

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra botaniky a fyziologie rostlin



Diplomová práce

**Využití antistresové látky pro minimalizaci dopadu
stresorů na produkci zahradních plodin**

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

Autor práce: Bc. Monika Nosálková

© 2016 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci " Využití antistresové látky pro minimalizaci dopadu stresorů na produkci zahradních plodin" 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 neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 5.4.2016

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala svému vedoucímu diplomové práce, panu doc. Ing. Františku Hniličkovi, PhD za čas, který mi věnoval, za poskytnuté materiály a trpělivost při zpracování mé praktické části diplomové práce. Dále bych chtěla poděkovat Katedře botaniky a fyziologie rostlin za možnost provádět pokusy v laboratorních podmínkách v areálu ČZU v Praze.

Využití antistresové látky pro minimalizaci dopadu stresorů na produkci zahradních plodin

Souhrn:

Cílem diplomové práce bylo zjistit, zda existují fyziologické rozdíly mezi vybranými genotypy papriky roční a působení nízkých teplot, na počátku ontogenetického vývoje. Dalším cílem práce bylo zjistit, jak reagují rostliny papriky roční na aplikaci antistresové látky Atonic a stanovit nejvhodnější fyziologické ukazatele odolnosti k nízkým teplotám.

Paprika roční se řadí mezi teplomilné plodiny, pro které je teplotní optimum 22 – 25 °C přes den a 18 – 20 °C přes noc. Papriky se vysazují na polní stanoviště již v době, kdy se mohou vyskytnout přízemní mrazíky. Ty mohou způsobit fyziologické změny v rostlině či dokonce zapříčinit její usmrcení.

Pro pokus byly vybrány tři odrůdy papriky roční: Amy, Eva a Lydia. Rostliny byly rozděleny do dvou základních variant na kontrolní rostliny a stresované. Dále byla každá z těchto variant ještě rozdělena na rostliny bez aplikace Atonicu a rostliny s aplikací Atonicu na počátku vegetativního růstu (6. den působení stresu). Kontrolní rostliny byly pěstovány při teplotách 20 °C a stresované rostliny byly přesunuty do klimaboxu s teplotou 5 °C přes den i přes noc. Tato teplota se může vyskytnout po začátku vysazení paprik na venkovní stanoviště.

Ve dvoudenních intervalech byl sledován obsah prolinu v listech papriky roční a relativní výtok elektrolytu u všech odrůd použitých v této práci. Ze získaných výsledků lze konstatovat, že akumulace prolinu byla nejvyšší u odrůdy Lydia ve stresované variantě s použitím přípravku Atonic a nejnižší obsah prolinu byl sledován u odrůdy Amy v kontrolní variantě. Dále bylo zjištěno, že ontogenetický vývoj rostliny má vliv na akumulaci prolinu a relativní výtok elektrolytu od počátku měření. Nejvyšší relativní výtok elektrolytu byl naměřen u odrůdy Lydia ve stresované variantě a nejnižší relativní výtok elektrolytu byl sledován u odrůdy Amy v kontrolní variantě. Z uvedených výsledků lze potvrdit stanovené hypotézy.

Klíčová slova

paprika roční, nízká teplota, Atonic, prolin, relative electrolyte leakage (REL_%)

Summary:

The objective of the thesis is to research the physiological differences between picked genotypes of *Capsicum annuum* and the effect of lower temperatures in the beginning of ontogeny. Another objective is to find out how *Capsicum annuum* plants react to application of anti-stress agent Atonic and to determine the most appropriate physiological indicators of resistance to low temperatures.

Capsicum annuum ranks among thermophilic crops for which the temperature optimum is of 22-25 °C during the day and 18-20 °C overnight. They are planted at the field station at the time when ground frost may occur. These can cause physiological changes in the plant or even cause her death.

Three varieties were chosen for the experiment: Amy, Eva and Lydia. Plants were divided into a control group and a treatment group. Both groups were further divided into two additional groups – with and without the application of Atonic in the beginning of vegetative growth (6th day of exposure to stress). Control group plants were grown at 20 °C and stressed plants were moved into a klimabox with temperature of 5 °C throughout the entire day. Such temperature may occur after planting the plants into an outdoor habitat.

Proline content in leaves of *Capsicum annuum* and a relative discharge of electrolyte was studied in two-day intervals. From the obtained results it can be concluded that the accumulation of proline was the highest for Lydia variety in a stressed scenario with the application of Atonic and the lowest proline content was found in the Amy variety in a control group. Furthermore, it was discovered that the ontogeny of plants has an effect on the accumulation of proline and relative discharge of electrolyte from the beginning of measurement. The absolute highest electrolyte discharge was measured in the Lydia variety in a stressed scenario and the lowest one was present in the Amy variety in a control group. These results confirm the hypothesis.

Keywords

Capsicum annuum, low temperature, Atonic, proline, Rel%, sweet pepper

Obsah

1	Úvod.....	8
2	Cíl práce.....	9
3	Hypotézy.....	10
4	Literární přehled	11
4.1	Paprika roční (<i>Capsicum annuum</i>) - botanická charakteristika	11
4.1.1	Historie a současnost pěstování papriky roční.....	13
4.1.2	Obsahové látky v paprice roční	14
4.1.3	Nároky na prostředí papriky roční	15
4.1.4	Ošetřování za vegetace	17
4.1.5	Choroby a škůdci papriky roční (<i>Capsicum annuum</i>)	18
4.2	Obecná charakteristika stresu.....	23
4.2.1	Rozdělení stresorů.....	23
4.2.1.1	Abiotické stresory.....	23
4.2.2	Obranné reakce na stres	24
4.2.2.1	Poplachová fáze.....	24
4.2.2.2	Restituční fáze	25
4.2.2.3	Fáze rezistence.....	25
4.2.2.4	Fáze vyčerpání.....	25
4.3	Teplota a její vliv na rostliny	26
4.3.1	Vliv nízké teploty na rostliny.....	27
4.3.2	Reakce rostlin na chlad	28
4.3.3	Obranné mechanismy proti chladu	29
4.3.3.1	Ochranné proteiny	30
4.3.3.2	Prolin	30
4.3.4	Diagnóza poškození rostlin chladem	31
5	Materiál a Metody.....	32

5.1	Rostlinný materiál	32
5.1.1	Amy	32
5.1.2	Lydia	32
5.1.3	Eva	32
5.2	Založení pokusu	32
5.3	Měřené charakteristiky	33
5.3.1	Stanovení obsahu prolinu.....	33
5.3.2	Relativní výtok elektrolytu (REL%).....	34
5.3.3	Statistické zpracování výsledků.....	34
6	Výsledky	35
6.1	Obsah prolinu	35
6.2	Relativní výtok elektrolytu – Rel%	41
7	Diskuze	48
7.1	Obsah Prolinu.....	48
7.2	Relativní výtok elektrolytu.....	49
8	Závěr	51
9	Seznam použité literatury	52

1 Úvod

Paprika roční patří do čeledi lilkovité (*Solanaceae*) a v podmínkách České republiky patří primárně mezi jednoleté rostliny. Od roku 1940 se začala pěstovat na jižní Moravě na ploše 800 ha a významné rozšíření nastalo po druhé světové válce. V současné době se v ČR pěstuje na ploše 333 ha. Paprika roční je plodinou teplomilnější, proto se pěstuje v teplejších oblastech ČR a na polní stanoviště se vysazuje až v druhé polovině května, v krytých prostorách v první polovině března, neboť citlivě reaguje na působení nízkých teplot.

Nízká teplota má vliv na pěstování polních plodin, které jsou vlivem chladu či mrazu velmi ovlivňovány. Je patrný negativní vliv na výnos, produkci a jsou narušeny fyziologické a biochemické pochody v buňkách, které se projevují následně na rostlinách (vadnutí, změna barvy atd.).

V případě rostlin papriky seté hovoříme o poškození chladem. Poškození chladem je způsobeno teplotami nad bodem mrazu až do 9 i 15 °C a primárně jsou narušeny fyzikálně chemické vlastnosti soustavy buněčných membrán, které jsou nezbytné pro základní životní funkce rostliny. Rostliny reagují na tento stresor různými obrannými mechanismy, mezi které patří primární molekulární a fyziologické změny v membráně. Dalšími obrannými mechanismy je syntéza bílkovin a cukrů, hromadí se prolin a dochází k biochemickým změnám. Dochází ke zvýšení koncentrace nenasycených mastných kyselin a tvoří se fytohormony, především kyselina abscisová – ABA. Další důležitou ochranou jsou specifické proteiny, jenž se nazývají AFPs, neboli antifreeze proteins.

Vedle správné agrotechniky a výběru vhodných odrůd je možné využít tzv. antistresové látky, které by měly snížit negativní vliv stresoru. Jedná se především o regulátory růstu, např. brassinosteroidy, kyselinu jasmonovou či komerčně dodávané přípravky – např. Atonic.

Cílem diplomové práce je proto sledování vlivu nízké teploty na fyziologické reakce souboru genotypů papriky roční a vliv antistresové látky Atonic, která byla aplikována v 6. dnu působení stresu.

2 Cíl práce

Cílem práce je sledovat fyziologickou reakci souboru genotypů papriky roční (*Capsicum annuum*) na působení nízkých teplot a aplikaci tzv. antistresové látky Atonic na počátku vegetativního růstu. V této souvislosti byly navrženy tyto konkrétní cíle:

1. Stanovení fyziologické variability vybraného souboru genotypů papriky roční z hlediska odolnosti k nízkým teplotám na počátku vegetativního růstu,
2. Stanovení vlivu testované látky, jako antistresového opatření, na sledované fyziologické charakteristiky.

3 Hypotézy

V souvislosti s řešením projektu byly stanoveny následující hypotézy:

1. Existují mezi vybranými genotypy papriky roční rozdíly v akumulaci prolinu a relativním výtoku elektrolytů při působení nízkých teplot na počátku vegetativního růstu (vliv genotypu)?

2. Vybrané genotypy papriky roční budou reagovat rozdílně na působení rozdílných termínů aplikace látky Atonic (vliv testované látky)?

Paprika roční se řadí mezi teplomilné rostliny a vysazuje se v jarních měsících na polní stanoviště, proto je vhodné sledovat působení nízkých teplot, které se v tomto období mohou vyskytovat. Pro optimální růst a pochody v rostlině jsou vhodné teploty nad 15 °C a je vhodné sledovat změny v rostlině za působení nízkých teplot.

4 Literární přehled

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

Paprika roční (*Capsicum annuum* L.) se v rámci botanického systému řadí do řádu lilkotvaré (*Solanales*), čeledi lilkovité (*Solanaceae*) (Slavík a kol., 2000).

Obrázek 1: Paprika roční (*Capsicum annuum*)



(<http://www.gudjons.com/en/remedies/list-remedies/c/capsicum-annuum.html>)

Paprika roční (*Capsicum annuum*) má vzpřímenou větvenou lodyhu, která je 30-80 cm vysoká. Stonek se vidlicovitě větví, nejdříve se však vytváří květ a list, viz obr. 1. Množství listů do prvního větvení je dáno světelnými poměry a teplotou (Slavík a kol., 2000). Listy jsou

řapíkaté, kopinaté až vejčité celokrajné, mohou se vyskytovat i slabě laločnaté a jsou tupě špičaté (Štambera, 1957), jsou až 6 cm dlouhé a šířka se pohybuje kolem 3 cm, řapík je dlouhý zhruba 4 cm (Slavík a kol., 2000). Petříková a Malý (2003) uvádí, že květy jsou oboupohlavné, převislé a vyrůstají z úžlabí listů buď jednotlivě či po dvou i třech. Srostlý zelený kalich je polokulovitý až zvonkovitý má pět až sedm zubů, což je spíše ve výjimečných případech (Štambera, 1957, Slavík a kol., 2000). Kolovitá korunka bílé nebo žluté barvy, v některých případech se může vyskytovat i v červené nebo fialové, je hluboce členěná s krátkou trubkou, o velikosti 5-11 mm (Štambera, 1957, Slavík a kol., 2000). Prašníky jsou fialové a jsou na pěti tyčinkách (Štambera, 1957). Mezi prašníky se nachází 5 hrbolkovitých staminodií (Slavík a kol., 2000). Květy jsou v našich klimatických podmínkách samosprašné, výjimečně mohou být cizosprašné. Po oplození se ze semeníku vyvine dutá, vysychavá bobule, jejíž tvar i barva je dána odrůdou (Štambera, 1957). Dle Slavíka a kol. (2000) mohou být bobule různého tvaru, duté, dlouhé 1-25 cm a široké 0,8-10 cm a nepravidelně 2-3 pouzdré. Plody jsou lesklé, dlouhé 2-20 cm a mohou být převislé či vzpřímené (Pekárková, 1997). Plody zeleninové papriky jsou velmi odlišné hlavně tvarem, ale i povrchem. Povrch je hladký či žabernatý, mohou vyrůstat na rostlině vzpřímeně či převisle. Plody se liší i barevně, nezralé plody mohou být světle či tmavě zelené nebo fialové, v plné zralosti jsou sytě červené či žluté (Pekárková, 2001). Semena se nachází na centrální nebo prodloužené placentě a jsou zploštěle kulovitá. V průměru mají obvykle 3-4 mm a jsou žluté barvy. Kořeny jsou svazčité a mělké (Slavík a kol., 2000). Kulový kořen brzo ukončuje růst, proto má velké množství postranních kořenů. Adventivní kořeny jsou pouze v nepatrné míře, tudíž hlubší výsadba nemá příliš velký význam (Petříková a Malý, 2003). V podmínkách České republiky patří paprika roční (*Capsicum annuum*) mezi jednoleté rostliny, při rychlení či v tropických oblastech může být víceletá (Petříková a Malý, 2003).

Z praktického pohledu odlišujeme 2 skupiny velkoplodých kulturních odrůd, jež vznikly z původních drobnoplodých odrůd papriček, které známe jako feferonky. Rozdělujeme je dle velikosti a tvaru plodů i dle následného využití (Pekárková, 2001)

Kořeninové odrůdy se vyznačují dlouhými, špičatými plody, jež mají červené oplodí. Sklizeň probíhá v plné zralosti, následuje sušení a mletí na prášek. Mohou se vyskytovat v pálivé i sladké formě. Pěstování probíhá na velkých plochách v jižních podmínkách, kde je získávána intenzivní barva i specifické aroma (Pekárková, 2001)

Zeleninová paprika se těší velké oblibě u zahrádkářů od poloviny 20. století (Pekárková, 2001). Odrůdy zeleninové papriky se rozdělují na odrůdy, které jsou bujně rostoucí a mají velké

tlustostěnné plody. Mají vysoké nároky na podmínky pěstování a je pro ně nezbytná opora a řez, proto je pěstování vhodné převážně v rychlínách. Další odrůdy se pěstují v polních podmínkách, jsou menšího vzrůstu a plody jsou středně velké. Není potřeba opěrná konstrukce ani řez (Petříková a Malý, 2003). Dle Pekárkové (2001) jsou plody poměrně velké, stěna může dosahovat tloušťky až 1 cm a obsahují vysoké množství vitamínu. Plody lze sklízet během celé vegetace do dob mrazů a otrhávat je lze nedozrálé či se nechají plně vyzrát a vybarvit. Ke sklizni vhodný plod se pozná hlavně dle lesklého a hladkého povrchu (Pekárková, 2001). V roce 2002 bylo pro polní pěstování zapsáno 19 odrůd a 15 odrůd bylo domácích. Zaregistrováno bylo k roku celkem 128 odrůd a většina z nich byla určena pro rychlení (Petříková a Malý, 2003). K roku 2015 bylo zaregistrováno 182 odrůd papriky roční (eagri.cz).

4.1.1 Historie a současnost pěstování papriky roční

Paprika se od dávných dob používala jako koření a původem je z oblasti Střední Ameriky (Štampera, 1957). Konkrétně pochází z Mexika a Guatemaly, kde je známa od pravěku. Do Evropy se dostala v 16. století, tedy krátce po objevení Ameriky (Slavík a kol., 2000).

Pěstování začalo ve Španělsku, Portugalsku, Itálii a do ostatních států Evropy se dostala až v 18. a v 19. století (Petříková a Malý, 2003). Od roku 1940 se začala pěstovat na jižní Moravě na ploše 800 ha. Významné rozšíření nastalo po druhé světové válce a v roce 1963 byla pěstována zhruba na 2000 ha, z toho více jak 95 % bylo na Slovensku. Popularita dále vzrůstala a v roce 1977 se pěstovala na celkové ploše 3000 ha, z toho 91,6 % bylo na Slovensku (Valšíková a kol., 1987). Malé kulaté či špičaté plody byly silně pálivé (Pekárková, 2001).

