začátku pokusu ($7,67 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) a nejvyšších na konci pokusu ($8,26 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$). Křivka až do sedmého dne má narůstající průběh, ale v devátém dni došlo k mírnému poklesu ($7,79 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$), ve dvanáctém dni stresu hodnoty vzrostly

($7,86 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) a křivka až do konečného dne pokusu ukazovala zrychlování fotosyntézy. Ani u stresované varianty s jednou aplikací nebyl zjištěn průkazný statisticky rychlejší průběh fotosyntézy než u rostlin stresovaných bez aplikace. Hodnoty od prvního dne ($7,57 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) do sedmého dne ($7,35 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) pokusu klesaly, poté do dvanáctého dne narůstaly ($7,55 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$), a do devatenáctého opět klesaly na hodnotu $7,47 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. Křivka od devatenáctého dne stresu do posledního narůstala až na rychlost $7,55 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$.

U rostlin se dvěma aplikacemi Atoniku u kontrolní varianty je opět prokazatelný zvyšující se průběh fotosyntézy od prvního dne pokusu ($7,76 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) až po poslední den pokusu ($8,15 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$). V tomto případě dvojitá aplikace Atoniku má za následek rychlejší fotosyntézu než u kontrolních variant bez aplikace a v případě jedné aplikace až do 12. dne pokusu ($7,86 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$), kdy se všechny rychlosti kontrolních variant vyrovnávají. Poté se kontrolní varianta s dvojitou aplikací téměř shoduje s variantou bez aplikace. Ani v tomto případě u rostlin stresovaných s dvojitou aplikací Atoniku nelze prokázat statisticky významný rozdíl od varianty bez aplikace. Křivka má střídající průběh. Na začátku pokusu (1. den) je zjištěna hodnota $7,47 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, v pátém dni klesá ($7,38 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$), v sedmém narůstá ($7,55 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) a v devátém dni pokusu se opět snižuje ($7,47 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$). Ve čtrnáctém dni nastává pokles z hodnoty $7,54 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ na $7,24 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, kdy se jedná o nejnižší hodnotu u této varianty. V následujících dnech fotosyntéza narůstá do konečné rychlosti $7,49 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, viz graf 2.

Graf 3: Změny fotosyntézy ($\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) v rámci variant pokusu a ontogenetického vývoje u odrůdy Simona



Kontrolní varianty u odrůdy Simona dosahují vyšších hodnot než u stresovaných rostlin, jak je patrné z grafu 3. Nejvyšší hodnota byla naměřena u kontrolní varianty s dvojitou dávkou Atoniku ($8,45 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$). Nejnižší hodnotu rychlosti fotosyntézy vykazovala opět kontrolní varianta s dvojitou dávkou Atoniku spolu s kontrolní variantou s jednou dávkou ($7,05 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$).

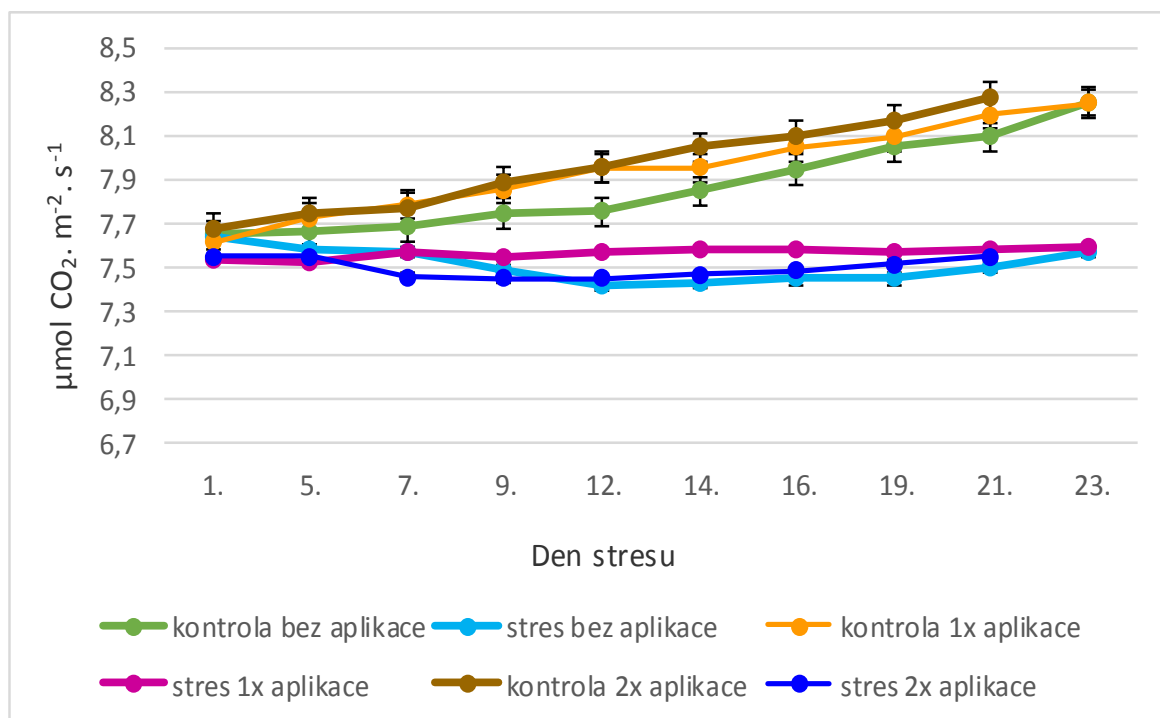
U rostlin kontrolních bez aplikace má rychlost fotosyntézy během celého pokusu narůstající tendenci. Nejpomalejší byla na počátku ($7,87 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) a nejrychlejší na konci sledovaného období ($8,34 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$). Jediný pokles v rychlosti byl zaznamenán v šestnáctém dni pokusu, kdy rychlost klesla z hodnoty $8,39 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ (rychlost ve 14. dni) na $8,19 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ (rychlost v 16. den). Stresovaná varianta od počátku ($7,79 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) do dvanáctého dne pozvolna klesá ($7,59 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) a po umístění rostlin z nízkých teplot do vyšších ve dvanáctém dni stresu, začíná mírně narůstat až k hodnotě $7,78 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ (hodnota fotosyntézy v posledním dni stresu), jak ukazuje graf 3.

Dále z uvedeného grafu je patrný střídající se průběh změn rychlosti fotosyntézy v závislosti na termínu měření u kontrolní varianty s aplikací 1x Atonik. Křivka fotosyntézy téměř kopírovala křivku kontrolní varianty bez aplikace, ale v 7. dni pokusu bylo zjištěno průkazné snížení z hodnoty $7,97 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ (hodnota v pátém dni

pokusu) na $7,05 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. V devátém dni se rychlost fotosyntézy opět zvýšila až na hodnotu $8,06 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. Dále se rychlost fotosyntézy zvýšila ve čtrnáctém dni ($8,4 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) a v šestnáctém byl zaznamenán pokles rychlosti fotosyntézy na hodnotu $8,24 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. Poté se rychlost postupně zvyšovala až na $8,32 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, která byla naměřena v posledním dni pokusu. Nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl mezi variantou bez aplikace a variantou s jedním ošetřením Atoniku. U stresované varianty s jednou aplikací nenastal v průběhu pokusu žádný náhlý výkyv v rychlosti fotosyntézy. Docházelo k nepatrnému snižování a zvyšování hodnot. Nejnižší hodnota byla zjištěna v devátém a čtrnáctém dni ($7,77 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) a nejvyšší v předposledním termínu měření ($7,86 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$). Ani u této varianty nebyl prokázán statisticky významný rozdíl v porovnání s variantou bez aplikace.

V případě dvou ošetření Atonikem, u kontrolní varianty došlo ke statisticky průkaznému poklesu bezprostředně po jeho aplikaci ze $7,96 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ na $7,05 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ v pátém dni pokusu. V sedmém dni byl zaznamenán nárůst rychlosti fotosyntézy na hodnotu $8,15 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, který se zvyšoval až do 12. dne ($8,45 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$). Pokles rychlosti fotosyntézy byl zaznamenán ve 14. dni, kdy naměřená rychlost fotosyntézy byla $8,19 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. Tento pokles byl poté vystřídán nárůstem fotosyntézy až do konce pokusu ($8,35 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$). Na základě získaných výsledků lze konstatovat, že průběh fotosyntézy byl obdobný jako u varianty kontrolní s jednou aplikací. I stresovaná varianta s dvojitou dávkou Atoniku měla téměř shodnou rychlost během ontogenetického vývoje, jako varianta kontrolní s jednou aplikací, jak dokazuje graf 3. Z toho vyplývá, že dvojitá dávka Atoniku nevykazovala zlepšení fotosyntézy v porovnání s jednou aplikací. Během celého sledovaného období se rychlost fotosyntézy postupně zvyšovala v rozmezí od $7,77 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ (hodnota v prvním dni stresu) do $7,83 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ (hodnota v posledním dni stresu).

Graf 4: Změny fotosyntézy ($\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) v rámci variant pokusu a ontogenetického vývoje u odrůdy Stalagnit



U grafu 4 lze konstatovat, že kontrolní varianty u odrůdy Stalagnit dosahují vyšších hodnot fotosyntézy než varianty stresované. Nejvyšší rychlost byla naměřena u kontrolní varianty s dvěma ošetřeními ($8,28 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) a nejnižší u stresované varianty bez ošetření ($7,42 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$).

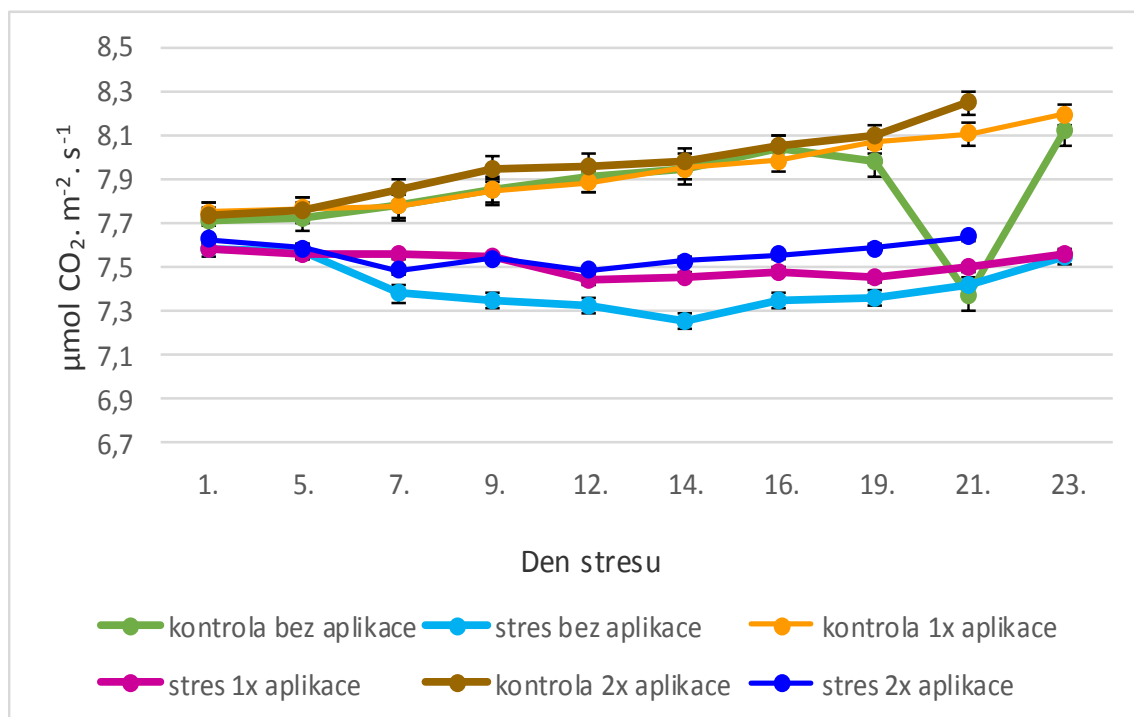
U kontrolní varianty bez aplikace se rychlost fotosyntézy v rámci ontogenetického vývoje zvyšovala z hodnoty $7,65 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ až na hodnotu $8,26 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ při posledním měření. Stresovaná varianta měla naopak klesající tendenci až do dvanáctého dne stresu, kdy od prvního dne ($7,64 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) klesla až na hodnotu $7,42 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. Během přenosu do vyšších teplot fotosyntéza postupně vzrůstala až k hodnotě $7,57 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, viz graf 4.

Z uvedeného grafu dále vyplývá, že u kontrolních rostlin ošetřených 1x Atonikem, se rychlost fotosyntézy v rámci ontogenetického vývoje zvyšuje. Rychlost byla ve všech měření vyšší, než rychlost naměřená u kontrolní varianty bez aplikace. Je možné konstatovat, že přípravek Atonik pozitivně ovlivnil u této varianty a odrůdy Stalagnit rychlost fotosyntézy. Rychlost fotosyntézy se u této varianty pohybovala v intervalu od $7,62 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ (hodnota v prvním dni pokusu) do $8,25 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ (hodnota naměřená v posledním dni pokusu). U stresovaných rostlin jedna aplikace Atoniku ovlivnila rychlost fotosyntézy, kdy na začátku pokusu byla rychlost

7,54 $\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ (první den stresu), která se u pátého dne průkazně snížila o 0,01 $\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. 7.den stresu bylo zaznamenáno neprůkazné zvýšení fotosyntézy na hodnotu 7,57 $\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, které bylo vystřídáno mírným neprůkazným poklesem o 0,02 $\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. Rychlost fotosyntézy se zvyšovala od 12. dne stresu (7,57 $\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) do 14. dne (7,59 $\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$). Při posledním měření byla rychlost nejvyšší (7,6 $\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$).

Ani u kontrolní varianty se dvěma ošetřeními přípravku Atonik nebyl prokázán statisticky významný rozdíl od varianty kontrolní neošetřené ani od varianty s jedním ošetřením. Průběh fotosyntézy byl téměř shodný s variantou s jedním ošetřením až do 12. dne. Od tohoto dne se rychlost u varianty se dvěma aplikacemi Atoniku zvýšila o 0,09 $\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ a její nárůst pokračoval až k hodnotám 8,28 $\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ (rychlost naměřená v posledním dni pokusu). Stresovaná varianta s opakovaným ošetřením během prvních dvou měření měla podobné hodnoty jako varianta s jednou aplikací. Jednalo se o hodnoty 7,55 $\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ (v prvním a v pátém dni stresu). V sedmém dni stresu byl zjištěn pokles na hodnotu 7,45 $\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, která zůstala shodná až do dvanáctého dne stresu. Poté nastalo zrychlení na 7,55 $\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, které bylo naměřeno v posledním dni pokusu.

Graf 5: Změny fotosyntézy ($\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) v rámci variant pokusu a ontogenetického vývoje u odrůdy Citrina



Z grafu 5 vyplývá, že nejvyšší rychlost fotosyntézy rostlin papriky roční odrůdy Citrina byla zjištěna u varianty kontrolní s dvojitým ošetřením Atonikem ($8,25 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) a nejnižší u rostlin stresovaných bez aplikace ($7,26 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$).

