

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



Vliv krátkodobého vodního deficitu a rehydratace na obsah pigmentů v listech vybraných druhů listové zeleniny

Bakalářská práce

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

Autor práce: Kristýna Scholzová

2016

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Vliv krátkodobého vodního deficitu a rehydratace na obsah pigmentů v listech vybraných druhů listové zeleniny" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne:

Podpis:

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala doc. Ing. Františku Hnilčkoví, Ph.D., za vedení mé bakalářské práce, za jeho ochotu a pozitivní přístup.

Souhrn

V této bakalářské práci byl sledován vliv krátkodobého vodního deficitu a rehydratace na obsah pigmentů v listech vybraných druhů listové zeleniny. Cílem skleníkového pokusu bylo stanovení obsahu pigmentů v listech v závislosti na rostlinném druhu a vyhodnocení vlivu vodního deficitu a následné rehydratace na obsah pigmentů v listech vybraných druhů listové zeleniny: salátu, roketě a mangoldu.

V částečně řízených podmínkách skleníku, teplota byla nastavena na 23 °C ve dne a 18 °C v noci, byly za přirozených světelných podmínek pěstovány tři druhy listové zeleniny: salát, roseta, mangold. Rostliny byly pěstovány v nádobách 11x11 cm, ve směsi zahradního substrátu A a křemičitého písku v poměru 2:1. Schéma pokusu zahrnovalo dvě varianty. V první variantě, kontrolní, byly rostliny zavlažovány po celou dobu pokusu (tj. 21 dnů), závlivkovým množstvím vody 150 ml. Druhá varianta je charakterizována vodním deficitem. Jedná se o variantu stresovanou. Vodní deficit byl navozen po dobu 14 dnů postupným přirozeným vysycháním substrátu. Po uplynutí této doby byl vodní deficit vystřídán rehydratací. Délka rehydratace trvala 7 dnů. V tomto období byly rostliny zavlažovány shodně s rostlinami kontrolními. Měření hodnot bylo započato ve fázi 6 listů. U pokusných rostlin byl sledován ve dvoudenních intervalech obsah pigmentů spektrofotometricky a pomocí chlorofylmetru. Ze získaných výsledků vyplývá, že obsah pigmentů je ovlivněn variantou pokusu. Rostliny stresované mají nižší obsah pigmentů ve srovnání s rostlinami kontrolními.

Byl také prokázán vliv druhu na obsah pigmentů v listech. Nejvyšší obsah pigmentů byl zjištěn u rostlin mangoldu a nejnižší u rostlin lociky seté. V případě stanovení obsahu pigmentů pomocí chlorofylmetru vyplývá, že na vodní stres nejméně citlivě reagovaly rostliny lociky seté (0,01 %), nejvíce rostliny mangoldu (19,09 %).

U spektroskopického měření bylo zjištěno, že nejnižší snížení obsahu pigmentů v rámci sledovaných variant vykazovaly rostliny lociky seté. U nich bylo zaznamenáno snížení obsahu chlorofylů o 20 % a karotenoidů o 28,57 % v neprospěch rostlin stresovaných. Ze spektrofotometrického měření dále vyplývá, že k nejvyššímu snížení obsahu pigmentů v rámci sledovaných došlo u rostliny mangoldu. U nich bylo zaznamenáno snížení obsahu chlorofylů o 31,22 % a karotenoidů o 26,26 % v neprospěch rostlin stresovaných.

Dle obou způsobů měření na vodní stres reagoval z testovaných odrůd nejcitlivěji mangold, jako odolnější se projeví rostliny lociky seté. Nejodolnějšími se jeví rostliny rosety seté, u kterých došlo k navýšení obsahu pigmentů a tudíž ke zvýšené toleranci k stresu.