Nejvíce se pěstuje v Nigérii, při pohledu na Evropu jsou největšími pěstiteli Itálie a Španělsko. Do České republiky se v letním období dováží největší množství ze Slovenska (Petříková a Malý, 2003). V roce 2013 byla paprika roční pěstována v ČR na 214 ha a výnos byl 8 560 t, zatímco v roce 2014 se plocha pěstování zvýšila na 233 ha a výnos navýšil na 9 320 t. Dle statistického odhadu v roce 2015, byla plocha pěstování 333 ha a výnos byl 13 320 t. Zatímco na Slovensku se v roce 2012 pěstovala paprika na 1971 ha a výnos byl 27 691 t. Rok 2013 i 2014 byl velmi podobný, jako předešlý rok. Dovoz čerstvé zeleninové papriky do ČR v roce 2012 byl 48 689 t a v dalším roce nastal mírný pokles. V roce 2013 se dovezlo 47 686 t a v roce 2014 se dovoz mírně zvýšil a činil 50 535 t. Pro rok 2015 jsou údaje uvedeny pouze do 30. 8. a dovoz byl 33 487 t (eagri.cz). Vývoz z ČR v roce 2012 byl 6 304 t a v následném roce se vývoz mírně zvýšil a činil 6 587 t. Rok 2014 byl velmi podobný jako

předešlý rok a vývoz činil 6 559 t. Rok 2015 je udáván opět pouze do 30. 8. a vývoz činil 4 663 t. Roční spotřeba zeleninové papriky se od roku 2003 mírně zvýšila, kdy byla 4,8 kg na obyvatele. V roce 2011 se zvýšila spotřeba na 5,5 kg a v roce 2013 klesla na 5 kg na obyvatele (eagri.cz). Petříková a Malý (2003) udávají, že doporučená roční spotřeba papriky roční (*Capsicum annuum*) na člověka je 6 kilogramů.

Využití papriky roční je poměrně široké, od využití jako léčiva, koření a samozřejmě jako zelenina. Původně se využívala pouze jako koření, později se začala využívat jako zelenina v různých podobách (čerstvá, mražená, mletá). Paprika vzhledem ke svým estetickým vlastnostem má i využití jako dekorační doplněk. Nedožralé plody se využívají hlavně do salátů či zeleninových jídel, zatímco zralé plody jsou určeny hlavně k přímé konzumaci či ke konzervování. Je to dáno tím, že mají lahodnější a aromatictější chuť (Pekárková, 2001).

4.1.2 Obsahové látky v paprice roční

Podle Pelešky a Sedláčkové (2010) nemá paprika roční (*Capsicum annuum*) mezi zeleninou konkurenci v obsahu vitamínu C. Jeho množství se pohybuje v rozpětí 90 až 100 mg na 100 g čerstvé hmoty (Petříková a Malý, 2003). Valšíková a kol., (1987) konstatují, že paprika obsahuje až pětkrát více vitamínu C než citrón. Nejvíce vitamínu C se nachází v plodech při fyziologické zralosti. Paprika dále obsahuje i velké množství karotenu, vlákniny a sacharidů. Obsahuje také vitamíny skupiny B, vitamín E a nalezneme v ní i látky s antibiotickými účinky (Šrot, 1996). Obsah Vitamínu B2 a provitaminu A se během dozrávání zvyšuje až desetkrát, jak uvádí Pekárková (2001). V paprice se nachází 7,8 % sušiny, 1,2 % bílkovin, 4,6 % sacharidů a 1 % celulózy. V technické zralosti se v plodech nachází 0,02-0,2 mg provitaminu A a v botanické zralosti je toto množství o mnohem vyšší, tedy 0,6-3,5 mg. Při tepelné úpravě a následném zpracování plodů se sníží obsah provitaminu A pouze o 4-15 %. Dále se v paprice nachází kolem 4 mg vitamínu U, který má příznivé účinky na vředové onemocnění žaludku a bioflavonoidy (Petříková a Malý, 2003). Dále Valšíková a kol., (1987) uvádí, že množství bioflavonoidů v paprice bylo stanoveno na množství až 22,5 mg na 100 g. Byl zjištěn pozitivní vliv na oběhový systém člověka a dále, že snižuje množství škodlivého cholesterolu v krvi

Kapsaicin je lipofilní látka a je hlavním pálivým alkaloidem, jenž se nachází v paprikách rodu *Capsicum*. Po chemické stránce se jedná o 8-methyl-N-vanillyl-trans-6-ninenamid. U živočichů i člověka má vliv na zvláštní membránové bílkoviny, nazývané vaniloidní či kapsaicinové receptory, které spadají do skupiny iontových kanálů, označovaných jako TRP pro vápník a sodík. Kapsaicin, stejně jako jemu podobné látky, dráždí u obratlovců

především nervová zakončení, kde se zmíněné receptory nacházejí. Velké množství těchto nervových zakončení vede do mozkových oblastí, kde je vnímáno především teplo, pálení, štípání a bolest. Z tohoto důvodu je základním pocitem po pozření této látky pálivost, které se nemusí nacházet jen v ústech ale i v dalších sliznicích. Pocit pálení může nastat například na sliznici oka a v nose nebo i na kůži (Vyskočil, 2013). Pálivost se navenek nepozná, protože nesouvisí s ostatními znaky plodů, kterými jsou podle Pekárkové (2001) velikost, tvar či zbarvení. Působení kapsaicinu a tedy i pálení je pouze přechodný stav, jelikož se po určité době kanály uzavírají a dochází k pomnutí účinků této látky (Vyskočil, 2013).

Kapsaicin je uznávaným léčivem pro léčbu vnitřních i vnějších problémů těla. Má pozitivní vliv na zažívání a prokrvení těla (Pekárková, 2001). Kapsaicin se využívá na výrobu mastí, tinktur či na kapsaicinové náplasti na podporu krevní cirkulace, kdy je ovšem důležité dodržet správné dávkování. Pozitivní vliv byl prokázán i u obézních lidí, jelikož vlivem pálivosti se snižuje chuť k jídlu a v trávicím systému, svalech a srdci se zvyšuje rychlost metabolismu, což se dá využít při dietách. Běžné dávkování má povzbuzující vliv na tělesné funkce i výkonnost a konzumace představuje preventivní ochranu těla před diabetem 2. stupně. Přidává se do nosních sprejů na alergickou rýmu, přímo zvyšuje průtok krve v žaludku a střevech a aktivuje tvorbu hlenu, jenž se tvoří v žaludku. Využívá se i jako anestetikum před operací, s následnými hojivými účinky po operaci. Pokud bude ovšem tato látka přijímána v nadměrném množství, může dojít k trvalému poškození TRP receptorů a mitochondrií (Vyskočil, 2013).

4.1.3 Nároky na prostředí papriky roční

Papriky jsou náročné na teplotu půdy i ovzduší a potřebují půdy s vysokým obsahem živin (Pekárková, 1997). Nejvhodnější jsou půdy lehké, hlinitopísčité půdy s neutrální až slabou kyselou reakcí. Dále Valšíková a kol., (1987) uvádí, že na 100 m² je optimální dávka dusíku 1-1,2 kg, fosforu od 0,24 do 0,86 kg dle množství v půdě a draslíku od 0,67 kg do 1,66 kg opět dle množství v půdě. Rostlina papriky potřebuje podle Pekárkové (2001) slunné a zároveň chráněné stanoviště. Při nedostatku světla dochází k opadávání květů a květních poupat (Petříková a Malý, 2003). Pokud teplota klesne pod 10 °C, rostlina začíná odumírat, z toho důvodu je pěstování na venkovních záhonech možné pouze v nejteplejší části ČR. V ostatních částech je pěstování možné za použití folií, jenž rostlinu ochrání proti chladu. Je důležité dostatečné zásobení vodou a optimální množství vody v půdě se pohybuje mezi 60-80 % (Petříková a Malý, 2003).

Vegetační doba papriky roční se pohybuje okolo 135 dnů a po 180-200 dnech nastává plné barevné dozrávání. Je tedy nezbytný včasný výsev semen, který by měl probíhat v lednu až únoru (Peleška a Sedláčková, 2010). Na začátku vývoje rostlin je potřeba rostliny chránit před chladem a po ujetí je důležité správné zakořenění, kterého se dosáhne přihrnutím zeminy do hloubky a k rostlině (Šrot, 1996). Je vhodné půdu před výsadbou prohrát přikrytím průsvitné folie. Rostliny se vysazují do otvorů černé, mulčovací netkané textilie, jenž kryje půdu do likvidace kultury. Textilie zajišťuje prohřívání půdy, znemožňuje růst plevelů a v neposlední řadě zabraňuje rychlému výparu vody. Při mulčování textilií je dobré využít kapkovou závlahu (Pekárková, 2001). Pro zvýšení půdní úrodnosti je dobré využít statková hnojiva, která zlepšují půdní strukturu a zpracovatelnost půdy. Košťálová, kořenová a plodová zelenina (tedy i paprika) vyžaduje organické hnojení. Organický mulč na jaře chrání rostliny proti mrazu (Hlušek, 2002).

Nejvhodnější je pěstování na humózní půdě na slunných záhonech, v severnějších oblastech jsou nejvýhodnější chráněné polohy, či pěstování v pařeništích nebo sklenících. Pro nejlepší výsledky pěstování je důležitá půda s dostatečným množstvím humusu, dobře propustná a lehčího rázu. V lehkých půdách je dle Petříkové a Malého (2003) optimální poměr humusu 2-3 %, v hlinitých půdách 4 %. Optimální pH půdy se pohybuje v rozmezí 6 až 6,5 (Petříková a Malý, 2003). Jako předplodina jsou vhodné luskoviny, obilniny či jiné zeleniny, s výjimkou zelenin z čeledi lilkovitých a okurek (*Cucurbitasp.*) (Štampera, 1957). Projevují se podobně jako monokultura (Valšíková a kol., 1987). Nevhodná je i vojtěška, jelikož je zde velké riziko přenosu viróz. Zařadit po sobě papriku je vhodné za 4-5 let (Petříková a Malý, 2003). Pozemky následně důkladně vyhnojíme proleželým chlévským hnojem nebo lze použít kvalitní kompost (Štampera, 1957).

Příprava půdy na podzim se odvíjí od použité předplodiny. Po sklizení předplodiny se zaorá chlévský hnůj pomocí hluboké orby. Po měsíci od první hluboké orby je vhodné provést znovu hlubokou orbu a zapravit do půdy poloviční dávku superfosfátu a síranu draselného. Na jaře je důležité udržovat půdu bez plevelu až do vysazení rostlin a urovnat povrch půdy smykováním a vláčením. Minimálně 14 dní před výsadbou se do půdy zapraví druhá dávka superfosfátu a síranu draselného. Dále se zapraví poloviční dávka ledku vápenatého a použijí se i herbicidy (Petříková a Malý, 2003). Dle Štambery (1957) by na podzim měla proběhnout hluboká orba a na jaře se do půdy doplní umělá hnojiva a půda se překypří. Dále se na jaře přidá draselná sůl a superfosfát, dusík se již dodávat nemusí. Pokud probíhá pěstování ve zmíněných pařeništích či sklenících, je důležité dbát na dobu kvetení, kdy by se teplota neměla dostat pod

sklem nebo fólií nad 30 °C. Pokud by se teplota dostala nad tuto hranici, květy se špatně opylují a začínají opadávat. Stejný problém nastane, pokud bude vysoká vlhkost vzduchu (Šrot, 1996). Optimální teplota v době klíčení je 22 – 25 °C, po vzejití by se teplota měla snížit na 15 – 20 °C (Šrot, 1996).

Rostliny v průběhu růstu nezaštipujeme ani neřežeme. Pěstování ve skleníku i fóliovníku je možné společně s rajčaty a okurkami, jelikož se papriky přizpůsobí suššímu i vlhčímu vzduchu (Pekárková, 2001). Předpěstování sadby začíná zhruba v první polovině března, kdy se mořené osivo vysévá na výsevné záhony či do výsevných misek. Když se vytvoří děložní lístky, začínají se rostlinky přepichovat z výsevných misek do balíčků, minisadbovačů či na záhony. Semena se mohou vysévat i přímo do balíčků nebo minisadbovačů. Pro ochranu rostlinek proti virózám je dobré použít 2% roztok hydroxidu sodného. Semena namočíme do roztoku po dobu 10 minut, následně opláchneme a osušíme (Petříková a Malý, 2003). V tab. 1 jsou uvedeny údaje o výsevu, výsadbě, vzdálenosti a sklizni papriky roční (*Capsicum annuum*). Sazenice se pěstují při teplotě 18-25 °C, po vyklíčení semen je optimální po 1 týdnu snížit teplotu na 15-17 °C ve dne a v noci udržovat teplotu 14-16 °C. Následné pěstování by mělo probíhat při 20 °C přes den a v noci při teplotě 14-16 °C. Výška sazenic při výsadbě by měla být kolem 15 cm (Petříková a Malý, 2003).

4.1.4 Ošetřování za vegetace

Vysazování obvykle probíhá mechanizovaně sázecími stroji od poloviny května, výsadbu je možné urychlit o 10-14 dnů pomocí netkané polypropylenové textilie, která chrání rostliny proti poklesům teploty. Optimální doba k zahájení vysazování je při teplém, zataženém počasí. Vzdálenost sazenic od sebe by měla být 60 x 25-40 cm. Následně po procesu vysázení je nezbytné porost zavlažit. Je důležité počítat s úhynem rostlin po výsadbě při teplém i chladném počasí a mít připravenou 20-30% rezervu sadby na podsazení porostu. Pokud použijeme již zmíněnou textilií či bude výsadba na vodu, výrazně se zlepší ujímání rostlin (Petříková a Malý, 2003).

Pokud se předpokládá, že se v půdě bude nacházet vyšší množství jednoletých dvouděložných plevelů, před výsadbou se aplikují preemergentní herbicidy, např. Devrinol. Dále je možné 2-3 dny před výsadbou aplikovat přípravek Stomp. Po aplikaci se musí přípravky zapravit do půdy 2-3 cm hluboko (Petříková a Malý, 2003).

Petříková a Malý (2003) udávají, že je důležitou součástí během vegetace kultivace, která odstraňuje plevely a provzdušňuje půdu. Přihnojováním se do půdy dodá druhá polovina

ledku vápenatého a lze tuto druhou dávku ještě rozdělit. Přihnojování začíná koncem června a následně koncem července. Zavlažuje se postřikem zhruba 240 mm za vegetaci v 8 až 10 závlahových dávkách. Vhodnějším způsobem je ovšem kapková závlaha, kdy by se dávka na rostlinu měla pohybovat kolem 0,5 l vody za den (Petříková a Malý, 2003).

Tab. 1: Prostředí, výsev, výsadba, vzdálenost rostlin v (cm) a sklizeň.

Prostředí	Výsev	Výsadba	Vzdálenost rostlin (cm)	Sklizeň
Skleník	Začátek III	Začátek V	70x40	Polovina VII – polovina X
Fóliovník	Polovina III	Polovina V	70x40	Konec VII – začátek X
Venkovní záhon	Konec III	Konec V	50x40	Začátek VIII – konec IX

Pekárková (2001)

4.1.5 Choroby a škůdci papriky roční (*Capsicum annuum*)

Virus mozaiky rajčete / okurky (*Tomato mosaic virus*, *Cucumber mosaic virus*)

Příznaky: Mozaiky deformace listů a plodů, patrné jsou nekrózy na listech i celých rostlinách.

Přenos: Způsobují mšice či třásněnky, je možný i mechanicky.

Význam: Z hospodářského hlediska méně významná choroba.

Ochrana: Dodržovat osevnický postup, izolovat porosty rajčat a brambor od papriky, chemické ošetření proti přenašečům (Kazda a kol., 2003).

Bakteriální tečkovitost (*Pseudomonas syringae*)

Způsobuje gramnegativní, aerobní, fluorescentní, bičíkatá tyčinka.

Příznaky: primární příznaky se začínají objevovat na listech jako drobné, okrouhlé, mírně vystouplé tečky, které jsou hnědé barvy se širokým a žlutým lemem. Pokud je napadení silnějšího rázu může docházet k opadávání květů a nově vznikajících plodů. Postižené plody jsou tmavě hnědé a mají na povrchu vystouplé tečky (Kazda a kol., 2003).

Čerň (*Cladosporium fulvum*)

Onemocnění, které se vyskytuje převážně ve sklenících, v polních podmínkách pouze výjimečně. Choroba se více vyskytuje při vysoké vzdušné vlhkosti a teplotě 20-25 °C.

Příznaky: primární příznaky jsou patrné na spodní straně nejstarších listů v podobě žlutých, nepravidelných skvrn. Poškozená pletiva na spodní straně listů mají šedobílý či zelenošedý sametový povlak houby. Skvrny rychle zasychají, jsou vrásčité, splývají, listy jsou světle hnědé, neopadávají a následně odumírají. Povlak houby se rozrůstá i na vrchní část listu. Onemocnění dále postupuje směrem k vrcholu rostliny.

Přenos: Houba se šíří konidiiemi a přežívá na rostlinných zbytcích v půdě i na konstrukcích skleníků.

Význam: závažná choroba, která se vyskytuje hlavně ve sklenících.

Ochrana: zálivku podmokem, dodržovat správný režim větrání, použití chemického ošetření, rezistentní odrůdy (Kazda a kol., 2003).

Plíseň šedá (*Botryotinia fuckeliana*)

Houba se šíří při vysoké vzdušné vlhkosti, při hustě zapojeném porostu či při hustém olistění rostlin.

Příznaky: v důsledku napadení se na stoncích a řapících tvoří vodnaté skvrny zelenošedé barvy, na kterých mohou vyrůstat konidiofory s konidiiemi. Stonek usychá v místě nad napadením, napadeny mohou být i květy, které vadnou a následně opadávají. Nejvíce viditelné příznaky jsou patrné na plodech, kde se tvoří nepravidelné žluté, úzké kroužky – prstence. Pokud jsou plody napadené již od stopky, vzniká mokrá hniloba.