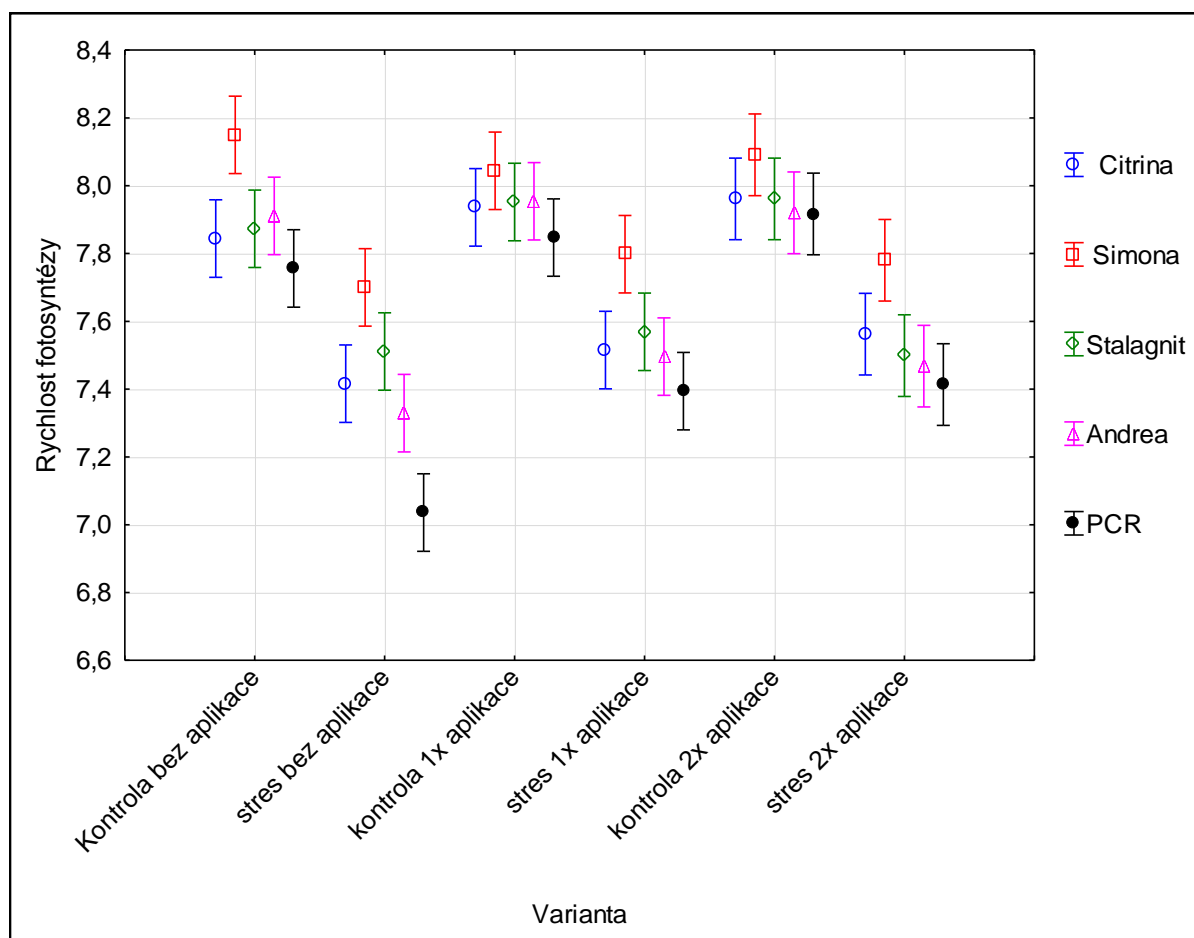
U rostlin kontrolní varianty bez aplikace rychlost fotosyntézy od prvního dne pokusu ($7,71 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) do šestnáctého dne narůstala k hodnotě $8,04 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. V devatenáctém dni byl zaznamenán pokles fotosyntézy na hodnotu $7,98 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, který se při předposledním měření průkazně snížil až na hodnotu $7,37 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. V posledním termínu měření rychlost vzrostla na $8,12 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. U stresovaných rostlin bez aplikace Atoniku byla rychlost fotosyntézy v prvním dni stresu $7,59 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ a až do 14. dne poklesla k hodnotě $7,26 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. Od tohoto termínu až do konce pokusu rychlost fotosyntézy narůstala na hodnotu $7,55 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, viz graf 5.

Z uvedeného grafu lze dále vyvodit, že kontrolní varianta s jedním ošetřením má shodný průběh s variantou neošetřenou, pouze od devatenáctého do 23. dne pokusu byly zaznamenány průkazné diference. Devatenáctý den rychlost fotosyntézy u kontrolní varianty s jednou aplikací byla o $0,09 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ vyšší než u varianty bez aplikace Atoniku (hodnota v 19. dni u kontrolní varianty s jednou aplikací byla

8,07 $\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$). Při posledním termínu měření byla fotosyntéza nejvyšší (8,2 $\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$). Stresovaná varianta s jedním ošetřením dosahuje vyšších hodnot fotosyntézy než varianta stresovaná bez ošetření. Od prvního dne stresu (7,59 $\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) až do dvanáctého dne rychlost fotosyntézy klesá (7,44 $\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$).

V případě dvou aplikací růstového stimulantu Atonik je možné konstatovat, že stejně jako u kontrolní varianty s jednou aplikací dochází ke zvýšení rychlosti fotosyntézy v rámci ontogenetického vývoje. Rychlost fotosyntézy se pohybovala v rozmezí hodnot od 7,74 $\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ (hodnota v prvním dni pokusu) do 8,25 $\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ (hodnota v posledním dni pokusu). Průběh fotosyntézy byl téměř obdobný jako u varianty s jednou aplikací. Rychlost fotosyntézy stresované varianty klesala z hodnoty 7,63 $\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ (1. den stresu) na 7,49 $\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ naměřenou v sedmém dni stresu. V devátém dni se rychlost fotosyntézy zvýšila na 7,54 $\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, ale tento nárůst byl vystřídán poklesem na hodnotu 7,49 $\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ve dvanáctém dni stresu. V závěru pokusu byla u této varianty naměřena maximální rychlost fotosyntézy, a to 7,64 $\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. Mezi stresovanými variantami nelze prokázat statisticky významný rozdíl, ale z grafu 5 je zřetelné, že rostliny s opakovaným ošetřením Atonikem dosahovaly od dvanáctého dne vyšší rychlost fotosyntézy.

Graf 6: Statistické vyhodnocení fotosyntézy v závislosti na odrůdě a variantě pokusu



Z grafu 6 vyplývá rozdílná reakce sledovaných odrůd na varianty pokusu, kdy nejnižší rychlost fotosyntézy byla zjištěna u stresované varianty bez aplikace. U této varianty byla rychlost fotosyntézy v rozpětí hodnot od $7,04 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ (PCR) do $7,70 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ (Simona). Naopak nejvyšší průměrná fotosyntéza byla zjištěna u rostlin pěstovaných v kontrolních podmínkách (u odrůdy Citrina byla nejvyšší rychlost naměřena v kontrolní variantě s jednou aplikací, u Simony ve variantě bez aplikace, u Stalagnitu u rostlin 2x ošetřených, u Andrei v kontrolní variantě 1x ošetřené a PCR u varianty s dvojitou dávkou aplikace Atoniku). V rámci této varianty byla nejnižší fotosyntéza zjištěna u odrůdy PCR ($7,92 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) a naopak nejvyšší u odrůdy Simona ($8,15 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$).

Z uvedeného grafu je dále patrné, že na nízkou teplotu bez ošetření citlivěji reaguje odrůda PCR, u které byla rychlost fotosyntézy nižší o $0,71 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ v porovnání s kontrolními rostlinami. Oproti tomu odrůda Stalagnit se jeví vůči chladu odolnější, neboť

rozdíl mezi kontrolou a stresem v rychlosti fotosyntézy činil $0,36 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. Uvedené rozdíly jsou statisticky průkazné.

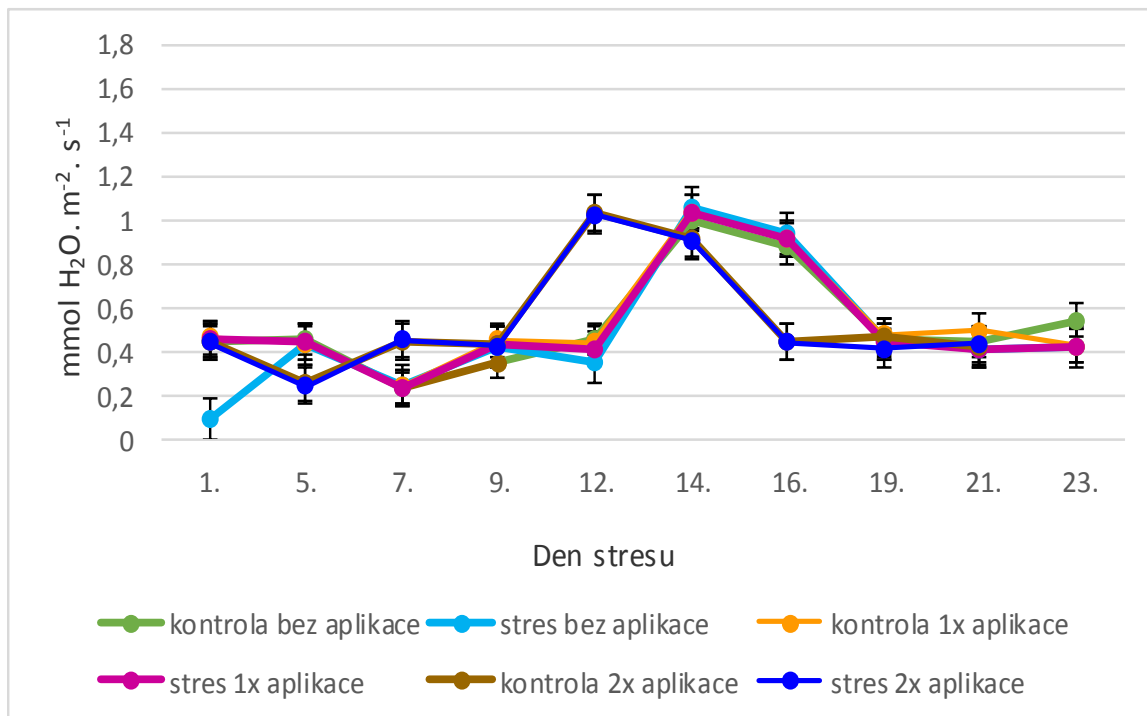
Na jednu aplikaci Atoniku ve variantě stresované lépe reagovaly rostliny papriky roční odrůdy PCR ($7,39 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) v porovnání s ostatními odrůdami. U této odrůdy se v porovnání s neošetřenými rostlinami zvýšila rychlost fotosyntézy o $0,36 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, jedná se o statisticky průkazný rozdíl. Ostatní odrůdy na postřik přípravkem Atonik nereagovaly statisticky průkazně. U rostlin kontrolních byl zaznamenán v porovnání s neošetřenou variantou pozitivní efekt aplikace přípravku Atonik, kdy se fotosyntéza u všech odrůd zvýšila, jak dokumentuje graf 6.

V případě dvou aplikací přípravku Atonik bylo zjištěno, že u rostlin stresovaných na dvojitou aplikaci lépe reaguje odrůda Citrina, kdy se rychlost fotosyntézy neprůkazně zvýšila o $0,04 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ v porovnání s variantou s jednou aplikací. U kontrolních rostlin byl zjištěn pozitivní vliv Atoniku v porovnání s variantou 1x ošetřenou u odrůdy PCR, kdy se rychlost fotosyntézy neprůkazně zvýšila o $0,07 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, jak dokládá graf 6.

Pokud hodnotíme vliv aplikací přípravku Atonik na rostliny papriky roční je možné konstatovat, že rostliny lépe reagují na jednu aplikaci Atoniku v porovnání se dvěma aplikacemi, jak uvádí graf 6.

6.2 Rychlost transpirace

Graf 7: Změny rychlosti transpirace ($\text{mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) v rámci variant pokusu a ontogenetického vývoje u odrůdy PCR



Z grafu 7 je patrné, že průběh transpirace jak u stresované varianty, tak u varianty kontrolní, je během svého ontogenetického vývoje proměnlivý. Nedá se zde obecně konstatovat, že křivky mají vzrůstající tendenci u rostlin v kontrolních podmínkách a klesající u rostlin ve stresujících podmínkách, jako tomu bylo u fotosyntézy. Nejvyšší hodnoty byly naměřeny u stresované varianty bez aplikace ($1,06 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) a zároveň u této varianty byly naměřeny i nejnižší hodnoty ($0,1 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$).

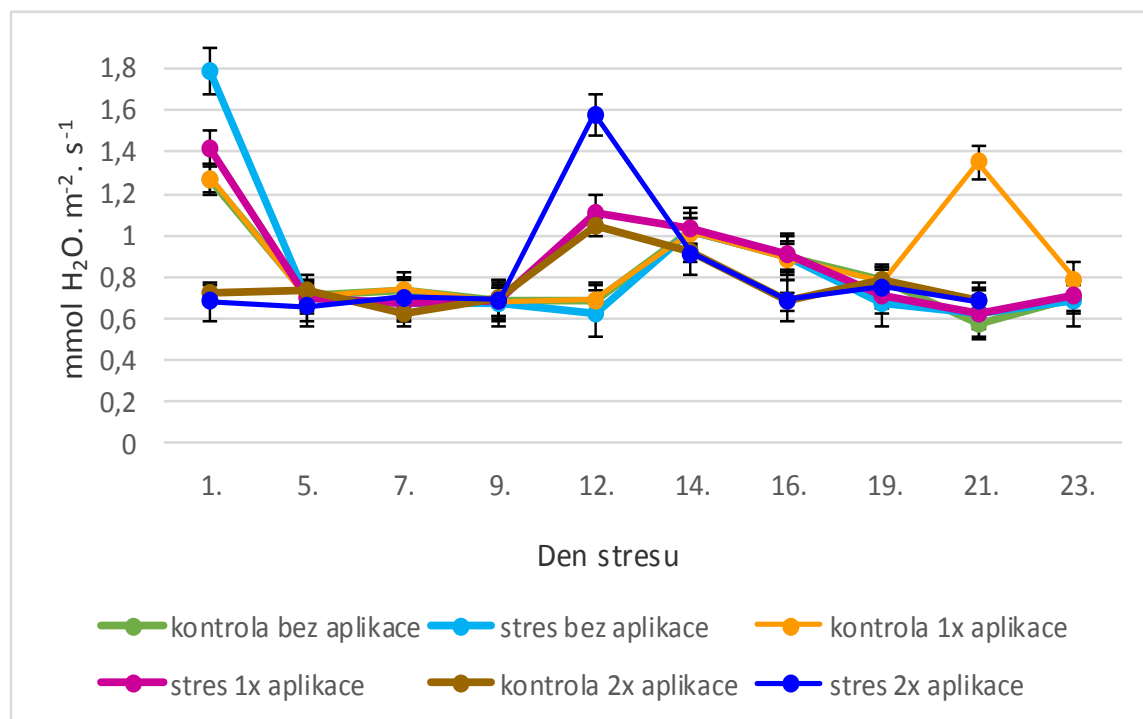
U rostlin kontrolních bez aplikace Atoniku byla rychlost transpirace na počátku pokusu ve výši $0,45 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. V sedmém dni dochází k průkaznému poklesu transpirace na hladinu $0,24 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ a ve 14. dni působení stresu se rychlost transpirace průkazně zvýšila až na hodnotu $1,00 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. Tento nárůst byl opět vystřídán průkazným poklesem transpirace až do 21. dne ($0,45 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) a v závěru pokusu se transpirace opět zvýšila ($0,55 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$). Stresované rostliny bez aplikace Atoniku při prvním termínu vykazují hodnotu $0,1 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. V pátém dni byla rychlost transpirace o $0,34 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ vyšší v porovnání s prvním dnem, jedná se o průkazné zvýšení. V sedmém dni stresu byl zaznamenán pokles transpirace na hodnotu $0,25 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. Zvýšení transpirace bylo u této varianty

zjištěno u devátého dne ($0,43 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$). Maximální rychlost transpirace byla naměřena ve čtrnáctém dni stresu ($1,06 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$), toto zvýšení bylo vystřídáno průkazným snížením až na hodnotu $0,43 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, která byla naměřena na konci pokusu, jak dokládá graf 7.

Z uvedeného grafu dále vyplývá, že u kontrolních rostlin s jedním ošetřením je rychlost transpirace téměř shodná s rychlostí transpirace kontrolních neošetřených rostlin. Rozdíl oproti neošetřené kontrole je možné nalézt v 9. dni, kdy byla rychlost transpirace $0,46 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ a na konci pokusu, kdy rychlost transpirace u kontrolní varianty s jednou aplikací byla $0,43 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. Stresované rostliny 1x ošetřené Atonikem mají na počátku pokusu hodnotu $0,46 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. Od tohoto termínu až do sedmého dne stresu rychlost transpirace průkazně klesá na hodnotu $0,24 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. Snížení transpirace bylo v devátém dni vystřídáno průkazným zvýšením na hodnotu $0,44 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. Maximální transpirace byla zjištěna ve čtrnáctém dni ($1,04 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$). Poté rychlost transpirace klesala až do konce pokusu ($0,43 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$).

V případě dvou aplikací Atoniku mají hodnoty kontrolní i stresované varianty velmi podobnou rychlost transpirace. Na začátku pokusu při prvním měření měly obě varianty stejnou hodnotu transpirace ($0,45 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$), v sedmém dni pokusu u obou variant hodnoty rychlosti transpirace klesly, kdy u kontroly byla rychlost transpirace ve výši $0,26 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ a u stresované $0,25 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. Ve dvanáctém dni stresu bylo zaznamenáno u obou variant pokusu, jak dokládá graf 7, zvýšení transpirace na hodnoty $1,04 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ (kontrola se dvěma ošetřeními) a $1,03 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ (stres se dvěma ošetřeními). Následně bylo zvýšení transpirace vystřídáno jejím poklesem v 16. dni stresu, kdy byla rychlost transpirace ve výši $0,45 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ (pro obě varianty). Tento pokles je zaznamenán až do konce pokusu, kdy rychlost transpirace kontrolních rostlin byla $0,43 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ a u stresovaných rostlin byla $0,44 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, viz graf 7.

