

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra botaniky a fyziologie rostlin



Vliv nízkých teplot na rychlost výměny plynů juvenilních rostlin papriky roční

Bakalářská práce

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

Autorka práce: Milana Petrásková

2012

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: **Vliv nízkých teplot na rychlost výměny plynů juvenilních rostlin papriky roční** zpracovala samostatně, pouze za pomoci zdrojů, které jsou uvedené v seznamu použité literatury.

V Dobříni dne: 30. 3. 2012

.....

podpis autora práce

Poděkování

Především bych chtěla poděkovat vedoucímu mé bakalářské práce, panu Ing. Františku Hniličkovi, Ph.D., za odborné rady, které mi v průběhu psaní bakalářské práce vždy s ochotou poskytl. Dále bych touto cestou chtěla poděkovat mým rodičům, kteří mě po dobu celého studia jak finančně, tak hlavně psychicky podporovali. Také nesmím opomenout mé kamarádky a zároveň spolužačky, které stály vždy při mně a i díky nim, jsem se dostala až na konec mého studia. Velké dík patří i Kateřině Černostové, která dovedla mou práci do reprezentativního vzhledu.

Vliv nízkých teplot na rychlost výměny plynů juvenilních rostlin papriky roční

Souhrn:

Cílem této práce bylo zjistit, zda existují u vybraných genotypů papriky roční rozdíly v rychlosti výměny plynů a stanovit jejich odolnost vůči nízké teplotě. Teplota prostředí, ve kterém jsou rostliny pěstovány, má velký vliv na vývin celé rostliny. Paprika roční je teplomilná rostlina, která se během své ontogeneze vysazuje na polní stanoviště, kde mohou nastat teplotní výkyvy a rostlinu poznamenat na svém vývoji nebo dokonce usmrtit.

Pro práci byly vybrány čtyři odrůdy papriky roční, Amy, Dorota, Fantazia F1 a Vlasta. Pokus probíhal ve dvou variantách a to ve variantě kontrolní, kde byla rostlinám poskytnuta teplota pro ně optimální (20 - 25 °C) a ve variantě stresové. Ve stresové variantě byly rostliny přesunuty ze skleníku do klimaboxu, kde se nastavila teplota prostředí na 5 °C, neboť tato teplota může nastat právě v polních podmínkách. Poté se uskutečnilo devět měření rychlosti výměny plynů infračerveným analyzátozem plynů LCA-4 (otevřený gazometrický systém) v pravidelných intervalech (měřilo se každý druhý den). U stresovaných a kontrolních rostlin byla sledována rychlost fotosyntézy a transpirace.

Měřením bylo zjištěno, že na rychlost fotosyntézy má vliv ontogenetický vývoj rostliny, teplota okolního prostředí a genotyp rostliny. U transpirace bylo prokázáno, že její rychlost nezávisí na ontogenetickém vývoji rostliny, ani na genotypu rostliny, dokonce ani na teplotě okolního prostředí.

Klíčová slova: fotosyntéza, paprika roční, teplota, transpirace, stres

Influence of low temperature to gas exchange of annual chilli's juvenile plants

Summary:

The aim of this study was to find out whether there are exist the annual differences in the rate of gas exchange in selected genotypes of peppers and to determine resistance to low temperature. The temperature of the environment in which the plants are grown has large impact on development of the whole plant. The pepper is annual and thermophilic plant which is planted on the field habitat during its ontogeny, where temperature fluctuations can occur and the plant noted for its development or even kill it. For my work was selected four varieties of annual peppers, Amy, Dorota, Fantazia F1 and Vlasta. The experiment took place in two variants, it means in variant of kontrol, where the plants were in optimal temperature (20 – 25 °C) and in variant of stress. In the stress scenario were the plants moved from the greenhouse to klimabox, where was temperature of 5 °C because this temperature can occur just in the field conditions. Afterwards there were nine gaugings at regular intervals by the device LCA-4, which recorded values of physiological characteristic.

The study has shown, that there are differences in the rate of gas exchange in some annual peppers and that ontogenetic development has almost no effect on the rate of traspiration, unlike the photosynthesis, which increases during ontogeny. Furthermore it was confirmed that at low temperatures, when the plants are exposed to thermal stress, the rate of photosynthesis decreases as shown literature.

Keywords: photosynthesis, Capsicum annum, temperature, transpration, stress

Obsah

1. Úvod	6
2. Cíl práce.....	7
3. Hypotézy	8
4. Literární rešerše	9
4.1 Paprika roční (<i>Capsicum annuum</i>) – botanická charakteristika	9
4.1.1 Obsahové látky papriky roční	10
4.1.2 Původ a historie papriky roční	10
4.1.3 Současnost pěstování	11
4.1.4 Charakteristika plodů papriky roční.....	12
4.1.5 Nároky papriky roční na stanoviště	13
4.1.6 Nároky na hnojení.....	13
4.1.7 Podmínky pro pěstování papriky roční v roce 2009, 2010, 2011	13
4.1.8 Choroby a škůdci papriky roční.....	14
4.1.9 Šlechtění papriky roční	17
4.2 Negativní vnější vlivy – stresory.....	17
4.2.1 Fyzikální faktory – teplota.....	18
4.2.2 Vliv nízké a vysoké teploty na fyziologické vlastnosti rostlin – dýchání, fotosyntézu, transpiraci	18
4.2.3 Nízká teplota	20
4.2.4 Odolnost rostlin proti nevhodným teplotám	21

4.2.5 Odumírání chladem a mrazem	21
4.2.6 Mrazuvzdornost rostlin.....	23
4.2.7 Otužování rostlin.....	23
5. Materiál a metody	24
5.1 Charakteristika rostlinného materiálu	25
5.2 Založení pokusů	29
5.2.1 Hodnocení pokusů	29
6. Výsledky	32
6.1 Fotosyntéza.....	32
6.2 Transpirace.....	36
7. Diskuze	40
8. Závěr.....	42
9. Seznam použité literatury	43
10. Přílohy	46

1. Úvod

Teplota vnějšího prostředí má vliv na řadu fyziologických vlastností rostlin, neboť ovlivňuje fotosyntézu. V rámci procesu fotosyntézy se jedná především o procesy temnotní fáze fotosyntézy, kdy reakční rychlost se s teplotou zvyšuje exponenciálně. U rostlin v mírných pásmech je teplotní optimum 25 - 30 °C. Při teplotách nad 40 °C vykazuje fotosyntéza prudký pokles (převažuje dýchání), při teplotě -1 °C se fotosyntéza u většiny rostlin zastavuje. Obdobně na vzrůstající teplotu reaguje dýchání, ale rychlost dýchání prudce klesá při teplotách nad 45 °C vlivem poškození enzymů. Naopak nízké teploty dýchání zpomalují. Teplota ovlivňuje přímo rychlost metabolismu a tím rychlost růstu a vývojových změn. Rostlina nejlépe roste a vyvíjí se při její optimální teplotě, která je u každého druhu různá. Působení nízkých teplot 0 – 5 °C může mít v určitých stádiích stimulační či indukční úlohu, např. při klíčení semen (Kubát a kol., 1998).

Pro pokus byla vybrána paprika roční právě proto, že se jedná o pěstitelsky náročnou plodinu z hlediska požadavků na okolní teplotu prostředí. Paprika je vhodná do polních podmínek nejteplejších oblastí jižní Moravy. V ostatních oblastech žádá pěstování v krytých nebo chráněných prostorech. Nejvhodnější jsou záhřevné, humózní a dostatečně vododržné půdy. Pro polní pěstování se vysévá v krytých prostorách v první polovině března. Pro správný vývoj je třeba zajistit minimální teploty 20 – 22 °C i v nočních hodinách. Na polní stanoviště se vysazuje v druhé polovině května (semo.cz, 2007).

Cílem práce je studium působení nízkých teplot na rychlost výměny plynů papriky roční, která patří k teplomilným rostlinám, které jsou na klimatické podmínky velmi náročné. Paprika roční je v určitém stádiu svého vývoje (při dosažení výšky cca 30 cm) vysazována do venkovních podmínek, kde mohou nastat teplotní výkyvy. Proto je vhodné sledovat působení nízkých teplot na rostlinu, tak aby nedošlo k jejich poškození.

2. Cíl práce

Paprika roční (*Capsicum annuum* L.) je teplomilná rostlina. Bylo zjištěno, že její minimální teplota pro růst je 14 °C a pro klíčení 11 °C. Optimální teplota pro růst rostliny je 22 – 26 °C. Zároveň při teplotách 5 - 12 °C dochází k destrukci chlorofylu, což vede ke snížení výměny plynů v rostlině, především fotosyntézy. Vzhledem k výkyvům počasí existuje nebezpečí výskytu nízkých teplot v době výsadby rostlin papriky na pozemky, a proto je vhodné také sledovat fyziologické odezvy rostlin na tento typ stresoru.

Z uvedeného vyplývají následující cíle práce:

- a) stanovit u vybraných genotypů papriky roční rozdíly v rychlosti výměny plynů
- b) stanovit u vybraných genotypů jejich odolnost/citlivost vůči nízké teplotě na základě změn rychlosti výměny plynů

3. Hypotézy

Z navržených cílů byly stanoveny následující hypotézy:

1. existují genotypové rozdíly v rychlosti výměny plynů v průběhu ontogeneze?
2. existují genotypové rozdíly v rychlosti výměny plynů v závislosti na působení nízké teploty?
3. existují genotypové rozdíly odolnosti vůči nízké teplotě?

Působení nízkých teplot na papriku roční je vhodné sledovat také z důvodu, že se jedná o teplomilnou rostlinu, která je vysazována v jarních měsících na polní stanoviště. Jedná se o období, kdy se mohou vyskytovat přizemní mrazy. Paprika potřebuje pro svůj vývin minimálně 14 °C. Proto je vhodné sledovat změny ve vývoji a reakci probíhající v rostlině, za působení nižších teplot než jsou minimální teploty pro papriku roční.

4. Literární rešerše

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

Říše: rostliny – *Plantae*

Podříše: cévnaté rostliny – *Tracheobionta*

Oddělení: krytosemenné – *Magnoliophyta*

Třída: vyšší dvouděložné – *Rosopsida*

Řád: lilkotvaré – *Solanales*

Čeleď: lilkovité - *Solanaceae*

Podle Slavíka a kol. (2000) jsou kořeny svazčité, mělké. Lodyha 30 - 80 cm vysoká, přímá, řídce větvená. Listy jsou řapíkaté, čepel vejčitá až kopinatá, až cca 6 cm dlouhá, cca 3 cm široká, na bázi klínovitá, řapík cca 4 cm dlouhý. Kalich je zelený, zvonkovitý, mělce členěný, 5 - 7 cípů, koruna tvaru kolovitého, 5 - 11 mm v průměru, hluboce členěná s krátkou trubkou, bílá nebo nažloutlá, zřídka nafialovělá. Tyčinek je 5 s namodralými prašníky, mezi nimi 5 hrbolkovitých staminodií. Bobule mají různý tvar, jsou 1 - 25 cm dlouhé, 0,8 - 10 cm široké duté, nepravidelně 2 - 3 (i více pouzdré). Semena se nacházejí na centrální, popř. prodloužené placentě. Semena mají tvar zploštělé kulovité a barvu světle žlutou. Štambers (1957) konstatuje, že paprika je jednoletá bylina 20 - 50 cm vysoká se vzpřímenou větvenou lodyhou. Petříková a Malý (1988) tvrdí, že při rychlení a v tropických krajích může být i víceletá. Pěstují se odrůdy využívané buď jako zelenina nebo odrůdy kořeninové.