Přenos: houba se šíří během vegetace konidiiemi a přežívá na posklizňových zbytcích, na vytrvalých rostlinách.

Význam: choroba je významná při nedostatku světla. Jedna z hlavních příčin hnilob balených plodů v zimě.

Ochrana: dostatek světla, dodržovat správný režim větrání a topení, jenž zabraňuje orosení rostlin. Je možná i ochrana chemickým postřikem (Kazda a kol., 2003).

Sklerotiniová hniloba (*Sclerotinia sclerotiorum*)

Příznaky: primární příznak napadení je viditelný na stonku, který měkne a následně dochází k vadnutí rostlin, které začíná na vrcholu. Houba prorůstá stonkem směrem nahoru. Napadená pletiva jsou pokryta bílým, vatovitým myceliem houby, ve kterém se později tvoří nepravidelná sklerocia černé barvy. Mycelium se sklerocii je nachází i uvnitř stonků.

Přenos: patogen se nachází ve formě sklerocií v půdě.

Význam: choroba je významná především ve sklenících, kde se střídají hostitelské rostliny.

Ochrana: Pokud jsou rostliny napadené, je nutná jejich okamžitá likvidace či jejich částí před vytvořením sklerocií. Další ochrana je stejná jako u plísně šedé (Kazda a kol., 2003).

Sviluška chmelová (*Tetranychus urticae*)

Ve volné přírodě přezimuje samička, ve skleníku při optimálních podmínkách probíhá vývoj svilušky po celý rok bez přezimování. Škodí všechna vývojová stádia včetně dospělců, které jsou na spodní straně listů a zde samička klade i vajíčka. Svilušky poškozují nejen papriky, ale i okurky.

Příznaky: na listech jsou patrné nejdříve světle zelené až nažloutlé skvrny, které splývají. Postupně listy získávají bělavou barvu, zasychají, a pokud jsou poškozeny silně, pak usychají. Může být viditelná i jemná pavučinka, po které se pohybují hladovějící svilušky.

Ochrana: aplikace akaricidů, ve sklenících a fóliovnících je možná biologická ochrana (Kazda a kol., 2003).

Třásněnka zahradní (*Thrips tabaci*)

Vývoj probíhá na rostlinách, dospělci i nymfy přežívají skrytě a jsou schopni poměrně rychlého pohybu. Třásněnka napadá kromě paprik i okurky a rajčata.

Příznaky: rostlinám škodí sáním, které probíhá na vzrostných vrcholech, na květech i na listech. Způsobuje silné deformace a změnu barvy na částech, kde probíhalo sání. Květy i mladé plody opadávají.

Podobný negativní vliv má na rostliny i třásněnka západní (*Frankliniella occidentalis*), která škodí v krytých prostorách a část vývoje probíhá v půdě. Může přenášet i choroby virové povahy.

Ochrana: aplikace insekticidů, v uzavřených prostorech je možná biologická ochrana. U třásněnky západní je problém, že je odolná proti hodně přípravkům (Kazda a kol., 2003).

Molice skleníková (*Trialeurodes vaporarium*)

Celý vývoj probíhá na rostlinách. Vylíhlá nymfa prvního stádia je pohyblivá, další stádia jsou nepohyblivá a potravu přijímají velice intenzivně sáním, kromě posledního (čtvrtého) stádia, které potravu nepřijímá. Vedle paprik jsou silně poškozovány i rajčata a okurky.

Příznaky: nymfy i dospělci škodí sáním na spodní straně listů a samička na spodní stranu listů klade černá vajíčka. Rostliny jsou poškozovány nejen sáním ale i vylučováním medovice. Přenáší až 60 rostlinných virů.

V krytých prostorách podobně škodí motolice tabáková (*Bemisia tabaci*).

Ochrana: aplikace insekticidů, v krytých prostorech je možná biologická ochrana. Je patrná poměrně vysoká odolnost proti insekticidům (Kazda a kol., 2003).

Mšice broskvoňová (*Myzus persicae*)

Vývoj probíhá po celý rok v krytých prostorách, které jsou vytápěné či migrují ve vegetačním období z venkovního prostředí.

Příznaky: na rostlinách většinou vytvářejí dospělci i nymfy menší kolonie. Nacházejí se na spodní straně listů a vegetačním vrcholu, kde škodí sáním. Listy žloutnou a svinují se. Je viditelná produkce medovice, kde rostou černě. Škodí nejvíce právě na paprikách, na ostatních druzích plodové zeleniny vytvářejí jen malé kolonie nebo se vyskytují jednotlivě. Patří mezi přenašeče mnoha rostlinných virů.

Ve sklenících a fóliovnících se nachází mšice bavlníková (*Aphis gossypii*), která saje na spodní straně listů u mnoha druhů rostlin. Nejvíce škodí na okurkách, melounech a tykvích.

Ochrana: aplikace insekticidů, v uzavřeném prostoru je možná biologická ochrana. Je velká odolnost proti mnoha přípravkům (Kazda a kol., 2003).

Ve starší publikaci Štambera (1957) uvádí, že velkým problémem u paprik jsou virózy, jenž se projevují světlejším zbarvením v listových čepelích, může nastat i destrukce listů, vadnutí či snížená plodnost až úplná neplodnost. Virové choroby se lehce přenášejí z jedné plodiny na druhou, proto není vhodné pěstovat papriku v blízkosti rajčat či jiných paprik a rovněž se nedoporučuje ani pěstovat papriku po těchto plodinách. Přenašečem je hlavně savý

hmyz v podobě mšic a křísků. Pokud máme porost již napaden, je vhodné plodiny vytrhat a následně spálit. Svoboda a Svobodová (2011) uvádějí, že paprika je důležitá plodová zelenina, kterou napadá mnoho chorob, a velmi nebezpečné jsou hlavně virové choroby, jelikož je nelze léčit. Na rostlinách paprik způsobují mozaiky listů, deformaci plodů, zakrslost rostlin a je snížen výnos. Virové choroby jsou rozšířeny po celé Evropě a mezi nejškodlivější patří infekce u mladých rostlin, které jsou způsobené *Cucumber mosaic virus* a *Potato Y virus*. Boj s virovými chorobami je založen na ochraně před vektory virů či se pěstují rezistentní odrůdy (Svoboda a Svobodová, 2011). V tab. 2. a 3. jsou uvedeny choroby a škůdci, jejich projevy a příčiny.

Tab. 2: Porucha, projevy a příčiny u papriky roční (*Capsicum annuum*)

Porucha	Projevy	Příčiny
Fyziologická nekróza plodů	Zpočátku vodnaté, později tmavé a suché skvrny na plodech, vždy na místě protilehlém stopce	Nedostatek vápníku, způsobený nedostatečnou nebo nepravidelnou závlahou ve skleníku
Úžeh plodů	Suché, zprvu žluté, později hnědnoucí skvrny na místech exponovaných slunci	Vysoká teplota při nedostatečném větrání, odlistěné rostliny
Opadávání poupát	Opadávají listy a poupata	Nepravidelná závlaha

(Pekárková, 2001).

Tab. 3: Škůdci, projevy a ochrana u papriky roční (*Capsicum annuum*)

Choroba, škůdce	Projevy	Ochrana
Svilušky	Světlé listy, naspodu tzv. červený pavouček	Přípravky Morestan a Omite
Třásněnky	Drobné stříbřité skvrny na listech	Basudin, Talstar, Nurell
Mšice	Kroucení listů, naspodu zelené mšice	Postřiky Pirimor, Lannate a Nogos. V uzavřených prostorech destičky Aeroxon, Chemstop, Instop

(Pekárková, 2001).

4.2 Obecná charakteristika stresu

Míchal (1994) uvádí, že původně byl stres definován jako stav organismu ovšem další definice uvádí, že je to jakékoli působení prostředí omezující fotosyntézu (extrémní teploty, nedostatek vláhy či zastínění). Dle Míchala (1994) je stres definován jako nadměrné chronické zatěžování populace, kdy není přímo likvidována biomasa. Stres je popisován jako stav, ve kterém se nachází živý systém, který mobilizuje obranné a nápravné procesy proti podnětům, jenž přesahují obvyklé rozpětí homeostázy. Živý systém reaguje na podněty, které jsou zcela nové a vyžadují mimořádné přizpůsobení se určité situaci. Ta vytváří pro rostlinu odlišné existenční podmínky. Vnější podněty (hlavně abiotické stresory) představují hlavní překážky v zemědělské produkci v mírném pásmu. (Míchal, 1994).

Larcher (1988) charakterizuje stres jako stav, kdy je rostlina vystavená mimořádně nepříznivým podmínkám, které však nemusí nutně představovat ohrožení života, ovšem je vyvolána poplachová odpověď v podobě obranné či adaptační reakce organismu, pokud není ve stadiu klidu. Za klidová stadia organismů se považují suché spóry a poikilohydrické rostliny a mohou přežít bez poškození všechny teploty, které se přirozeně vyskytují na naší planetě.

4.2.1 Rozdělení stresorů

Rostliny se během svého života musí vypořádat s biotickými a abiotickými stresory. Ty způsobují mnoho fyziologických, biochemických a metabolických změn v rostlinách (Vítámvás a kol., 2007). Léveque (2003) uvádí, že abiotické faktory jsou všechny fyzikální a chemické faktory prostředí. Biotické faktory jsou všechny interakce, které probíhají mezi jednotlivci.

4.2.1.1 Abiotické stresory

Primární: chlad, sucho, zasolení, horko, chemické znečištění.

Sekundární: osmotický a oxidační stres (Vítámvás a kol., 2007).

Další možné dělení abiotických stresorů je na fyzikální, kam patří mechanické účinky větru, vyšší množství UV záření, extrémní teploty v podobě horka, chladu a mrazu. Druhou skupinou jsou chemické stresory, kam lze zařadit nedostatek vody, kyslíku, živin v půdě, nadbytek iontů, solí a vodíku, působení toxických kovů, organických látek v půdě a toxické plyny v ovzduší (Jezdinský a Salaš, 2006).

4.2.2 Obranné reakce na stres

Dle Kosové a kol. (2015) jsou obranné reakce na stres založeny na aktivním procesu vytvoření nové homeostázy právě ve změněném prostředí. Obecná reakce je založena na proteinech, které hrají velice důležitou roli při reakci rostlin na stres, protože mají přímý vliv na konečný fenotyp. Jsou patrné změny v bílkovinných funkčních skupinách, v metabolismu aminokyselin, v buněčné stěně i cytoskeletu. Obecně při stresu nízkými teplotami protoplazma zrychlí metabolismus, zvýší se respirace jako odpověď na stres a přizpůsobí se struktura pro zvládnutí nastalé a pro organismus nové situace.

Stresová reakce probíhá v protoplazmě v podobě „závodu“ mezi adaptačním mechanismem a procesy destrukčními, jenž způsobují smrt organismu (Larcher, 1988). Dle Míchala (1994) mají stresové reakce podobný charakter bez ohledu na druh podnětu. Stresové reakce je ovlivněná nejen velikostí podnětu, ale i dobou trvání či frekvencí. Odolnost je odlišná u každého jedince i v rámci jednoho druhu. Obranné stresové mechanismy nejsou striktně dané geneticky, ovšem mohou být i individuálně modifikované. Stres je vlastně projevem působení vnějších podnětů – stresorů. Stresory se rozdělují na kvalitativně přirozené podněty či na podněty pro organismus cizí (Míchal, 1994).

Jednorázové působení stresu a následnou reakci systému lze rozdělit do tří skupin. V prvním případě dochází k dočasné změně, kdy ovšem následně dojde k návratu do původního stavu. Druhý případ je definován jako trvalejší přizpůsobení aktivity některých prvků systému podnětům, které nejsou pro organismus přirozené. Ve třetím případě v reakci chybí důležité kompenzační změny, které působí proti nepřirozenému podnětu (Míchal, 1994). Reakce rostlin na vnější podmínky je rozdělena do několika fází, které na sebe navazují. Tyto stresové reakce Larcher (1988) rozdělil na poplachovou fázi, restituční fázi, fázi rezistence a fázi vyčerpání.

4.2.2.1 Poplachová fáze

V tomto stádiu dochází k neočekávaně velké, ale poměrně krátkodobé odezvě v systému, která je pomíjivá. Za hrubé měřítko intenzity stresu je brána rychlost, kdy se ukazatel vrátí do stavu před působením stresoru (Míchal, 1994). Dle Kosové a kol., (2015) dochází k významným změnám fyzikálních i chemických vlastností v plazmatické membráně, které zde vedou ke konformačním změnám a mají vliv i na proteinové komplexy. Prvotní signál je následně během sekund přenesen v zesílené formě do jádra buňky, kde způsobuje genetické změny, které vedou ke změnám při reakci na stresovou situaci.

4.2.2.2 Restituční fáze

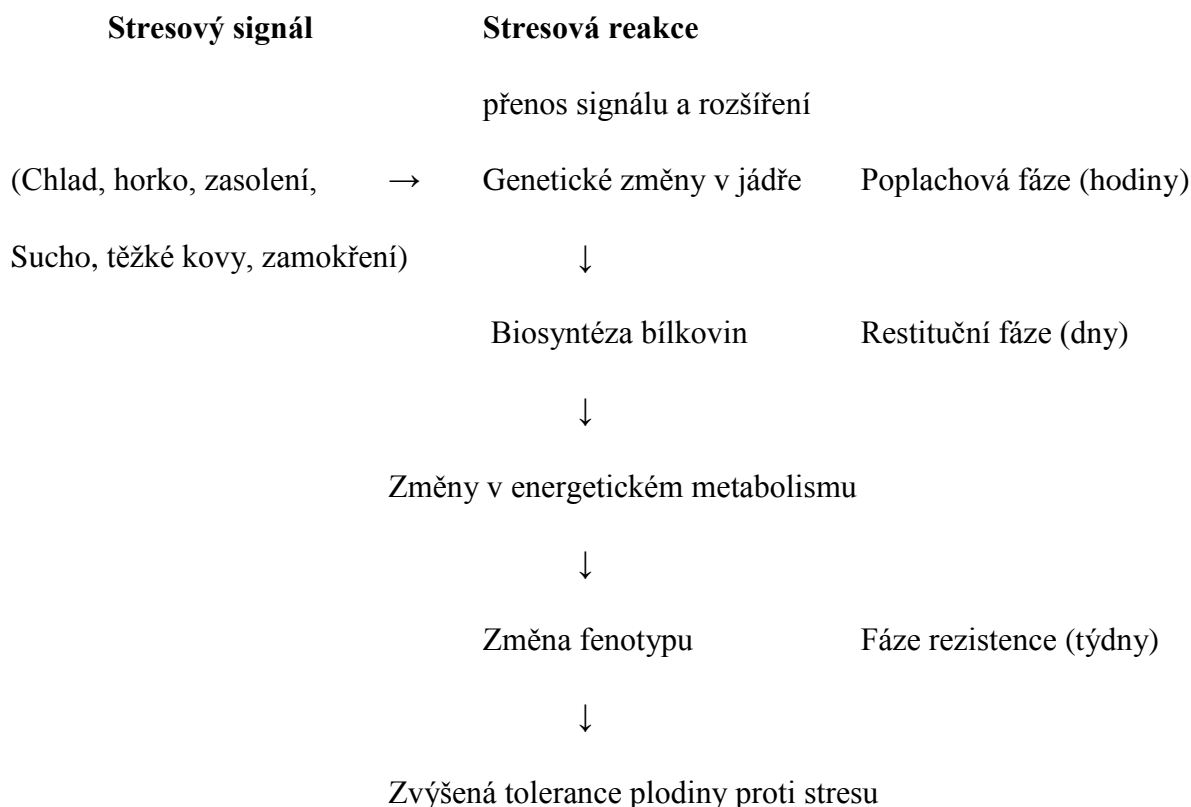
Změny v genech jsou spojeny se změnami metabolismu bílkovin, včetně proteinů biosyntézy a degradace. Dochází zde k určitému závodu v čase, kdy se rostlina musí rychle přizpůsobit změnám prostředí. Probíhá syntéza bílkovin a zároveň jejich degradace. Změny v metabolismu bílkovin mají i vliv na metabolismus aminokyselin. Některé aminokyseliny jsou nejen proteinové složky, ale i prekurzory různých sloučenin, jenž souvisejí se stresem a mají klíčovou roli v metabolických procesech uhlíku a dusíku. Různé stresové faktory jako chlad, sucho či zasolení zvýší methionin syntázu. Aktivní reakce na stres je spojena s vyššími nároky na energii, proto jsou zřejmé změny v energetickém metabolismu rostlin. Okamžitý zdroj energie dodává adenosin trifosfát. Změny jsou patrné i u enzymů, které se podílejí na štěpení makroergické fosfátové vazby (nukleosid difosfát kináza) (Kosová a kol., 2015).