Graf 8: Změny rychlosti transpirace ($\text{mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) v rámci variant pokusu a ontogenetického vývoje u odrůdy Andrea



Z grafu 8 je patrné, že rychlost transpirace u odrůdy Andrea během ontogenetického vývoje rostlin nevykazuje trend nárůstu či poklesu. Nejvyšší rychlost transpirace u odrůdy Andrea byla zjištěna v prvním dni pokusu u varianty stresované bez aplikace Atoniku ($1,79 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) a nejnižší u varianty kontrolní bez aplikace Atoniku ($0,57 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) ve 21. dni pokusu.

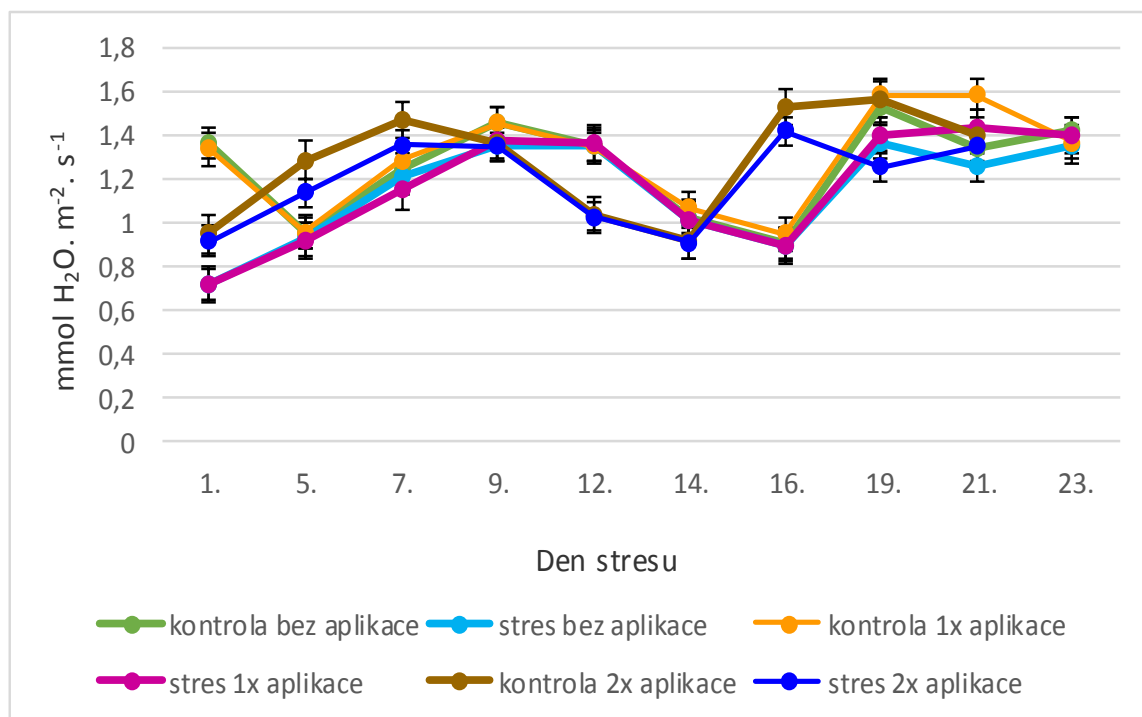
Kontrolní rostliny bez aplikace Atoniku měly rychlost transpirace na počátku pokusu ve výši $1,27 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, na konci sledovaného období rychlost transpirace činila $0,7 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. U rostlin stresovaných bez aplikace Atoniku byla rychlost transpirace v prvním dni stresu $1,79 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. Ve 12. dni stresu se rychlost transpirace snížila na hodnotu $0,62 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. Ve 14. dni se rychlost transpirace průkazně zvýšila na hodnotu $1,02 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, ale tento nárůst je do konce pokusného období vystřídán snížením, neboť na konci pokusu byla transpirace stresovaných neošetřených rostlin $0,68 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, jak dokládá graf 8.

Z uvedeného grafu dále vyplývá, že po jednom ošetření kontrolních rostlin vykazuje vývoj rychlosti transpirace shodný trend s rostlinami neošetřenými, včetně naměřených hodnot rychlosti transpirace. Rozdíl oproti neošetřené variantě je možné zaznamenat od 21. dne stresu. V tomto termínu byla rychlost transpirace kontrolní varianty s jedním ošetřením $1,35 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. Na konci pokusu byla rychlost transpirace

0,79 mmol H₂O .m⁻².s⁻¹. U 1x ošetřených stresovaných rostlin se rychlost transpirace pohybovala v rozpětí hodnot od 0,63 mmol H₂O .m⁻².s⁻¹ (hodnota naměřena ve 21. dni stresu) do 1,42 mmol H₂O .m⁻².s⁻¹ (1. den stresu). V počátečním období byl zaznamenán pokles rychlosti transpirace do 7. dne pokusu, kdy byla rychlost fotosyntézy 0,67 mmol H₂O .m⁻².s⁻¹. Tento pokles byl následně vystřídán zvýšením transpirace na 1,11 mmol H₂O .m⁻².s⁻¹ (12. den). Na konci pokusu byla rychlost transpirace ve výši 0,71 mmol H₂O .m⁻².s⁻¹.

U kontrolních rostlin se dvěma aplikacemi Atoniku se rychlost transpirace pohybovala v intervalu 0,63 mmol H₂O .m⁻².s⁻¹ (7. den pokusu) až 1,04 mmol H₂O .m⁻².s⁻¹ (12. den). Také v tomto případě je nárůst rychlosti transpirace vystřídán jejím poklesem. Na počátku pokusu byla rychlost transpirace ve výši 0,72 mmol H₂O .m⁻².s⁻¹, ale v sedmém dni stresu byl zaznamenán její pokles na hodnotu 0,63 mmol H₂O .m⁻².s⁻¹. Ve dvanáctém dni bylo zaznamenáno průkazné zvýšení transpirace (1,04 mmol H₂O .m⁻².s⁻¹). Toto zvýšení bylo opět vystřídáno poklesem transpirace až do konce sledovaného období (0,69 mmol H₂O .m⁻².s⁻¹), s neprůkazným zvýšením v 19. dni stresu, jak dokumentuje graf 8. Z něho je dále patrné, že u rostlin stresovaných se dvěma aplikacemi Atoniku byla nejnižší rychlost transpirace zjištěna v 5. dni stresu (0,66 mmol H₂O .m⁻².s⁻¹) a naopak nejvyšší ve 12. dni stresu (1,58 mmol H₂O .m⁻².s⁻¹). Shodně s předcházejícími variantami i v tomto případě dochází nejprve ke snížení transpirace mezi 1. dnem (0,68 mmol H₂O .m⁻².s⁻¹) a pátým dnem (0,66 mmol H₂O .m⁻².s⁻¹). Tento pokles byl vystřídán průkazným zvýšením transpirace ve 12. dni na hodnotu 1,58 mmol H₂O .m⁻².s⁻¹. Na konci pokusu byla rychlost transpirace ve výši 0,68 mmol H₂O .m⁻².s⁻¹.

Graf 9: Změny rychlosti transpirace ($\text{mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) v rámci variant pokusu a ontogenetického vývoje u odrůdy Simona



Obdobně jako v případě vývoje změn rychlosti transpirace u odrůdy Andrea v rámci jednotlivých variant pokusu a ontogenetického vývoje, tak i v případě odrůdy Simona vykazuje shodný trend vývoje transpirace, jak dokazuje graf 9. Nejnižší hodnotu rychlosti transpirace měly stresované varianty bez aplikace a s jednou aplikací Atoniku na počátku pokusu ($0,72 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$), naopak nejvyšší hodnotu dosáhla varianta kontrolní s jedním ošetřením Atonikem ($1,59 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$).

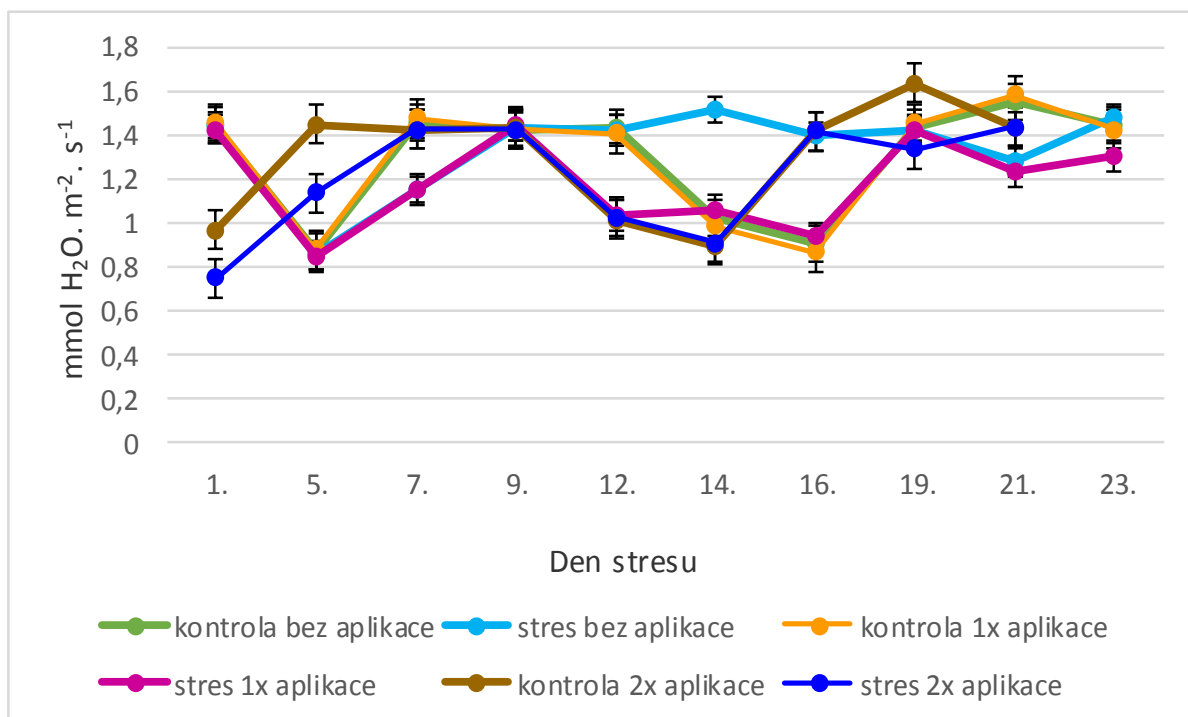
U kontrolních rostlin bez aplikace Atoniku byla rychlost fotosyntézy na počátku pokusu ve výši $1,37 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. V pátém dni pokusu byl zaznamenán pokles transpirace na hodnotu $0,96 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. Tento pokles byl v 9. dni pokusu vystřídán zvýšením transpirace, neboť v tomto termínu dosáhla transpirace hodnoty $1,46 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. Maximální rychlost transpirace byla naměřena u kontrolních rostlin bez ošetření v 19. dni, kdy dosáhla hodnoty $1,53 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. Na konci pokusu byla rychlost transpirace odrůdy Simona $1,42 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, viz graf 9.

Z grafu 9 dále vyplývá, že u kontrolních rostlin s jednou aplikací testovaného přípravku byla rychlost transpirace v intervalu hodnot $0,95 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ (16. den) až $1,59 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ (19. a 21. den). Po snížení transpirace v pátém dni pokusu ($0,96 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) její hodnoty narůstaly až do devátého dne ($1,46 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$). Při dalších měření nastal pokles až na hodnotu

0,95 mmol H₂O .m⁻².s⁻¹ (16. den). V 19. a 21. dni měla rychlost transpirace hodnotu 1,59 mmol H₂O .m⁻².s⁻¹. Poslední den měření dosahovala transpirace hodnoty 1,37 mmol H₂O .m⁻².s⁻¹. U rostlin pěstovaných za nižších teplot byla počáteční hodnota transpirace 0,72 mmol H₂O .m⁻².s⁻¹. Až do devátého dne se rychlost transpirace od počátku pokusu zvyšovala na hodnotu 1,38 mmol H₂O .m⁻².s⁻¹. Tento nárůst byl vystřídán průkazným snížením na hodnotu 0,9 mmol H₂O .m⁻².s⁻¹ v šestnáctém dni stresu. Od tohoto snížení až do konce pokusu se rychlost transpirace zvyšovala na hodnotu 1,4 mmol H₂O .m⁻².s⁻¹. U stresovaných rostlin bez aplikace Atoniku rychlost transpirace začala na hodnotě 0,72 mmol H₂O .m⁻².s⁻¹ (1. den stresu) a až do 12. dne narůstala na hodnotu 1,36 mmol H₂O .m⁻².s⁻¹. V 16. dni stresu došlo k průkaznému snížení rychlosti transpirace na hodnotu 0,9 mmol H₂O .m⁻².s⁻¹ a poté ke zvýšení na 1,37 mmol H₂O .m⁻².s⁻¹ (19. den stresu). V posledním termínu měření hodnota transpirace u stresované varianty bez aplikace Atoniku činila 1,35 mmol H₂O .m⁻².s⁻¹, jak dokládá graf 9.

Z uvedeného grafu dále vyplývá, že při dvou aplikacích Atoniku na kontrolní a stresované rostliny vykazují změny rychlosti transpirace shodný průběh, jako předchozí varianty. U kontrolních rostlin se dvěma aplikacemi Atoniku byla rychlost transpirace v rozpětí hodnot od 0,92 mmol H₂O .m⁻².s⁻¹ (14. den) do 1,57 mmol H₂O .m⁻².s⁻¹ (19. den). Zvyšování transpirace bylo zaznamenáno na počátku sledovaného období do 7. dne (1,47 mmol H₂O .m⁻².s⁻¹). Poté dochází k poklesu transpirace až do 14. dne (0,92 mmol H₂O .m⁻².s⁻¹). Tento pokles byl opět vystřídán nárůstem v 19. dni sledovaného období (1,57 mmol H₂O .m⁻².s⁻¹). Na konci pokusu se rychlost transpirace průkazně snižovala na hodnotu 1,4 mmol H₂O .m⁻².s⁻¹. Také v případě rostlin ze stresované varianty se dvěma aplikacemi Atoniku je patrný nárůst transpirace mezi 1. dnem (0,92 mmol H₂O .m⁻².s⁻¹) a 7. dnem (1,36 mmol H₂O .m⁻².s⁻¹). Od dvanáctého dne až po 14. den se rychlost transpirace snižuje na hodnotu 0,91 mmol H₂O .m⁻².s⁻¹. Snížení transpirace je opět vystřídáno nárůstem na hodnotu 1,42 mmol H₂O .m⁻².s⁻¹ v šestnáctém dni. Na konci pokusu byla rychlost transpirace 1,35 mmol H₂O .m⁻².s⁻¹, jak dokumentuje graf 9.

Graf 10: Změny rychlosti transpirace ($\text{mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) v rámci variant pokusu a ontogenetického vývoje u odrůdy Stalagnit



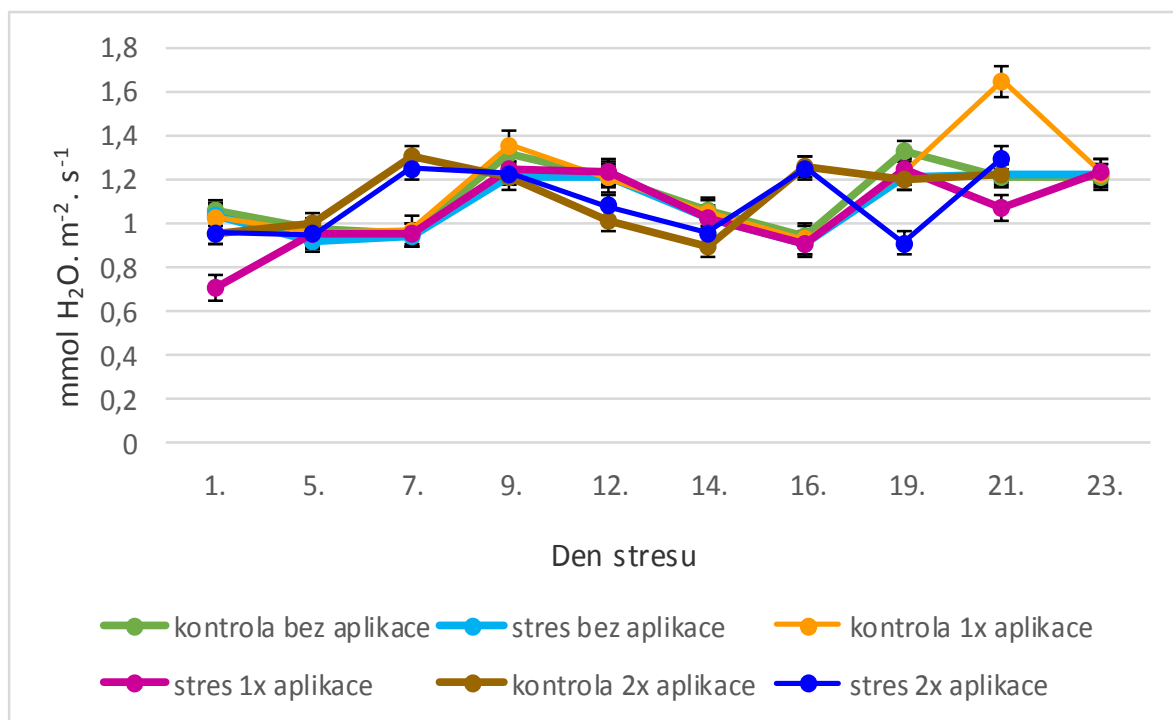
Z grafu 10 vyplývá, že u odrůdy Stalagnit byla nejvyšší rychlost naměřena u kontrolní varianty s dvojitým ošetřením Atonikem 19. den měření ($1,64 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) a nejnižší u stresované varianty s dvojitou aplikací ($0,75 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) v prvním dni stresu. U rostlin kontrolních bez aplikace Atoniku byla v 1. a posledním dni měření zjištěna stejná hodnota transpirace ($1,45 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$). V pátém dni pokusu se transpirace průkazně snížila na úroveň $0,87 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ a v následujícím období byla transpirace v rozmezí hodnot $1,46 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ (7. den) až $1,44 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ (12. den). Toto zvýšení bylo opět vystřídáno poklesem v šestnáctém dni pokusu na hodnotu $0,91 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ a ve 21. dni byla transpirace ve výši $1,56 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. Na konci pokusu pak transpirace klesla k hodnotě $1,45 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$.