Klíčová slova: mangold, roseta, salát, pigmenty, sucho

Summary:

In this bachelor's work was investigated the influence of short-term water deficit and rehydration on the content of pigments in the leaves of selected varieties of leafy vegetables. The objective of the greenhouse experiment was determination of the content of pigments in leaves depending on the plant species and the evaluation of the effects of water deficit and subsequent rehydration on the content of pigments in the leaves of selected species of leafy vegetables: lettuce, rockett and chard. In partially controlled conditions of the greenhouse, the temperature was set to 23 °C by day and 18 °C at night, under natural light conditions grown three kinds of leafy greens: lettuce, rockett and chard. Plants were grown in containers 11x11 cm, in a mixture of garden substrate A and silica sand in a ratio of 2:1. The scheme of experiment included two variants. In the first variant, the control, the plants were irrigated throughout the experiment (i.e. 21 days), amount of water 150 ml. the second variant is characterized by a water deficit. This is a variant of stressed. Water deficit was induced for 14 days by a gradual natural drying out of the substrate. After this period the water deficit is relieved rehydratation. The length of rehydration lasted 7 days. In this period the plants were irrigated identically with the plants control. The measurement values was started at the stage of 6 leaves. In experimental plants was monitored at two-day intervals the contents of the pigments spectrophotometrically and using chlorofylmetr. The results obtained showed that the content of pigments is influenced by the option you try. Stressed plants have a lower content of pigments compared with the plants control.

The affect of species on the content of pigments in the leaves was also shown. The highest content of pigments was detected in plants of chard and the lowest in plants of lettuces. In the case of the determination of the content of pigments using chlorofylmetr was shown that least sensitively responsive of plants to water stress is lettuce (0,01 %), most plants chard (19,09 %). In spectroscopic measurements, it was found that the lowest decrease in the content of pigments within the observed variants showed the plants of lettuces. They had a decrease in the content of chlorophylls by 20%, and carotenoids by 28.57 % to the detriment of the plants stressed. Spectroscopic measurement further shows that the highest decrease in the content of pigments within the observed occurred in the plants of the chard. They had a decrease in the content of chlorophylls by 31,22 % and arotenoids on 26,26 % to the detriment of the plants stressed. According to both the method of measurement of water stress responded from the tested varieties of stem chard, as a more durable to take effect the plants of lettuces. The most resistant appears to be the plant rockett, for which there has been an increase in the content of pigments and hence to increased tolerance to stress.

Key words: chard, rocket, lettuce, pigments, drought

Obsah

1. Úvod	8
2. Cíle práce a hypotézy	10
3. Literární přehled.....	11
3.1. Obecná charakteristika listové zeleniny	11
3.2. Botanická charakteristika.....	15
3.2.1. Locika setá (salát) – <i>Lactuca sativa</i> var. <i>capitata</i>	15
3.2.2. Roketa setá – <i>Eruca sativa</i>	15
3.2.3. Mangold – <i>Beta vulgaris</i> var. <i>cicla</i>	16
3.3. Nároky na prostředí	17
3.3.1. Locika setá – <i>Lactuca sativa</i> var. <i>capitata</i>	18
3.3.2. Roketa setá – <i>Eruca sativa</i>	19
3.3.3. Mangold – <i>Beta vulgaris</i> var. <i>cicla</i>	19
3.4. Historie a současnost pěstování vybraných druhů listové zeleniny	20
3.4.1. Locika setá – <i>Lactuca sativa</i> var. <i>capitata</i>	20
3.4.2. Roketa setá – <i>Eruca sativa</i>	24
3.4.3. Mangold – <i>Beta vulgaris</i> var. <i>cicla</i>	25
3.5. Obecná koncepce stresu	25
3.6. Vliv vodního deficitu na rostliny	27
3.7. Rostlinné pigmenty v listech rostlin	32
4. Metodika	35
4.1. Rostlinný materiál	35
4.2. Založení pokusu	36
4.3. Měření fyziologických charakteristik	37
4.3.1. Měření obsahu pigmentů chlorofylmetrem	37
4.3.2. Měření obsahu pigmentů spektroskopicky	38
5. Výsledky.....	39
5.1. Obsah pigmentů stanovený na základě měření chlorofylmetrem.....	39
5.2. Spektroskopické stanovení obsahu pigmentů	43
6. Diskuze	53
7. Závěr	55
8. Přehled použité literatury	56