Kořenovou soustavu papriky tvoří velké množství postranních kořenů, protože hlavní kořen brzy ukončuje svůj růst. Adventivní kořeny se tvoří jen v malé míře, takže hlubší výsadba ztrácí opodstatnění. Stonek je větven sympodiálně (vidlicovitě). Před tím, než se stonek začne větvit, se vytvoří květ a list. Počet vytvořených listů do prvního větvení závisí na světelných podmínkách a teplotě a pohybuje se od sedmi do dvanácti. Listy jsou celokrajné, vejčitého tvaru. Květy má oboupohlavné a kalištní lístky srostlé. Korunní plátky

jsou nejčastěji barvy bílé, pěti až sedmičetné. Tyčinek je také pět až sedm, pylové váčky jsou namodralé, semeník je vrchní (Malý a kol., 1998).

Květy jsou samosprašné, ale za určitých okolností může dojít i k cizosprašení. Plodem je vysychavá bobule, která může mít tvar dlouhý, kuželovitý, kvádrovitý nebo kulovitý apod. Plody se sklízají v technické zralosti, kdy mají barvu charakteristickou pro odrůdu, nebo ve zralosti botanické, kdy mají barvu červenou, oranžovou nebo žlutou (Petříková a Malý, 1998).

Semeno je ploché, ledvinovitého tvaru. Semena jsou umístěna na centrálním semeníku a na žilkách. HTS (hmotnost tisíce semen) je 6,0 – 7,3 g (Petříková a Malý, 1998).

4.1.1 Obsahové látky papriky roční

Paprika obsahuje 7,8 % sušiny, 1,2 % bílkovin, 4,6 % sacharidů, 1 % celulózy, z minerálních látek hlavně fosfor. Dále vitamin C (okolo 100 mg ve 100 g čerstvé hmoty), provitamin A a vitamíny skupiny B. Množství vitamínu závisí na zralosti plodů. V technické zralosti obsahují plody 0,02 – 0,2 mg β karotenu (provitamin A). V botanické zralosti je toto množství mnohem vyšší 0,6 – 3,5 mg. Po tepelné úpravě je obsah provitaminu A mnohem stálejší než obsah vitamínu C a jeho ztráty představují pouze 4 – 15 %. Obdobně jako rajče tak i paprika obsahuje poměrně významné množství vitamínu U a to 4 mg na 100 g. Z dalších látek jsou důležité bioflavonoidy. Pálivou chuť některých odrůd způsobuje alkaloid kapsaicin, který se vyskytuje především v placentě, méně v semenech a v žilkách (Petříková a Malý, 1998).

4.1.2 Původ a historie papriky roční

Pravlastí papriky je Amerika. Původně ji pěstovaly indiánské kmeny severní části Mexika. Odtud se rozšířila do celé Ameriky a ostatních světadílů. Do Evropy se paprika dostala až po objevení Ameriky. Ze začátku 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 stalo po Španělsku druhým pěstitelským centrem papriky v Evropě. Do ostatních států střední a východní Evropy se rozšířila až v 18. a 19. století, a to zásluhou bulharských zahradníků. U nás se ve větším množství nejprve pěstovala kořenová paprika po první světové válce. Tehdy se i vyvážela. Na jižní Moravě se pěstovala už v roce 1940 na ploše 800 ha (Valšíková, 1987).

Předpokládá se, že dnešní zeleninová paprika vznikla z kořenové, a její původní formy se vyskytují ve Střední Americe. Tím, že se dostala do severnějších oblastí s dostatečnou vlhkostí a mírnou teplotou se dosáhlo zvětšení rostlin, jejich květů, plodů a též snížení pálivosti. Vyšlechtěním nepálivých kultivarů v Bulharsku značně vzrostl zájem o tuto plodinu v celé Evropě. V ČSSR se zeleninová paprika pěstovala ze začátku pouze na malých plochách v soukromých zahradách. Významnější rozšíření se zaznamenalo až po druhé světové válce. V roce 1963 dosáhly pěstitelské plochy této plodiny 2000 ha, z toho více než 95 % na Slovensku. Její popularita postupně vzrostla i v českých krajích a v roce 1977 se pěstovala na celkové ploše 3 000 ha, z kterých připadlo na Slovensko 91,6 %. V roce 1961 – 1965 dosáhl nákup zeleninové papriky 21 470 t, do roku 1983 vzrostl na 48 000 t (Valšíková, 1987).

Úspěch pěstování zeleninové papriky v různých oblastech ČR závisí především na klimatických poměrech a na úrovni agrotechniky. Průměrný hektarový výnos zeleninové papriky od počátku jejího pěstování se prudce zvýšil. V letech 1948 - 1955 vykazují statistiky průměrný výnos 7,6 t na hektar. V letech 1961 – 1965 byly průměrné hodnoty výnosu 10,5 t na hektar (Valšíková, 1987). Dnes se dokládá v celém státě výnos 244 t za rok 2011 (www.eagri.cz). I když se u nás produkuje téměř 50 000 t zeleninové papriky, toto množství stále nestačí na uspokojení optimální spotřeby 6 kg na jednoho obyvatele ročně. Na porovnání možno uvést, že v Bulharsku je roční spotřeba 20 kg papriky na jednoho obyvatele (Valšíková, 1987).

4.1.3 Současnost pěstování

Předpěstování sazenic

Paprika má dlouhou vegetační dobu, proto potřebuje předpěstování sazenic z výsevu pod sklem, který je vhodné provést koncem února až začátkem března. Osvědčuje se výsev do kelímků nebo truhlíků s navlhčeným agropérlitem a přikryjí se průsvitnou textilií. Semenáčky se po jednom přepichují do sadbovačů a v nich se nechávají růst při teplotě 20 °C (Pekárková, 2002).

Pěstování papriky roční

Na trvalé místo se sazenice vysazují zásadně po jedné, když dosáhnou přibližně 30 cm. Půdu je vhodné před výsadbou prohrát několikadenním přikrytím průsvitnou folií. Rostlinám vyhovuje vysazení do otvorů mulčovací černé netkané textilie. Textilie prohřívá půdu, zabraňuje prorůstání plevelů a chrání před výparem vody. Odpadá také okopávka, která mělce kořenicí paprice neprospívá. Navíc se dá mulčovací textilie dobře kombinovat s kapkovou závlahou. Rostliny papriky jsou náročné na dostatek vláhy a hnojení. Vyžadují i přihnojení v průběhu zakládání plodů (Pekárková, 2002). Přihnojujeme ledkovými hnojivy. Podle potřeby zavlažujeme postřikem, nebo brázdovým podmokem (Melichar a kol., 1997). Rostlinám prospívá opora, například vyvázání ke kolíkům. Ve fóliovníku a skleníku je pro udržení vzpřímeného vzrůstu mohutných rostlin nejvhodnější natáhnout kolem řádků rostlin z obou stran několik pater provázků. Rostliny papriky zásadně nezaštipujeme ani neřežeme (Pekárková, 2002).

4.1.4 Charakteristika plodů papriky roční

U zeleninových paprik je žádaná co nejširší stěna plodu. Takovou však dříve vytvářely jen pozdní odrůdy. Až domácí vyšlechtěné F1 hybridy mají potřebné vlastnosti pro pěstování v našich podmínkách. Jsou rané a mají přes 1 cm tlustou stěnu. Dosahují vysokého výnosu i podílu vyzrálých plodů, ale jsou náročnější na výživu i teplo. Ve sklenících a fóliovnících by se měly pěstovat především F1 hybridy, protože maximálně využijí příznivé podmínky chráněného prostředí a většího tepla. Nehybridní odrůdy, které jsou odolnější k proměnlivým podmínkám, se hodí spíše na venkovní záhony teplejších oblastí (Pekárková, 2002).

Plody zeleninových paprik jsou velmi variabilní především tvarem. Povrh, může být hladký, nebo žebernatý. Na rostlině plody vyrůstají převisle, nebo vzpřímeně. Barvy plodů jsou různé. Nezralé plody mohou být žlutobílé, světle zelené, tmavě zelené nebo fialové. V plné zralosti přecházejí do ohnivě červené, citronově žluté nebo pomerančově oranžové. Zbarvení je velmi výrazné, intenzivní a trvanlivé, zdůrazněné leskem, takže dekorativní účinek je mimořádný (Pekárková, 2002).

Pálivost chuti je odrůdovou vlastností, která se na venek nepozná, protože nesouvisí s ostatními znaky plodů. Na Balkánu a v dalších jižních zemích jsou v oblibě odrůdy pálivé, zatímco západní a střední Evropa dává přednost typům nepálivým. Ke kultuře pěstování patří,

aby všechny rostliny každé odrůdy i sklizené plody byly jednotné chuti. Směs pálivých i nepálivých rostlin je vždycky známkou pochybně získaných semen, většinou vlivem příměsí nebo nežádoucího zkřížení (Pekárková, 2002).

Sklizeň plodů je závislá na odrůdě. Rané papriky se sklízají již od srpna, pozdní odrůdy se mohou sklízet až do října. Plody by se měly sklízet ve své botanické zralosti, která přichází také v odlišnou dobu u každé odrůdy.

4.1.5 Nároky papriky roční na stanoviště

Nejvhodnější půdou pro papriku roční je půda záhřevná, lehčí, s dostatkem humusu (2 - 3 %). Nejideálnější jsou černozemě nebo hnědozemě o pH 6 – 6,8. Velmi důležitá je také provzdušněnost půdy, proto je nezbytná kultivace. Paprika je náročná na vodu, světlo a teplotu. Nedostatek světla způsobuje opad květů a květních poupat a výrazně zpomaluje vývoj rostliny. Minimální teplota pro správný vývoj je 14 °C. Optimální teplota ve dne je 22 – 25 °C, v noci o 7 °C nižší, v rozmezí 15 – 18 °C. Při teplotě nad 30 °C se růst papriky zastavuje, obdobně jako při 8 °C. Optimální zásobením vody v půdě je 60 – 80 % vodní kapacity. Průměrná roční teplota v oblastech vhodných pro pěstování papriky by neměla být nižší než 9 °C, optimální nadmořská výška pak 110 – 200 m n. m. (Petříková, 2006).

4.1.6 Nároky na hnojení

Nejdůležitějším prvkem pro papriku roční je dusík a draslík. Plná dávka chlévského hnoje by měla být 35 – 40 t na hektar. U minerálních forem hnojiv se při hnojení dusíkem dodává první polovina dávky ve formě síranu amonného a druhá polovina v ledkové formě. K dodání draslíku do půdy se zásadně nepoužívají hnojiva obsahující chlór, který způsobuje žloutenku a opad listů. Dávky minerálních hnojiv se stanoví podle půdního rozboru, s ohledem na plánovaný výnos a po odpočtu živin dodaných v organickém hnojivu (Petříková, 2006).

4.1.7 Podmínky pro pěstování papriky roční v roce 2009, 2010, 2011

Rok 2009

Výsadba paprik proběhla v obvyklém termínu. Červnové krupobití však některé porosty na Znojemsku zcela zničily. Chladnější počasí počátkem léta zpozdilo jejich sklizeň, a to zejména na Znojemsku, méně pak na Břeclavsku. Teplé a suché počasí ve druhé polovině

srpna bylo pro papriku roční optimální. Odbyt produkce na přímý trh byl bez větších problémů, byl ale zaznamenán pokles zájmu o papriku na zpracování (Buchtová, 2009).

Rok 2010

Celková produkce paprik byla díky nedostatku tepla i slunečního svitu nižší. Vlhké počasí v dubnu a v květnu nepříznivě poznamenalo výsadbu polních paprik na jižní Moravě, která tak byla vysázena v pozdějších termínech a většinou na přemokřelé pozemky. Deště způsobily na mnoha místech podmáčení porostů. Závěr sezóny byl ve znamení velmi nízkých teplot a nárůst plodů byl pomalý. Výpadky ve výnosu letos kompenzovaly vyšší výkupní ceny, které byly příznivé po celou dobu sklizně. Podíl kvalitního tržního zboží z celkové produkce byl ale výrazně nižší (Buchtová, 2010).