4.2.2.3 Fáze rezistence

Odezva systému je dle Míchala (1994) poměrně malá i v případě, že působí stresor trvale. Systém vyvinul, ovšem pouze zdánlivě, jistou míru rezistence proti stresoru, který vyvolal poplachovou reakci. Stresor i nadále působí, ovšem vymizí výrazné příznaky stresu. Stresory takovéto síly jsou abnormální součástí prostředí systému, ovšem schopnost jim odolávat je stále popisována jako resilience. Při prognóze do budoucna je důležité, jak dlouho bude stresor působit při této intenzitě. Může dojít buď k posílení odolnosti pomocí udržení systému ve stadiu rezistence, nebo může přejít do stadia vyčerpání (Míchal, 1994). Jelikož je při stresu snížen obsah vody v buňkách, dochází k dehydrataci a zvyšuje se riziko nesprávného postavení proteinů. Protein disulfidové isomerasy katalyzuje reverzibilní štěpení disulfidových vazeb a je i ovlivněna konformace proteinu. Je zvyšován obsah hydrofilních proteinů. Zvyšuje se množství ROS (reaktivní formy kyslíku) enzymů, jako katalázy či peroxydázy. Probíhá biosyntéza některých ochranných sloučenin, jako antokyanů či fytoalexinů. Je ovlivněn buněčný cytoskelet a transport v buňce (Kosová a kol., 2015).

4.2.2.4 Fáze vyčerpání

Jsou překročeny hranice adaptačních schopností ekosystémů. Do této fáze se systém dostane dvěma způsoby. Resilienci systému překračuje intenzita působení stresoru svou velikostí (fáze vyčerpání nastává ihned po fázi poplachové), či získaná resilience byla nedostatečná vzhledem k velikosti působení a době působení stresoru. Objevuje se znovu poplachová reakce, ovšem dochází k trvalým poruchám fungování systému a struktury ekosystému jsou nevratně deformovány (Míchal, 1994).



(Kosová a kol., 2015).

4.3 Teplota a její vliv na rostliny

Veškeré důležité funkce rostlin a chemické aktivity, které udržují rovnováhu ve vnitřním prostředí, jsou závislé na teplotě. Teplotní požadavky rostlin a hranice tolerance se odlišuje u jednotlivých skupin rostlin a posuzuje se dle ekologického a produkčního hlediska. Pro každý druh rostliny jsou důležité kardinální body, které určují teplotní rozmezí, kdy rostlina může růst a kdy se růst zastavuje. Každý druh má tepelné optimum, které se ovšem v průběhu růstu a vývoje mění, i každý metabolický proces probíhá za odlišných optimálních teplot (Kůdela a kol., 2013). Dle Larchera (1988) mají různé životní pochody odlišnou citlivost vůči teplotě.

Ekologické hledisko se zabývá teplotním rozmezím, které je určitý druh rostliny schopen přežít. Jedná se ovšem i o tepelné nároky na zabezpečení reprodukce, kvetení, zrání a klíčivost (Kůdela a kol., 2013).

Produkční hledisko se zabývá teplotním rozmezím užitkových druhů rostlin a je důležité pro tvorbu sušiny, růst i vývoj. V konkurenčním boji určitého rostlinného druhu jsou rozhodující podmínky pro syntézu nově vzniklých pletiv (Kůdela a kol., 2013).

Pokud je překročen horní či spodní kritický práh teploty, může nastat poškození buněčné struktury a mohou být narušeny funkce buňky. Jestliže je poškození velmi silné, dochází k bezprostřednímu odumření protoplazmy. V přírodních podmínkách dochází k náhlé destrukci často při mrazech mimo zimní období, v podobě pozdních jarních mrazů. K postupnému poškození může docházet při narušení rovnováhy mezi některými životními pochody, je oslabena jejich činnost a nakonec jsou pozastaveny některé životní funkce a následuje odumření buňky (Larcher, 1988).

Kúdela a kol., (2013) uvádí, že extrémní teploty, které zapříčiňují poškození rostlin, zahrnují chlad, mráz a horko. Stres způsobený chladem rostliny obecně snáší lépe, než stres způsobený horkem. Mezi první účinky patří zastavení pohybu protoplazmy, jenž je přímo závislá na energii, která je dodávána dýcháním a také na dostupnosti vysoko-energetických fosfátů. Následně se snižuje rychlost fotosyntézy, jsou poškozeny chloroplasty, což je doprovázeno zbytkovou a většinou trvalo inhibicí fotosyntézy. V posledním stádiu je porušena polopropustnost biologických membrán, selhávají buněčné struktury a do mezibuněčného prostoru proudí buněčná plazma (Larcher, 1988).

Pokud jsou rostliny vystaveny horku, dochází k odumírání v důsledku poškození membrán a následnou denaturací bílkovin. V případě působení vysokých teplot mohou zvláště termolabilní enzymy ztrácet svou aktivitu a tím se desorganizuje metabolismus nukleových kyselin a bílkovin, což má za následek odumírání buněk. Rozpustné dusíkaté sloučeniny se následně hromadí ve vysoké koncentraci a dochází k úniku z buňky. Také se tvoří toxické produkty rozkladu, jenž metabolickými procesy rostlina nedokáže zneškodnit (Larcher, 1988).

4.3.1 Vliv nízké teploty na rostliny

Nízká teplota představuje hlavní riziko pro zemědělské plodiny a je důležitým faktorem, který omezuje přežití, výnos a zeměpisné rozšíření (Koc a kol., 2010). V důsledku působení nízkých teplot se mění mnoho fyziologických i biochemických funkcí buněk, které mohou být patrné i na rostlinách (vadnutí, chlorózy, nekrózy). Většinou jsou tyto stresové podmínky doprovázeny změnami v buněčné struktuře, ve složení lipidů, dochází k buněčnému úniku elektrolytů a aminokyselin. Dále může nastat odklon elektronového toku do vedlejších cest, jsou patrné změny v protoplazmě a v buňce dochází ke změně v postavení iontů vápníku. Mění se i obsah bílkovin, dochází ke změně v aktivitě enzymů a dochází ke změně struktury v jednotlivých buněčných složkách (plastidy, thylakoidní membrány, či v mitochondriích) (Theocharis a kol., 2012). Pokud jsou rostliny porušeny nízkými teplotami, je nezbytné

rozlišovat poškození protoplazmy poklesem teploty a poškození procesem zamrzání (Kůdela a kol., 2013).

Poškození chladem je způsobeno teplotami nad bodem mrazu až do 9 i 15 °C. Primárně jsou narušeny fyzikálně chemické vlastnosti soustavy buněčných membrán, které jsou nezbytné pro základní životní funkce rostliny. Konkrétně mohou být narušeny metabolické přeměny, transport molekul, informační procesy a může být narušen i chod energie v rostlině. Poškození metabolismu je závislé na poklesu teploty pod optimální úroveň pro vývoj a růst rostliny. Vzhledem k rozdílnému optimu teplot pro fotosyntézu a dýchání může vzniknout nerovnováha v energetické bilanci a může být rozdíl i mezi příjmem a výdejem vody (Kůdela a kol., 2013). Chladem je silně ovlivněna fotosyntéza, jelikož je ovlivněna energie v rostlině, což způsobuje inhibici zpětné vazby pro fotosyntézu. Pokud chlad působí na rostliny určitou dobu, může se jednat o hodiny, dny až týdny, energetické zdroje se postupně vyčerpávají. To je způsobeno zvýšenou permeabilitou membrán a výtokem látek z pletiv. V pletivech dochází k hromadění toxické látky, v podobě etanolu a acetaldehydu. Pokud je stres chladem silného rázu, většinou se projevuje chlorózami, vadnutím, usycháním a následným odumřením postižených buněk, pletiv i orgánů (Kůdela a kol., 2013). Dle Larchera (1988) odumírání chladem je důsledkem poškození biomembrán a následného celkového selhání metabolismu, kde hrají hlavní roli nukleové kyseliny a bílkoviny, jež zajišťují buňkám energii. Dle Penky (1985) nízká teplota, která ovlivňuje i teplotu půdy velmi zpomaluje příjem vody kořeny.

4.3.2 Reakce rostlin na chlad

Rostliny reagují na chlad různými způsoby. První reakcí je vzdornost (odolnost), kdy je rostlina schopna odolávat nepříznivým teplotním podmínkám i jiným stresům. Za protiklad této reakce na stres se považuje citlivost (Kůdela a kol., 2013).

Chladuvzdornost (odolnost k chladu) je definována jako schopnost rostlin či určitých částí překonat teploty v rozmezí 0-15 °C bez poškození (Kůdela a kol., 2013).

Otužování je proces, kdy se jednoleté, ozimé rostliny, dvouleté rostliny a vytrvalé rostliny v mírném pásmu přizpůsobují na nízké teploty v zimním období a krátkou délku dne. Při otužování by mělo být zabráněno tvorbě ledu uvnitř buňky nebo ji alespoň oddálit a výsledkem je otužilost k mrazu (Kůdela a kol., 2013).

Odotužení je definováno jako ztráta otužení (otužilosti) či odolnosti rostlin k mrazu, která souvisí s nástupem oteplování a přechodem do plné vegetace (Kůdela a kol., 2013).

Citlivost rostlin k nízkým teplotám je dána určujícími faktory. Rostliny každého druhu i jednotlivé odrůdy mají rozdílné mezní teploty, závislé na geografickém původu. K chladu jsou citlivé hlavně rostliny, které mají svůj původ v teplejších oblastech. Za příklady z užitkových rostlin lze uvést kukuřici, rajče či papriku a mnoho okrasných druhů rostlin. Důležitým faktorem je i růstová a vývojová fáze, ve které se rostliny nacházejí. V počátečních růstových stádiích, v raných stádiích tvorby květů, kvetení a v době prodlužovacího růstu jsou rostliny velmi citlivé. Rozdíly v citlivosti jsou i patrné u jednotlivých orgánů a pletiv. Nejcitlivější jsou ty části rostliny, které obsahují větší množství vody, tedy pupeny, mladé listy, květy a růstové vrcholy. Dalším kritériem je rychlost ochlazování a stav otužování a více citlivé jsou ty rostliny, které jsou neotužené a nízké teploty se dostaví náhle. Na citlivost má vliv i délka působení chladu na rostliny. Dalším faktorem jsou i vnější podmínky, jako je intenzita světla či rychlost větru před a po působení nízkých teplot. Je důležité brát v úvahu i přítomnost epifytických nukleárně aktivních bakterií Kúdela a kol., 2013).

4.3.3 Obranné mechanismy proti chladu

Primárně dochází k molekulárním a fyziologickým změnám v membráně rostliny, dochází k akumulaci Ca^{2+} , zvýší se hladina ROS a dochází k aktivaci systému ROS (reaktivních forem kyslíku). Dále dochází ke změnám v syntéze bílkovin a cukrů, hromadí se prolin a jsou patrné biochemické změny, které mají vliv na fotosyntézu (Theocharis a kol., 2012).

Na obranu rostlin proti chladu se zvýší hladina thylakoidního plastochinonu A a současně se zvýší zdánlivá velikost mezisystémových dárců elektronů na PSI. Dále je zvýšena hladina zeaxantinu v listech, kdy je snížena spotřeba elektronů pro fotosyntézu a je také udáváno, že přispívá k ochraně proti oxidativnímu poškození. Při působení nízkých teplot se zvýší hladina xanthofylů, které mají také roli v obranném mechanismu. Působí jako přírodní antioxidanty a chrání chloroplasty před škodlivými látkami. V listech a stoncích se hromadí flavonoidy v důsledku nízké teploty (Theocharis a kol., 2012).

ROS (reaktivní formy kyslíku) působí jako signalizační molekuly abiotického stresu a nejsou pouze toxické vedlejší produkty metabolismu. Mají u důležitou funkci v procesu aklimatizace rostlin (Theocharis a kol., 2012).

Dalšími obrannými reakcemi je zvýšení koncentrace kyseliny abscisové – ABA, která slouží jako sekundární signál a hraje roli v transdukcii chladových signálů přes druhotné posli v podobě H_2O_2 a Ca^{2+} . Kyselina abscisová zvyšuje antioxidační obranu a zpomaluje hromadění ROS (Theocharis a kol., 2012).

Zapojení polyaminů je proti působení nízkých teplot poměrně málo popsáné. Hromadí se putrescin, což je důležitá látka pro přežití rostlin při teplotách pod bodem mrazu. Polyaminy a to především diamin putrescin, triamin spermidin a tetramin spermin se zapojují do obranných reakcí proti oxidačnímu stresu, který zmírňují (Theocharis a kol., 2012, Liu a kol., 2013). Uvedení autoři dále konstatují, že tyto látky s vysokou aktivitou hrají důležitou roli v odolnosti rostlin proti mrazu.

Mezi další regulátory patří kyselina gibberelová a auxin. Podílejí se na biosyntéze či na signalizaci rostlinných hormonů. Cytokinin má důležitou úlohu při růstu rostlin při působení chladu (Theocharis a kol., 2012).

4.3.3.1 Ochranné proteiny

Při působení stresu chladem se hromadí hydrofilní proteiny, které patří do skupiny dehydrinů. Jako reakce na chlad či další stres se dále hromadí ceresoidy, volné steroly, glykosidy, arabinoxylany, rafinózy, rozpustné cukry, kyselina glutamová, aminokyseliny (alanin, glycin, prolin a serin), polyaminy a betainy (Theocharis a kol., 2012).

Další ochranou jsou specifické proteiny, jenž se nazývají AFPs, neboli antifreeze proteins (Vítámvás a kol., 2007). Hromadí se v apoplastu během působení chladu a zvyšují odolnost rostlin proti zamrznání. Výzkumy bylo prokázáno, že se nachází v mnoha cévnatých rostlinách, ale nemrznoucí aktivita je patrná pouze při vystavení nízkých teplot u rostlin, které tolerují přítomnost ledu v pletivech. Při hromadění PR (Pathogenesis related) proteinů při působení chladu u přezimujících rostlin byl prokázán zisk nespécifické a preventivní ochrany proti nespécifickým patogenům (Theocharis a kol., 2012). Koc a kol., (2010) uvádí, že apoplastický protein zabraňuje tvorbě velkých krystalů ledu a má primární roli v toleranci rostlin proti mrazu.

4.3.3.2 Prolin

Prolin se řadí mezi aminokyseliny a má zásadní význam pro primární metabolismus (Lászlo a Savouré, 2010). Prolin se hromadí u vyšších rostlin jako reakce na abiotický a biotický stres, tedy i při působení nízké teploty (Koc a kol., 2010). Prolin má více rolí v ochraně rostlin při působení stresu. Působí jako prostředník v osmotickém uspořádání, stabilizátor proteinů a membrán, je induktorem osmotických genů, které souvisí se stresem a odbourává ROS. Prolin reguluje kyselost cytosolu, udržuje poměr NAD⁺ a NADH, zvyšuje fotochemickou aktivitu fotosystému v thylakoidních membránách a snižuje peroxidaci lipidů (Theocharis a kol., 2012).

4.3.4 Diagnóza poškození rostlin chladem

Diagnóza se opírá o posouzení vnějších makroskopických příznaků, možná je i histologie a provádí se analýza průběhu počasí před poškozením a následně po poškození. Ukazatelem je rozmístění poškozených rostlin v porostu a v okolí. Poškození nízkými teplotami je možné určit i z toho, že se v sousedství nachází jiné plodiny se stejnými příznaky. U nízkých teplot je těžší určit poškození chladem než poškození mrazem. Příznaky jsou u poškození chladem méně nápadné a mohou se projevit s odstupem po působení chladu. Poškození mrazem je na listech a stoncích mnohem lépe rozpoznatelné. Zmrzlá pletiva mají před roztáním průsvitný vzhled, který je viditelný hlavně u listů. Po roztání stonky i listy rychle vodnatí, zakrucují se a nastává i vadnutí. Pokud jsou ve vlhkém prostředí, černají a naopak v suchém prostředí hnědnou. Pokud je mrazové poškození čerstvé, epidermis se dá snadno oddělit od pletiv., které jsou pod ní. Rostliny, převážně byliny se z poškození zotavují pouze velmi pomalu. Růst je zpomalen, což naznačuje poškození větších rozměrů, než by se dalo očekávat dle rozsahu odumřelých listů (Kůdela a kol., 2013).

5 Materiál a Metody

Pokusným materiálem byly 3 odrůdy papriky roční: Amy, Lydia a Eva, u nichž se sledoval vliv nízké teploty a aplikace přípravku Atonic na obsah prolinu a relativní výtok elektrolytu (Rel%).

5.1 Rostlinný materiál

5.1.1 Amy

Je raná odrůda nižšího až středního vzrůstu, která je určená ke sklizni v technické zralosti. Plod má bílou až zelenou barvu, je tlustostěnný, ve tvaru jehlance a v botanické zralosti je plod zářivě červený. Má velmi příjemnou chuť a patří mezi první českou odrůdu „maďarského“ typu. Pokud je vhodná agrotechnika, má stabilně vysoký výnos. Ze 100 m² je možné sklídit 500–800 kg lusků v technické zralosti, které budou mít dobrou kvalitu (dobrasemena.cz).

5.1.2 Lydia

Patří mezi rané odrůdy pravých kapií, s vysokou úrodností. Řadí se mezi odrůdy vyššího až vysokého vzrůstu, je podobný typ jako odrůdy Kurtovskaja Kapia a Zlaten Medajl hojně rozšířené v Balkánských zemích. Plody jsou v technické zralosti světle zelené a v botanické zralosti přecházejí v červenou barvu. Nejsou pálivé a mají pevné stěny, které při sterilaci neměknou (dobrasemena.cz).