1. Úvod

Rostliny jsou během svého růstu ovlivňovány mnoha vnitřními i vnějšími vlivy. Nepříznivé vlivy rostlinám v převážné většině způsobují stres. Stres suchem patří mezi významné abiotické stresory, které ovlivňují nejenom metabolismus rostlin, ale také výslednou kvalitu produkce a velmi významně také ovlivňuje výnos plodin. Na stres suchem velmi citlivě reagují rostliny s vyšším obsahem vody ve svých pletivech, tedy např. listová zelenina.

Pěstování listové zeleniny je jedno z velmi perspektivních odvětví zelinářské výroby, neboť spotřeba salátů a ostatní listové zeleniny neustále narůstá. Energetická hodnota této skupiny zeleniny je nízká, pohybuje se mezi 50-1500 kJ na 1 kg čerstvé hmoty. Obsahují kolem 90 % vody, jen málo sacharidů, zanedbatelný je i obsah bílkovin. Hrubé vlákniny obsahují také poměrně málo, 1,4 až 2,1 g na 1 kg hmoty, poněkud větší obsah vlákniny obsahují natě. Listové zeleniny obsahují cenné látky, především vitaminy (A, C, B1, B2, B6, B7, E, H, K a P) a minerální látky (draslík, železo, vápník a zinek). Předpokladem je ovšem odpovídající posklizňové zacházení. Zavadlé nebo dokonce zežloutlé listy své hodnoty ztrácejí. Dieteticky cenný je i vlastní obsah chlorofylu a jeho hořčiková složka. Vzhledem k nárokům listové zeleniny na vodu, tak je právě tato skupina rostlin ohrožena nedostatkem vody v prostředí. Při nedostatku vláhy dochází k fyziologickému vadnutí rostlin, ztrátě turgoru, zavírání průduchů. Tím zároveň klesá intenzita fotosyntézy a transpirace. K omezení fotosyntézy dochází především při snížení obsahu fotosyntetických pigmentů. Míra fotosyntetické aktivity je tedy podmíněna množstvím fotosynteticky aktivních pigmentů. Ty zajišťují řadu úkolů od zvyšování rozsahu zachycené energie pro fotosyntézu, až po ochranné funkce. Výraz fotosyntetické pigmenty zahrnuje u vyšších rostlin především chlorofyly *a*, *b* a karotenoidy. Jednou z metod jejich kvantifikace je spektrofotometrické měření absorbance vlnových délek ve směsi pigmentů vyextrahovaných z asimilačních orgánů - listů.

Jak chlorofyl *a* tak chlorofyl *b* jsou citlivé na vysychání půdy. Karotenoidy mají různé funkce v toleranci k suchu, včetně pohlcení světla a ochrany před oxidačním poškozením způsobeným suchem. Zvýšený obsah konkrétně karotenoidů je tedy důležitý pro toleranci stresu.

Vodní stres má, mimo jiné, schopnost snížit tkáňové koncentrace chlorofylů a karotenoidů a to především s produkcí ROS v thylakoidech. Stres suchem způsobuje změny v poměru obsahů chlorofylu *a* a *b* a karotenoidů.

Cílem této práce tedy bylo sledovat obsah pigmentů v závislosti na vybraných druzích listové zeleniny a dle naměřených hodnot zjistit a určit, které druhy na stres vodním deficitem reaguje necitlivěji, a které jsou vůči suchu více odolné.

2. Cíle práce a hypotézy

Vodní deficit velmi významně ovlivňuje výnos plodin a stres suchem patří mezi významné abiotické stresory, které ovlivňují nejenom metabolismus rostlin, ale také výslednou kvalitu produkce. Na stres suchem velmi citlivě reagují rostliny s vyšším obsahem vody ve svých pletivech, tedy např. listová zelenina.