Rok 2011

Pro pěstitele papriky byl rok 2011 nadprůměrně příznivý. Teplé jaro umožnilo první výsadby již počátkem května. Přízemní mrazíky na porostech významnější škody nezpůsobily, menší výpadky po výsadbě byly zapříčiněny spíše vysokými teplotami. Průběh počasí v dalších měsících, až na počátek října, byl pro růst paprik i pro zdravotní stav porostů optimální.

Na některých plochách se ve větší míře objevilo vadnutí způsobené kořenomorkou, větší škody způsobil zavíječ kukuřičný a na některých lokalitách i trásněnky. Výnosy byly nadprůměrné, což se však negativně odrazilo na výkupních cenách, které byly na velmi nízké úrovni (eagri.cz, 2011). Další statistická čísla jsou uvedena v příloze 1.

4.1.8 Choroby a škůdci papriky roční

Bakteriální tečkovitost – *Pseudomonas syringae*

Příznaky: primární příznaky se objevují na listech v podobě drobných, okrouhlých, mírně vystouplých sytě hnědých teček se širokým žlutým lemem. Při silnějším napadení může docházet k opadu květů a dokonce i tvořících se plodů. Na plodech se onemocnění projevuje jako tmavě hnědé, vystouplé tečky.

Přenos: bakterie je přenosná osivem, půdou a přežívá i na rostlinných zbytcích. Choroba se objevuje především při vysoké vzdušné vlhkosti.

Ochrana: osevní postup, větrání, zdravé osivo. Nevstupovat do porostu, pokud jsou rostliny vlhké (Kazda a kol., 2003).

Plíseň šedá – *Botryotinia fuckeliana*

Čeleď: *Sclerotiniaceae*

Řád: *Leotiales*

Třída: *Ascomycetes*

Příznaky: na stoncích a řapících se v důsledku napadení tvoří vodnaté zelenošedé skvrny, na kterých někdy vyrůstají konidiofory s konidiiemi. Část stonku nad napadeným místem usychá. Může dojít k napadení květů, které vadnou a opadávají. Nejvíce viditelné jsou příznaky napadení plísni šedou na plodech, na kterých se tvoří pravidelné žluté, úzké kroužky – prstence. Plody mohou být napadené také od stopky a potom vzniká mokrá hniloba.

Přenos: houba přežívá na posklizňových zbytcích a na vytrvalých rostlinách. Během vegetace se šíří konidiiemi. Výskytu napomáhá vysoká vzdušná vlhkost, hustě zapojené porosty a husté olistění rostlin.

Význam: jedná se o chorobu při nedostatku světla a o jednu z hlavních příčin hnilob balených plodů v zimním období.

Ochrana: dostatek světla, správný režim větrání a topení zabraňující orosení rostlin, chemická ochrana (Kazda a kol., 2003).

Slerotiniová hniloba – *Sclerotinia sclerotiorum*

Čeleď: *Sclerotiniaceae*

Řád: *Leotiales*

Třída: *Ascomycetes*

Příznaky: primární příznak napadení je měknutí stonku, v jeho důsledku pak dochází k vadnutí rostlin od vrcholu. Houba prorůstá stonkem směrem nahoru. Na napadených pletivech vyrůstá bílé, vatovité mycelium houby, ve kterém se později tvoří černá nepravidelná sklerocia. Mycelium se sklerocii roste i uvnitř stonku.

Přenos: patogen přežívá v půdě, obvykle ve formě sklerocií.

Význam: choroba s rostoucím významem ve sklenících, kde se střídají hostitelské rostliny.

Ochrana: likvidace napadených rostlin nebo jejich částí ještě před vytvořením sklerocií, dostatek světla, správný režim větrání a topení zabraňující orosení rostlin, chemická ochrana (Kazda a kol., 2003).

Čerň – *Cladosporium fulvum*

Příznaky: primární příznaky se objevují na spodních, nejstarších listech jako nepravidelné žluté skvrny. Na spodní straně listů se v místě poškozeného pletiva tvoří šedobílý až zelenošedý sametový povlak houby. Skvrny rychle zasychají a často jsou vrásčité. Listy mají světle hnědou barvu, odumírají, většinou neopadávají. Povlak houby se rozrůstá po celém listu. Onemocnění postupuje směrem k vrcholu rostliny.

Přenos: houba přežívá na rostlinných zbytcích v půdě, nebo na konstrukcích skleníku. Během vegetace se šíří konidii. Onemocnění se vyskytuje převážně ve sklenících, jen ojediněle v polních podmínkách. Výskyt choroby podporuje vysoká vzdušná vlhkost a teplota 20 – 25 °C.

Ochrana: zálivka podmokem, správný režim větrání, rezistentní odrůdy, chemická ochrana.

Význam: závažná choroba ve sklenících (Kazda a kol., 2003).

Mšice broskvoňová – *Myzus persicae*

Třída: *Insecta*

Čeleď: *Aphididae*

Vývoj mšice broskvoňové může probíhat celý rok ve vytápěných krytých prostorách nebo migruje ve vegetačním období z venkovního prostředí. Na rostlinách dospělci i nymfy vytvářejí obvykle menší kolonie. Sají na spodní straně listu a vegetačním vrcholu. Listy se svinou a žloutnou. Mšice produkují medovici, na které rostou černě. Z plodové zeleniny rostou přímo na paprikách. Přesto patří ke škodlivým škůdcům, protože přenášejí mnoho rostlinných virů.

Ochrana spočívá v aplikaci insekticidu nebo je možno využít ve sklenících a fóliovnících biologickou ochranu (Kazda a kol., 2003).

4.1.9 Šlechtění papriky roční

Paprika roční patří k samosprašným rostlinám. Samosprašné rostliny tvoří semena po opylení pylem stejné rostliny. Blizna bývá opylena již před, nebo při otevření kvítků. Veliký vliv na dnešní tvar a velikost plodů papriky měla její domestikace a šlechtění na velikost a tvar lusků. Cíl šlechtění je dán výnosem, tvarem, velikostí, chutí, obsahem cukrů, skladovatelností, odolností k chorobám a škůdcům a k nepříznivým vnějším podmínkám. (Chloupek, 2008). Ke dni 1. 6. 2011 bylo zaregistrováno 162 různých odrůd papriky roční (ukzuz.cz, 2003).

4.2 Negativní vnější vlivy – stresory

Na rostliny nikdy nepůsobí pouze jednotlivé faktory vnějšího prostředí, ale celý komplex vlivů, abiotických (fyzikálních a chemických) a biotických faktorů (živých organismů včetně člověka), které spolu vzájemně souvisí (Bláha a kol., 2003).

Stresory působí na celou rostlinu, tj. na kořeny, nadzemní část i na vyvíjející se semena. Rostlinné druhy jsou přizpůsobeny k vykonávání všech důležitých životních funkcí za dosti značného kolísání faktorů vnějšího prostředí. Při působení nepříznivých vlivů může rostlina dosáhnout nového rovnovážného stavu na základě činnosti kompenzačních procesů. Při nezvládnutí vlivu stresorů může dojít až k uhynutí rostliny. Pochody, které se spustí pod vlivem stresorů, se nazývají stresová reakce (Bláha a kol., 2003).

Stres je vystavení rostliny mimořádně nepříznivým podmínkám. Nemusí nutně představovat ohrožení jejího života, ale vyvolává poplachovou odpověď (např. obranné a adaptační reakce) organismu. Protoplazma reaguje na stres počátečním zrychlením metabolismu. Zvýšená respirace, kterou pozorujeme jako stresovou reakci, je výrazem úsilí o nápravu poškození a o přizpůsobení struktury pro zvládnutí nové situace. Stresová reakce se stává závodem mezi adaptačním mechanismem a destrukčními procesy v protoplazmě, které vedou ke smrti. Je-li překročen horní nebo spodní kritický práh teploty, mohou být buněčné struktury a funkce poškozeny tak silně, že protoplazma bezprostředně odumře. V přírodě dochází k náhlé destrukci často při mrazech mimo zimní období – např. při pozdních jarních mrazech. Poškození však může nastat i postupně, je-li porušena rovnováha mezi některými

životními pochody a oslabena jejich činnost. Nakonec ustávají některé funkce podstatné pro život a buňka odumírá (Larcher, 1988).

Příznaky poškození: Citlivost různých životních pochodů vůči teplotě je různá. První účinek, který se objeví po působení stresu je zastavení pohybu protoplazmy, které je přímo závislé na energii dodávané dýcháním a na dostupnosti fosfátů s vysokým energetickým obsahem. Pak se snižuje rychlost fotosyntézy. V konečném stadiu se porušuje polopropustnost biologických membrán, takže buněčné struktury, především tylakoidy plastidů selhávají a buněčná plazma proniká do mezibuněčného prostoru (Larcher, 1988).

4.2.1 Fyzikální faktory - teplota

Na rostliny nepůsobí jen teploty jim vyhovující, ale také teploty extrémní. Mohou být poškozovány jak teplotami vysokými, tak i teplotami blízkými 0 °C či pod bodem mrazu. Každý rostlinný orgán je různě tolerantní vůči teplotním stresorům. Obecně lze říci, že generativní orgány jsou extrémními teplotami více poškozovány než orgány vegetativní. Květenství v přezimujících pupenech a semeníky v květech reagují citlivě na nízké teploty. Na straně druhé nejsou k extrémně vysoké teplotě květy citlivější než listy. Dormantní semena (semena v klidovém stavu), jsou odolná, ale již klíčící semena a vzcházející rostliny tuto vlastnost ztrácejí. Kořeny a podzemní části stonku jsou citlivější na oba teplotní extrémy, na teplo i chlad. Pupeny v porovnání s listy zase vykazují vyšší odolnost (Bláha a kol., 2003).

Extrémní teploty působí na jednotlivé druhy rostlin odlišně, protože se některé teplotním stresům přizpůsobily různými obrannými mechanismy (Bláha a kol., 2003).

4.2.2 Vliv nízké a vysoké teploty na fyziologické vlastnosti rostlin – dýchání, fotosyntézu, transpiraci

S dýcháním jsou spjaty pro rostlinu specifické procesy, např. udržení určité hladiny bílkovin, tj. syntéza bílkovin, dozrávání plodů, přijímání minerálních solí atd. (L'vov, 1952). Jedním z faktorů, které výrazně ovlivňuje dýchání je teplota. Obecně lze konstatovat, že se zvýšením teploty se zvyšuje také intenzita dýchání. Neplatí to ale u všech případů, pouze při určitém rozmezí teplot. Teplotní minimum, optimum a maximum závisí na stupni vývoje rostliny. Závislost intenzity dýchání na zvýšení teploty se vyjadřuje teplotním kvocientem Q_{10} . Podle tohoto kvocientu má dýchání při jakékoli teplotě v intervalu od 0 – 50 °C hodnotu 2 – 2,5. Tento předpoklad nebyl ale plně potvrzen. Bylo zjištěno, že Q_{10} značně kolísá, jak při

různých teplotách tak i v závislosti na vlhkosti a vývojové etapě rostliny. Nejnižší hodnota nutná pro průběh dýchání je u každého druhu organismu odlišná a závisí na jeho přizpůsobivosti okolí. Intenzita dýchání se mění také v průběhu roku. Víceleté rostliny, které žijí v našich podmínkách, nepřerušují dýchání ani při velmi nízkých teplotách. Optimální teplota je ta, která umožňuje vysokou intenzitu dýchání, ale nezpůsobuje jeho pokles rozrušováním enzymů protoplazmy. Závisí na charakteru látkové výměny a má jak u různých druhů rostlin, tak i u stejných druhů rostlin v různých obdobích vegetace různou hodnotu (Šebánek, 1983). Maximov (1938) tvrdí, že dolní hranice pro dýchání je $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$, poté dochází k zamrznání pletiva. Podle Bláhy a kol. (2003) rostlina v prostředí s nízkou teplotou zrychluje dýchání, jako důsledek působení stresoru. Dýcháním se rostlina snaží kompenzovat poškození a přizpůsobit se zhoršeným podmínkám. Dochází však k porušení rovnováhy mezi metabolickými pochody a v důsledku toho odumírají buňky (Bláha a kol., 2003). Hughes a Burns (1972) také konstatuje, že se zvyšující se teplotou nad optimum se intenzita dýchání zvyšuje. Při překročení hranice $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ se dýchací enzymy postupně deaktivují a tempo dýchání se zmírňuje. Penka (1985) předpokládá, že stejně tak se vodivost průduchů (tím i transpirace) cca od 20 do $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ zřetelně snižuje (odpor průduchů vzrůstá).