Stresovaná varianta bez aplikace měla velmi podobný průběh jako kontrolní varianta. Rychlost transpirace byla u této varianty v rozpětí hodnot $0,86 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ (5. den stresu) do $1,52 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ (14. den stresu). Relativně stabilní hodnoty transpirace byly zjištěny v období od 9. dne do 12. dne, kdy naměřené hodnoty byly $1,44 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ a $1,43 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. Po zvýšení hodnoty ve 14. dni stresu ($1,52 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) rychlost transpirace klesala na hodnotu $1,28 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, která byla zaznamenána v 21. dni stresu. Na konci pokusu byla rychlost transpirace $1,48 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, viz graf 10.

Z grafu 10 je dále patrné, že u kontrolních rostlin s jednou aplikací Atoniku byla transpirace 1. den měření ve výši 1,46 mmol H₂O .m⁻².s⁻¹ a na konci pokusu 1,43 mmol H₂O .m⁻².s⁻¹. Na počátku pokusu bylo zaznamenáno průkazné snížení transpirace na hodnotu 0,88 mmol H₂O .m⁻².s⁻¹ (5. den), které bylo vystřídáno zvýšením na hodnotu 1,48 mmol H₂O .m⁻².s⁻¹ (7. den). Zvýšení transpirace bylo až do 16. termínu vystřídáno snížením transpirace na hodnotu 0,87 mmol H₂O .m⁻².s⁻¹. Rychlost transpirace stresované varianty s jednou aplikací Atoniku měla hodnotu na začátku pokusu 1,43 mmol H₂O .m⁻².s⁻¹ (1. den) a na konci pokusu 1,31 mmol H₂O .m⁻².s⁻¹ (23. den). Od 5. dne stresu (0,85 mmol H₂O .m⁻².s⁻¹) až do 9. dne stresu se rychlost transpirace zvyšovala na hodnotu 1,45 mmol H₂O .m⁻².s⁻¹. Do 16. dne došlo k postupnému snížení na hodnotu 0,94 mmol H₂O .m⁻².s⁻¹ a následně v 19. dni ke zvýšení rychlosti transpirace (1,43 mmol H₂O .m⁻².s⁻¹), viz graf 10.

V případě dvou aplikací Atoniku na kontrolní rostliny byla rychlost transpirace nejnižší ve 14. dni pokusu (0,9 mmol H₂O .m⁻².s⁻¹) a naopak nejvyšší 19. den (1,64 mmol H₂O .m⁻².s⁻¹). Průkazné zvýšení transpirace o 0,48 mmol H₂O .m⁻².s⁻¹ bylo zaznamenáno mezi 1. a 5. dnem, ale poté se rychlost transpirace snižovala až do 14. dne (0,9 mmol H₂O .m⁻².s⁻¹). Transpirace se zvýšila 19. den (1,64 mmol H₂O .m⁻².s⁻¹) a na konci pokusu se transpirace snížila (1,44 mmol H₂O .m⁻².s⁻¹), viz graf 10. Dále z tohoto grafu vyplývá, že rychlost transpirace stresovaných rostlin ošetřených dvěma aplikacemi Atoniku se pohybovala v rozpětí hodnot od 0,75 mmol H₂O .m⁻².s⁻¹ (1. den stresu) do 1,44 mmol H₂O .m⁻².s⁻¹ (21. den stresu). Do devátého dne je patrný nárůst transpirace až na hodnotu 1,43 mmol H₂O .m⁻².s⁻¹. Uvedený nárůst je opět vystřídán poklesem transpirace do 14. dne (0,91 mmol H₂O .m⁻².s⁻¹). Na konci pokusu byla transpirace ve výši 1,44 mmol H₂O .m⁻².s⁻¹.

Graf 11: Změny rychlosti transpirace ($\text{mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) v rámci variant pokusu a ontogenetického vývoje u odrůdy Citrina



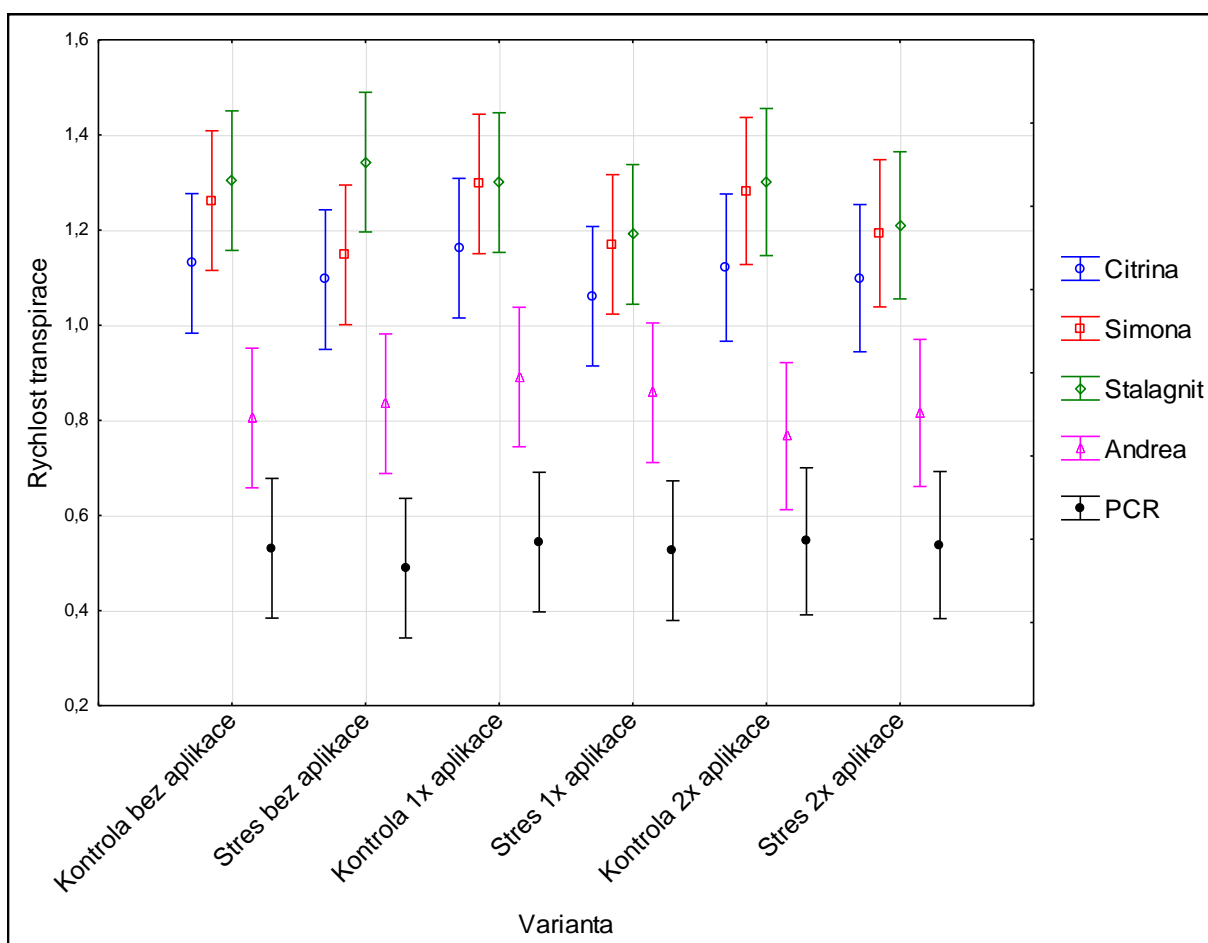
Z grafu 11 lze určit, že všechny varianty u odrůdy Citrina měly za sledovanou dobu pokusu takřka stejný průběh. U rostlin kontrolních bez ošetření rychlost transpirace na počátku pokusu byla $1,06 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ a do sedmého dne se transpirace snižovala k hodnotě $0,95 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. V dalším měření byl zaznamenán nárůst transpirace na hodnotu $1,32 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ (9. den), ale poté se transpirace snižovala do šestnáctého dne pokusu na hodnotu $0,94 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. Další zvýšení transpirace bylo zjištěno v devatenáctém dni ($1,33 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) a na konci pokusu byla transpirace ve výši $1,22 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. Obdobný trend změn transpirace v závislosti na vývoji rostlin byl zaznamenán také u rostlin stresovaných bez aplikace Atoniku. Rychlost transpirace byla nejnižší v 16. dni stresu ($0,91 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) a nejvyšší ve 21. a 23. dni ($1,23 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$).

Graf 11 dále znázorňuje transpiraci u kontrolních rostlin s jednou aplikací Atoniku. Rychlost transpirace byla u kontrolní varianty na počátku pokusu $1,03 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. Pokles transpirace byl zjištěn pátý den pokusu ($0,96 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$). Do devátého dne se rychlost transpirace zvýšila na $1,36 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ a poté až do šestnáctého dne klesala ($0,93 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$). Nejvyšší rychlost transpirace byla naměřena předposlední den pokusu ($1,65 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$). Na konci pokusu se transpirace snížila na hodnotu $1,23 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. Nejnižší hodnota transpirace u stresovaných rostlin s jednou aplikací

Atoniku byla zaznamenána u prvního měření ($0,71 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) a naopak nejvyšší v devátém a devatenáctém dni stresu ($1,25 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$). Statistické hodnocení uvádí, že rostliny kontrolní s jednou aplikací Atoniku mají rychlejší průběh transpirace než rostliny bez aplikace, ale u stresovaných rostlin s jednou aplikací v porovnání s variantou bez aplikace se rychlost snížila průměrně o $0,04 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$.

Kontrolní varianta se dvěma aplikacemi Atoniku byla nejnižší ve 14. dni ($0,90 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) a nejvyšší v 7. dni ($1,31 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$). Rychlost transpirace stresovaných rostlin ošetřených dvěma aplikacemi Atoniku se pohybovala v rozpětí hodnot od $0,91 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ (19. den) do $1,25 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ (7. a 16. den). Podle statistického hodnocení lze tvrdit, že dvojitá dávka aplikace Atoniku měla na kontrolní rostliny v porovnání s rostlinami s jednou aplikací negativní dopad, ale u stresovaných rostlin mělo dvojitě ošetření pozitivní vliv.

Graf 12: Statistické vyhodnocení transpirace v závislosti na odrůdě a variantě pokusu



Z grafu 12 je zřejmý vliv odrůd na průběh transpirace, kdy nejnižší transpirace byla zjištěna u odrůdy PCR a nejvyšší u odrůdy Stalagnit. U rostlin bez aplikace v kontrolní variantě má nejnižší hodnotu transpirace odrůda PCR ($0,53 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$), což je o $0,04 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ vyšší hodnota s porovnáním s variantou stresovanou a naopak nejvyšší rychlost transpirace u kontrolní varianty bez aplikace byla u odrůdy Stalagnit, kdy se jedná o hodnotu $1,30 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. U této odrůdy je rychlost transpirace u kontrolní varianty nižší o $0,04 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ než u stresované varianty. Uvedené rozdíly nejsou statisticky průkazné, protože se jedná o nízké hodnoty.

Na jednu aplikaci Atoniku pozitivně reagovala odrůda PCR, kdy se rychlost transpirace zvýšila o $0,04 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, než byla rychlost u stresované rostliny, dále u odrůdy Andrea a Simona došlo ke zvýšení rychlosti o $0,02 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. Na rozdíl od odrůd Citrina a Stalagnit, u kterých bylo zaznamenáno snížení rychlosti transpirace po aplikaci Atoniku, jak dokazuje graf 12. Lépe na aplikaci Atoniku reagovaly rostliny v kontrolní variantě, kdy u žádné nedošlo k poklesu hodnot. Zvýšení rychlosti transpirace

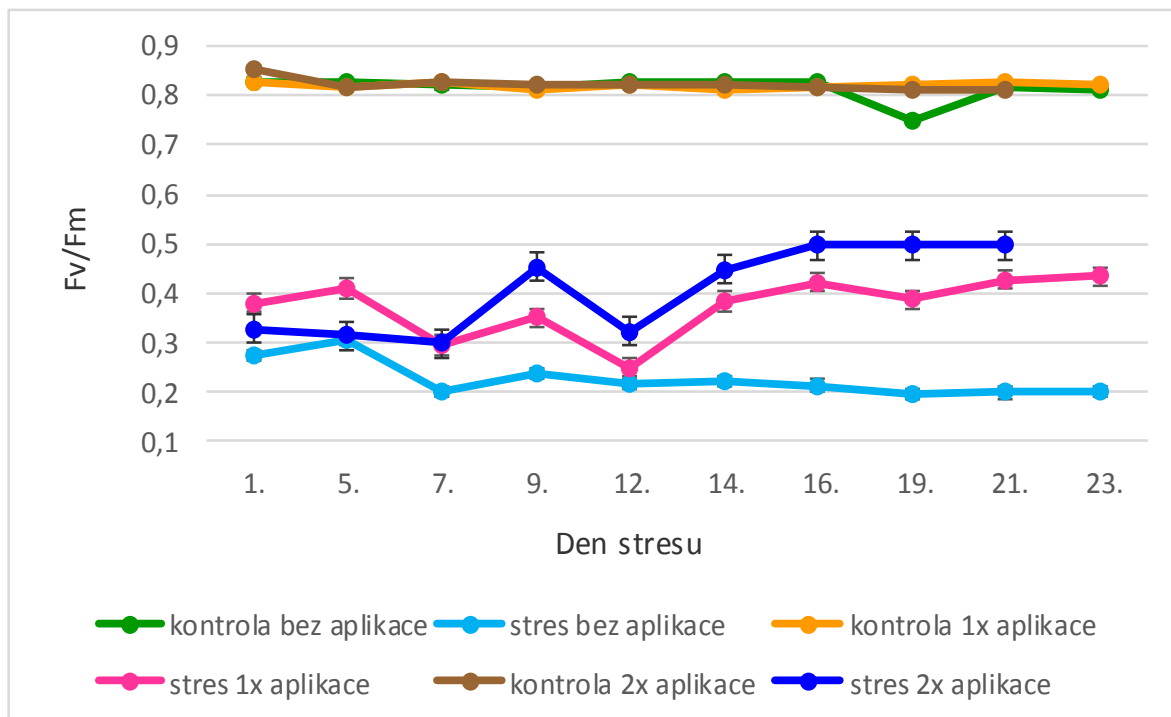
bylo zaznamenáno u odrůdy Andrea (o 0,08 mmol H₂O .m⁻².s⁻¹) v porovnání se stresovanou variantou. Uvedené rozdíly nejsou statisticky průkazné.

V případě dvou aplikací Atoniku se rostliny kontrolní nejvíce lišily od stresovaných rostlin u odrůd Stalagnit a Simona, kdy rozdíl činil 0,09 mmol H₂O .m⁻².s⁻¹. V případě odrůdy Andrea, byla stresovaná varianta dokonce o 0,05 mmol H₂O .m⁻².s⁻¹ po dvojité aplikaci vyšší, než varianta kontrolní s dvojitou aplikací. V porovnání kontrolních variant 2x ošetřených Atonikem oproti kontrolním variantám ošetřených 1x Atonikem, došlo po druhé aplikaci u většiny odrůd ke snížení rychlosti transpirace. Největší pokles rychlosti byl zaznamenán u odrůdy Andrea (0,12 mmol H₂O .m⁻².s⁻¹). Rostliny stresované s dvojitou dávkou Atoniku prokázaly u všech odrůd zvýšení rychlosti v porovnání s variantou stresovanou 1x ošetřenou. Pouze u odrůdy Andrea se rychlost transpirace snížila o 0,04 mmol H₂O .m⁻².s⁻¹.