5.1.3 Eva

Patří mezi rané odrůdy, určená pro polní pěstování i pro pěstování ve sklenících a fóliovnících. Plody mají kuželovitý tvar a dužina je velmi silná. Patří mezi druh, který je vhodný pro pěstování na podpůrné síti. Pro stádium klíčení je velice důležitá stálá teplota (20-24 °C) a po přesazení je důležité udržovat teplotu 10-20 °C (specialnizahradnictvi.cz). Plody mají žlutou až červenou barvu (abecedazahrady.dama.cz).

5.2 Založení pokusu

Rostliny papriky byly pěstovány v řízených podmínkách klimaboxu Conviron typu E8 od výrobce Schoeller instruments. Rostliny byly pěstovány v nádobách o velikosti 11x11cm, ve směsi zahradnického substrátu a křemičitého písku (2:1). Použitým zahradnickým substrátem byl Zahradní substrát A. Uvedený substrát je vhodný pro výsev, množení a

řízkování. Tento substrát je směs rašelin, jemně mletého vápence a vícesložkového minerálního hnojiva.

Schéma nádobového pokusu zahrnovala dvě varianty: kontrolní a stresovanou – působení nízké teploty 5 °C. Varianty kontrolní a stresovaná byly dále členěna na dvě dílčí varianty – varianta bez ošetření přípravkem Atonic a varianta s aplikací přípravku Atonic v 6. dnu působení stresu. Rostliny papriky roční byly vystaveny vlivu nízké teploty po dobu 12 dnů a poté následovala regenerace 11 dní.

Kontrolní rostliny byly pěstovány ve skleníku katedry botaniky a fyziologie rostlin FAPPZ. Rostliny byly v pěstebních nádobách umístěny po jedné a byly pravidelně zalévány. Teplota ve skleníku byla nastavena na 20 °C přes den a na 16 °C přes noc.

Rostliny stresované byly pěstovány v klimaboxu Conviron při okolní teplotě prostředí 5 C. Rostliny byly v pěstebních nádobách umístěny po jedné a byly pravidelně zalévány.

Atonic je rostlinný stimulant, který slouží pro omezení stresů během vegetace a slouží pro rychlejší regeneraci poškozených částí rostlin. Skládá se z účinných látek: 2 – methoxy – 5 - nitrofenol Na (1 g), 2 – nitrofenol Na (2 g), 4 – nitrofenol Na (3 g). Aplikuje se postřikem na list a následně je přípravek vstřebán do pletiv v rostlině. Na papriku roční se aplikuje na začátku kvetení postřikem v dávce 1 litr přípravku/600 litrů vody na 1 ha. Za 14 dní se proces opakuje a aplikace se provádí maximálně dvakrát za vegetační sezonu (agromanual.cz).

5.3 Měřené charakteristiky

U juvenilních rostlin byl sledován obsah prolinu a relativní výtok elektrolytu. Uvedené charakteristiky byly stanovovány ve dvoudenních intervalech.

5.3.1 Stanovení obsahu prolinu

Bylo naváženo 0,5 g listového pletiva, které bylo zbaveno středního žebra. Do třecí misky bylo k navážce přidáno celkem 5 ml 3 % kyseliny sulfosalicylové. V prvním kroku byl přidán 1 ml kyseliny a vše se rozetřelo tloučkem na jemnou kašičku, poté byly přidány zbylé 4 ml kyseliny a tloučkem se krátce promíchávalo. Přes filtrační papír se obsah z třecí misky přefiltroval do zkumavky, která byla postavena ve stojánku a nechladila se. Následně se k 1 ml vzorku přidal 1 ml ninhydrinu a 1 ml kyseliny octové a vzniklá reakční směs byla promíchávána na třepačce. Poté se reakční směs vařila 30 minut ve vodní lázni. Následovalo zchlazení v ledové vodě a po úplném zchlazení zkumavky se přidaly 3 ml toluenu. Směs se důkladně

zamíchala a po oddělení fází (minimálně 20 minut) následovalo měření na spektrofotometru při 520 nm. Jako blank byl při měření používán čistý toluen (Bates a kol., 1973).

5.3.2 Relativní výtok elektrolytu (REL%)

Z různých částí listu byl odebrán soubor 5 terčíků o průměru 1,3 cm. Terčíky byly promývány destilovanou vodou po dobu cca 2 minuty a následně se nechaly 24 hodin ve skleněných zkumavkách v 5 ml destilované vody. Po 24 hodinách byly zkumavky s terčíky vystaveny 20 minut varu ve vodní lázni, čímž bylo dosaženo maximálního poškození. Měření vodivosti roztoku bylo prováděno po 24 hodinách od odběru (REL 1) a po 24 hodinách od dosažení maximálního poškození (REL 2). Míra poškození (REL %) byla na základě změny vodivosti roztoku vyjádřena procentuálně jako poměr REL 1 : REL 2. Měření bylo prováděno konduktometrem GRYF 106 L3 (Campos a kol., 2003).

5.3.3 Statistické zpracování výsledků

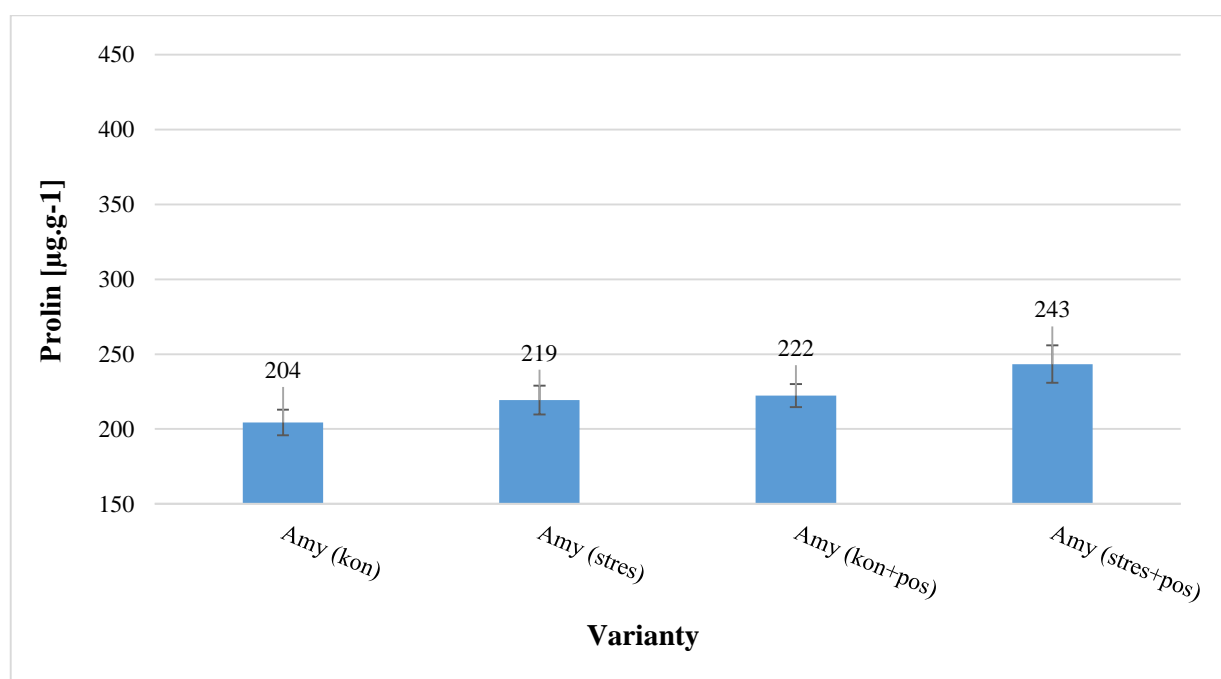
Pro statistické vyhodnocení dat byl použit program STATISTICA 12. Pro statistické zpracování dat byla použita Analýza rozptylu (ANOVA, metoda nejmenších čtverců). Data byla testována při hladině významnosti $\alpha = 0,05$. Počet opakování byl 4.

6 Výsledky

U juvenilních rostlin papriky roční byl sledován obsah prolinu a relativní výtok elektrolytu při působení nízkých teplot a aplikace antistresové látky Atonic. Uvedené charakteristiky byly sledovány u dvou variant – kontrolní a stresová ve dvoudenních intervalech.

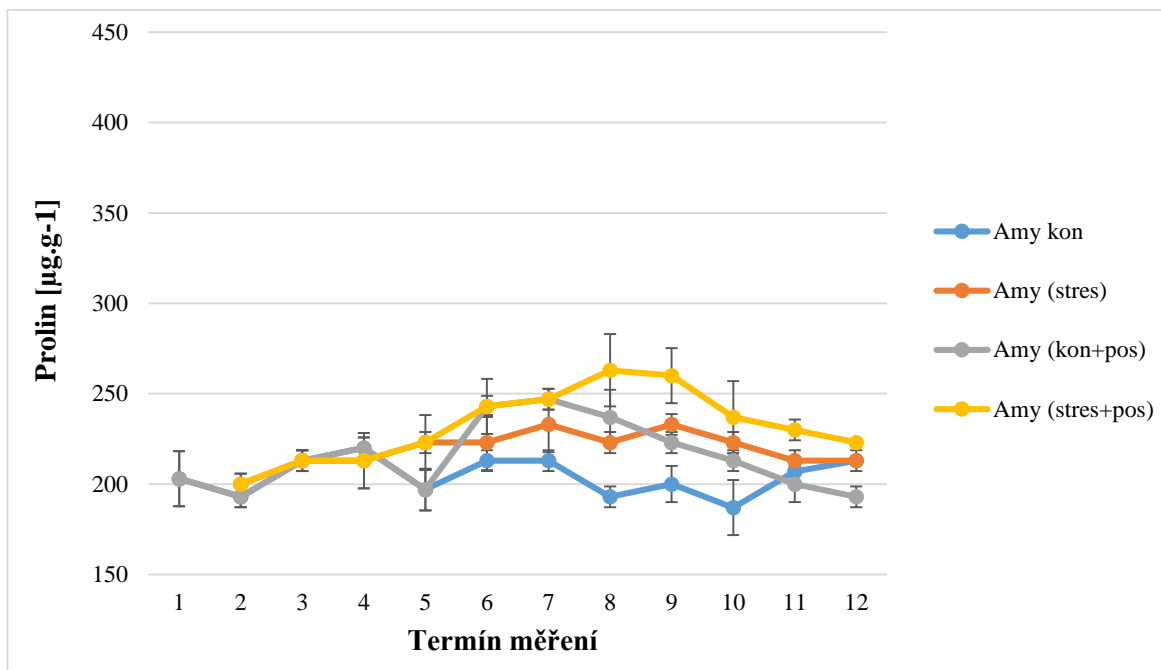
6.1 Obsah prolinu

Graf 1: Obsah prolinu ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) odrůdy Amy v závislosti na variantě pokusu ($\alpha = 0,05$)



Z grafu 1 vyplývá, že obsah prolinu byl u odrůdy Amy nejnižší u neošetřené kontrolní varianty ($204 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$). Naopak nejvyšší obsah prolinu byl zjištěn u ošetřené stresované varianty ($243 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$). U rostlin kontrolních a stresovaných se obsah prolinu zvýšil v porovnání s neošetřenými variantami o 9 % u kontrolní varianty a o 11 % u stresované varianty. Jedná se o statisticky průkazné zvýšení obsahu prolinu v listech papriky roční.

Graf 2: Obsah prolinu ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) odrůdy Amy v závislosti na variantě pokusu a době působení stresu ($\alpha = 0,05$)

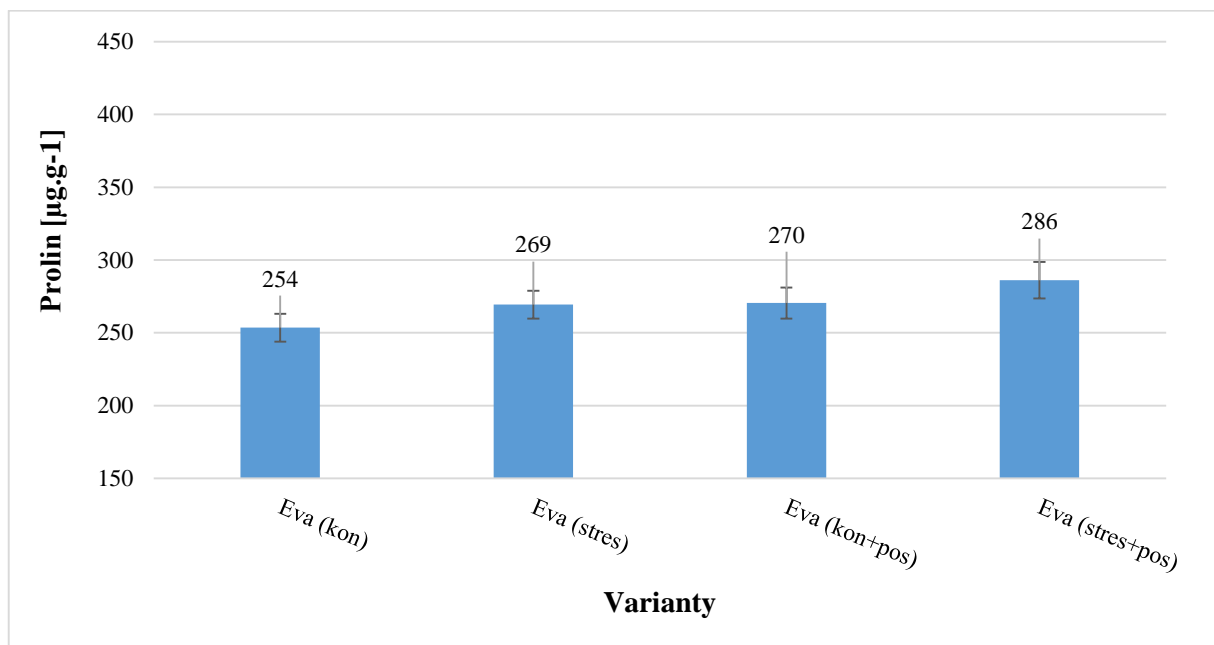


Z grafu 2 vyplývá, že nejnižší množství prolinu bylo naměřeno u neošetřené kontrolní varianty. U této varianty byl obsah v rozpětí hodnot od $187 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ (10. termín) do $220 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ (4. termín). Naměřené hodnoty obsahu prolinu nevykazovaly trend v nárůstu či poklesu hodnot, byly relativně vyrovnané. U kontrolních rostlin ošetřených přípravkem Atonic byl před jeho aplikací shodný obsah prolinu s neošetřenými rostlinami. Nejnižší obsah prolinu před ošetřením přípravkem Atonic byl $193 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ (2. termín) a naopak nejvyšší $220 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ (4. termín). Po aplikaci přípravku Atonic byl obsah prolinu nejvyšší $247 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ (7. měření) a poté je možné zaznamenat postupný pokles jeho obsahu až do konce sledovaného období, kdy jeho množství činilo $193 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, jak dokládá graf 2. Tento pokles je téměř lineární. V případě rostlin stresovaných nízkou teplotou se obsah prolinu nejprve zvyšuje z hodnoty $200 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ na hodnotu $233 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ (7. měření). Na konci působení nízké teploty byla naměřena maximální hodnota obsahu prolinu u neošetřené stresované varianty ($233 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$). V porovnání s obdobím na počátku zahájení stresu se jedná o průkazné zvýšení prolinu v buňkách listové čepele. Po navození vyšší teploty se obsah prolinu spíše snižoval, a přestože bylo zaznamenáno v 9. termínu měření jeho zvýšení na hodnotu $233 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ od tohoto zvýšení až do konce pokusu se obsah prolinu v listech snižoval až na hodnotu $213 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, viz graf 2.

Z grafu 2 je dále patrné, že po aplikaci přípravku Atonic, v 6. dnu působení stresu, se nejprve obsah prolinu zvyšoval z hodnoty $243 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ na hodnotu $263 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ (8. termín). Od 9.