Bláha a kol. (2003) dále uvádí, že nízké teploty také snižují fotosyntézu a transpiraci, protože se průduchy za chladu otevírají pomalu a jen částečně. Jestliže teplota klesne na $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ až $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$, u většiny druhů se průduchy uzavřou úplně. Obnovení fotosyntézy a transpirace v plné výši je pomalé a postupné. Návrat do původního stavu rostliny je závislý na délce expozice a na působící teplotě. Čím byla teplota nižší a doba expozice delší, tím těžší a zdlouhavější je návrat do původního stavu. Aklimační změny za nízkých teplot jsou spojeny s hromaděním osmoticky aktivních látek, s tvorbou stresových proteinů a se změnami chemického složení lipidové vrstvy membrány. Šebánek (1983) konstatuje, že rychlost fotosyntetických reakcí závisí nejen na světle, ale i na teplotě, která působí hlavně v temnostní fázi fotosyntézy. Průběh reakcí se urychluje obyčejně při zvyšování teploty o $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 2 -3 x, což nazýváme teplotním koeficientem fotosyntézy P_Q . Mezi rychlostí fotosyntézy a teplotou je exponenciální závislost, přičemž rychlost je limitována stále světlem. Závislost fotosyntézy na teplotě je velmi složitá, protože teplota současně vystupuje i jako důležitý faktor u jiných fyziologických pochodů. Jednotlivé druhy rostlin mají různé hodnoty koeficientu. Při nízkých teplotách je rychlost fotosyntézy poměrně malá, zvyšováním teploty po hranici optima rychlost stoupá, dalším jejím zvyšováním se snižuje a při $35 - 45\text{ }^{\circ}\text{C}$ fotosyntéza přestává

v závislosti na intenzitě světla. Toto tvrzení dokládají i Ushio et al. (2008), kteří svým pokusem s růžemi potvrdili, že rychlost fotosyntézy je silně závislá na teplotě a že při optimálních teplotách se rychlost fotosyntézy zvyšuje, kdežto při působení vysokých teplot fotosyntéza klesá. Dále Šebánek (1983) říká, že mezi teplotou listu a vzduchu jsou rozdíly, které závisejí na různých faktorech, ať už je to dopad slunečních paprsků, hodnota výparu či pohybu vzduchu. Listy, které rostou na osluněnou stranu, mají vyšší teplotu než atmosféra. Při zvětšeném množství pigmentu v listu se totiž zvyšuje také pohlcování světelné energie. Účinek teploty na fotosyntézu je komplikován tou skutečností, že současně s fotosyntézou probíhá dýchání. Při měření fotosyntézy se proto zjišťuje jen zdánlivá fotosyntéza. Při stanovení skutečné fotosyntézy je nutno hodnotu aktivní fotosyntézy opravit o hodnotu dýchání. Je třeba podotknout, že rychlost fotosyntézy a dýchání se změnou teploty mění nerovnoměrně.

Evolucí rostlin v různých klimatických zónách dochází k adaptaci fotosyntézy na působící teplotní optima a maxima. Jehličnany fotosyntetizují v zimě i při teplotě -5 až -15 °C. U teplomilných rostlin je fotosyntéza přerušena při teplotě $3 - 5$ °C. V našich podmínkách (v podmínkách mírného pásma) se přerušuje fotosyntéza u většiny rostlin při poklesu teploty pod bod mrazu. Pro rostliny je nevhodné také krátkodobé ochlazení, které může u teplomilných rostlin vyvolat nezvratnou depresi fotosyntézy. Optimální teplota pro rostliny mírného pásma je $25 - 30$ °C. Dalším růstem teploty fotosyntéza začíná klesat, protože rychlost dýchání je mnohem větší než rychlost fotosyntézy, když skutečná fotosyntéza se může ještě zvyšovat (Šebánek, 1983).

4.2.3 Nízká teplota

U rostlin rozlišujeme citlivost na chlad a citlivost na mráz. Chladem obvykle nazýváme teploty pod bodem mrazu, ale označení rostliny citlivé na chlad se používá i pro rostliny, které jsou poškozovány i teplotami nad bodem mrazu (Bláha a kol., 2003). Teplotní požadavek u různých druhů rostlin je jiný. Hlavně na začátku vývojové fáze bývají rostliny poměrně citlivé na změnu teploty. Například chladuvzdorné rostliny, to jsou rostliny, jejichž minimální teplota pro růst je 10 °C. Jakmile se teplota sníží pod toto minimum, zastaví se růst a rostlina odumírá (Kolek a Kozika, 1990). Na tento stresor hůře reagují rostliny tropických, subtropických nebo teplejších oblastí mírného pásma (např. ze zemědělských plodin to jsou okurky, dýně, rajčata, papriky, kukuřice, z ostatních rostlin je velice citlivá na chlad většina

tropických bylin). Doba, po kterou chlad působí, je různě dlouhá a reakce na stres se proto nemusí projevit okamžitě po snížení teploty pod kritickou hranici (Bláha a kol., 2003).

U rostlin citlivých na chlad jsou při déle trvající nízké teplotě poškozeny především vazby lipidů na proteiny v buněčných membránách, takže dochází ke změnám fyzikálních a chemických vlastností membrány. Lipidová vrstva přechází z polotekuté konzistence do pevného gelu. Tím se naruší řada transportních mechanismů a osmóza. Při chladu se mění struktura cytoskeletu a dochází k depolymeraci mikrotubulů. Citlivost částí buňky na nízké teploty klesá v pořadí chloroplasty – mitochondrie a peroxizomy – tonoplast a plazmatická membrána. Postupně se vyčerpávají energetické zdroje buňky a ta odumírá (Bláha a kol., 2003).

Zvýšení odolnosti rostlin vůči chladu (například odrůdy papriky odolné vůči chladu) je spojeno s tvorbou osmoticky aktivních látek a se zvýšením koncentrace nenasycených mastných kyselin. Také se tvoří chladové proteiny, ale i fytohormony, zejména ABA (Bláha a kol., 2003).

4.2.4 Odolnost rostlin proti nevhodným teplotám

Kukuřice, meloun cukrový, rajčata apod. snesou teplotu okolo 5 °C. Jestliže však nízké teploty trvají delší dobu, nastane porucha metabolismu. Vlivem prochladnutí pak rostliny zežloutnou a na delší dobu zpomalí svůj růst. Rostliny často zahynout při rychlém střídání tepla a chladu nebo po delším působení chladu. Působením dlouhotrvajícího chladu rostliny žloutnou a vadnou, což je způsobeno nedostatečným příjmem vody kořeny. Nahromaděné bílkoviny se rychle rozkládají a vzniká mnoho rozpustného dusíku ve formě amoniaku, který ve větším množství škodí rostlinám, které pak postupně odumírají. Trvá-li chlad kratší dobu, rostliny nemusí zahynout, ale změní barvu listu, popř. je svinou a postupně pak regenerují. Poškození rostlin velmi nízkými teplotami (mrazy) bývá mnohem nebezpečnější. Nepřímé škody vznikají vlivem vytahování rostlin a přetrhání kořenů z důvodu pohybu půdy způsobeného mrazem. V rostlinách se tvoří krystalky ledu buď v buňkách, nebo v intercelulárních prostorech (Šebánek, 1983).

4.2.5 Odumírání chladem a mrazem

V případě poškození chladem je nutno rozlišovat poškození protoplazmy poklesem teploty jako takovým, a poškození procesy zamrzání. Některé rostliny tropického původu jsou

poškozovány chladem i při teplotách několik stupňů nad bodem mrazu. Podobně jako odumírání horkem je odumírání chladem důsledkem poškození biomembrán a selhání metabolismu – především toho, v němž hrají úlohu nukleové kyseliny a bílkoviny a který zajišťuje buňkám energii (Larcher, 1988).

Rostliny odolné vůči nízkým kladným teplotám mohou být poškozeny zmrznutím- tj. tvořením ledu v pletivech. Protoplasty s vysokým obsahem vody zamrzají při podchlazení na nízkou teplotu vnitrobuněčně. Uvnitř buňky se tvoří krystalky ledu a buňka hyne. Obvykle se však led netvoří v protoplastech, ale spíše v mezibuněčných prostorech a mezi buněčnou stěnou a protoplazmem. Tento způsob tvoření ledu se nazývá extracelulární. Led, který takto vykrytalizuje, má podobný účinek jako suchý vzduch, neboť tlak páry nad ledem je nižší než tlak nad podchlazeným roztokem. Tím se odčerpává voda z protoplastů, jež se značně scvrkávají (až na 2/3 svého objemu), a tím současně stoupá koncentrace rozpuštěných látek. Redistribuce volné a vázané vody a ledové fáze pokračuje tak dlouho, až v protoplazmě nastane rovnovážný stav vodního potenciálu mezi ledem a vodou. Vodní potenciál, při němž nastane rovnováha, závisí na teplotě: při $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ činí asi -6 MPa a při $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ je -12 MPa . Nízké teploty mají tedy stejný účinek na protoplazmu jako vysoušení (Larcher, 1988).

Schopnost buňky odolat extracelulárnímu tvoření ledu je vyšší, když je velká část vody zůstávající v buňce osmoticky vázána na složky protoplazmy ve formě molekulových shluků (strukturovaná voda) a když voda, která není vázána, může snadno procházet biomembránami a ven z buňky. Odebírá-li se voda z protoplazmy (ať již vysoušením nebo zamrznutím), jsou inaktivovány enzymové systémy napojené na membrány a přispívající podstatně k syntéze ATP a fosforylaci (Larcher, 1988).

Tuto inaktivaci nadměrné a silně toxické koncentrace iontů solí a organických kyselin v roztoku, který zůstal nezamrzlý. Cukry, deriváty cukrů, některé aminokyseliny a bílkoviny však na druhé straně působí jako ochrana membrán a enzymů před těmito účinky. Jsou náznaky, že poškození membrán mohou být také důsledkem denaturace bílkovin při zamrznutí (Larcher, 1988).

4.2.6 Mrazuvzdornost rostlin

Každoročně je velká část sklizně polních plodin poškozena nebo dokonce zcela zničena mrazy. Velké škody způsobují také předčasné podzimní mrazy nebo opožděné jarní mrazíky. Čelit nepříznivým nízkým teplotám je možno jen za předpokladu poznání fyziologie mechanismu působení nízkých teplot a škodlivých faktorů, které jejich vliv na rostliny doprovázejí, jakož i základních reakcích rostlin na účinky těchto faktorů (Šebánek, 1983).