Cílem práce je:

- a) stanovit obsah pigmentů v listech v závislosti na rostlinném druhu,
- b) stanovit a vyhodnotit vliv vodního deficitu a následné rehydratace na obsah pigmentů v listech vybraných druhů listové zeleniny.

Na základě navržených cílů práce byly navrženy následující hypotézy:

- a) existují mezidruhové rozdíly v obsahu pigmentů v listech,
- b) ovlivňuje vodní deficit a následná rehydratace obsah pigmentů v listech.

Pěstování listové zeleniny je jedno z velmi perspektivních odvětví zelinářské výroby. Spotřeba salátů a ostatní listové zeleniny neustále narůstá. Listové zeleniny obsahují cenné látky, především vitaminy a minerální látky. A proto se jedná o velmi zajímavé modelové rostliny, neboť se do skupiny listových zelenin řadí rostliny z různých čeledí, s rozdílnými vlastnostmi a odolnostmi vůči vnějším vlivům.

3. Literární přehled

3.1. Obecná charakteristika listové zeleniny

Do skupiny listové zeleniny náleží řada zelenin z různých botanických čeledí (např. čeleď *Asteraceae* - locika setá, endivie listová; čeleď *Chenopodiaceae* - mangold, špenát setý; čeleď *Brassicaceae* - roketa setá, pekingské zelí, čínské zelí; čeleď *Aizoaceae* - novozélandský špenát; čeleď *Apiaceae* - celer řapíkatý, celer naťový, petržel naťová; čeleď *Liliaceae* - chřest, pažitka; čeleď *Polygonaceae* - reveň vlnitá aj.), s krátkou vegetací až vytrvalých. Většinou nacházejí uplatnění v čerstvém stavu, některé mají význam jen pro zpracovatelský průmysl (Bartoš a kol., 2000)

V rámci pěstovaných zelenin mají listové druhy zároveň s košťálovinami jednu z nejdelsích tradic. Zásahu na tom má jistě především jejich přizpůsobivost našemu klimatu. I když technický pokrok posledních desetiletí nebývale přispěl k rozšíření teplomilných druhů plodových zelenin, listové druhy zelenin však neztrácejí na oblibě. Jejich postavení se zachovává nebo dokonce upevňuje především zásluhou zavádění nových typů odrůd, například listových a ledových salátů či druhů dříve nepěstovaných, jako jsou různé čekanky, endivie, mangoldy, lebedy, polníček. A mezi šlechtitelskými novinkami se čím dál častěji objevují druhy prakticky dosud neznámé, pocházející z dalekých končin, nejčastěji východoasijských (Pekárková, 2002).

Mezi listové zeleniny řadíme všechny druhy, u nichž se konzumují celé listy (locika setá, salát ledový, pekingské zelí) nebo jejich části, tedy čepele a řapíky (mangold, špenát setý, reveň). Mohou to být i mladé výhonky nebo celé klíčící rostlinky, to je hypokotyl s prvními lístky (roketa setá, řeřicha zahradní). Listové druhy, které se konzumují v čerstvém stavu, se zařazují do skupiny zelenin salátových (locika setá, roketa setá, pekingské zelí), druhy, které se většinou tepelně zpracovávají, počítáme k zeleninám špenátovým (mangold, špenát setý, novozélandský špenát) (Pekárková, 2002).

Listové zeleniny se až na výjimky (špenát, mangold) nehodí ke konzervování tepelnou cestou. Naproti tomu vhodným způsobem uchovávání je zmrazení v nakrájeném stavu po blanširování nebo zmrazení v kostkách ledu. Listové druhy s vysloveně silnou aromatickou chutí, využívané v čerstvém nebo sušeném stavu, řadíme však do samostatné skupiny tzv. kořeninových rostlin, zvaných nejčastěji bylinky (Pekárková, 2002).