Po hodnocení vlivu přípravku Atonik na rostliny nelze u žádné varianty ani odrůdy prokázat statisticky významný rozdíl a vliv na rychlost transpirace.

6. 3 Fluorescence chlorofylů

Graf 13: Změny hodnot fluorescence chlorofylu (Fv / Fm) v rámci variant pokusu a ontogenetického vývoje u odrůdy PCR



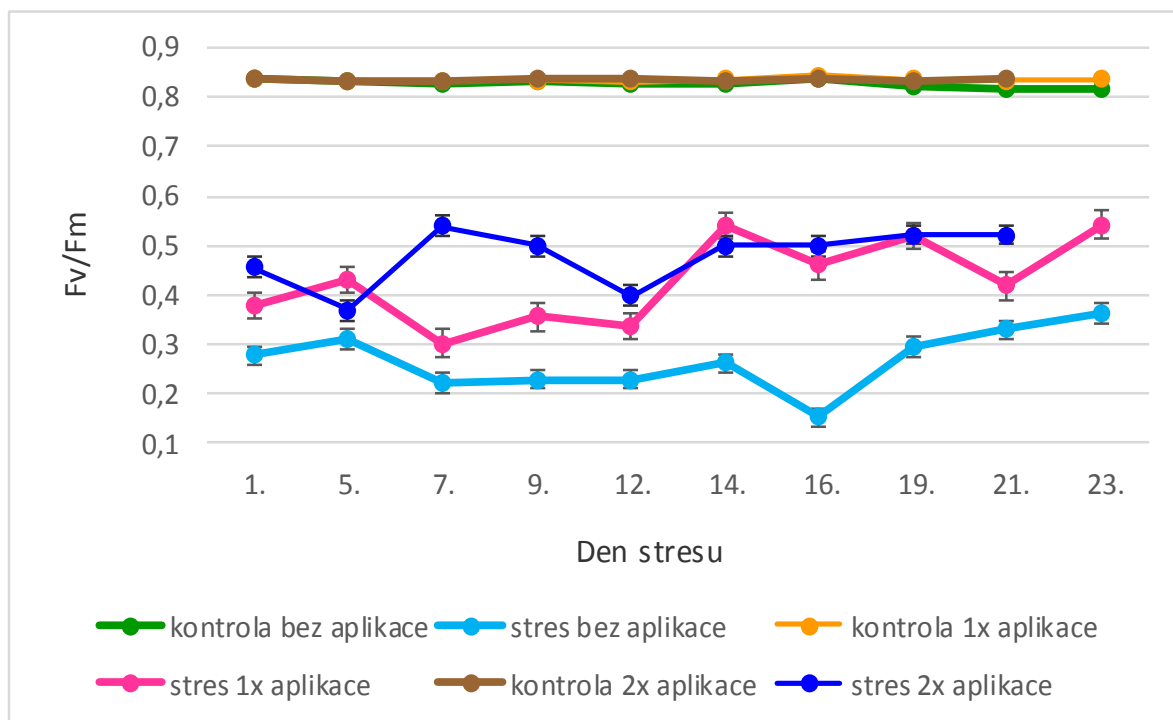
Graf 13 znázorňuje průběh fluorescence chlorofylu u odrůdy PCR u všech sledovaných variant. Z grafu je patrné, že u rostlin pěstovaných v optimální teplotě (u varianty bez aplikace, s jednou aplikací, se dvěma aplikacemi Atoniku) má fluorescence téměř stejný průběh a pohybuje se v rozmezí od 0,85 (nejvyšší hodnota naměřena u varianty s opakovanou aplikací Atoniku v prvním dni pokusu) do 0,75 (v devatenáctém dni u kontrolní varianty bez aplikace Atoniku). Tento téměř konstantní průběh křivek dokazuje, že ontogenetický vývoj nemá na hodnoty fluorescence vliv. Ani aplikace Atoniku, ať v jednom či dvou termínech nemá na kontrolní rostliny vliv. Naopak u rostlin stresovaných byl prokázán pozitivní vliv Atoniku, jak je patrné v grafu 13.

U rostlin stresovaných bez aplikace Atoniku byla hodnota fluorescence chlorofylu v prvním dni měření 0,27 a v druhém se zvýšila na 0,31. V sedmém dni stresu byl zaznamenán průkazný pokles poměru Fv/Fm na 0,2. V 9. dni stresu se fluorescence zvýšila na 0,24 a až do 19. dne pokusu se hodnota v rámci ontogenetického vývoje snižovala až na hodnotu 0,19 a měřením na konci pokusu se neprůkazně zvýšila na 0,2. U této varianty pokusu se výrazně projevila nízká teplota na hodnoty fluorescence chlorofylu.

Varianty stresované s jednou aplikací měly do 12. dne stresu proměnlivý průběh, avšak hodnoty spíše klesaly. Ve dvanáctém dni stresu klesly až na hodnotu 0,25. Od tohoto dne až do konce pokusu se hodnoty fluorescence následkem přenesení rostlin do vyšších teplot zvyšovaly. V posledním měření fluorescence činila 0,43. Neprůkazný pokles fluorescence byl zaznamenán ještě v 19. dni (0,39). Jedna aplikace Atoniku zvýšila hodnoty fluorescence chlorofylu stresovaných rostlin v porovnání s variantou neošetřenou.

V případě dvou aplikací Atoniku na rostliny pěstované ve stresujících podmínkách fluorescence byla nejnižší v sedmém dni stresu (0,3) a naopak nejvyšší od 16. do 21. dne stresu, kdy fluorescence chlorofylu stoupla na hodnotu 0,5. V 9. dni stresu se fluorescence zvýšila na hodnotu 0,45 a poté byl zaznamenán pokles (0,32 ve 12. dni). Od dvanáctého dne až po poslední den sledovaného období se hodnoty fluorescence chlorofylu postupně zvyšovaly z hodnoty 0,32 až na 0,5. Ze sledování průběhu fluorescence za nízkých teplot lze konstatovat, že dvojnásobná dávka přípravku Atonik měla na rostliny větší vliv, než jedna dávka. To dokládá i skutečnost, že nejnižší hodnota fluorescence chlorofylu u stresovaných rostlin byla naměřena u varianty bez aplikace (0,19) a nejvyšší u rostlin s dvojnásobnou dávkou Atoniku (0,5), viz graf 13.

Graf 14: Změny hodnot fluorescence chlorofylu (Fv / Fm) v rámci variant pokusu a ontogenetického vývoje u odrůdy Andrea

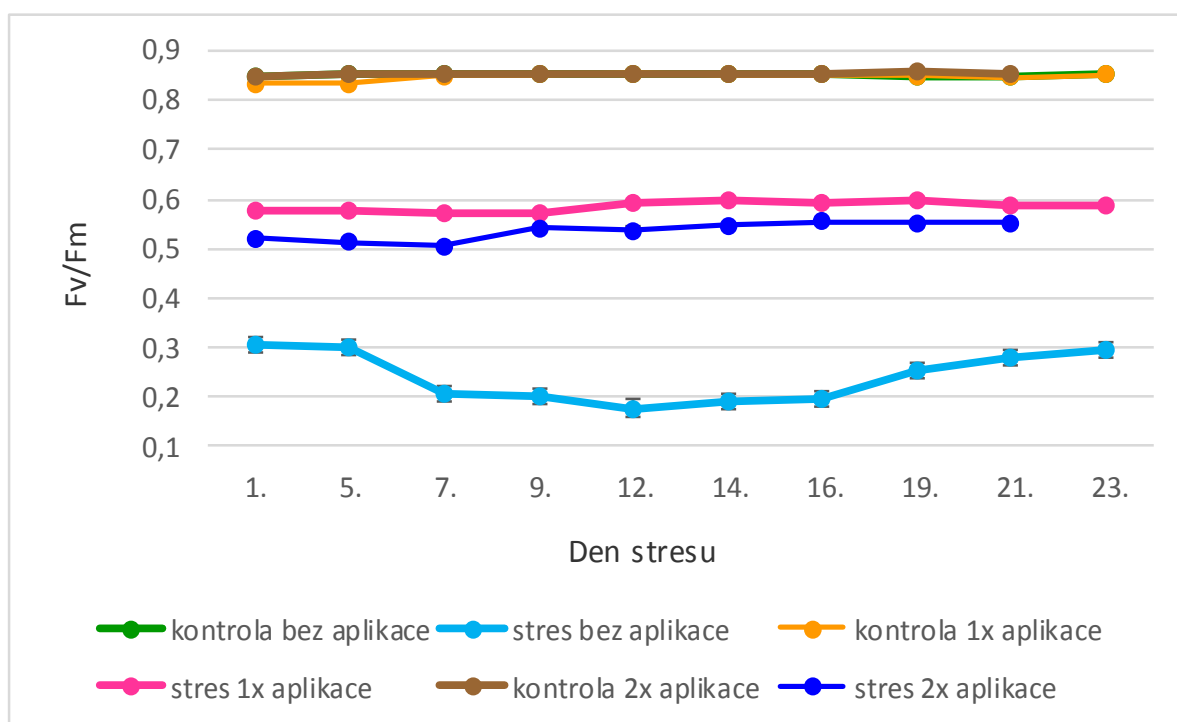


Z grafu 14 vyplývá, že mezi jednotlivými kontrolními variantami odrůdy Andrea nebyly nalezeny průkazné diference. Hodnoty fluorescence se nachází v rozmezí hodnot od 0,82 (kontrolní varianta bez aplikace v posledním dni pokusu) do 0,85, kdy této hodnoty dosáhla varianta s jednou aplikací v 16. dni pokusu. U kontrolních rostlin nebyl prokázán vliv přípravku Atonik na hodnoty fluorescence. U rostlin pěstovaných v nízké teplotě byl prokázán vliv varianty na tuto charakteristiku. Nejnižší fluorescenci dosahuje stresovaná varianta bez aplikace Atoniku, u které byla získána nejnižší hodnota v 16. stresovaném dni, kdy z 0,26 (14. den stresu) klesla až na 0,15 a při následujícím měření se zvýšila nahodnotu 0,30. Fluorescence chlorofylu u varianty stresované s jednou aplikací Atoniku má v prvním měření hodnotu 0,38 a v poslední den pokusu hodnotu 0,54 (23. den stresu). V sedmém dni stresu se fluorescence snížila na hodnotu 0,3. Statisticky průkazné zvýšení fluorescence bylo zaznamenáno ve 14. dni stresu, kdy byla fluorescence ve výši 0,54. V porovnání s dvanáctým dnem stresu se fluorescence zvýšila o 0,1. K výraznějšímu poklesu poměru Fv/Fm nastalo ještě v 21. dni stresu, kdy hodnota klesla z 0,52 (19. den stresu) na 0,42. Pozitivní vliv přípravku Atonik při jedné aplikaci na fluorescenci byl zjištěn u stresovaných rostlin odrůdy.

Z grafu 14 dále vyplývá, že hodnoty fluorescence rostlin stresovaných s dvojitou dávkou Atoniku byly nejvyšší v sedmém dni stresu (0,54) a naopak nejnižší v pátém dni stresu (0,37). Mezi těmito dny stresu (5. a 7. den) se jedná o statisticky průkazné zvýšení

hodnot fluorescence. Pokles byl zaznamenán ve 12. dni stresu, kdy fluorescence byla 0,34. Od tohoto termínu až do konce pokusu se fluorescence zvyšovala až na hodnotu 0,52. Také u odrůdy Andrea byl prokázán pozitivní vliv dvojité aplikace Atoniku na fluorescenci chlorofylu. Podle statistického hodnocení stresovaná varianta se dvěma aplikacemi dosahovala vyšších hodnot o 0,04 než varianty s jednou aplikací a o 0,2 vyšší hodnoty než varianta bez aplikace Atoniku.

Graf 15: Změny hodnot fluorescence chlorofylu (Fv / Fm) v rámci variant pokusu a ontogenetického vývoje u odrůdy Simona



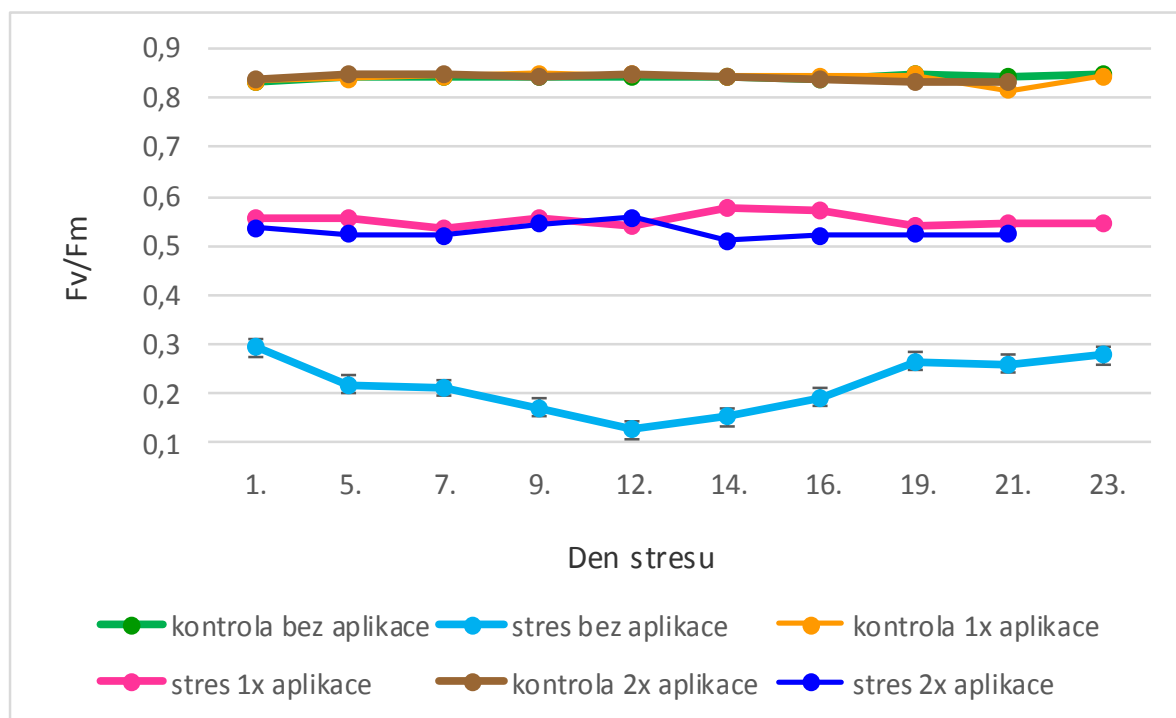
Jak dokumentuje graf 15, hodnoty fluorescence kontrolních rostlin byly v rámci sledovaných variant relativně vyrovnané, a proto mezi nimi nebyly nalezeny průkazné diference. Nejnižší fluorescence byla zjištěna u kontrolní varianty s jednou aplikací Atoniku v prvním a pátém dni pokusu (0,83) a naopak nejvyšší hodnota 0,86 byla naměřena u kontrolní varianty se dvěma aplikacemi Atoniku od 1. dne do 9. dne a od 19. dne do 21. dne pokusu a taktéž u kontrolní varianty bez aplikace Atoniku v pátém dni pokusu. U kontrolních rostlin nebyl zjištěn průkazný efekt přípravku Atonik na hodnoty fluorescence.

V případě rostlin stresovaných bez aplikace Atoniku má křivka až do dvanáctého dne stresu klesající průběh, kdy interval hodnot fluorescence byl od 0,31 (1. den stresu) do 0,18 (12. den stresu). Od 12. dne stresu dochází k nárůstu hodnot fluorescence na hodnotu 0,3 (23. den stresu). Zvýšení hodnot fluorescence je způsobeno zvýšením teploty. Rostliny ze

stresované varianty s jednou aplikací Atoniku vykazovaly nejnižší fluorescenci v sedmém a devátém dni stresu (0,57) a naopak nejvyšší 0,6 (od 12. dne stresu až do 19. dne). Na konci pokusu se fluorescence neprůkazně snížila na hodnotu 0,59. Z výsledků je patrné, že ošetření jednou dávkou Atoniku má na rostliny pozitivní vliv i u odrůdy Simona, viz graf 15.

Z grafu 15 dále vyplývá, že stresované rostliny ošetřené dvakrát přípravkem Atonik vykazují nižší hodnoty než rostliny ošetřené jednou. U této varianty byla hodnota fluorescence v rozpětí hodnot od 0,5 (7. den stresu) do 0,56 (16. den stresu). V devátém dni stresu se fluorescence zvýšila na hodnotu 0,54 a na konci pokusu byla neprůkazně vyšší, neboť hodnota fluorescence byla 0,55. Z uvedených hodnot lze říci, že dvojitá dávka Atoniku vykazuje nižší hodnoty fluorescence, než varianta s jednou aplikací průměrně o hodnotu 0,06. I u dvojitě dávky Atoniku lze určit statisticky významný rozdíl v porovnání se stresovanou variantou bez aplikace.