Při výkladu podstaty mrazuvzdornosti se nejprve vycházelo z čistě fyzikálních představ o škodlivém působení ledu, jenž trhá buňky a rostlinné pletivo. Později se ukázalo, že mrtvé buňky zničené mrazem se lišily od ostatních jen ztrátou schopnosti zadržovat vodu. Buněční roztok prosakoval do intercelulárních prostorů a buněčné stěny ztrácely tlakový potenciál (turgor). Proto se začalo pokládat za příčinu poškození mrazem rozpouštění ledu. Jestliže se led rychle rozpouštěl, voda se ztrácela ve formě páry a buňky hynuly následkem sucha. Při podrobnějších studiích se zjistilo, že při zmrznutí nejde jen o mechanické působení ledu, ale že dochází k dehydrataci koloidů a tím i ke změně struktury membránového systému. Tato dehydratace zahrnuje stavbu celého protoplastu. Velmi častým příznakem poškození mrazem je dlouhodobé zaplavení mezibuněčných prostorů vodou z roztátého ledu. Čím déle buňky nasávají ztracenou vodu z intercelulárních prostorů, tím větší je rozsah poškození. Často se poškození rostlin neprojeví na vnějším stavu rostlin. Vnitřní projev poškození mrazem je však možno pozorovat v uvolnění elektrolytů, které jsou u nepoškozených buněk pevně vázány (Šebánek, 1983). Aby rostliny přežily nízké teploty, musí nahromadit dostatečné množství asimilátů, neměly by být přehnojeny dusíkem a měly by být dostatečně zásobeny draslíkem. Odolnost vůči mrazu se na jaře opět ztrácí. Indukce odolnosti vůči mrazu je také ovlivněna fytohormony a to především zvýšenou koncentrací kyseliny abscisové (Bláha a kol., 2003).

4.2.7 Otužování rostlin

Otužováním rozumíme vnitřní biochemické změny rostlin, jež podporují jejich odolnost proti mrazu (mrazuvzdornost). Otužování rostlin souvisí se stavem protoplastu. Během otužování se zvyšuje viskozita a dehydratace protoplastu. Voda se odvádí z vakuoly, která se zmenšuje, popř. se rozpadne na více vakuol. Zvětšuje se objem cytoplazmy. Jádro u otužilých buněk se dvojnásobně zvětšuje. Podstatně se zvyšuje také propustnost protoplastu

pro elektrolyty a vodu. Schopnost otužení závisí také na ontogenetické etapě rostliny (Šebánek, 1983).

Rostliny si vytvořily v průběhu evoluce i další ochranu vůči nízkým teplotám a tou je tvorba specifických proteinů. Proteiny indukované nízkou teplotou mají mimořádně významnou úlohu při zvyšování odolnosti vůči mrazu. Většinou jsou to proteiny s vyšší molekulovou hmotností (např. Protein 160 kD). Časté jsou glykoproteiny a několik typů silně hydrofobních proteinů s velmi účinnou schopností chránit některé enzymy před denaturací. V chloroplastech byl nalezen po působení chladu nový protein (31kD), který je homologní s proteiny světloměrných komplexů. Guy et al. (1992) uvádějí, že rostliny dokázaly přizpůsobit svůj metabolismus nízkým teplotám natolik, že sacharosa a primární enzymy jsou tolerantní vůči nízkým teplotám, jak dokázali při pokusu se špenátem (*Spinacia oleracea*). Bláha a kol.(2003) dále tvrdí, že nízkou teplotou je indukována exprese celé řady genů, která vede k syntéze jak kryoprotektantů a odolnějších enzymů, tak i strukturních proteinů. Zvláštní skupinu tvoří protimrazové proteiny, které se objevují v hojném množství v apoplastu mrazuvzdorných druhů po indukci nízkou teplotou. Mají unikátní schopnost přilnutí na povrch vznikajících ledových krystalků. Přístup dalších molekul vody ke krystalku je pak omezen a jeho růst se zpomalí. Tímto způsobem je také inhibována rekrystalizace ledu, při které přednostně rostou velké krystaly ledu na úkor malých. Při vzniku velkých krystalů vždy vzrůstá nebezpečí mechanického poškození buněčné stěny a plazmatické membrány (Bláha a kol., 2003).

5. Materiál a metody

Pokusným materiálem byly 4 odrůdy papriky roční: Dorota (obr. 1), Amy (obr. 2), Vlasta (obr. 3), Fantazia F1 (obr. 4). U těchto rostlin se sledoval vliv nízké teploty na vybrané fyziologické charakteristiky. Nízká teplota byla nastavena na 5 °C, která se v době výsadby na poli objevuje. Jedná se o teplotu ve výšce 5 cm nad zemí. Rostliny papriky roční byly vystaveny vlivu nízkých teplot po dobu 10 dnů. Poté následovalo 6 dnů regenerace ve skleníku, kde byla nastavena teplota 20 °C.

5.1 Charakteristika rostlinného materiálu

Dorota

Dorota je raný až poloraný hybrid vhodný pro pěstování v nevytápěných prostorách. Postavení větví je polovzpřímené. Plod je středně dlouhý, středně široký a na podélném řezu převážně trojúhelníkovitého tvaru. Stopečná jamka je velmi mělká, apikální konec špičatý až zaoblený. Povrch slabě zvrásněný, silně lesklý. Barva před zralostí světle až středně zelená, ve zralosti středně až tmavě červená. Oplodí středně silné, placenta malá až středně velká. Chuť sladká (ukzuz.cz, 2003).

Obrázek 1: Odrůda Dorota



Zdroj: vlastní fotodokumentace pořizená ve skleníku FAPPZ

Amy

Amy je poloraná odrůda vhodná pro rychlení i polní pěstování. Rostlina má polovzpřímené postavení větví, stonek po prvním větvení středně dlouhý. Plod středně lesklý, na povrchu hladký, před zralostí slabě nažloutlý, ve zralosti tmavě červený, středně dlouhý, středně široký, na podélném řezu převážně trojúhelníkovitého tvaru bez stopečné jamky se špičatým apikálním koncem. Perikarp v bazální části je nezvlněný, oplodí je středně silné, placenta středně velká. Chut' sladká (ukzuz.cz, 2003).

Obrázek 2: Odrůda Amy



Zdroj: vlastní fotodokumentace pořízená ve skleníku FAPPZ

Vlasta

Poloraná odrůda silnostěnné papriky pro rychlení i polní pěstování. Plody jsou lichoběžníkovité, v konzumní zralosti světle zelené, v botanické zralosti žlutooranžové až oranžové. Jsou vhodné pro přímý konzum i všechny způsoby zpracování (jikl.cz, 2010).

Obrázek 3: Odrůda Vlasta



Zdroj: vlastní fotodokumentace pořízená ve skleníku FAPPZ

Fantazia F1

Plod u této odrůdy je obdélníkový, v konzumní zralosti fialový, v botanické zralosti červený. Délka plodu: 10 - 13 cm, šířka plodu: 9 - 10 cm, šířka stěny plodu: 5 - 7 mm (jikl.cz, 2010).

Obrázek 4: Odrůda Fantazia F1



Zdroj: vlastní fotodokumentace pořízená ve skleníku FAPPZ

5.2 Založení pokusů

Semena 4 odrůd papriky roční byla naklíčena v klíčidle (Memmert), při teplotě 20 °C. Semena byla nakličována, podle upravených metodik ISTA na navlhčeném agroperlitu. Po vytvoření pravých lístků, byly rostliny po jedné umístěny do pěstební nádoby o velikosti 11x11cm a přeneseny do skleníku katedry botaniky a fyziologie rostlin FAPPZ. Ve skleníku byla nastavena teplota ve dne na 20 °C a v noci na 16 °C. V pěstebních nádobách byly rostliny umístěny po jedné. Od každé odrůdy bylo pěstováno 8 rostlin v rámci jednoho opakování. Počet opakování byl čtyři.

Když rostliny dosáhly cca 30 cm své výšky, byly rostliny rozděleny do dvou variant pokusu. První varianta představovala kontrolní podmínky, kdy rostliny papriky byly pěstovány ve skleníku při teplotě 20 °C. Druhá varianta zahrnovala variantu stresovanou, kdy rostliny papriky byly pěstovány v klimaboxu Conviron při teplotě okolního prostředí 5 °C.

5.2.1 Hodnocení pokusů

Fyziologické charakteristiky byly měřeny gazometricky, infračerveným analyzátozem plynů LCA-4 (obr. 5, 6, 7). Jedná se o otevřený systém. Základním principem je, že oxid uhličitý absorbuje záření v infračervené oblasti v poměru ku koncentraci plynu. Při měření je list, rostlina nebo její část uzavřena v klimatizované asimilační komoře, při konstantních podmínkách (Šesták a kol., 1966).

Gazometrické metody – „nepřímé“ metody, jsou založené na měření spotřeby CO₂ při fotosyntéze. Podstata měření je v tom, že se analyzátozem zjišťuje změna koncentrace oxidu uhličitého v atmosféře obklopující asimilující objekt, jímž může být list nebo jiný orgán rostliny, celá rostlina a někdy malá, popř. větší plocha porostu (Šesták a kol., 1966).

Měření probíhalo tak, že list rostliny se uzavřel do listové komůrky přístroje LCA-4 na dobu 15 minut. Během této doby přístroj zaznamenal přibližně 20 údajů o průběhu fotosyntézy, stomatální vodivosti, respirace, obsahu oxidu uhličitého v mezofylových buňkách atd. Pro náš pokus byly použity pouze údaje o fotosyntéze a transpiraci, které byly zpracovány do grafů. Tento postup měření byl proveden u každé odrůdy, jak u varianty kontrolní tak stresové. Měření se opakovalo 9x, vždy kolem osmé hodiny ranní.

Obrázek č. 5: Měření infračerveným analyzátozem LCA-4 v klimaboxu



Zdroj: foto autorka

Obrázek č. 6: Přístroj LCA-4



Zdroj: foto autorka

Obrázek č. 7: Měření fyziologických charakteristik papriky roční přístrojem LCA-4



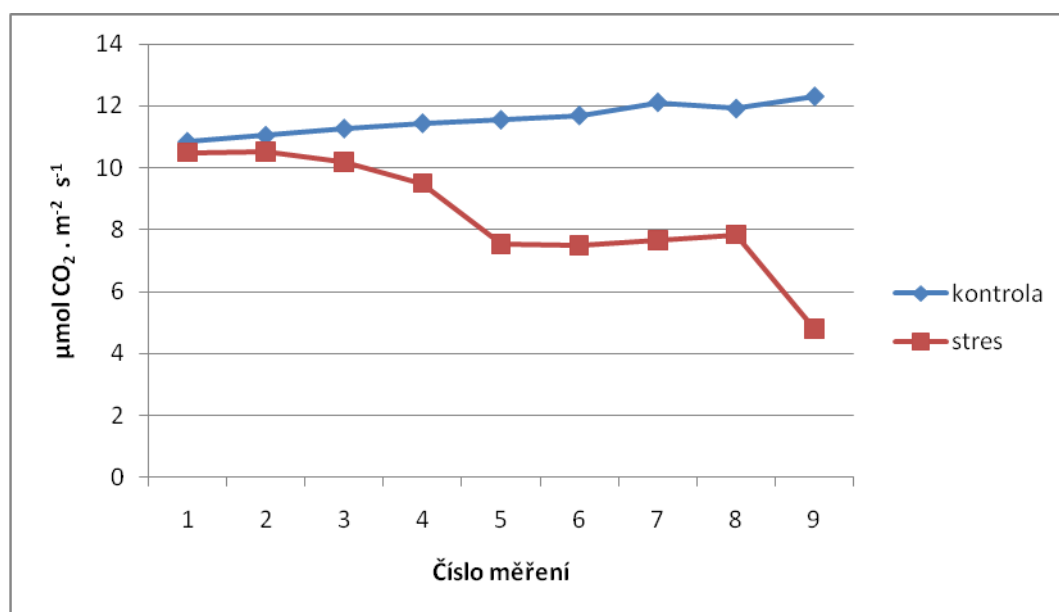
Zdroj: foto autorka

6. Výsledky

Na rostlinách papriky roční byla měřena rychlost fotosyntézy a rychlost transpirace. Měření proběhlo u kontrolních i stresových variant. Pro stanovení rychlosti byl použit přístroj LCA-4.