Listové zeleniny se pěstují na celém světě, včetně drsných oblastí mírného pásma i vyšších nadmořských poloh. Přitom evropský původ má jen několik málo z nich – salát, čekanka, polníček. Ostatní pocházejí z dálných zemí (Maghrebská oblast, Indie aj.). Daří

se jim ale v různých oblastech a mnohé z nich se dají pěstovat doslova během celého roku. Přispívají k tomu nenáročné techniky, jako je krytí netkanou textilií, fólií, i využití skleníků, pařenišť a fóliovníků (Pekárková, 2002).

Druhá pestrost listových zelenin je mimořádná. V různých oblastech jsou přirozeně oblíbené různé druhy – celkem se jich pěstuje asi 200. Pestré je zastoupení nejenom, pokud jde o jejich chuťové vlastnosti, ale také pěstitelské nároky. Vzhledem k obtížnému transportu těchto zelenin pochází naprostá většina z domácí produkce, dováží se jen několik málo z nich – především ledový salát, endivie a čekankové puky Kopec (2010).

V našich podmínkách jsou tradičně nejvíce pěstovanými druhy salát a špenát. V posledních letech získaly na oblibě čekanka k rychlení, endivie, mangold, lebeda, polníček a řeřicha. Sortiment listových zelenin se rozšiřuje např. o různé typy salátů, jako je salát ledový, listový a římský, ale také hlávková čekanka, potočnice, novozélandský špenát, šruha a hořčice. Nové druhy se k našim pěstitelům dostávají především ze západní Evropy a v poslední době i z Orientu (Pekárková, 2002).

Listové zeleniny obsahují cenné látky, především vitaminy A a C, ale také B1, B2, B6, B7, E, H, K a P. Předpokladem je ovšem odpovídající posklizňové zacházení. Zavadlé nebo dokonce zežloutlé listy své hodnoty ztrácejí. Z minerálních látek obsahují listové zeleniny nejvíce draslíku, železa, vápníku a zinku. Dieteticky cenný je i vlastní obsah chlorofylu a jeho hořčičková složka (Pekárková, 2002).

Energetická hodnota této skupiny zeleniny je nízká, pohybuje se mezi 50 - 1500 kJ na 1 kg čerstvé hmoty. Obsahují kolem 90 % vody, jen málo sacharidů, zanedbatelný je i obsah bílkovin. Hrubé vlákniny obsahují také poměrně málo, 1,4 až 2,1 g na 1 kg hmoty, poněkud vyšší obsah vlákniny mají natě. Cenný je obsah pepřných látek, které jsou typické pro řeřichu, potočnici a hořčici čínskou. Čekanky a endivie obsahují inulin, látku vhodnou pro diabetiky. Velmi příznivý vliv podporující chuť a zažívání mají hořčiny obsažené v některých druzích. Jejich hlavní složkou je glykosid intybin, který vhodně ovlivňuje krevní oběh. Nejvíce hořčin je obsaženo v zeleninách rodu čekanka, tedy v čekance k rychlení, čekance hlávkové, červené radichcio, v letní i zimní endivii a také v pampelišce. Ze salátů je to především salát římský, nejméně salát listový. Hlávkové saláty získávají hořkost až při vybílání do květu. Mírná hořkost je vlastní také polníčku. V některých oblastech např. Itálii, se i výrazná hořkost považuje za běžnou součást chuťové pestrosti. Proto také hlavním areálem římského salátu a červené čekanky je Itálie. V ostatních zemích je nutnou součástí jejich pěstování bělení (Pekárková, 2002).

V listových zeleninách nejsou obsaženy jenom látky z nutričního pohledu žádoucí, ale mohou se v nich vyskytovat i látky antinutriční. V listové zelenině se nevyskytují alergeny a nevytváří se v nich stresové metabolity vznikající v rostlinách při nepříznivých podmínkách růstu. Nejproblematictější látkou v nich je kyselina šťavelová. Obsažena je ve špenátu, šťovíku a v malém množství i v mangoldu (Bartoš a kol., 2000)

Další nežádoucí složkou při nadměrné množství jsou dusičnany.