Graf 16: Změny hodnot fluorescence chlorofylu (Fv / Fm) v rámci variant pokusu a ontogenetického vývoje u odrůdy Stalagnit

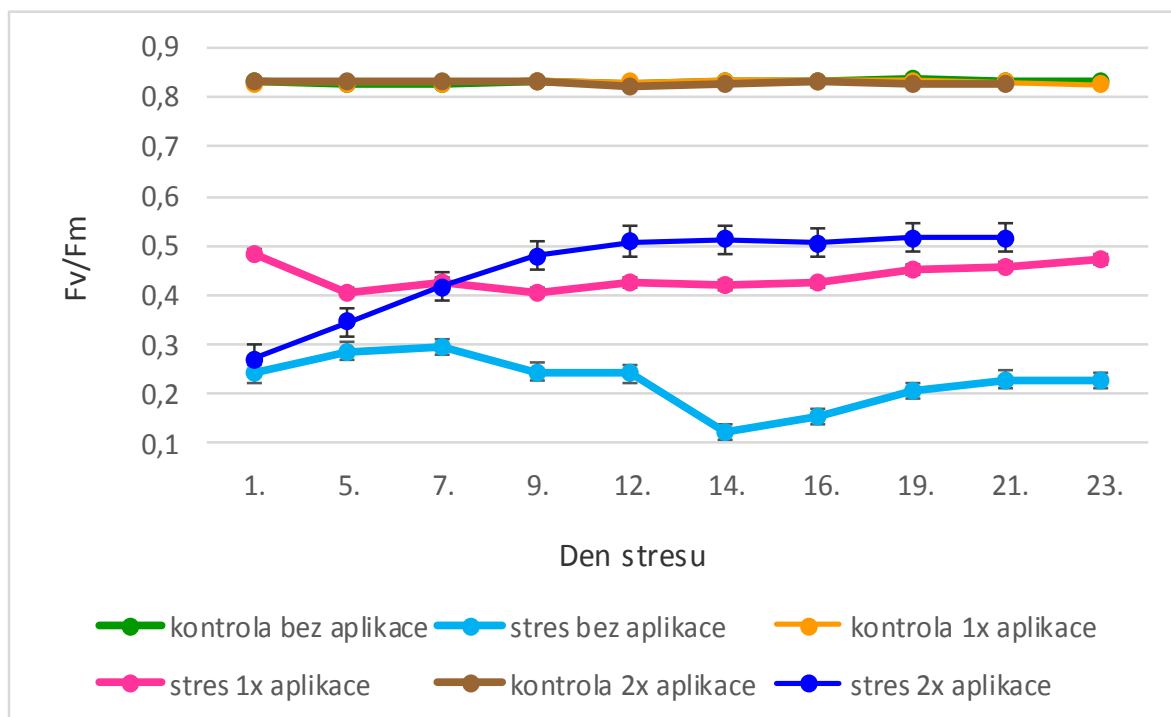


U kontrolních variant jsou hodnoty fluorescence u odrůdy Stalagnit téměř shodné, jak vyplývá z grafu 16. Obdobně, jako u předcházejících odrůd nebyl mezi variantami nalezen průkazný rozdíl. Naměřené hodnoty fluorescence byly v intervalu 0,82 (21. den pokusu u varianty s jednou aplikací Atoniku) až do 0,85, kdy této hodnoty dosahovaly téměř všechny varianty během celého sledovaného období. Nebyl nalezen průkazný vliv aplikace Atoniku na fluorescenci kontrolních rostlin.

Shodně s kontrolními rostlinami nebyly nalezeny průkazné diference i u ošetřených stresovaných rostlin. Hodnoty fluorescence 1x ošetřených stresovaných rostlin papriky byly v rozpětí od 0,54 (7., 12. a 19. den stresu) až po 0,58 (14. den stresu) a u rostlin se dvěma ošetřeními Atonikem byla nejnižší hodnota fluorescence zjištěna ve 14. dni (0,51), a naopak nejvyšší ve dvanáctém dni (0,56), jak dokládá graf 16. Byl zjištěn pozitivní vliv přípravku Atonik na fluorescenci chlorofylů stresovaných rostlin papriky roční odrůdy Stalagnit.

U neošetřených stresovaných rostlin papriky roční hodnota fluorescence od prvního dne pokusu (0,3) až do dvanáctého dne klesá na hodnotu 0,13. V následujícím termínu měření až do konce sledovaného období vlivem působení vyšších teplot (přenesení rostlin do skleníku KBFR) fluorescence narůstá, neboť naměřené hodnoty fluorescence ve 23. dni byly 0,28.

Graf 17: Změny hodnot fluorescence chlorofylu (Fv / Fm) v rámci variant pokusu a ontogenetického vývoje u odrůdy Citrina

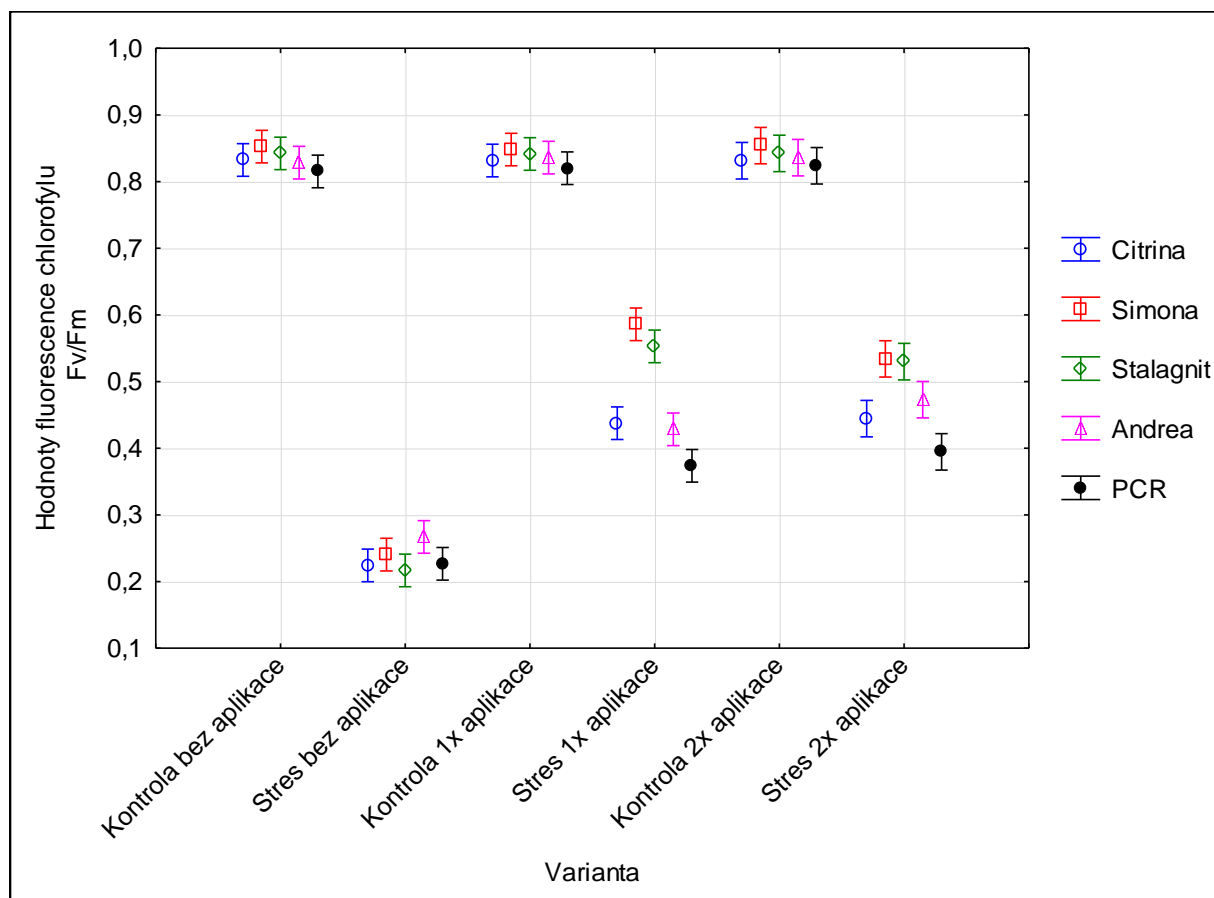


U odrůdy Citrina mají všechny kontrolní varianty během ontogenetického vývoje téměř shodné hodnoty fluorescence chlorofylu, jak dokazuje graf 17. Hodnoty se pohybují v rozmezí od 0,83 (téměř u všech variant a dní pokusu) do 0,84 (19. den stresu u varianty bez aplikace). Opět nebyl prokázán vliv přípravku Atonik na fluorescenci kontrolních rostlin.

U neošetřených rostlin ze stresované varianty byla nejnižší fluorescence ve výši 0,12 (14. den stresu) a naopak nejvyšší 0,29 (7. den stresu). Vlivem nízké teploty dochází k postupnému poklesu hodnoty fluorescence až na úroveň 0,12 (14. den stresu). Po přenesení rostlin do vyšší teploty dochází ke zvýšení hodnot fluorescence na hodnotu 0,3, která byla naměřena ke konci pokusu.

U varianty s jednou aplikací Atoniku má fluorescence chlorofylu v prvním dni stresu hodnotu 0,48, v pátém dni stresu bylo zaznamenáno snížení fluorescence na hodnotu 0,41. Ke konci pokusu dochází opět ke zvýšení fluorescence z hodnoty 0,42 (v 16. dni stresu) na hodnotu 0,48 (23. den), jak je patrné z grafu 17. Hodnoty fluorescence u rostlin stresovaných 2x ošetřených Atonikem se v rámci působení nízké teploty pohybovaly v rozpětí od 0,27 (1. den stresu) do 0,52 (19. a 21. den stresu). Od prvního do dvanáctého sledovaného dne hodnoty narůstaly a po přenesení rostlin do vyšších teplot se hodnoty fluorescence téměř ustálily, jak dokumentuje graf 17.

Graf 18: Statistické vyhodnocení fluorescence v závislosti na odrůdě a kontrolních variant pokusu



Hodnoty fluorescence u kontrolních variant bez aplikace se pohybovaly v rozmezí hodnot od 0,82 (u odrůdy PCR) do 0,85 (odrůda Simona). U rostlin stresovaných byla hodnota fluorescence v rozmezí hodnot 0,22 až 0,27. Průměrná nejnižší hodnota u stresovaných variant bez aplikace Atoniku byla zjištěna u odrůdy Citrina a Stalagnit (0,22) a nejvyšší u odrůdy Andrea 0,27. Nejvyšší rozdíl mezi kontrolní a stresovanou variantou nastal u odrůdy Stalagnit, rozdíl činí 0,62 ve prospěch kontrolní varianty. Fluorescence chlorofylu u odrůdy Stalagnit nejcitlivěji reagovala na nízké teploty, naopak nejlépe nízké teploty snášela odrůda Andrea, u které byl naměřen rozdíl mezi kontrolní a stresovanou variantou o 0,56. Uvedené rozdíly jsou statisticky průkazné.

Kontrolní varianty s jednou aplikací Atoniku se u všech odrůd statisticky neliší od kontrolních variant bez aplikace. I v tomto případě se hodnoty pohybují v rozmezí od 0,85 do 0,82. Stresované rostliny 1x ošetřené přípravkem Atonik mají hodnoty fluorescence od 0,37 (u odrůdy PCR) do 0,59 (odrůda Simona). Nejlépe na postřik Atoniku reagovala odrůda Simona, u které se fluorescence zvýšila o 0,35 oproti hodnotě naměřené u stresované varianty bez aplikace. Nejmenší změna byla zjištěna u odrůdy PCR (0,14). Nejmenší rozdíl

mezi kontrolní variantou 1x ošetřenou a stresovanou 1x ošetřenou byl u odrůdy Simona (0,26) a nejnižší u odrůdy PCR (0,45). Tyto hodnoty jsou statisticky průkazné, jak dokládá graf 18.

V případě dvou aplikací mají kontrolní varianty opět shodné hodnoty jako varianty s jednou aplikací a bez aplikace. Stresované varianty se pohybují od hodnot 0,39 do 0,53, kdy nejnižší hodnota byla naměřena u odrůdy PCR a nejvyšší u odrůdy Simona a Stalagnit. Pouze u odrůdy Andrea a PCR bylo zaznamenáno neprůkazné zvýšení hodnoty fluorescence po aplikaci druhého postřiku. Nejvyšší rozdíl v porovnání s kontrolní variantou byl u odrůdy PCR (0,43) a nejnižší u odrůdy Simona (0,32). Tyto údaje jsou statisticky průkazné.

Při hodnocení vlivu Atoniku na rostliny papriky roční lze konstatovat, že lépe na aplikaci reagovaly rostliny ve stresovaných variantách než rostliny kontrolní, které na Atonik nereagovaly vůbec. Po jedné aplikaci Atoniku rostliny odrůdy PCR, Andrea a Citrina vykazovaly lepší průběh fluorescence chlorofylu než rostliny stresované 2x ošetřené. Naopak u odrůd Stalagnit a Simona se fluorescence po druhé aplikaci Atoniku snížila. Tyto rozdíly nejsou statisticky průkazné, jak dokládá graf 18. Přípravek Atonik má na rostliny pěstované za nižších teplot výrazně pozitivní vliv.

7. Diskuze

V této práci byl sledován vliv nízké teploty a aplikace rostlinného stimulantu Atoniku, na průběh fotosyntézy, transpirace a fluorescence chlorofylu. Bylo vybráno pět odrůd papriky roční: PCR, Simona, Stalagnit, Andrea, Citrina. Schéma pokusu zahrnovalo šest variant – varianty stresované bez aplikace Atoniku, s jednou a se dvěma aplikacemi a varianty kontrolní bez aplikace, s jednou a se dvěma aplikacemi Atoniku. Stresované rostliny se umístily do klimaboxu s teplotou 5 °C přes den a 12 °C přes noc. Kontrolní varianty byly ponechány ve skleníku s okolní teplotou prostředí 20 °C přes den a 16 °C přes noc.

Rychlost fotosyntézy

Fotosyntéza rostlin z kontrolní varianty bez aplikace Atoniku dosahovala nejvyšších hodnot během celého pokusu u odrůdy Simona (průměrná hodnota fotosyntézy během měření byla 8,15 $\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$), dále u odrůdy Andrea (7,91 $\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$), Stalagnit (7,87 $\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$), Citrina (7,84 $\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) a PCR (7,76 $\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$). Rychlost fotosyntézy během sledovaného období u všech odrůd narůstala, to znamená, že průběh fotosyntézy úměrně roste s ontogenetickým vývojem rostlin. To je nejspíše zapříčiněno zvětšením asimilační plochy rostliny a zvýšeným příjmem živin. Listy rostlin papriky roční na počátku pokusu byly malé a pohlcovaly menší množství záření. Změny rychlosti fotosyntézy v rámci ontogenetického vývoje rostlin potvrzuje například ve své práci Hasselt (1995) v pokusu s rostlinami *Solanum lycopersicum* L.

U stresovaných variant bez aplikace Atoniku, rychlost fotosyntézy klesala v závislosti na délce působení nízkých teplot. Čím déle na rostliny působil stres v podobě nepříznivé teploty, tím se rychlost fotosyntézy snižovala. Tímto můžeme potvrdit konstatování například Jonese a Flowerse (1989); Ushio et al. (2008), kteří uvádí, že fotosyntéza je ovlivněna chladem. Dále lze potvrdit závěry Pessarakiho (2010). Tento autor uvádí, že chlad se na rostlinách projevuje fyziologickými a cytologickými změnami. Stejně tak je možné potvrdit tvrzení Shabala (2012), který konstatuje, že chlad nejvíce ovlivňuje chloroplast a první projevy vedou k narušení thylakoidů a nakonec až k zániku chloroplastů, což má za následek zhoršení průběhu fotosyntézy.

Byl prokázán vliv genotypu, neboť nejnižší fotosyntézu v závislosti na působení nízkou teplotou vykazovaly rostliny odrůdy PCR a naopak jako tolerantnější vůči chladu se jeví odrůda Simona. Na základě těchto výsledků je možné v souladu s prací Marcellina (1992) konstatovat, že rozdíly na chlad lze pozorovat v rámci jednoho druhu, odrůdy nebo kultivaru. Uvedený závěr potvrzují také například Taiz a Zeiger (2002), kteří uvádí, že teplotní optima pro dané fyziologické charakteristiky jsou pevně zabudovány v genetické informaci rostlin.