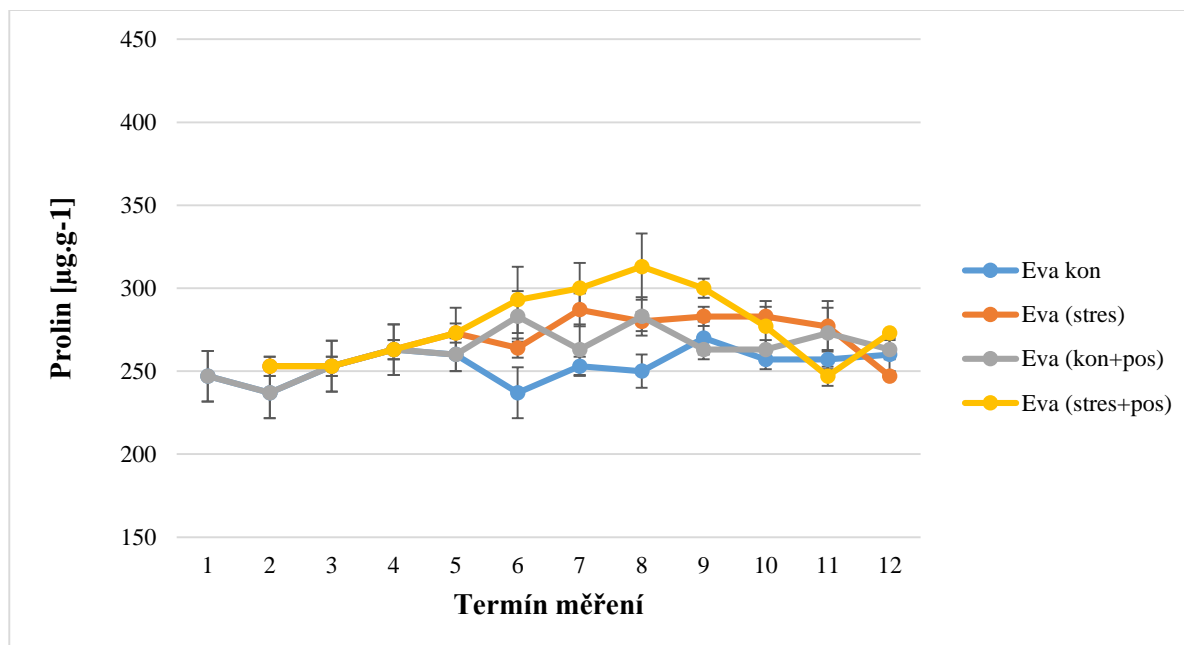
termínu se postupně obsah prolinu vlivem nejenom aplikace přípravku Atonic a následné regenerace vyšší teplotou snižoval. Na konci pokusu byl obsah prolinu naměřen ve výši $223 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$.

Graf 3: Obsah prolinu ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) odrůdy Eva v závislosti na variantě pokusu ($\alpha = 0,05$)



Z grafu 3 je patrné, že obsah prolinu byl u odrůdy Eva nejnižší u neošetřené kontrolní varianty ($254 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$). Naopak nejvyšší obsah prolinu byl zjištěn u ošetřené stresované varianty ($286 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$). U rostlin kontrolních a stresovaných se obsah prolinu zvýšil v porovnání s neošetřenými variantami o 6 %. Jedná se o statisticky průkazné zvýšení obsahu prolinu v listech papriky roční.

Graf 4: Obsah prolinu ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) odrůdy Eva v závislosti na variantě pokusu a době působení stresu ($\alpha = 0,05$)

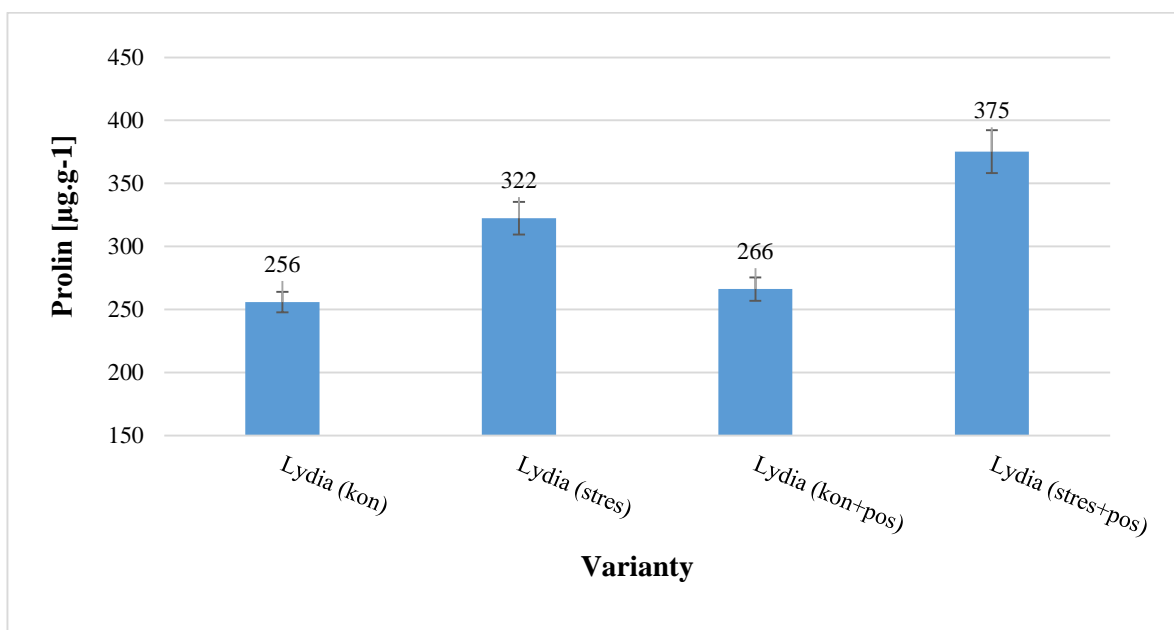


Z grafu 4 vyplývá, že nejnižší množství prolinu bylo naměřeno u neošetřené kontrolní varianty. U této varianty byl obsah prolinu v rozpětí hodnot od $237 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ (2. a 6. termín) do $270 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ (9. termín). Naměřené hodnoty obsahu prolinu nevykazovaly trend v nárůstu či poklesu hodnot, byly relativně vyrovnané. U kontrolních rostlin ošetřených přípravkem Atonic byl před jeho aplikací shodný obsah prolinu s neošetřenými rostlinami. Nejnižší obsah prolinu před ošetřením přípravkem Atonic byl $237 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ (2. termín) a naopak nejvyšší $263 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ (4. termín). Po aplikaci přípravku Atonic byl obsah prolinu nejvyšší $283 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ (6. a 8. měření) a poté je možné zaznamenat pokles hodnoty obsahu prolinu na konečných $263 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$. Není patrný sestupný trend, nýbrž střídavé hodnoty v obsahu prolinu, jak je patrné z grafu 4. V případě rostlin stresovaných nízkou teplotou se obsah prolinu nejprve zvyšuje z hodnoty

$253 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ na hodnotu $273 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ (5. měření). Následuje střídavý trend v obsahu prolinu a od 10. měření následuje pokles na konečných $247 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$. Není statisticky průkazné zvyšování či snižování obsahu prolinu v listech papriky roční.

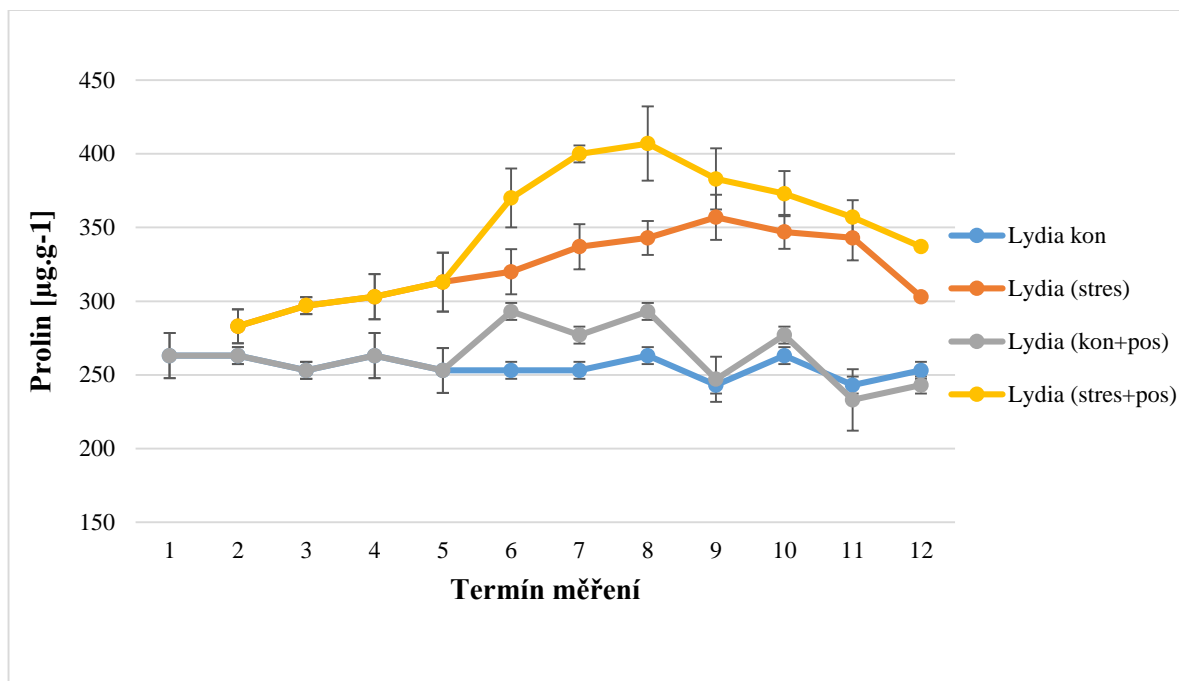
Z grafu 4 je dále patrné, že po aplikaci přípravku Atonic, v 6. dnu působení stresu, se nejprve obsah prolinu zvyšoval z hodnoty $293 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ na hodnotu $313 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ (8. termín). Od 9. termínu se postupně obsah prolinu vlivem nejenom aplikace přípravku Atonic a následné regenerace vyšší teplotou snižoval do 11. měření – $247 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, což je nejnižší obsah naměřeného prolinu v této variantě. Na konci pokusu byl obsah prolinu naměřen u této varianty ve výši $273 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$.

Graf 5: Obsah prolinu ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) odrůdy Lydia v závislosti na variantě pokusu ($\alpha = 0,05$)



Obsah prolinu byl u odrůdy Lydia nejnížší opět u neošetřené kontrolní varianty ($256 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$). Naopak nejvyšší obsah prolinu byl zjištěn u ošetřené stresované varianty ($375 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$). U této odrůdy byl naměřen nejvyšší rozdíl v obsahu prolinu mezi jednotlivými variantami. U rostlin kontrolních a stresovaných se obsah prolinu zvýšil v porovnání s neošetřenými variantami o 4 % a o 16 %. Jedná se o průkazné zvýšení obsahu prolinu v listech papriky roční, jak dokládá graf 5.

Graf 6: Obsah prolinu ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) u odrůdy Lydia v jednotlivých termínech měření u všech sledovaných variant ($\alpha = 0,05$)

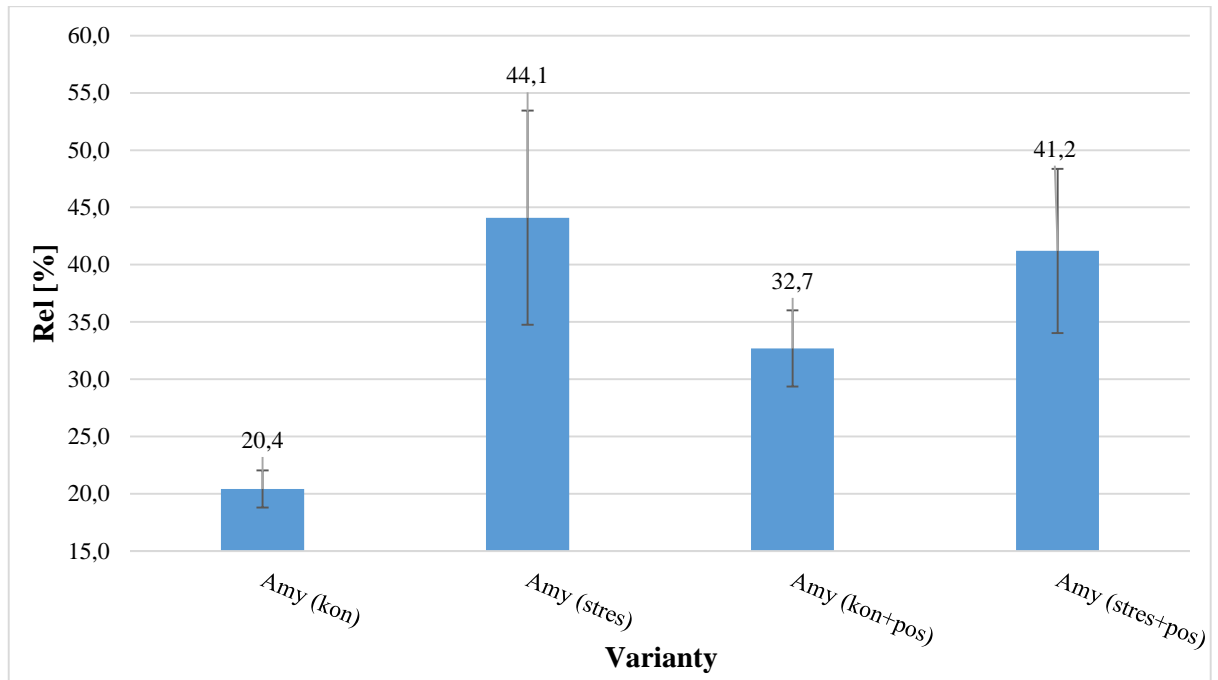


Nejnižší množství prolinu bylo naměřeno u ošetřené kontrolní varianty ($233 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$). U neošetřené kontrolní varianty byl obsah prolinu v rozpětí hodnot od $243 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ (9. a 11. termín) do $263 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ (1., 2., 4., 8. a 10. termín). Naměřené hodnoty obsahu prolinu nevykazovaly trend v nárůstu či poklesu hodnot a byly velmi vyrovnané, jak dokládá graf 6. Z uvedeného grafu je dále patrné, že u kontrolních rostlin ošetřených přípravkem Atonic byl před jeho aplikací shodný obsah prolinu s neošetřenými rostlinami. Nejnižší obsah prolinu před ošetřením přípravkem Atonic byl $253 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ (3. a 5. termín) a naopak nejvyšší $263 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ v ostatních termínech. Po aplikaci přípravku Atonic byl obsah prolinu nejvyšší $293 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ (6. a 8. měření) a poté je patrný střídavý vzestup a pokles v obsahu prolinu. Nejnižší obsah prolinu byl naměřen v 11. termínu měření – $233 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$. V případě rostlin stresovaných nízkou teplotou se obsah prolinu nejprve zvyšuje z hodnoty $283 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ na hodnotu $357 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ (9. měření). Následně je možné pozorovat průkazný pokles v obsahu prolinu až na konečných $303 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, jak je patrné z grafu 6.

Dále je možné z grafu 6 určit, že po aplikaci přípravku Atonic, v 6. dnu působení stresu, se nejprve obsah prolinu zvyšoval z hodnoty $370 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ na hodnotu $407 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ (8. termín). Od 9. termínu se postupně obsah prolinu vlivem nejenom aplikace přípravku Atonic a následně regenerace vyšší teplotou snižoval na konečný obsah $337 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$. Pokles v obsahu prolinu od 9. termínu měření je téměř lineární, jak je patrné z grafu číslo 6.

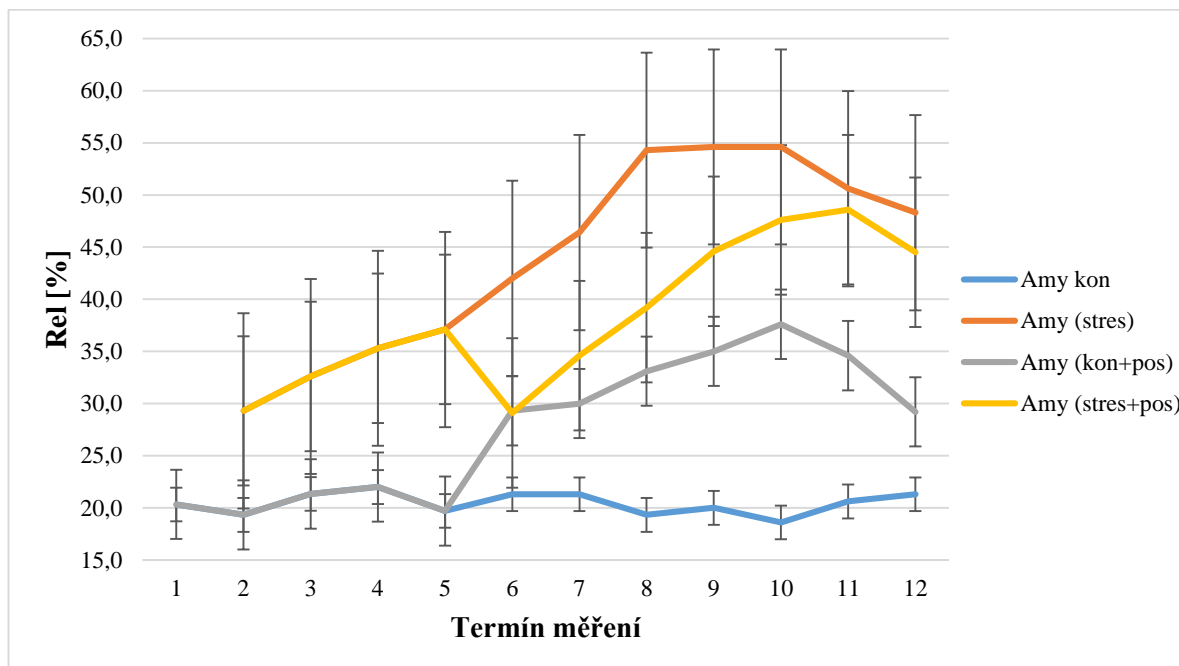
6.2 Relativní výtok elektrolytu – Rel%

Graf 7: Relativní výtok elektrolytu (%) odrůdy Amy v závislosti na variantě pokusu ($\alpha = 0,05$)



Z grafu 7 vyplývá, že relativní výtok elektrolytu byl u odrůdy Amy nejvyšší u stresované varianty bez použití přípravku Atonic – 44,1 %. U varianty stresované s použitím přípravku Atonic byl relativní výtok elektrolytu 41,2 %. Nižší relativní výtok elektrolytu byl stanoven u varianty kontrolní s použitím postřiku – 32,7 %. Nejnižší výtok elektrolytu byl naměřen u kontrolní varianty bez použití přípravku Atonic – 20,4 %. Jak dokládá graf 7, je patrný rozdíl v relativním výtoku elektrolytu mezi kontrolní variantou a ostatními variantami. Také je patrný rozdíl mezi ošetřenou kontrolní variantou a variantami stresovanými.