Kopec (1998) uvádí, že dusičnany jsou běžnou přírodní složkou rostlinných buněk. Za nevhodných pěstitelských podmínek se mohou hromadit ve větším množství. Jejich obsah závisí na rychlosti příjmu dusičnanů z půdy, na rychlosti jejich transportu v rostlině, na rychlosti jejich metabolismu a na agroekologických podmínkách. Náchylnost ke kumulaci dusičnanů v buňkách je druhová a odrudová vlastnost. V ovoci a plodové zelenině je málo dusičnanů. Náchylná ke kumulaci je listová zelenina, zejména rychlená, dále mrkev, červená řepa, tykve a některé další.

Dusičnany se podle Pekárkové (2002) ukládají především v listech a ve vodivých pletivech. V květech i plodech je jejich obsah zanedbatelný. Samotné dusičnany, které se v rostlinách nutně nacházejí, nejsou zdraví škodlivé, mohou se však v lidském těle měnit na nežádoucí dusitany. Proto se pěstitelé snaží, aby byl obsah dusičnanů ve výpěstcích co nejnižší.

Limitní obsah nitrátů byl dříve stanoven na 1000 mg NaNO_3 na 1000 g oproti současným 2500 mg NO_3^- (Bartoš a kol., 2000; Petříková a kol., 2004). Uvedení autoři konstatují, že přípustné maximální množství dusičnanů, obsažené v polním salátu v době od 1. dubna do 30. září, je 2500 mg.kg^{-1} . Kopec (1998) uvádí, že pro jednotlivé druhy jsou stanovené nejvyšší přípustná množství obsahu dusičnanů rozmezí od 100 mg.kg^{-1} u jádrového ovoce do 3500 mg.kg^{-1} u rychleného salátu v zimním období. Množství je stanoveno jako dusičnanový iont NO_3 .

Dle Nařízení Komise (ES) č. 1881/2006 je od prosince roku 2016 stanoven limit dusičnanů pro některé listové zeleniny, viz tabulka 1. Čerstvý špenát, u něhož byla sklizeň od 1. října do 31. března, má maximální povolený limit 3000 $\text{mg NO}_3.\text{kg}^{-1}$. Pro čerstvý špenát, u něhož byla sklizeň od 1. dubna do 30. září, byl stanoven maximální povolený limit 2500 $\text{mg NO}_3.\text{kg}^{-1}$. U konzervovaného, hluboce zmrazeného nebo zmrazeného špenátu jsou stanoveny maximální limity dusičnanů 2000 $\text{mg NO}_3.\text{kg}^{-1}$. Čerstvý hlávkový salát (*Lactuca sativa* L.), jenž byl sklizen od 1. října do 31. března a byl pěstovaný pod ochranným krytem, má maximální limity stanoveny na 4500 $\text{mg NO}_3.\text{kg}^{-1}$. Hlávkový salát, sklizený od 1. října do 31. března a pěstovaný na otevřených plochách, má maximální limity stanoveny

na hodnotu 4000 mg NO₃.kg⁻¹. Čerstvý hlávkový salát, jenž byl pěstován pod ochranným krytem a sklizen od 1. dubna do 30. září, má stanovenou maximální limit 3500 mg NO₃.kg⁻¹. Čerstvý hlávkový salát, pěstovaný na otevřených plochách, u něhož proběhla sklizeň od 1. dubna do 30. září, má stanovený maximální limit 2500 mg NO₃.kg⁻¹. Pro salát typu „Iceberg“, pěstovaném pod ochranným krytem, byl stanoven maximální limit 2500 mg NO₃.kg⁻¹, pro pěstovaný na otevřených plochách byl stanoven maximální limit 2000 mg NO₃.kg⁻¹, jak dokládá tabulka 1.