U kontrolních variant s jednou aplikací Atoniku lze opět konstatovat, že nejvyšších hodnot fotosyntézy dosahovala odrůda Simona ($8,04 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) i přes to, že se její průměrná rychlost po ošetření Atonikem snížila o $0,11 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. U ostatních odrůd po jedné aplikaci bylo zaznamenáno zvýšení hodnot fotosyntézy průměrně o $0,08 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. Nejnižší rychlost fotosyntézy byla opět zaznamenána u odrůdy PCR ($7,85 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$). Z uvedených výsledků lze odvodit, že jedno ošetření přípravkem Atonik má vliv na rychlost fotosyntézy i u rostlin pěstovaných za podmínek s vyšší teplotou, kdy se projeví pozitivní efekt obsahových látek v tomto přípravku. Zároveň byla prokázána odrůdová reakce na aplikaci testované látky, protože sledované odrůdy reagovaly odlišně. Uvedený závěr potvrzuje například Gawrońska et al., (2008), kteří sledovali vliv přípravku Atonik na změnu fotosyntézy u rostlin *Arabidopsis thaliana* L.

Jedna aplikace růstového stimulantu Atonik na rostliny pěstované za nízkých teplot, které způsobovaly stres, měla pozitivní vliv. Potvrzuje se závěr Babušky (2003), že aplikace Atoniku zlepšuje proudění buněčných šťáv a zpevňuje buněčné stěny a tím rostliny lépe reagují na nepříznivé vlivy vnějšího prostředí a dále tvrzení Aristalifescience.cz, že přípravek Atonik slouží pro omezení stresu během vegetace a pro rychlejší regeneraci poškozených kultur. Můžeme potvrdit i výsledky Borowskiho a Blamowskiho (2009), kteří ve svém pokusu zjišťovali vliv nízké teploty ($15 \text{ }^\circ\text{C}$ přes den a $17 \text{ }^\circ\text{C}$ přes noc) a aplikace Atoniku na průběh fotosyntézy u *Ocimum basilicum* L. a prokázali snížení negativních účinků stresu na rychlost fotosyntézy po ošetření růstovým stimulantem Atonik. Obdobný účinek jako v případě aplikace Atoniku je možné zaznamenat také po aplikaci například fytohormonů brassinosteroidů, jak dokládá práce Hradecké a kol., (2009), kteří zjišťovali vliv přírodních a syntetických brassinosteroidů na průběh fotosyntézy u stresovaných rostlin řepy cukrové.

U rostlin 2x ošetřených přípravkem Atonik se dá obecně shrnout, že dvojitá dávka vedla až na pár výjimek spíše ke snížení rychlosti fotosyntézy. U kontrolní varianty nastal nejvyšší pokles fotosyntézy v porovnání s kontrolní variantou s jednou aplikací u odrůdy Citrina. Pokles činil $0,88 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. Naopak u odrůdy PCR měla dvojitá aplikace za

následek zvýšení o $0,08 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ oproti variantě s jednou aplikací. I u této varianty se fotosyntéza zvyšovala v rámci ontogenetického vývoje rostlin. U stresovaných variant docházelo dvojitým ošetřením Atonikem spíše ke snížení rychlosti fotosyntézy v porovnání s rostlinami jednou ošetřenými. Z uvedeného vyplývá, že zvýšená aplikace exogenně dodaných růstových látek mohla způsobit vychýlení z vnitřní hormonální homeostáze a tím mohlo být zaznamenáno snížení vlivu druhé aplikace na rostliny. Uvedený závěr potvrzuje práci Badawy et al. (1984) v experimentu s *Chamomilla suaveolens* L.

Na rostlinách byly také patrné vizuální rozdíly mezi variantami pokusu. U rostlin kontrolních, tedy pěstovaných za optimálních podmínek byl jejich vzhled a celkový dojem svěžejší, ať se jednalo o variantu s aplikací nebo bez aplikace. Naopak rostliny stresované bez aplikace Atoniku vykazovaly známky vadnutí, žloutnutí listů a zpomaleného vývoje a růstu. Tím můžeme potvrdit konstatování Taize a Zeigera (2006), kteří uvádějí, že jakmile teplota klesne pod $10 \text{ }^\circ\text{C}$, má to za následek zpomalení růstu, změnu barvy a vadnutí rostliny. U stresovaných variant s ošetřením měly rostliny papriky roční o trochu lepší vzhled než stresované bez ošetření, nicméně kontrolním variantám se nevyrovnaly. Působení Atoniku na zlepšení růstu a vývoje během vegetace také potvrdili Przybysz et al. (2008), kteří pozorovali vliv přípravku Atonik u *Brassica napus* L. v polních podmínkách.

Rychlost transpirace

Rychlost transpirace dosahovala velmi podobných hodnot u všech variant pokusu (u stresovaných i kontrolních) a zároveň měla během sledovaného období střídavě vzrůstající a klesající tendenci, z toho lze konstatovat, že není prokázán vliv ontogenetického vývoje na průběh transpirace, tím můžeme vyvrátit tvrzení Kosové et al., (2011), kteří tvrdí, že mladší rostliny jsou více stresovány nízkými teplotami a tím jsou jejich hodnoty transpiraci nižší.

U rostlin bez aplikace Atoniku byl zaznamenán podobný trend vývoje hodnot transpirace u obou variant pokusu, jak u kontrolní (rostliny pěstované za vyšších teplot), tak u stresované varianty (rostliny vystaveny nízkým teplotám). U kontrolních rostlin bez aplikace Atoniku dosahovala nejvyšších hodnot odrůda Stalagnit ($1,30 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) a nejnižších odrůda PCR ($0,53 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$). U varianty stresované nejvyšší hodnoty vykazovala odrůda Stalagnit ($1,34 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) a nejnižší PCR ($0,49 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$). Z výsledků vyplývá, že nízká teplota neovlivnila transpiraci, čímž můžeme vyvrátit konstatování Larchera (1988), který uvádí teplotu pro zpomalení transpirace 0 až $5 \text{ }^\circ\text{C}$. Střídání nárůstu a poklesu v rychlosti transpirace u kontrolních i stresovaných

rostlin je způsobeno tím, že se svěrací buňky průduchů nepravidelně zavíraly a otevíraly, v závislosti na teplotě a vzdušné vlhkosti, jak konstatují Jonese a Flowerse (1989). Podle nich stres vede k pomalému a neúplnému otevírání průduchů. Shodně s prací Malého a kol. (1998) je možné konstatovat, že optimální teplota pro rostliny papriky roční je 22 – 25 °C přes den a 18 – 20 °C přes noc. V našem pokusu byla teplota nižší s ohledem na vývojové stádium papriky a reálný výskyt nízkých teplot v období po umístění rostlin na pole.

Po jednom ošetření Atonikem, se u kontrolních variant pokusu rychlost transpirace u odrůdy Stalagnit nezměnila, ale u ostatních odrůd se neprůkazně zvýšila. U této varianty dosahovaly nejvyšších hodnot odrůdy Stalagnit a Simona (1,30 mmol H₂O .m⁻². s⁻¹) a nejnižších opět odrůda PCR (0,54 mmol H₂O .m⁻². s⁻¹). Dále z naměřených hodnot vyplývá, že jedna aplikace růstového stimulantu Atonik snižuje rychlost transpirace stresovaných rostlin, protože u odrůdy Citrina se rychlost transpirace snížila o 0,04 mmol H₂O .m⁻². s⁻¹ a v případě odrůdy Stalagnit se snížila až o 0,15 mmol H₂O .m⁻². s⁻¹. Může se jednat o obranou reakci vůči nízké teplotě, která snižuje příjem vody.

Nebyl potvrzen závěr pokusu Borowskiho (2009), který vystavil rostliny *Cucumis sativus* L. po dobu tří týdnů teplotám 12 °C přes den a 6 °C přes noc a zkoumal účinek Atoniku o koncentraci 0,2 % a 0,3 % a zjistil, že aplikace růstového stimulantu Atonik vedla ke zvýšení rychlosti transpirace. Možný rozdíl v těchto závěrech je dán, že se v našem pokusu jednalo o rostliny papriky a také nastavená teplota byla rozdílná. Stejně tak můžeme vyvrátit výsledky Zhao a Oostertuis (1997), kteří ve svém pokusu s bavlníkem zjistili pozitivní vliv Atoniku na transpiraci. Dále můžeme vyvrátit i konstatování Przybysz et al., (2010), kteří taktéž zjistili pozitivní vliv přípravku Atonik na průběh transpirace u *Arabidopsis thaliana* L.

V případě dvou ošetření Atonikem měla transpirace u obou variant opět obdobný průběh. Nejvyšších hodnot dosahovala odrůda Stalagnit (1,30 mmol H₂O .m⁻². s⁻¹) a nejnižších odrůda PCR (0,54 mmol H₂O .m⁻². s⁻¹). Ve srovnání s kontrolní variantou s jednou aplikací dosahovala varianta s dvojitým ošetřením spíše nižších hodnot. U stresované varianty se rychlost transpirace u rostlin se dvěma dávkami zvýšila v průměru o 0,03 mmol H₂O .m⁻². s⁻¹, pouze u odrůdy Andrea je možné zaznamenat snížení o 0,04 mmol H₂O .m⁻². s⁻¹. Nejvyšší rychlost u stresovaných rostlin s dvojitou dávkou měla odrůda Stalagnit (1,21 mmol H₂O .m⁻². s⁻¹) a nejnižší PCR (0,54 mmol H₂O .m⁻². s⁻¹). Obdobně jako v případě kontrolních rostlin je možné konstatovat, že uvedená druhá aplikace neměla pozitivní efekt na rostliny například z důvodů aplikované koncentrace, reakce rostlin,

nebo změn v homeostázi rostlin. Uvedené závěry vyvrací Przybysz et al. (2008) ve svém pokusu s *Brassica napus* L.

Fluorescence chlorofylu

U většiny kontrolních variant dosahovaly sledované odrůdy obdobných hodnot, pouze u odrůdy Andrea byla při měření kontrolní varianty bez aplikace zjištěna hodnota fluorescence chlorofylů 0,83, která se při měření kontrolních variant s jednou a dvěma aplikacemi zvýšila na hodnotu 0,84. Odrůda Citrina měla hodnoty fluorescence chlorofylů ve všech kontrolních variantách pokusu 0,83 (u varianty bez aplikace, i u variant jednou, nebo dvakrát ošetřených), odrůda Simona dosahovala u všech kontrolních variant hodnoty poměru F_v / F_m 0,85, u Stalagnitu byla fluorescence chlorofylu ve všech kontrolních variantách 0,84 a u PCR byla fluorescence 0,83. Na základě získaných výsledků lze ve shodě s Maxwella a Johnse (2000) konstatovat, že hodnoty fluorescence chlorofylu v rozmezí 0,79 – 0,84 jsou optimální u většiny rostlin. Bylo zjištěno, že vývoj rostlin nemá vliv na fluorescenci chlorofylu. Dokonce ani ošetření Atonikem u kontrolních variant neprokazovalo lepší průběh, neboť odrůdy patrně vykazovaly maximální kvantový výtěžek fotochemie fotosystému II. Tyto výsledky popírají Przybysz et al. (2010). Uvedení autoři v pokusu s rostlinami *Arabidopsis thaliana* zjistili nárůst fluorescence chlorofylu po ošetření Atonikem i u rostlin nestresovaných.

Hodnoty u stresované varianty bez aplikace Atoniku se u sledovaných odrůd papriky pohybovaly v rozmezí od 0,22 – 0,27. Nejnižší hodnota byla naměřena u odrůdy Citrina a Stalagnit a nejvyšší u odrůdy Andrea. Je patrné, že nízká teplota má výrazný vliv na fluorescenci chlorofylu, tak je možné potvrdit zjištění Gorbeho a Calatayuda (2012), Petersona et al., (2001) a Bongie et al., (1994), že chladový stres obvykle vede ke snížení hodnoty fluorescence chlorofylu. To je způsobeno změnami v buněčném systému, ke kterému došlo za působení nízkých teplot. Po jedné aplikaci Atoniku byl zjištěn nárůst hodnoty fluorescence u všech odrůd v průměru o 0,24. Nejvyšší přírůstek byl pozorován u odrůdy Simona, kdy se hodnota fluorescence zvýšila o 0,35 a nejnižší u PCR, kde došlo k nárůstu poměru F_v / F_m pouze o 0,14. Zjištěným nárůstem hodnot fluorescence chlorofylu po aplikaci Atoniku potvrzuje výsledky Przybysze et al. (2008), kteří v pokusu s řepkou olejkou zjistili stejný závěr. Obdobné závěry uvádí ve své práci s bazalkou Borowski a Blamuwski (2009), kdy podle těchto autorů dochází vlivem nízkých teplot po ošetření přípravkem Atonik ke zvýšení poměru F_v / F_m . I přes to, že fluorescence dosáhla po aplikaci výrazného nárůstu hodnot, nebyla překročena krajní hodnota 0,79, kterou Maxwell a Johnson (2000) uvádí jako

nejnižší možnou optimální hodnotu fluorescence chlorofylu u rostlin. Může to být zapříčiněno tím, že nízké teploty narušily chlorofyly v chloroplastech, které jsou poškozovány u rostlin citlivých na chlad za působení nízkých teplot, jak uvádí Kratsch a Wise (2000).

Dvojitá dávka Atoniku opět vedla ve dvou případech ke snížení hodnot a to u odrůdy Simona (z hodnoty 0,59, která byla naměřena ve stresované variantě s jednou aplikací, na hodnotu 0,53) a Stalagnit (z hodnoty 0,55 při jedné aplikaci stresovaných rostlin klesla na hodnotu 0,53). U odrůdy Citrina nebyla zaznamenána změna a u odrůd Andrea a PCR došlo k nepatrnému zvýšení. U odrůdy Andrea o hodnotu 0,04 a u PCR o 0,02. Ve shodě s předcházejícími charakteristikami nebyl ani u fluorescence chlorofylů potvrzen efekt druhé aplikace Atoniku na uvedenou charakteristiku. Tento závěr mohou opět potvrdit Badawy et al. (1984) s pokusem na *Chamomilla suaveolens* L.

8. Závěr

Pro stanovení rozdílu rychlosti fotosyntézy, transpirace a fluorescence chlorofylu bylo vybráno pět odrůd papriky roční a to PCR, Vlasta, Stalagnit, Andrea, Citrina. Odrůdy byly rozděleny do šesti variant pokusu, na varianty kontrolní (pěstovány za optimálních teplot) a varianty stresované (prostředí s teplotami 5 °C). Každá varianta pak byla rozdělena dále na variantu bez aplikace Atoniku, s jednou aplikací a s dvojitou aplikací Atoniku. Naměřené hodnoty se zanesly do grafů a statisticky vyhodnotily pomocí programu Statistica12. Ze získaných výsledků vyplývají tyto závěry:

- 1) Ontogenetický vývoj má vliv pouze na fotosyntézu. U transpirace a fluorescence prokázán nebyl.
- 2) Odrůda má vliv na průběh fotosyntézy a transpirace.
- 3) Při působení nízkých teplot na papriku roční hodnoty fotosyntézy a fluorescence klesaly. Na průběh transpirace nebyl prokázán vliv teploty.
- 4) Aplikace jedné dávky Atoniku zvyšuje průběh fotosyntézy jak u rostlin kontrolních, tak u stresovaných. Na fluorescenci má jedno ošetření Atonikem vliv pouze u stresovaných rostlin. Na průběh transpirace nebyl prokázán vliv přípravku Atonik u žádné varianty.
- 5) Druhý postřik Atonikem nebyl u žádné sledované charakteristiky statisticky významný v porovnání s jedním ošetřením.
- 6) Průměrně nejnížší rychlost fotosyntézy u stresované varianty bez aplikace Atoniku byla naměřena u odrůdy PCR ($7,04 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) a naopak nejvyšší u odrůdy Simona ($7,70 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$).
- 7) Průměrně nejnížší rychlost transpirace u stresované varianty bez aplikace Atoniku byla zjištěna u odrůdy PCR ($0,49 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) a nejvyšší u Stalagnit ($1,34 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$).
- 8) Průměrně nejnížší hodnota fluorescence chlorofylu u rostlin stresovaných bez ošetření Atonikem byla získána u odrůdy Citrina a Stalagnit (0,22) a nejvyšší u Andrea (0,27).
- 9) Na nízké teploty nejhůře reaguje odrůda PCR, naopak nejlépe snáší stres způsobený nízkými teplotami odrůda Stalagnit a Simona.
- 10) Aplikace přípravku Atonik měla nejvíce pozitivní vliv u odrůdy PCR a nejnížší změny nastaly u odrůdy Citrina.

9. Použitá literatura

Tištěné dokumenty

Araco, R., Vernieri, P., Irigoyen, J.J., Sánchez-Díaz, M., Franco Tognoni, F., Pardossi, A. 2003. Involvement of abscisic acid in leaf and root of maize (*Zea mays* L.) in avoiding chilling-induced water stress. *Plant Science*. 165 (3). s. 671 – 679.