6.1 Fotosyntéza

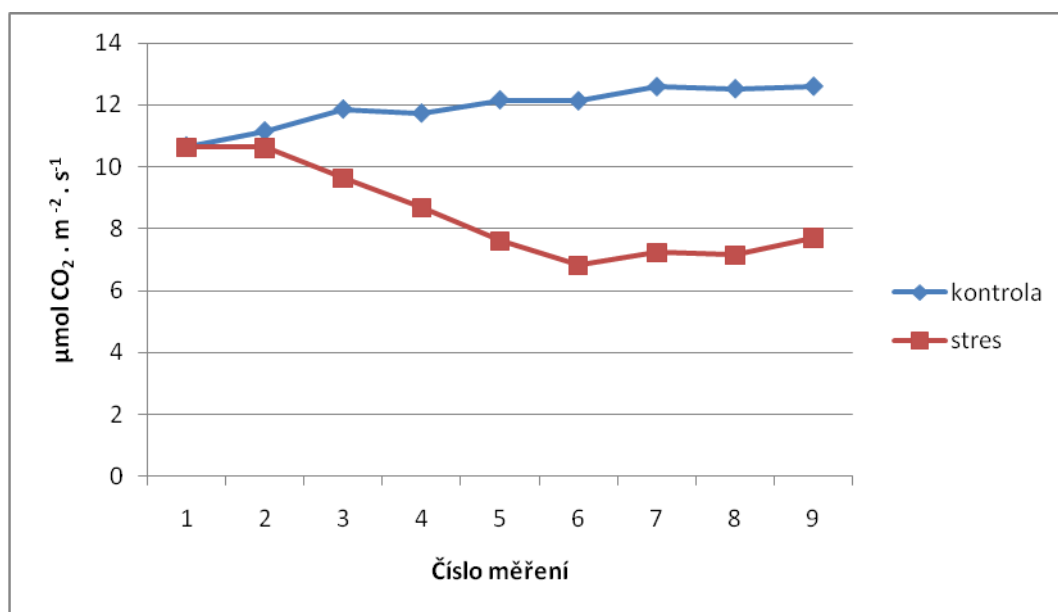
Graf 1: Změny rychlosti fotosyntézy ($\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) v rámci variant pokusu a ontogenetického vývoje u odrůdy DOROTA



Z grafu 1 je patrné, že fotosyntéza u rostlin pěstovaných za vyšších teplot má vzrůstající tendenci v závislosti na ontogenetickém vývoji rostlin. Nejnižší hodnota fotosyntézy byla naměřena na začátku pokusu ($10,83 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) a nejvyšší na konci pokusu ($12,31 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$). Křivka znázorňující průběh fotosyntézy u varianty pěstované v nižších teplotách od prvního do pátého měření klesá, to znamená, že fotosyntéza snižuje svoji rychlost za působení nízkých teplot ($5 \text{ }^\circ\text{C}$). Od pátého měření ($7,52 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) do osmého měření ($7,83 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$). Graf 1 znázorňuje téměř konstantní rychlost fotosyntézy, což je patrně způsobeno tím, že se rostliny přizpůsobují prostředí svým metabolismem, ale již další měření ukázalo opět průkazný pokles fotosyntézy až na hodnotu $4,78 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. Největší rozdíly v rámci variant a vývoje rostlin proběhly při

devátém měření, kdy byl u kontrolní varianty prokázán nárůst ($12,31 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) a u stresové varianty naopak prudký pokles ($4,78 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$).

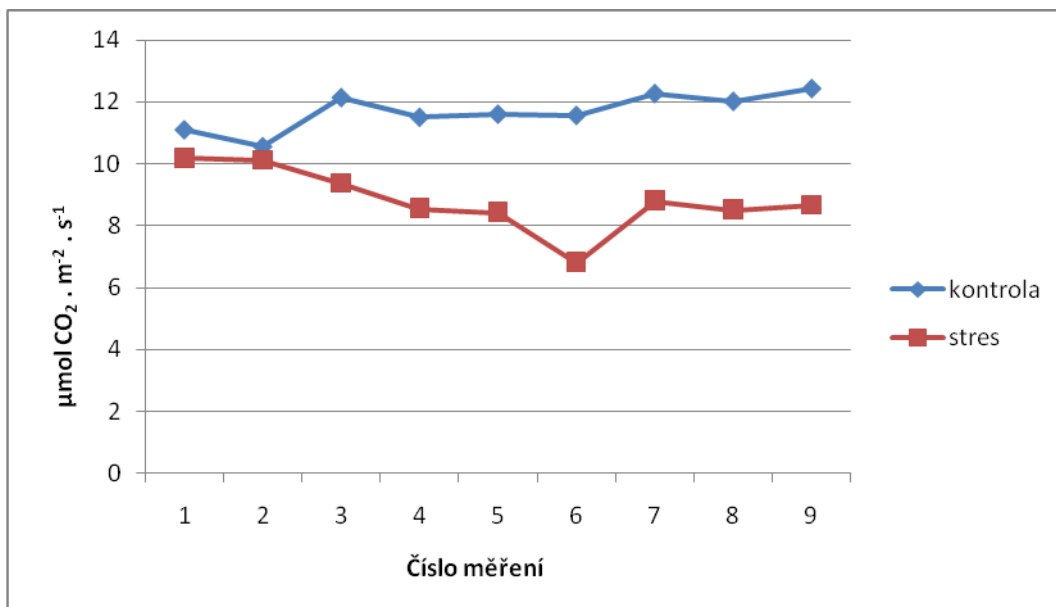
Graf 2: Změny rychlosti fotosyntézy ($\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) v rámci variant pokusu a ontogenetického vývoje u odrůdy AMY



Fotosyntéza u kontrolní varianty odrůdy Amy (pěstována za vyšších teplot) má vzrůstající tendenci, jak dokazuje graf 2. Intenzita fotosyntézy narůstá během ontogeneze rostliny. Nejvyšší hodnoty jsou na počátku měření, $10,66 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ a naopak nejvyšších hodnot při posledním měření $12,60 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. Nejvyšší rozdíly v rámci variant a vývoje probíhaly od třetího do šestého měření, kdy rychlost fotosyntézy u kontrolní varianty rostla a naopak u stresové varianty klesala.

U stresované varianty, kde byly rostliny pěstovány za nižších teplot, měl trend změn hodnot fotosyntézy v rámci ontogenetického vývoje odlišný trend v porovnání s kontrolou. Čím déle na rostlinu působil stres z nízké teploty, tím byl pomalejší průběh fotosyntézy. Proto byly nejvyšší hodnoty naměřeny na začátku měření ($10,63 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) a poté klesaly až na hodnotu ($6,81 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$). Po přenesení rostlin do vyšších teplot se rychlost fotosyntézy zvýšila na hodnotu $7,69 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ jak dokazuje graf 2.

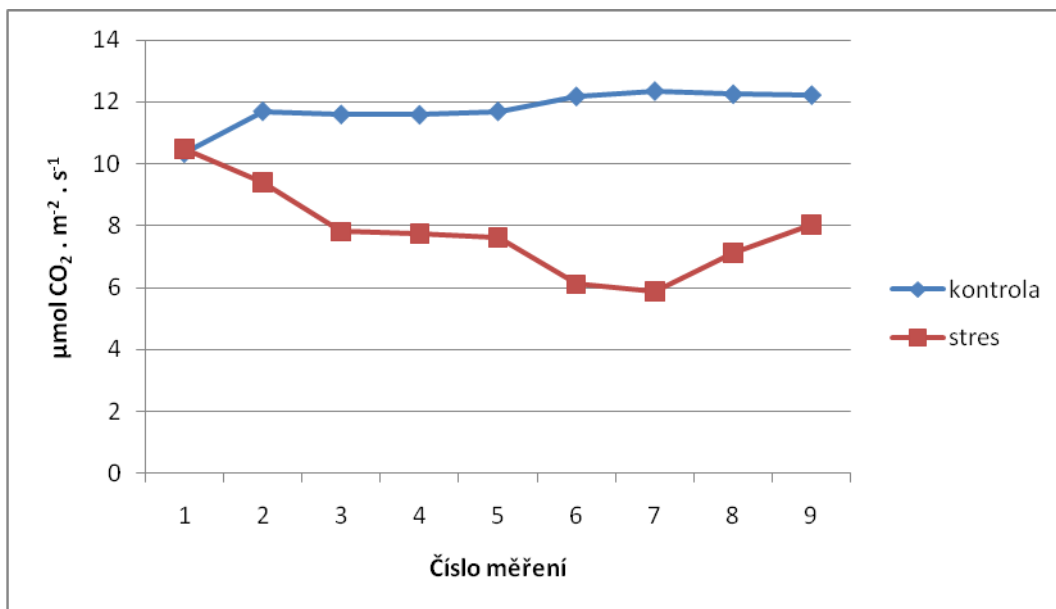
Graf 3: Změny rychlosti fotosyntézy ($\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) v rámci variant pokusu a ontogenetického vývoje u odrůdy VLASTA



Graf 3 znázorňuje rychlost fotosyntézy u odrůdy Vlasta. Z grafu je patrné, že fotosyntéza u kontrolní varianty má během ontogeneze opět zvyšující se průběh, který narůstá během vývoje rostliny, jako tomu bylo u předcházejících odrůd. U odrůdy Vlasta byla naměřena nejnižší hodnota fotosyntézy při prvním ($11,10 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) a druhém měření ($10,56 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$). Stejně jako u předcházejících odrůd vykazují změny rychlosti fotosyntézy nárůst v rámci ontogenetického vývoje. Od čtvrtého měření se již rychlost fotosyntézy postupně zvyšovala až do konce sledovaného období ($12,42 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$). Nárůst fotosyntézy v rámci ontogenetického vývoje relativně vyrovnaný.

V podmínkách s nižší teplotou fotosyntéza klesá. Čím déle byla rostlina vystavena nízkým teplotám, tím fotosyntéza probíhala pomaleji. U šestého měření byl zaznamenán prudký pokles na hodnotu $6,80 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, poté se hodnota fotosyntézy zvýšila na $8,81 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. V následujícím termínu měření se rychlost fotosyntézy snížila na hodnotu $8,52 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, ale po přenesení do vyšších teplot se rychlost fotosyntézy opět zvyšovala. Na konci pokusu byla rychlost fotosyntézy $8,67 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. Nejvyšší rozdíly v rámci variant a vývoje proběhly u šestého měření, kdy se hodnoty kontrolní varianty a stresové varianty lišily o $4,76 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$.

Graf 4: Změny rychlosti fotosyntézy ($\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) v rámci variant pokusu a ontogenetického vývoje u odrůdy FANTAZIA F1



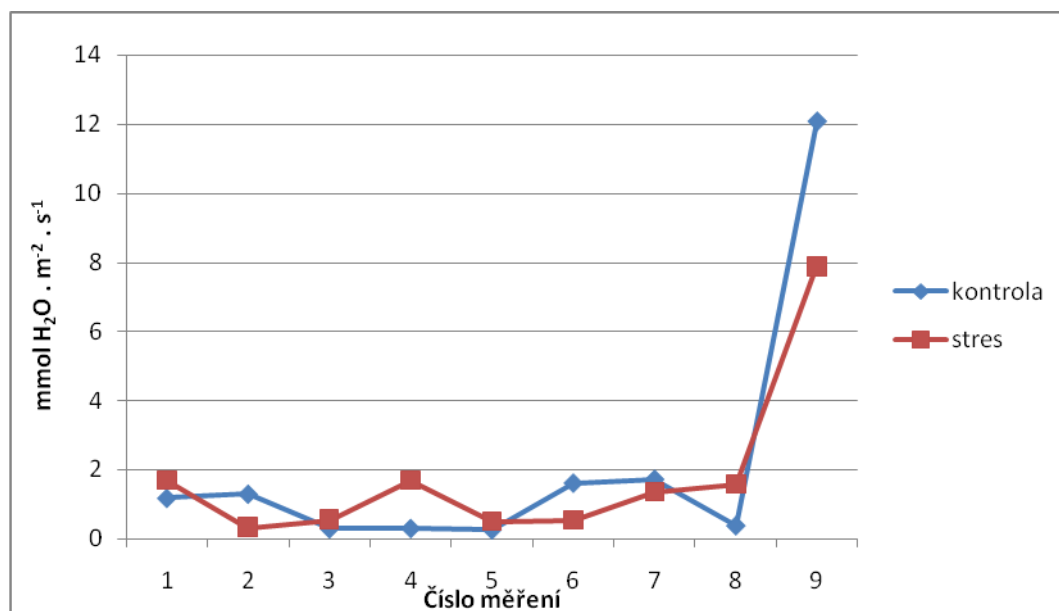
Z grafu 4 vyplývá opět rozdílný průběh mezi variantou kontrolní a variantou stresovou, tedy rozdíl při působení vyšších teplot na rostlinu papriky roční a nižších teplot.