Graf 8: Relativní výtok elektrolytu (%) odrůdy Amy v závislosti na variantě pokusu a době působení stresu ($\alpha = 0,05$)

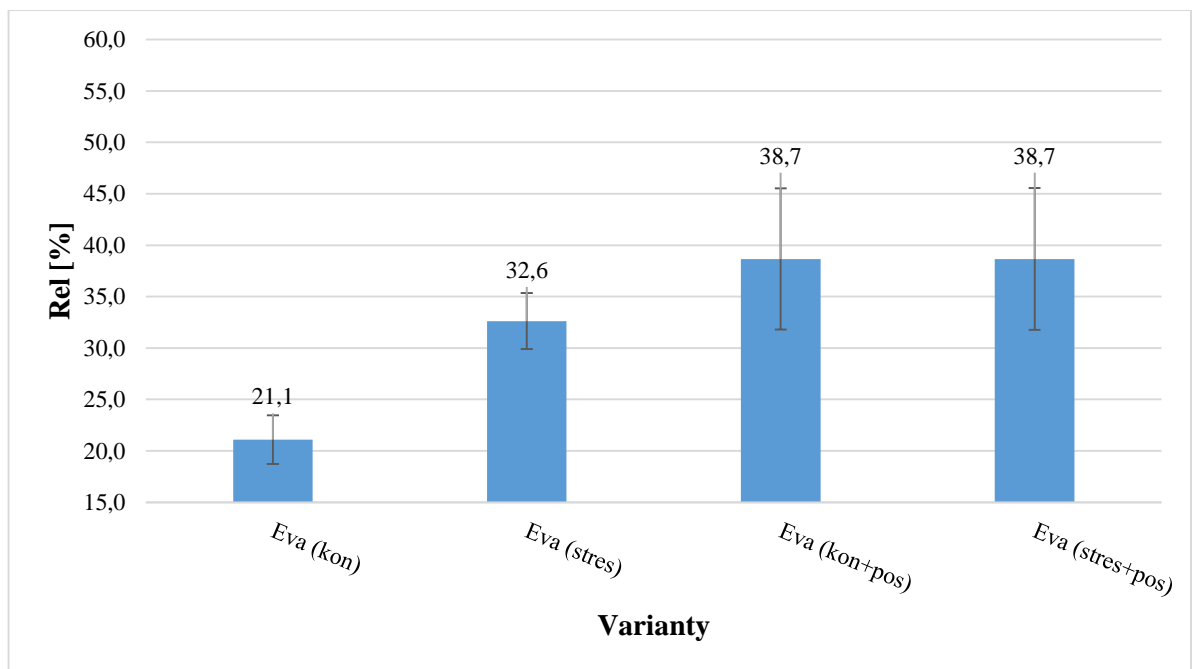


Z grafu 8 je zřejmé, že relativní výtok elektrolytu u kontrolní varianty v žádném termínu měření nepřekročil hranici 22 %. V rámci jednotlivých termínů měření nebyly nalezeny průkazné diference, míra poškození membrány byla relativně stabilní. Relativní výtok elektrolytu kontrolních, neošetřených rostlin, byl v intervalu hodnot od 18,6 % (10. termín) do 22 % (4. termín). V případě kontrolních rostlin ošetřených přípravkem Atonic nebyl zaznamenán výrazný trend v nárůstu či poklesu hodnot relativního výtoku elektrolytů mezi 1. termínem (20,3 %) a 5. termínem měření (19,7 %). Po postřiku přípravkem Atonic, který se uskutečnil 6. termín měření, se hodnota Rel% zvýšila na 29,3 %. Od tohoto termínu až do 10. termínu se hodnoty relativního výtoku elektrolytu téměř lineárně zvyšovaly až na 37,6 %. Uvedený vzestup míry poškození membrány byl vystřídán statisticky průkazným poklesem Rel% až na hodnotu 29,2 %.

V případě rostlin stresovaných se relativní výtok elektrolytu zvyšoval od doby zahájení pokusu (29,3 %) až do ošetření přípravkem Atonic, tedy do 5. měření (37,1 %). Jedná se o statisticky průkazné zvyšování míry poškození membrány. Po přenesení rostlin do kontrolních podmínek byly rozdíly v relativním výtoku elektrolytů neprůkazné. V tomto období byla průměrná hodnota Rel% ve výši cca 50 %, jak dokumentuje graf 8. Poté již dochází k poklesu poškození membrány na úroveň 48,3 %. Z uvedeného grafu 8 je dále patrné, že po aplikaci přípravku Atonic ve stresované variantě se naopak míra poškození membrány, stanovována na

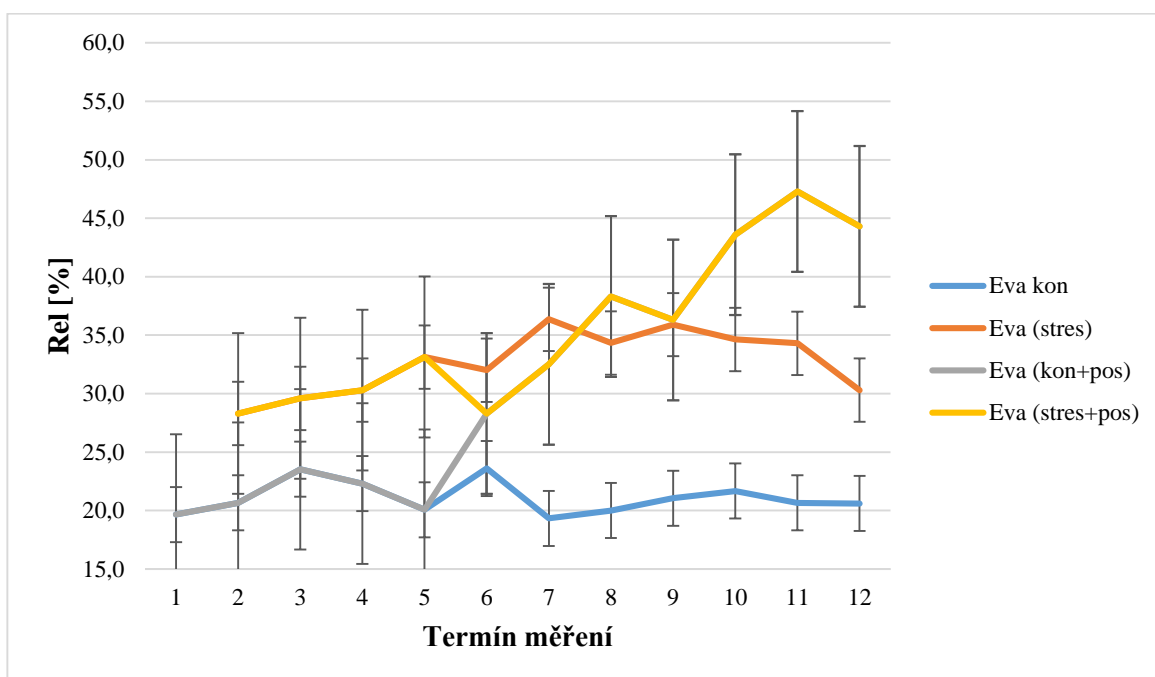
základě relativního výtoku elektrolytů, zvyšovala z hodnoty 29,1 % (6. termín měření) až na hodnotu 48,6 % (11. termín měření). V období po přenesení do kontrolních podmínek se relativní výtok elektrolytu zvyšuje z 29,1 % (6. termín měření) až na hodnotu 48,6 % (11. termín měření).

Graf 9: Relativní výtok elektrolytu (%) odrůdy Eva v závislosti na variantě pokusu ($\alpha = 0,05$)



Z grafu 9 vyplývá, že relativní výtok elektrolytu byl u odrůdy Eva nejvyšší u ošetřené kontrolní varianty a stresované varianty s použitím přípravku Atonic – 38,7 %. U neošetřené stresované varianty byl relativní výtok elektrolytu stanoven na 32,6 %. Rozdíl u těchto dvou variant byl statisticky neprůkazný. Podstatně nižší relativní výtok elektrolytu byl stanoven u varianty neošetřené kontrolní 21,1 %. Rozdíl mezi kontrolními variantami byl statisticky průkazný.

Graf 10: Relativní výtok elektrolytu (%) odrůdy Eva v závislosti na variantě pokusu a době působení stresu ($\alpha = 0,05$)

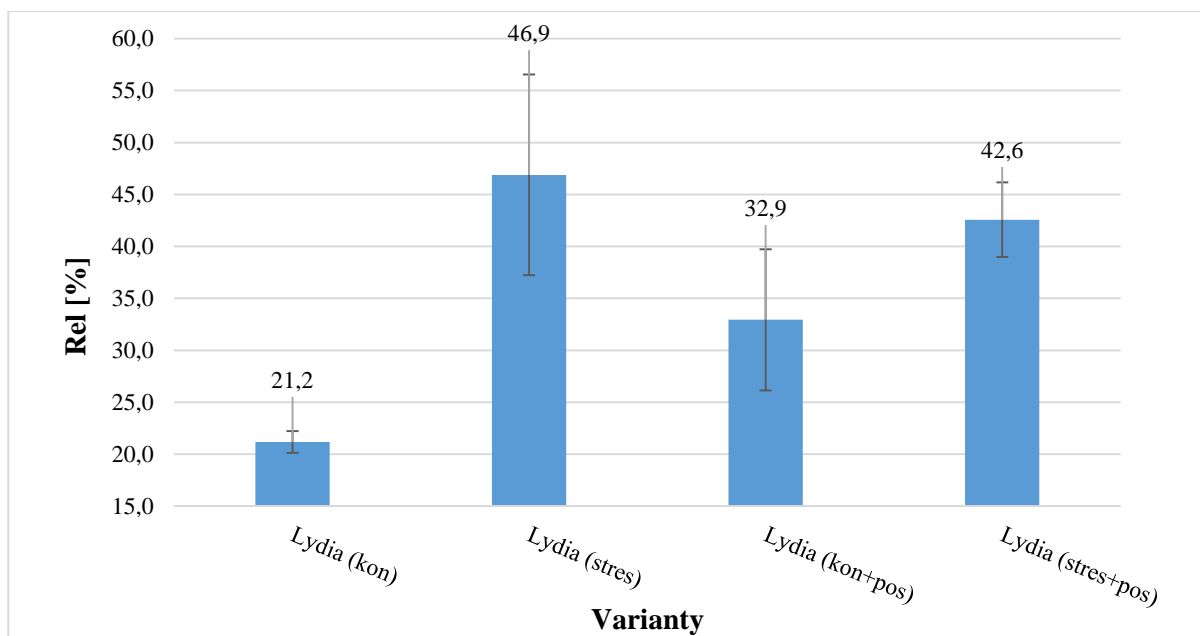


Z grafu 10 je patrné, že relativní výtok elektrolytu u kontrolní varianty v žádném termínu měření nepřekročil hranici 24 %. V rámci jednotlivých termínů měření nebyly nalezeny průkazné diference, míra poškození membrány byla relativně stabilní. Relativní výtok elektrolytu kontrolních, neošetřených rostlin, byl v intervalu hodnot od 19,3 % (7. termín) do 23,6 % (6. termín). V případě kontrolních rostlin ošetřených přípravkem Atonic nebyl zaznamenán výrazný trend v nárůstu či poklesu hodnot relativního výtoku elektrolytů mezi 1. termínem (19,7 %) a 5. termínem měření (20,1 %). Po postřiku přípravkem Atonic, který se uskutečnil 6. termín měření, se hodnota Rel% zvýšila na 28,3 %. Od tohoto termínu do 8. termínu se hodnoty relativního výtoku elektrolytu zvyšovaly na hodnotu 38,3 %. Při 9. měření byl zaznamenán pokles na 36,3 % a z grafu 10 je viditelný střídavý trend v relativním výtoku elektrolytu až na konečnou hodnotu 44,3 % (12. měření).

V případě rostlin stresovaných se relativní výtok elektrolytu zvyšoval od doby zahájení pokusu (28,3 %) až do ošetření přípravkem Atonic, tedy do 5. měření (33,1 %). Jedná se o statisticky průkazné zvyšování míry poškození membrány. Po přenesení rostlin do kontrolních podmínek byly rozdíly v relativním výtoku elektrolytů neprůkazné. V tomto období byla průměrná hodnota Rel% 34 %, jak dokumentuje graf 10. Poté již dochází k poklesu poškození membrány na úroveň 30%. Z uvedeného grafu 10 je dále patrné, že po aplikaci přípravku Atonic ve stresované variantě se naopak míra poškození membrány, stanovována na základě

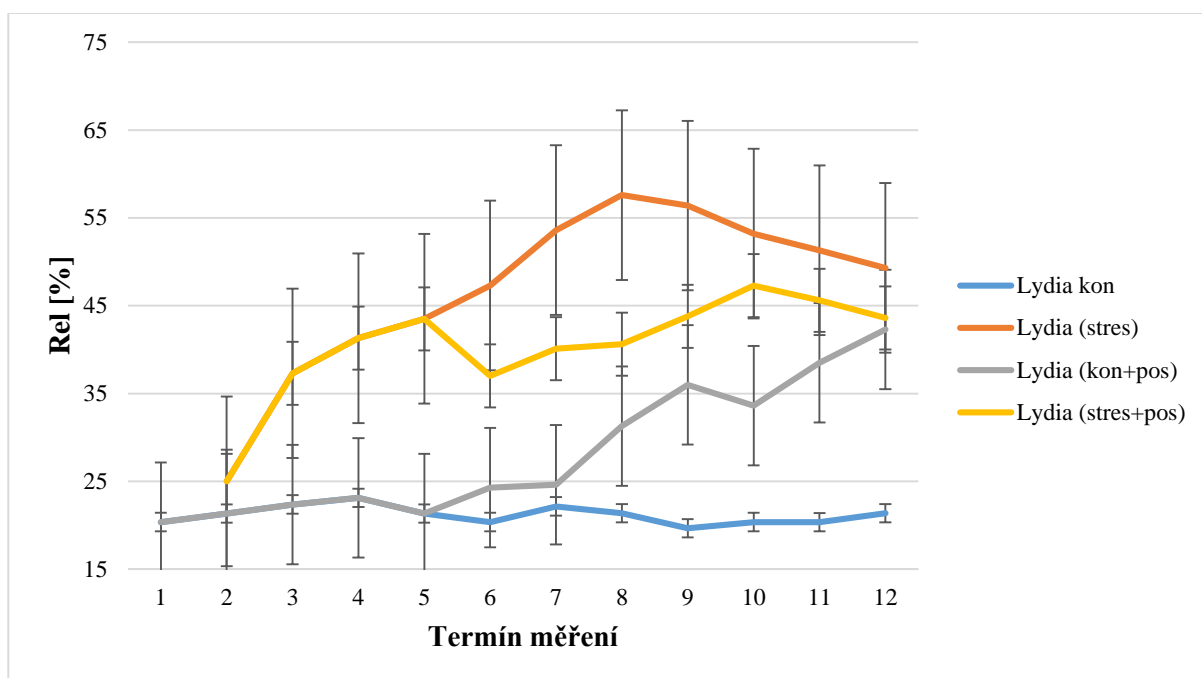
relativního výtoku elektrolytů, zvyšovala z hodnoty 28,3 % na hodnotu 38,3 % (8. termín měření). Poté následoval pokles a následně opět vzrůst relativního výtoku elektrolytu. V posledním termínu byl naměřen pokles na 44,3 %. Není zde průkazné snížení či zvýšení relativního výtoku elektrolytu, viz graf 10.

Graf 11: Relativní výtok elektrolytu (%) odrůdy Lydia v závislosti na variantě pokusu ($\alpha = 0,05$)



Z grafu 11 vyplývá, že relativní výtok elektrolytu byl u odrůdy Lydia nejvyšší u neošetřené stresované varianty – 46,9 %. U ošetřené stresované varianty byl relativní výtok elektrolytu ve výši 42,6 %. U varianty ošetřené kontrolní byl sledován relativní výtok elektrolytu 32,9 %. Podstatně nižší relativní výtok elektrolytu byl stanoven u varianty neošetřené kontrolní 21,2 %. Rozdíl mezi kontrolními variantami byl statisticky průkazný.