Badawy, A. A., Abdalla, N. M., Rizk, G. A., Ahmed, S. K. 1984. Influences of Atonik and Atonik-G treatments on growth and volatile oil content of *Chamomilla suaveolens*. Proceedings, eleventh, annual meeting, Plant Growth Regulator Society of America Boston, Massachusetts, 220 – 223.

Balagurova, N. L., Drozdov, S. N., Tikhova, M. a., Sulimova, G. M. 1980. The influence of low temperatures on the cell ultrastructure in potato leaves (In Russian). *Bot Zhur* 65: 1156 – 1161.

Bartoš, J., Kopec, K., Mydlil, V., Peza, Z., Rod, J. 2000. Pěstování a odbyt zeleniny. Agrospoj, Praha 1, 323s. ISBN 80 – 23942 – 42 - 5.

Bongi G, Palliotti A, Rocchi P. 1994. Blue-green fluorescence excited by UV laser on leaves of different species originates from cutin and is sensitive to leaf temperature. *Plant Cell and Environment* 17: 777-780.

Borowski, E. 2009. Response to chilling in cucumber (*Cucumis sativus* L.) plants treated with triacontanol and asahi sl. Department of Plant Physiology, Poland, *Acta agrobotanica* 62: 165 – 172.

Borowski, E., Blamowski, Z. K. 2009. The effects of triacontanol 'TRIA' and Asahi SL on the development and metabolic activity of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) plants treated with chilling, *Folia Horticulturae* 21: 39 – 48.

Boyer, J., S. 1982. Plant productivity and environment, *Science* 218: 443 – 448.

Burnie, G., Forresterová, M., Greigová, D., Guestová, S., Harmonyová, M., Hopleyová, S., Jackson, G., Lavarck, P., Ledgettová, M., McDonald, R., Macoboy, S., Molyneux, B., Moodie, D., Mooreová, J., Newman, D., North, T., Pienaar, K., Purdy, G., Silková, J., Ryan, S., Schienová, G. 2007. Botanika, ilustrovaný abecední atlas 10 000 rostlin z celého světa s návodem, jak je pěstovat, Slovart, s.r.o., Praha, 1020s., ISBN 978 – 80 – 7209 – 936.

Crevecoeur, M., Deltour, R., Bronchart, R. 1983. Effects of suboptimal temperature on physiology and ultrastructure of *Zea mays* embryo during germination. *Can J. Bot* 61: 1117 – 1125.

Gawrońska, H., Przybysz, A., Szalacha, E., Slowiński, A. 2008. Physiological and molecular mode of action of Asahi SL biostimulátor under optimal and stress conditions, *Biostimulators in modern agriculture, General Aspects*: 54 – 76.

Gogoláková, A., Štrba, P. 2011. Identifikácia stresu rastlín napadnutých škodcami pomocou fluorescencie chlorofylu. Vliv abiotických stresorů na vlastnosti rostlin 2011 (Sborník recenzovaných příspěvků), Výzkumný ústav rostlinné výroby v.v.i., Praha – Ruzyně, 9. – 10. 3. s. 68 – 71. ISBN 978 – 80 – 7427 – 068 – 0.

Griffith, M., Lumb, C., Wiseman, S. B., Wisniewski, M., Johnson, R. W., Marangoni, A. G. 2005. Antifreeze proteins modify the freezing process in plants. *Plant physiology* 138, 330 – 340.

Gorbe, E., Calatayud, A. 2012. Applications of chlorophyll fluorescence imaging technique in horticultural research: A review. *Scientia Horticulturae*, 138: 24 – 35.

Halle, M. G., Orcutt, D. M. 1987. *The physiology of plants under stress*, John Wiley & Sons, Inc., USA, 206 s. ISBN: 0 – 471 – 88997 – 0.

Hasell, P. R., Wijk, C. K. 1995. Effect of cool storage on growth and photosynthesis of young tomato plants. *Plant-Breeding Seed Sci.*, 41, 1997: 71 – 79

Heide, O. M., Prestrud, A. K. 2005. Low temperature, but not photoperiod, controls growth cessation and dormancy induction and release in apple and pear. *Tree Physiology* 25: 109 – 114.

Heribert Hirt, Kazuo Shinozaki. 2004. *Plant Responses to Abiotic Stress*. Springer Science & Business Media, Berlin, 300 s. ISBN 3 -540 - 20037 – 1.

Hlušek, J., Rychter, R., Ryant, P. 2002. *Výživa a hnojení zahradních plodin*. Zemědělec, Praha, 81 s. ISBN 80 – 90241 – 35 – 2.

Holá, D., Benešová, M., Honnerová, J., Hnilička, F., Rothová, O., Kočová, M., Hniličková, H., (2010) The evaluation of photosynthetic parameters in maizeinbred lines subjected to water deficiency : Can these parameters be used for the prediction of performance of hybrid progeny?, *Photosynthetica*,48:(4), 545 - 558.

Hudec, K., Gutten, J. 2007. *Encyklopedie chorob a škůdců: komplexní ochrana vaší zahrady*. Computer Press, Brno, 359 s. ISBN 978 – 80 – 251 – 1768 – 2.

Hughes, R., Burns M. A. 1977. *Plant physiology*. Arlington Books, London. 142 s. ISBN 08-514-0129-5.

Ilker, R., Waring, A. J., Lyons, J. M., Breidenbach, R. W. 1979. The cytological responses of tomatoseedling cotyledons to chilling and the influence of membrane modifications upon responses. *Protoplasma* 90: 229 – 252.

Jones, H. G., Flowers, T. J., Jones, M. B. 1989. Plants under stress, Cambridge University Press, New York, ISBN: 0 – 521 – 34423 – 9, 275 s.

Kazda, J., Jindra, Z., Kabíček, J., Prokinová, E., Ryšánek, P., Stejskal, V. 2003. Choroby a škůdci polních plodin, ovoce a zeleniny. Vydáno nakladatelstvím odborných časopisů, Praha, 158s. ISBN: 80-86726-03-7.

Kolek, J., Kozinka, V. 1992. Physiology of the plant root system. Kluwer Academic Publishers, Boston. 361 s. ISBN 0-7923-1205-8.

Kosová, K., Vítámvás, P., Prášil, I.T. 2008. Dehydriny - Struktura, funkce a využití při studiu stresů vyvolávajících dehydrataci rostlin. Vliv abiotických a biotických stresorů na vlastnosti rostlin 2008 (Sborník příspěvků), Výzkumný ústav rostlinné výroby v.v.i., Praha – Ruzyně, 12. – 13. 2. s. 239 – 244. ISBN: 978-80-87011-18-8.

Kosová, K., Vítámvás, P., Prášil, I.T., Renaut, J. 2011. Plant proteome changes under abiotic stress – Contribution of proteomics studies to understanding plant stress response. Journal of proteomics 74: 1301 – 1322.

Kratsch, H., Wise, R. 2000. The ultrastructure of chilling stress, Plant Cell Environ 23: 337 – 350.

Lang, V. 1993. The Role of ABA and ABA-Induced Gene Expression in Cold Acclimation of Arabidopsis thaliana. Swedisch University of Agricultural Sciences, Sweden, 70 s. ISBN: 978-91-576-4734-4.

Larcher, W. 1988. Fyziologická ekologie rostlin. Československá akademie věd, Praha, 368 s.

Larcher, W. 1995. Physiological Plant Ecology. Springer, Berlin. 513 s. ISBN: 3-540-43516-6

Levitt, J. (1980). Responses of Plants to Environmental stresses, Vol. 2, Water, Radiation, Salt and Other Stresses, Academic Press, New York, 606 s.

Lyons, J. M. 1973. Chilling injury in plants. Annu Rev Plant Physiol 24: 445 – 466.

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.

Marcellin, P. 1992. Côme D. (Ed) Les végétaux et le froid. Hermann, Paris, pp. 53 – 105.

Maxwell, K., Johnson, G.J. 2000. Chlorophyll fluorescence – a practical guide. Journal of Experimental Botany, 51: 659 – 668.

Maximov, N. A. (1938). Internal factors of frost and drought resistance in plants. Protoplasma 7: 259 – 291.

Melichar, M., Kostrhouňková, M., Vaško, Š. 1997. Zelinářství. 1. Vyd., Květ, Praha, 165 s. ISBN 80-853-6229-5.

Murphy, C., Wilson, J. M. 1981. Ultrastructural features of chilling injury in *Episcia reptans*. Plant Cell Environ 4: 261 – 265.

Nilsen, E. T., Orcutt, D. M. 1996. *The Physiology of Plants Under Stress, Abiotic Factors*, John Wiley & Sons Inc., New York, ISBN: 0 – 471 – 03512 – 6, 704s.

Pekárková, E. 2001. *Pěstujeme rajčata, papriky a další plodové zeleniny*. 1. vyd., Grada, Praha 68 s. ISBN 80-247-0170-7.

Penka, M. 1985. *Transpirace a spotřeba vody rostlinami*. Academia, Praha, 250 s.

Pessarakli, M. 2010. *Handbook of Plant and Crop Stress*, CRC Press, Boca Raton (Florida), 1245s. ISBN 978 – 4398 – 1396 – 6.

Peterson, R. B., Oja, V., Laisk, A. 2001. Chlorophyll fluorescence at 680 and 730 nm and leaf photosynthesis. *Photosynthesis Research* 70: 185-196

Petříková, M., Malý, I. 1998. *Základy pěstování plodové zeleniny*. Institut východy a vzdělávání Ministerstva zemědělství České republiky, Praha, 51s. ISBN 80-7271-141-5.

Petříková, K., Malý, I., Peza, Z., Poláčková, J., Rod, J. 2006. *Zelenina – pěstování – ekonomika – prodej*. Profi Press, s.r.o., Praha, 240 s. ISBN 80 – 86726 – 20 – 7.

Petříková, K., Hlušek, J., Koudela, M., Malý, I., Pokluda, R., Lošák, T., Ryant, P., Škarpa, P. 2012. *Zelenina – pěstování, výživa, ochrana a ekonomika*, Profi Press s.r.o., Praha 2, 191s. ISBN 978 – 80 – 86726 – 50 – 2.

Przybysz, A., Malecka-Przybysz, M., Slowiński, A., Gawrońska, H. 2008. The effect of asahi SL on growth, efficiency of photosynthetic apparatus and yield of field grown oilseed rape. *Biostimulators in modern agriculture*, Rico, Warszawa, 199: 7 – 17. ISBN: 83 – 89503 – 56 – 5.

Przybysz, A., Wrochma, M., Slowiński, A., Gawrońska, H. 2010. Stimulatory effect of asahi SL on selected plant species, *Acta Sci. Pol., Hortorum Cultus* 9 (2): 53 – 64.

Rod, J., Hluchý, M., Prášil, J., Zavadil, K., Somssich, I., Zacharda, M. 2005. *Obrazová atlas chorob a škůdců zeleniny střední Evropy: ochrana zeleniny v integrované produkci včetně prostředků biologické ochrany*. Biocont Laboratory ve spolupráci se Semo Smržice, Brno, 392 s. ISBN 80 – 901874 – 3 – 9.

Salaj, J. 1982. *The effect of low temperatures upon the cells and cell organells of Norway spruce (Picea abies L. Korst.)*. PhD. Thesis (in Slovak), Bratislava, Slovakia.

Shabala, S. 2012. *Plant stress physiology*, CPI Group, Croydon (UK), ISBN: 978 – 1 – 84593 – 995 – 3, 318s.

Slavík, B., Bělohávková, R., Čvančara, A., Dvořáková, M., Grulich, V., Hrouda, L., Husák, Š., Chrtek, J., sen., Chrtek, J., jun., Kaplan, Z., Kirschner, J., Mártonfi, P., Kirschnerová, L., Kovanda, M., Křisa, B., Kubát, K., Skála, Z., Skalická, A., Slavík, B., Slavíková, Z., Smejkal, M., Sutorý, K., Štech, M., Štěpánek, J., Štěpánková, J., Tomšovic, P., Trávníček, B., Zázvorka, J. 2000. *Květena České republiky*. Academia, Praha, 770 s. ISBN 80-200-0306-1.

Taiz, L., Zeiger, E. 2006. *Plant physiology*, Sinauer Associates, Sunderland, ISBN: 978-0-87893-856-8, 764 s.

Thakur, P., Kumar, S., Malik, J. A., Berger, J. D., Nayyar, H. 2010. *Cold stress effects on reproductive development in grain crops: an overview*. *Environmental and Experimental Botany* 67: 429 – 443

Ushio, A., Mae, T., Makino, A. 2008. *Effects of temperature on photosynthesis and plant growth in the assimilation shoots of the rose*. *Soil Science a Plant Nutrition*, 54(2), 253 – 258.

Valšíková, M. 1987. Papriky, rajčata a baklažány, v edici Naša zahrádka. Příroda, Bratislava, 155s.

Wilson, T. P., Canny, M. J., McCully, M. E., Lefkovich, L. P. 1990. Breakdown of cytoplasmic vacuoles: A model of endoplasmatic membrane rearrangement. Protoplasma 155: 144 – 152.

Zedd Et, C., Geneves, L. 1982. Influence de basses temperatures (+ 6°C + 2°C) sur l'organisation fine des mitochondries et des chloroplastes dans des tissus' Ephedra en culture in vitro. Ann Sci Natur Bot Paris 13 Serie 4: 27 – 49.

Zhao, D., Oosterhuis D. 1997. Physiological response of growth chamber-grown cotton plants to the plant growth regulator PGR-IV under water-deficit stress. Environ. Exp. Botany, 38: 7- 14.

Internetové zdroje

Atonik (aromatické nitrosloučeniny) [online]. Arystalifescience. 2005. [cit. 2015-03-30]. Dostupné z:

<<http://www.arystalifescience.cz/download/produkty/atonik/Etiketa-Atonik-Pro.pdf>>

Atonik (aromatické nitrosloučeniny) [online]. Arystalifescience. 2005. [cit. 2015-03-30]. Dostupné z: <<http://www.arystalifescience.cz/atonik.php>>

Atonik (aromatické nitrosloučeniny) [online]. Arystalifescience. 2005. [cit. 2015-03-30]. Dostupné z: <<http://www.arystalifescience.cz/download/atonikpouziti.pdf>>

Babuška, P. Nové poznatky a zkušenosti s rostlinným stimuletem ATONIK [online]. 2003 [cit. 2015-04-07]. Dostupné z: <http://konference.agrobiologie.cz/2003-02-19/28-arysta-babuska_nove_poznatky_a_zkusenosti_s_atonikem.pdf>

Hradecká, D., Urban, J., Kohout, L., Pulkrábek, J., Hnilička, R. Využití brassinosteroidů k regulaci stresu během růstu a tvorby výnosu řepy cukrové [online]. Listy cukrovarnické a řepařské. 9. – 10. 2009. [cit. 2015-04-02]. Dostupné z: <http://www.cukr-listy.cz/on_line/2009/pdf/271-273.PDF>

Situační a výhledová zpráva: zelenina [online]. Eagri. 2009 – 2015. [cit. 2015-04-01]. Dostupné z: <http://eagri.cz/public/web/file/277516/SVZ_Zelenina_2013.pdf>

Paprika roční [online]. Černý, semena květin, semena zelenin. 2015. [cit. 2015-03-30]. Dostupné z: <<http://eshop.cernyseed.cz/zeleniny/paprika-rocni/paprika-zeleninova-stalagnit-1g.html>>

Osvědčené novinky v odrůdách paprik a jejich pěstování [online]. ireceptar . 2015. [cit. 2015-03-30]. Dostupné z: <<http://www.ireceptar.cz/zahrada/uzitkova-zahrada/osvedcene-novinky-v-odrudach-paprik-a-jejich-pestovani/>>

Paprika roční, dostupné odrůdy [online]. Moravoseed. 2010 – 2014. [cit. 2014-12-27]. Dostupné z: <<http://moravoseed.cz/index.php?stranka=sortiment&kategorie=1&druh=57>>

Paprika zel.PCR/rychl/ [online]. Nohelgarden. 2011. [cit. 2015-03-30]. Dostupné z: <<http://www.nohelgarden.cz/katalog-produktu/paprika-zel-pcr-rychl-/4491/>>

Paprika zel. žl. Citrina [online]. Nohelgarden. 2011. [cit. 2015-03-30]. Dostupné z: <<http://www.nohelgarden.cz/katalog-produktu/paprika-zel-zl-citrina/4641/>>

Papriky [online]. Paprikylibera. 2015. [cit. 2015-03-30]. Dostupné z: <<http://www.paprikylibera.cz/papriky-libera/71-stalagnit.html>>

Paprika k rychlení Andrea [online]. Pestovani in. 2013. [cit. 2015-03-30]. Dostupné z: <<http://obchod.pestovani.in/cz/zelenina-semena/17920-paprika-zel-andrea-rychl-8590811059677.html>>

Archiv časopisu, únor 2000 [online]. zahradkar.org .2015. [cit. 2015-03-30]. Dostupné z:
<<http://www.zahradkar.org/archiv.php?kat=2000/02/s09>>