U varianty kontrolní, tedy za působení příznivých podmínek na papriku roční fotosyntéza mírně stoupá s ontogenezí rostliny. Nejnižší hodnota fotosyntézy byla na počátku měření ($10,35 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) a nejvyšší při sedmém měření ($12,34 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$). Odrůda Fantazia F1 také dokazuje, že teplota vnějšího prostředí má výrazný vliv na průběh fotosyntézy, viz graf 4.

U odrůdy Fantazia F1 je zaznamenán nárůst rychlosti fotosyntézy u stresové varianty od sedmého ($5,87 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) do devátého ($8,02 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) měření. Nejnižších hodnot u stresové varianty u odrůdy Fantazia F1 bylo tedy naměřeno při sedmém měření ($5,87 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) jak dokazuje graf 4. Od sedmého měření se rychlost fotosyntézy opět zvyšuje. Po přenesení rostlin do vyšších teplot byly zjištěny hodnoty $8,02 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. Největší rozdíly v rámci variant a vývoje proběhly u sedmého měření, kdy u stresové varianty byla naměřena již zmiňovaná nejnižší hodnota a u kontrolní varianty naopak nejvyšší hodnota za celé sledované období.

6.2 Transpirace

Graf 5 : 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 DOROTA

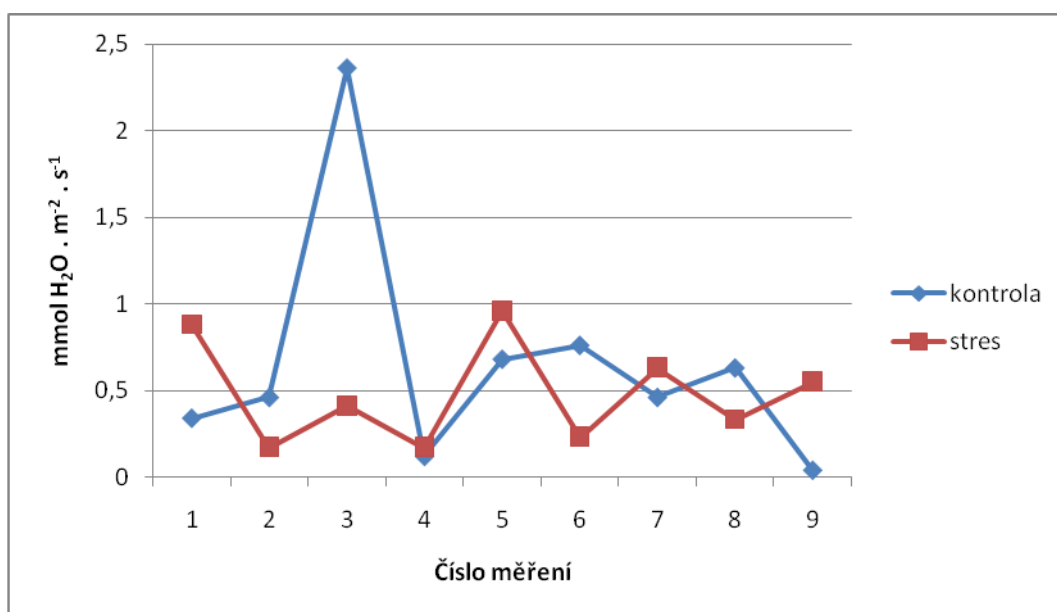


Graf 5 znázorňuje rychlost transpirace u odrůdy Dorota. Z grafu 5 vyplývá, že transpirace u kontrolní i stresové varianty dosahuje během ontogeneze proměnlivých hodnot. U odrůdy Dorota (v kontrolní variantě) byla naměřena nejnižší hodnota transpirace od třetího ($0,30 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) do pátého měření ($0,27 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$). Od pátého do sedmého měření se rychlost transpirace zvyšovala, pouze u osmého měření byl zaznamenán pokles ($0,39 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$). Při posledním měření průduchy prokázaly náhlé zvýšení rychlosti transpirace až na nejvyšší hodnotu během sledovaného období ($12,08 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$).

V podmínkách s nižší teplotou měla transpirace obdobný průběh jako v podmínkách s vyšší teplotou. Transpirace opět střídala nárůst rychlosti s poklesem. Statistiky nejnižší hodnoty byly prokázány při druhém měření ($0,32 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$). Poté se hodnoty zvyšovaly. Další pokles rychlosti transpirace ukázalo páté měření ($0,49 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$). Od šestého měření rychlost transpirace opět pozvolna narůstá. V závěru pokusu, u posledního měření je prokázané nejvyšší zrychlení ($7,9 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) jak dokládá graf 5. Stejně tak tomu bylo u kontrolní varianty. Největší rozdíl v rychlosti transpirace mezi stresovou a kontrolní variantou byl při čtvrtém měření, u

varianty s vyšší teplotou dosahovala rychlost $0,31 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, naopak stresová varianta měla hodnotu $1,69 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$.

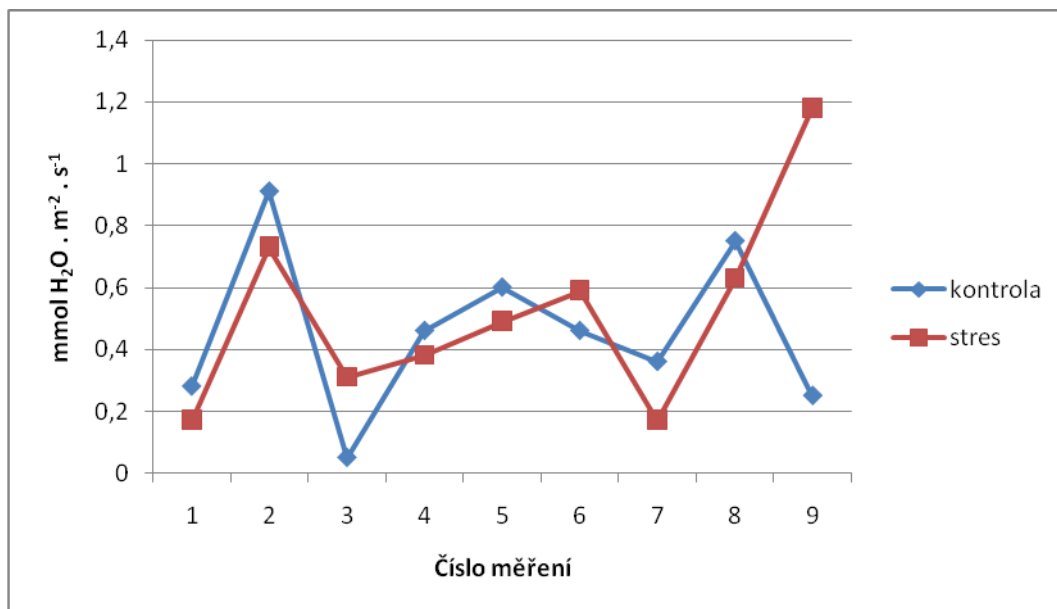
Graf 6: Změny rychlosti TRANSPIRACE ($\text{mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) v rámci variant pokusu a ontogenetického vývoje u odrůdy AMY



Transpirace u kontrolní varianty odrůdy Amy (pěstována za vyšších teplot) má střídající se tendenci, jak dokazuje graf 6. Rychlost transpirace se během ontogeneze zvyšuje a snižuje, jak u kontrolní tak i u stresové varianty. Nejnižších hodnot (u kontrolní varianty) bylo dosaženo při posledním měření ($0,04 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$), naopak nejvyšší hodnoty byly naměřeny při třetím měření, kdy rychlost transpirace vzrostla z hodnoty $0,46 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ až na rychlost $2,36 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. Při čtvrtém měření je z grafu 6 patrný opět pokles rychlosti ($0,12 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$). Od pátého do šestého měření má křivka narůstající tendenci. Největší rozdíly v rámci variant a vývoje graf ukazuje při třetím měření, kdy je u kontrolní varianty největší nárůst rychlosti za sledované období.

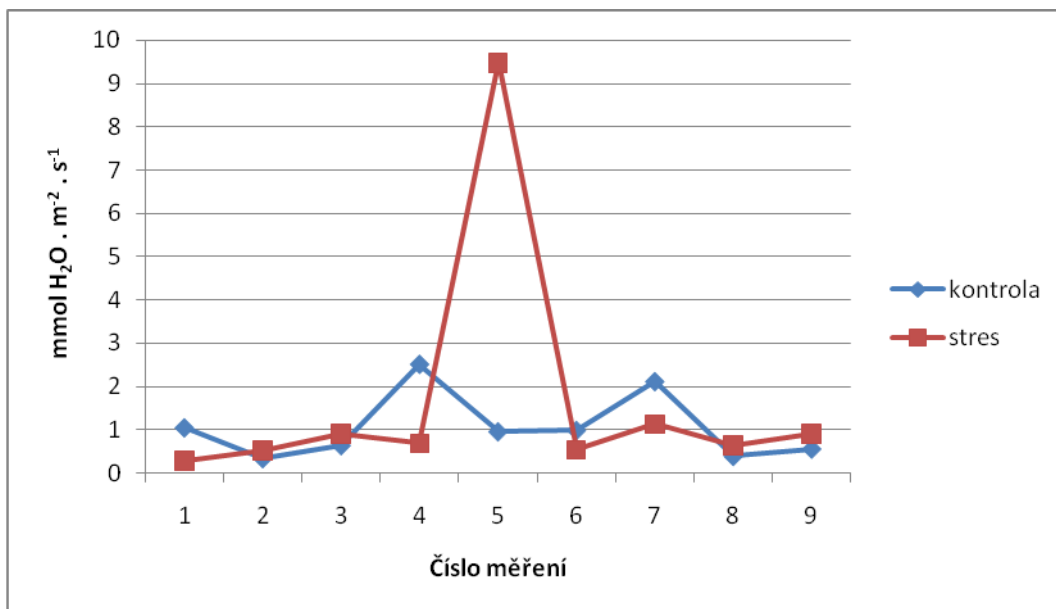
U stresované varianty křivka grafu znázorňuje střídání zvýšení a snížení rychlosti transpirace. Nejnižší hodnoty byly zjištěny při druhém měření ($0,17 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) a nejvyšší při pátém ($0,96 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$). Na konci pokusu u stresové varianty je patrný nárůst rychlosti, naopak u kontrolní varianty pokles rychlosti.

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 VLASTA



Graf 7 znázorňuje rychlost transpirace u odrůdy Vlasta. Z grafu je patrné, že ontogenetický vývoj měl vliv na transpiraci u kontrolní varianty. U odrůdy Vlasta v kontrolní variantě byla naměřena nejvyšší hodnota transpirace při druhém měření ($0,91 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$), ale již při třetím měření rychlost náhle klesla na nejnižší hodnotu ($0,05 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$). Čtvrté a šesté měření má shodné hodnoty ($0,46 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$). Stejně tak jako u předchozích odrůd má křivka transpirace vzrůstající a klesající tendenci, to znamená, že rychlost transpirace klesala a stoupala. Kontrolní varianta téměř kopíruje stresovou variantu, tam kde je nárůst rychlosti u kontrolní varianty, tam je také nárůst rychlosti u varianty stresové. Pouze při posledním, devátém měření byl u kontrolní varianty zaznamenán pokles rychlosti transpirace ($0,25 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) naopak u stresové varianty byl zaznamenán nárůst rychlosti transpirace ($1,18 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$), zde se jedná o nejvyšší hodnoty stresové varianty u odrůdy Vlasta. Nejnižší hodnotu u varianty s nízkou teplotou ukazuje prvním a sedmém měření ($0,17 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$), kdy nastala shoda rychlosti transpirace.