Graf 12: Relativní výtok elektrolytu (%) odrůdy Lydia v závislosti na variantě pokusu a době působení stresu ($\alpha = 0,05$)



Z grafu 12 je patrné, že relativní výtok elektrolytu u kontrolní varianty v žádném termínu měření nepřekročil hranici 23,5 %. V rámci jednotlivých termínů měření nebyly nalezeny průkazné diference, míra poškození membrány byla relativně stabilní. Relativní výtok elektrolytu kontrolních, neošetřených rostlin, byl v intervalu hodnot od 19,7 % (9. termín) do 23,1 % (4. termín). V případě kontrolních rostlin ošetřených přípravkem Atonic byl zaznamenán trend v nárůstu hodnot relativního výtoku elektrolytů mezi 1. termínem (20,4 %) a 4. termínem měření (23,1 %). Po postřiku přípravkem Atonic, který se uskutečnil 6. termín měření, se hodnota Rel % zvýšila na 24,3 %. Od tohoto termínu až do 9. termínu se hodnoty relativního výtoku elektrolytu zvyšovaly až na hodnotu 36 %. Následně je patrný pokles a v posledním měření zvýšený výtok elektrolytu na konečnou hodnotu 42,3 %, viz graf 12. Nebyl tedy prokázán statisticky významný pokles či zvýšení poškození membrány.

V případě rostlin stresovaných se relativní výtok elektrolytu zvyšoval od doby zahájení pokusu (25 %) až do ošetření přípravkem Atonic, tedy do 5. měření (43,5 %). Jedná se o statisticky průkazné zvyšování míry poškození membrány. Po přenesení rostlin do kontrolních podmínek byla průměrná hodnota Rel% 54 %. Poté již dochází k poklesu poškození membrány na úroveň 49,3 %. Z uvedeného grafu je dále patrné, že po aplikaci přípravku Atonic ve stresované variantě se naopak míra poškození membrány, stanovována na základě relativního výtoku elektrolytů, zvyšovala z hodnoty 37 % (6. termín měření) na hodnotu 47,3 % (10. termín měření). Poté dle grafu číslo 12 následoval pokles relativního výtoku elektrolytu na konečnou

hodnotu 43,6 % (12. termín měření). Je průkazné zvýšení relativního výtoku elektrolytu od použití přípravku Atonic do 10. termínu měření.

7 Diskuze

V byly sledovány fyziologické reakce souboru genotypů papriky roční při působení nízkých teplot a aplikace antistresové látky Atonic na počátku vegetativního růstu rostlin. U juvenilních rostlin papriky roční byl stanovován obsah prolinu a relativní výtok elektrolytu.

7.1 Obsah Prolinu

Nejnižší obsah prolinu byl u všech odrůd zjištěn v kontrolní variantě za normálních podmínek bez působení stresu (teplota 5 °C). U odrůdy Amy bylo naměřeno 204 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, u Evy 254 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ a u Lydie 256 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$. Nejvyšší obsah prolinu byl u všech odrůd naměřen ve stresované variantě (teplota 5 °C) s použitím přípravku Atonic. U odrůdy Amy bylo naměřeno 243 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, u Evy 286 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ a u Lydie 375 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$. Uvedený závěr, že obsah prolinu se zvyšuje u rostlin ovlivněných stresem, ve své práci také uvádí např. Koc a kol. (2010). Podobné zjištění ve svém článku uvádí i Pradhan a kol., (2013), který popisuje vliv nízké teploty na brukev a udává, že hromadění prolinu bylo vyšší při působení nízké teploty. Z výsledků Szabados a Savouré (2010) vyplývá, že se prolin hromadí u mnoha druhů rostlin jako reakce na stres abiotický i biotický, tedy i stres způsobený nízkou či vysokou teplotou. Tento závěr byl potvrzen také u rostlin paprik ovlivněných nízkou teplotou.

Byl také prokázán vliv genotypu na obsah prolinu, neboť nejnižší průměrný obsah prolinu vykazuje odrůda Amy a naopak nejvyšší odrůda Lydia. Z výsledků např. Koce a kol. (2010), Pradhan a kol., (2013) vyplývá, že obsah prolinu je ovlivněn genetickým základem rostlin. Koc a kol (2010) uvádí rozdíl v obsahu prolinu v listech i stoncích papriky roční u dvou zkoumaných odrůd.

Byl prokázán vliv antistresové látky na obsah prolinu u jednotlivých odrůd papriky roční v kontrolní i stresované variantě. U odrůdy Amy v kontrolní variantě došlo ke zvýšení obsahu prolinu o 9 %, u Evy došlo ke zvýšení o 6 % a u Lydie o 4 %. Ve stresované variantě došlo u Amy ke zvýšení o 11 %, u Evy o 6 % a u Lydie o 16 %. Pradhan a kol (2013) uvádí, že při použití EBR (Epibrassinolide) došlo k významnému zvýšení obsahu prolinu u odrůd, které byly vystaveny stresové situaci (nízká či vysoká teplota).

7.2 Relativní výtok elektrolytu

Nejnižší relativní výtok elektrolytu byl u všech odrůd naměřen v kontrolní variantě bez použití přípravku Atonic. Amy – 20,4 %, Eva – 21,1 % a Lydia – 21,2 %. Je zřejmé, že jsou tyto nejnižší hodnoty u všech odrůd velmi podobné. Nejvyšší relativní výtok elektrolytu byl u odrůd Amy a Lydia naměřen u varianty stresované (teplota 5 °C) bez použití přípravku Atonic. U genotypu Eva byl nejvyšší relativní výtok elektrolytu stanoven u variant kontrolní s použitím přípravku Atonic a stresované s použitím přípravku Atonic. Amy – 44,1 %, Eva – 38,7 % a Lydia – 46,9 %.

Wang a kol., (2012) se zabývali změnou v propustnosti membrány pomocí měření relativního výtoku elektrolytu. Z jejich výsledků vyplývá, že se relativní výtok elektrolytu od počátku měření do dalších měření zvyšuje. Uvedený závěr potvrzují získané výsledky vlivu nízké teploty a aplikace antistresové látky na rostliny papriky.

Liu a kol., (2013) uvádí, že relativní výtok elektrolytu byl vyšší při působení nízkých teplot. Dále potvrzují, že se relativní výtok elektrolytu zvyšuje s postupným měřením u kontrolní varianty i u varianty ošetřené (Liu a kol., 2013). Zjištěné výsledky potvrzují, že relativní výtok elektrolytu byl vyšší při působení nízkých teplot u neošetřených variant. U ošetřených variant byl také zjištěn vyšší relativní výtok elektrolytu u rostlin, které byly vystaveny stresu, výjimkou je odrůda Eva, kde jsou výsledky shodné. Výsledky Wang a kol., (2012) naznačují, že účinnost postřiku a působení nízké teploty se více projevuje až po 20 dnech. Poté se relativní výtok elektrolytu začíná rovnat kontrolní variantě. Vliv nízké teploty a postřiku je méně patrný ze začátku doby měření (Wang a kol., 2012). Výsledky se shodují s výsledky Wang a kol (2012), že vliv nízké teploty a postřiku je méně patrný ze začátku doby měření.

Vliv genotypu na relativní výtok elektrolytu nebyl jednoznačně prokázán, jelikož průměrný relativní výtok elektrolytu se u všech odrůd pohybuje v rozmezí od 33 % (Eva) do 36 % (Lydia).

Při použití antistresové látky Atonic v kontrolní variantě došlo ke zvýšení relativního výtoku elektrolytu u všech odrůd. U odrůdy Amy došlo ke zvýšení o 12,3 %, u odrůdy Eva bylo naměřeno zvýšení o 17,6 % a u odrůdy Lydia bylo patrné zvýšení o 11,7 %. Ve stresované variantě se výsledky neliší tak výrazně, jako ve variantě kontrolní. U odrůd Amy a Lydia došlo ke snížení relativního výtoku elektrolytu po použití přípravku Atonic. U Amy došlo ke snížení

o 3 % a u Lydie o 4 %. U odrůdy Eva došlo ke zvýšení o 6 %. Z výsledků Liu a kol., (2013) vyplývá, že rostliny ošetřené spermidinem ve stresové situaci měly nižší relativní výtok elektrolytů ve srovnání s kontrolou, membrána tedy byla méně poškozena. Houimli a kol (2010) se zabývali vlivem 24-epibrassinolidu na relativní výtok elektrolytu při stresu způsobeném NaCl. U rostlin paprik nedošlo k výrazné změně v kontrolní variantě při použití EBR, ovšem ve stresové situaci došlo k viditelnému poklesu relativního výtoku elektrolytu při použití EBR. Výsledky potvrzují, že u odrůdy Amy a Lydia došlo ke snížení relativního výtoku elektrolytu po použití přípravku Atonic. U Evy bylo patrné zvýšení, což může být dáno genotypem.

8 Závěr

Byl sledován vliv nízké teploty a aplikace přípravku Atonic na obsah prolinu a relativní výtok elektrolytů u tří vybraných odrůd papriky roční: Amy, Eva a Lydia.

Ze získaných výsledků vyplývají následující závěry:

1. Obsah prolinu a relativní výtok elektrolytu se zvyšuje při působení nízké teploty.
2. Byl prokázán vliv odrůdy na obsah prolinu v listech. Nejnižší obsah prolinu měla odrůda Amy ($204 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) a naopak nejvyšší obsah prolinu byl naměřen u Lydie ($375 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$).
3. Byl prokázán vliv odrůdy na relativní výtok elektrolytu. Nejnižší hodnotu Rel% měla odrůda Amy (20,4 %) a naopak nejvyšší odrůda Lydia (46,9 %).
4. Obsah prolinu se u rostlin kontrolních a stresovaných zvyšoval po aplikaci přípravku Atonic: Amy – 9 % a 11 %, Eva – 6 %, Lydia – 4 % a 16 %.
5. Relativní výtok elektrolytu se u rostlin kontrolních zvyšoval po aplikaci přípravku Atonic: Amy – 12,3 %, Eva – 17,6 %, Lydia – 11,7 %. U stresované varianty došlo ke zvýšení relativního výtoku elektrolytu u odrůdy Eva – 6,1 % a u ostatních variant došlo ke snížení relativního výtoku elektrolytu: Amy – 2,9 %, Lydia – 4,3 %.
6. Obsah prolinu a relativní výtok elektrolytu se zvyšuje s délkou působení stresoru. Po přenesení rostlin do kontrolních podmínek se jeho obsah snižuje.
7. Nejlépe na postřik přípravkem Atonic reagovala odrůda Lydia a nejhůře odrůda Eva.
8. Nejcitlivěji na stres nízkou teplotou reagovala odrůda Lydia a naopak jako méně citlivá se jeví odrůda Eva.
9. Byla potvrzena hypotéza o existenci rozdílu v akumulaci prolinu a Rel% při působení nízké teploty na sledované odrůdy papriky.
10. Hypotéza o rozdílné reakci odrůd papriky roční na aplikaci přípravku Atonic byla potvrzena.

9 Seznam použité literatury

Bates L, Waldren RP, Teare ID. 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant and Soil*, 39, 205-207.

Campos J., Huertas, F., Colado, J. C., López, A. L., Pablos, A., Pablos, C. 2003. Efectos de un programa de ejercicio físico sobre el bienestar psicológico de mujeres mayores de 55 años. *Revista de Psicología del Deporte, Valencia*. 7-26 s.

Hlušek, J., Richter, R., Ryant, P. 2002. *Výživa a hnojení zahradních plodin*. 1. vyd. Praha, 81 s. ISBN: 80-902413-5-2.

Houimli, S., I., M., Denden, M., Mouhandes, B., D. 2010. Effects of 24-epibrassinolide on growth, chlorophyll, electrolyte leakage and proline by pepper plants under NaCl-stress. *EurAsian Journal of BioSciences, Tunisia*, 96 – 104 s.

Jezdinský, A., Salaš, P. 2006. Vliv pěstebních podmínek na kvalitu školkařské produkce. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Zahradnická fakulta, Ústav šlechtění a množení zahradnických rostlin, Lednice, 4 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.

Koc, E., Islek, C., Ustun, A., S. 2010. Effect of cold on protein, proline, phenolic compounds and chlorophyll content of two pepper (*Capsicum annuum L.*) varieties. *G.U. Journal of Science, Ankara*, 6 s.

Kosová, K., Vítámvás, P., Urban, O., M., Klíma, M., Roy, A., Prášil, I., T. 2015. Biological Networks Underlying Abiotic Stress Tolerance in Temperate Crops—A Proteomic Perspective. *International Journal of Molecular Sciences*, 30 s. ISSN 1422-0067.

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

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

- László, S., Savouré, A. 2010. Proline: a multifunctional amino acid. Trends in plant science, 89-97 s.
- Liu, D., Sui, G., He, Y., Liu, J., Qin, W. 2013. Effect of ice – temperature and spermidine on chilling sensitivity of pepper. Food and nutrition sciences. 156-162 s.
- Léveque, Ch. 2003. Ecology from ecosystem to biosphere. Science Publisher, Paris, 465. ISBN 1-57808-294-3.
- Míchal, I. 1994. Ekologická stabilita. Veronica, ekologické středisko, Brno 276 s. ISBN 80-85368-22-6
- Pekárková, E. 2001. Pěstujeme rajčata, papriky a další plodové zeleniny. 1. vyd., Grada Publishing, Praha 72 s. ISBN 80-247-0170-7.
- Pekárková, E. 1997. Zelenina. 1. vyd., Brno, Praha 128 s. ISBN 80-902209-3-2.
- Peleška, S., Sedláčková H. 2010. Zelenina na zahrádce a v kuchyni. 1. vyd., Euromedia Group, Praha 183 s. ISBN 978-80-249-1351-3.
- Penka, M. 1985. Transpirace a spotřeba vody rostlinami. Academia, Praha 256 s.
- Petříková, K., Malý, I. 2003. Základy pěstování plodové zeleniny. Ústav zemědělských a potravinářských informací, Praha, 51 s. ISBN 80-7271-141-5.
- Slavík, B., Bělohávková, R., Čvančara, A., Dvořáková, M., Grulich, V., Hrouda, L., Husák, Š., Chrtek, J., sen., Chrtek, J., jun., Kaplan, Z., Kirschner, J., Kirschnerová, L., Kovanda, M., Křísa, B., Kubát, K., Mártonfi, P., Skála, Z., Skalická, A., 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.
- Svoboda J., Leišová-Svobodová, L. Úroda 2011. Závislost intenzity výskytu virových chorob paprik na území České republiky na populaci mšic v daném roce. Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha, 287-290 s.
- Šrot, R. 1996. Zelenina. 2. vyd., Aventinum, Praha 191 s. ISBN: 80-7151-084-X
- Štampera, J. 1957. Naše teplomilné zeleniny. 1. vyd., Státní zemědělské nakladatelství, Praha, 106 s.
- Theocharis, A., Clément, Ch., Barka, E., A. 2012. Physiological and molecular changes in plants grown at low temperatures. Planta, France, 15 s.

Valšíková, M., Duda, M., Kopec, K., Prusová, H., Zacha, V. 1987. Papriky, rajčičky a baklažány. 1. vyd., Příroda, Bratislava, 155s.

Vítámvás, P., Kosová, K., Prášil., I. T. 2007. Proteome analysis in plant stress research. Czech journal of genetics and plant breeding, Praha, 6s.

Wang, Q., Ding, T., Gao, L., Pang, J., Yang, N. 2012. Effect of brassinolide on chilling injury of green bell pepper in storage. Scientia Horticulturae, China, 195 – 200 s.

Abeceda zahrady a bydlení. Abecedazahrady.dama.cz [online]. Paprika: představujeme vám odrůdy pro rok 2010. [cit. 2016-03-05].

<http://abecedazahrady.dama.cz/clanek/paprika-predstavujeme-vam-odrudy-pro-rok-2010>

Agromanual.cz [online]. Atonik. [cit. 2016-03-29].

<http://www.agromanual.cz/cz/pripravky/ostatni/pripravek/atonik>

Dobrasemena.cz [online]. Paprika roční – Lydia. [cit. 2016-03-05].

http://dobrasemena.cz/index.php?item_id=2511

Dobrasemena.cz [online]. Paprika roční – Amy. [cit. 2016-03-05].

http://dobrasemena.cz/AMY-Paprika-rocni_2510.htm

Eagri.cz [online]. Situační a výhledová zpráva: Zelenina. Praha: Ministerstvo zemědělství České republiky, 2015 [cit. 2016-02-15]. ISBN 978-80-7434-260-8, ISSN 1211-7692.

http://eagri.cz/public/web/file/437276/SVZ_Zelenina_12_2015.pdf

Eagri.cz [online]. Věštník Ústředního kontrolního a zkušebního ústavu zemědělského, ročník XIV, řada Národní odrůdový úřad, číslo 3. Brno, 2015 [cit. 2016-03-02].

http://eagri.cz/public/web/file/408615/SO_NL_2015.pdf

Speciální zahradnictví. Specialnizahradnictvi.cz [online]. Paprika zeleninová k rychlení Eva, Capsicum annuum L, 50 semen. [cit. 2016-03-05].

<http://www.specialnizahradnictvi.cz/cz-detail-1108183-paprika-zeleninova-eva.html>

Vyskočil, F. Vesmir.cz [online]. Kapsaicin a jeho vliv na lidský organismus. 2013. [cit. 2016-03-05].

<http://casopis.vesmir.cz/clanek/kapsaicin-a-jeho-vliv-na-lidsky-organismus>
<http://www.gudjons.com/en/remedies/list-remedies/c/capsicum-annuum.html>