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 FANTAZIA F1



U grafu 8 je nápadný náhlý vzrůst rychlosti transpirace u stresové varianty (prostředí s nízkou teplotou) při pátém měření ($9,49 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$). Jedná se o nejvyšší hodnotu během celého pokusu u odrůdy Fantazia F1, ale také o nejvyšší hodnotu ze všech variant i sledovaných odrůd. V tomto měření je také zaznamenán nejvyšší rozdíl mezi variantou stresovou a kontrolní. Rozdílná hodnota činí $8,53 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, neboť u stresové varianty je rychlost transpirace již zmiňovaná hodnota $9,49 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ a u kontrolní varianty při stejném měření $0,96 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. Až na tuto výjimku kontrolní varianta (rostliny pěstované ve vyšší teplotě) opět téměř kopíruje stresovou variantu. Nejvyšší naměřená rychlost u rostlin s vyšší teplotou je $2,52 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ (čtvrté měření) a nejnižší $0,34 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ u druhého měření. Nejnižší hodnota u stresové varianty byla prokázána u prvního měření ($0,27 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) jak je patrné z grafu 8.

7. Diskuze

V této práci byly měřeny fyziologické charakteristiky papriky roční v závislosti na nízkou a vysokou teplotu. Byla zkoumána rychlost fotosyntézy a transpirace u čtyř druhů papriky roční a dvou variant pokusu. První varianta byla pěstována za vyšších teplot a druhá ve stresovaných podmínkách, za nižších teplot v klimaboxu.

Rychlost fotosyntézy

Fotosyntéza u kontrolních variant dosáhla těchto nejvyšších hodnot: odrůda Dorota $12,31 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, odrůda Amy $12,60 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, odrůda Vlasta $12,42 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, odrůda Fantazia F1 $12,34 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. Nejvyšší hodnoty byly zaznamenány vždy ke konci pokusu a nejnižší na začátku. Z toho vyplývá, že rychlost fotosyntézy závisí na ontogenetickém vývoji rostliny. Naměřené hodnoty byly u všech odrůd téměř shodné, takže odrůda na rychlost fotosyntézy neměla vliv. U stresovaných variant měly hodnoty fotosyntézy opačnou tendenci. Nejvyšší hodnoty byly měřeny na počátku pokusu a pak postupně klesaly. Čím déle na rostliny působila nižší teplota, tím se rychlost fotosyntézy snižovala. Po přenesení rostlin do vyšších teplot (ke konci pokusu) byl zaznamenán nárůst rychlosti fotosyntézy. To dokazuje i tu skutečnost, že paprice roční svědčí teplota okolního prostředí okolo $20 - 24 \text{ }^\circ\text{C}$. Z těchto výsledků vyplývá, že rychlost fotosyntézy nezáleží pouze na ontogenetickém vývoji, ale také na teplotě vnějšího prostředí. Získané výsledky potvrdily konstatování např. Bláhy a kol. (2003), Šebánka 1983, Ushio et al. (2008), že vlivem stresu, který je zapříčiněn nízkými teplotami dochází k poklesu hodnot fotosyntézy.

Také byly pozorovány vizuální rozdíly u varianty stresované a u varianty kontrolní. U rostlin pěstovaných ve vyšších teplotách byla barva listů a celkový dojem papriky roční svěžejší. Naopak rostliny v nižších teplotách začaly vadnout a žloutnout. Tímto můžeme doložit tvrzení Šebánka (1983), který uvádí, že rostliny vlivem prochlazení žloutnou a zastavují svůj růst.

Rychlost transpirace

Rychlost transpirace probíhala shodně u kontrolních i pokusných rostlin. U každé varianty i odrůdy se střídal nárůst s poklesem rychlosti transpirace. Je to způsobeno tím, že průduchy u rostlin papriky roční se nepravidelně otevíraly a zavíraly, což má za následek nejen teplota okolního prostředí, ale také vzdušná vlhkost. Od začátku do konce pokusu měla křivka u obou variant stejný průběh. Z toho plyne, že rychlost transpirace nezáležela na odrůdě, ani na variantě pokusu ani na ontogenetickém vývoji rostliny. Výsledky pokusu nepotvrdily závěry Bláhy a kol. (2003) kteří uvádějí, že za nižší teploty se průduchy otevírají pomalu a jen částečně, takže rychlost transpirace by se měla snižovat. Je však možné, že rychlost transpirace se snižovala jak u kontrolní, tak i u stresové varianty, neboť Penka (1985) uvádí, že rychlost transpirace klesá nejenom při působení nízkých teplot, ale i při působení teplot, které jsou cca nad 20 °C (u kontrolní varianty byly nastaveny teploty 20 °C), protože odpor průduchů vzrůstá. To by znamenalo, že se nejvyšší rychlost transpirace v pokusu neprojevila v žádné variantě měření, proto nemůžeme porovnat rychlost transpirace při nízkých teplotách a při teplotě, kdy se projevuje nejvyšší rychlost transpirace.

8. Závěr

Pro stanovení rozdílu rychlosti výměny plynů u papriky roční byly vybrány čtyři odrůdy a to Vlasta, Fantazia F1, Dorota a Amy. Odrůdy byly pěstovány v kontrolních podmínkách (prostředí s optimálními teplotami) a ve variantě s nízkou teplotou (prostředí s teplotami 5 °C). Ze získaných výsledků vyplývají následující závěry.

- 1) Průměrně nejvyšší rychlost transpirace (u stresové varianty) vykazovala odrůda Dorota ($1,78 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$). Naopak nejnižší rychlost transpirace byla naměřena u odrůdy Amy ($0,48 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$).
- 2) Průměrově nejvyšší rychlost fotosyntézy byla u genotypu Vlasta ($8,83 \text{ } \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) a nejnižší u Fantazia F1 ($7,79 \text{ } \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$).
- 3) Byl prokázán vliv ontogenetického vývoje na rychlost fotosyntézy.
- 4) Při působení nízkých teplot na rostlinu rychlost fotosyntézy klesala.
- 5) Transpirace v prostředí s nízkými teplotami probíhala obdobně, jako v prostředí s vyššími teplotami.

9. Seznam použité literatury

Tištěné dokumenty

- Bláha, L., Hnilička, F., Hniličková H., Holubec, V., Möllerová, Štolcová J., Zieglerová J. 2003. Rostlina a stres. Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha, 156 s. ISBN 80-865-5532-1.
- Buchtová, I. 2009. Situační a výhledová zpráva zeleniny. Ministerstvo zemědělství, Praha, 79 s. ISBN 978-80-7084-911-9.
- Buchtová, I. 2010. Situační a výhledová zpráva zeleniny. Ministerstvo zemědělství, Praha, 63 s. ISBN 978-80-7084-911-8.
- Guy, Ch. L., Huber, J., L., A., Huber, S., C. 1992. Sucrose Phosphate Synthese and sucrose Accumulation at Low Temperature. *Plant physiology*, 100(1), 502 – 508.
- Hughes, R., Burns M. A. 1977. *Plant physiology*. Arlington Books, London. 142 s. ISBN 08-514-0129-5.
- Chloupek, O., 2008. Genetická diverzita, šlechtění a semenářství. Academia, Praha. 307 s. ISBN 978-80-200-1566-2.
- 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.
- Kubát, K., Kalina, T., Kováč, J., Kubátová, D., Prach, K., Urban, Z. 1998. *Botanika*. Scientia, Praha, 231s. ISBN 80-718-3053-4.
- Larcher, W. 1988. *Fyziologická ekologie rostlin*. Československé akademie věd, Praha, 368 s.
- L'vov, S., D. 1952. *Dýchání rostlin (hlavní směry v historickém vývoji učení o dýchání rostlin)*. Přírodovědecké vydavatelství, Praha, 95 s.

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.

Maximov, N., A. 1938. Plant Physiology. Sixth Impression, Russia, 472 s.

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

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.

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

Petříková, K. 2006. Zelenina: pěstování, ekonomika, prodej. Profi Press, s.r.o., Praha, 240 s. ISBN 80-86726-20-7.

Slavík, B., Bělohlávková, 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.

Šebánek, J., Gréc, L., Javor, A., Švihra, J. 1983. Fyziologie rostlin. Státní zemědělské nakladatelství, Praha, 560 s.

Šesták, Z., Čatský, J., Šetlík, J., Nečas, J., Květ, J., Smetánková, M., Slavík, B., Janáč, J., Vozněnsenskij, V. L., Bartoš, J., Avratašuková, N., Kubín, Š. 1966. Metody studia fotosyntetické produkce rostlin. Československá akademie věd, Praha, 394 s.

Štampera, J. 1957. Naše teplomilné zeleniny. 1. vyd., Státní zemědělské nakladatelství, Praha, 106 s.

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.

Eagri.cz [online]. Situační a výhledová zpráva: Zelenina. Praha: Ministerstvo zemědělství České republiky, 2011 [cit. 2012-03-31]. ISSN 1211-7692; ISBN 978-80-7084-988-0. Dostupné z: http://eagri.cz/public/web/file/139292/ZELENINA_12_2011.pdf

Ukzuz.cz [online]. © 2003, [cit. 2012-03-31]. Databáze odrůd. Dostupné z: <http://nou.ukzuz.cz/ido/index.html>

Ukzuz.cz [online]. © 2003, [cit. 2012-04-07]. Seznam odrůd. Dostupné z: <http://www.ukzuz.cz/Articles/4178-2-Seznam+odrud+zapsanych+ve+Statni+odrudove+knize+.aspx>

Zahradnictví Jíkl. *Jíkl.cz* [online]. © 2010 [cit. 2012-03-31]. Fantazia F1 / ing. Teclová. Dostupné z: <http://www.jikl.cz/paprika/881-fantazia-f1-.html>

Zahradnictví Jíkl. *Jíkl.cz* [online]. © 2010 [cit. 2012-03-31]. Vlasta/zeleninová. Dostupné z: <http://www.jikl.cz/paprika/914-vlasta-.html>

Semo.cz [online]. © 2007, [cit. 2012-04-06]. Paprika roční. Dostupné z: <http://www.semo.cz/homegardencz/index.php?s=zelenina&druh=29&Paprika-rocni>

10. Přílohy

Příloha 1

Přehled tržní produkce papriky roční v ČR

	Rok 2009	Rok 2010	Rok 2011
Tuny	269	249	244
hektary	11 661	7 619	9 760

Průměrné roční ceny zemědělských výrobců papriky roční v ČR

	Rok 2009	Rok 2010	Rok 2011
Kč/t	14 023	18 603	15 362

Průměrné roční spotřebitelské ceny papriky roční v ČR

	Rok 2009	Rok 2010	Rok 2011
Kč/kg	51,82	62,49	55,57

Dovoz čerstvé papriky roční do ČR

	Rok 2009	Rok 2010	Rok 2011
Tuny	54 714	50 283	33 830

Vývoz čerstvé papriky roční z ČR

	Rok 2009	Rok 2010	Rok 2011
Tuny	4 780	5 921	4 662

Dovoz papriky roční konzervované, vařené, zmrazené do ČR

	Rok 2009	Rok 2010	Rok 2011
tuny	1 065	1 232	836

Vývoz papriky roční konzervované, vařené, zmrazené z ČR

	Rok 2009	Rok 2010	Rok 2011
tuny	215	112	46

Zdroj: eagri.cz, 2011