Druh zeleniny	Maximální limity (mg NO₃.kg⁻¹)	
Čerstvý špenát (<i>Spinacia oleracea</i>)	Sklizeň od 1. října do 31. března	3000
	Sklizeň od 1. dubna do 30. září	2500
Konzervovaný, hluboce zmrazený nebo zmrazený špenát		2000
Čerstvý hlávkový salát (<i>Lactuca sativa</i> L.), (skleníkový a polní salát), kromě salátu typu „Iceberg“	Sklizeň 1. října do 31. března	
	hlávkový salát pěstovaný pod ochranným krytem	4500
	hlávkový salát pěstovaný na otevřených plochách	4000
	Sklizeň od 1. dubna do 30. září	
	hlávkový salát pěstovaný pod ochranným krytem	3500
	hlávkový salát pěstovaný na otevřených plochách	2500
Salát typu „Iceberg“	hlávkový salát pěstovaný pod ochranným krytem	2500
	hlávkový salát pěstovaný na otevřených plochách	2000

Tabulka 1: Maximální limity dusičnanů (mg NO₃/kg) stanovených dle Nařízení Komise (ES) č. 1881/2006

(Zdroj: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:32006R1881&from=CS>)

Kopec (2010) uvádí, že podle Světové zdravotnické organizace (WHO) je pro člověka přístupná denní dávka (ADI) 5 mg NaNO₃ na kilogram tělesné hmotnosti. Riziko je v tom, že dusičnany se v zaživacím traktu mohou měnit na dusitany, které vedou k tvorbě karcinogenních nitrosaminů. Nadbytek dusičnanů v potravě může způsobovat alimentární methemoglobinémii, jenž ohrožuje především kojence a malé děti.

V současné době Organizace Spojených národů pro výživu a zemědělství (FAO) a Světová zdravotnická organizace (WHO) vedou kampaň, která má pomoci zajistit na celém světě větší nabídku, dostupnost a zvýšení konzumace zeleniny a ovoce. Zelenina, podobně

jako ovoce, je významným zdrojem řady látek nezbytných pro zdravou výživu lidí. Přesto jejich spotřeba nedosahuje dostatečné úrovně. V celosvětovém průměru se v současnosti konzumuje výrazně méně ovoce a zeleniny než je minimální doporučené množství, stanovené Světovou zdravotnickou organizací, tj. 400 gramů na osobu za den. Předpokládá se, že většina lidí denně přijímá jen asi 20 až 50 % tohoto doporučeného množství (Buchtová, 2015).

3.2. Botanická charakteristika

3.2.1. Locika setá (salát) – *Lactuca sativa* var. *capitata*

Je jednoletá až dvouletá lysá bylina s křovitým, tenkým kořenem. Lodyha salátu je přímá, dlouhá 30 – 70 cm. Je hustě olistěná, bělavá a vyrůstá z husté, často hlávkové, růžice přizemních listů. Listy salátu jsou svěže zelené až žlutozelené barvy. Jsou přizemní a krátce řapíkaté a dosahují délky až 50 cm. Mají vejčitý až podlouhlý tvar, jsou celistvé, řidčeji kracovitě peřenodílné, často kadeřavé se zvlněným okrajem. Lodyžní listy rostlin jsou přisedlé, horizontálně postavené, celistvé. Mají vejčitý až okrouhlý tvar. Tvoří hustou, bohatou latu tvořenou z úborů se 7 – 15 (35) květy. Zákrov je 10 – 15 mm dlouhý, válcovitého až vejčitého tvaru. Zákrovní listeny jsou vejčitě kopinaté, světle hnědé barvy. Za plodu jsou vzpřímené. Květy jsou delší než zákrov, ligula je dlouhá zhruba 15 mm, světle žluté barvy a z vnější strany nafialovělá. Tělo nažky je dlouhé 3 mm, obvejcovité a zploštělé. Má 5 – 9 žeber. Tvoří bílý chmýr. Sklízí se od června do září. Salát patří do čeledi *Asteraceae* (Hvězdnicovité) (Slavík, Štěpánková, 2004).

Z nutričního hlediska je salát cenným zdrojem vitaminů, minerálních látek a vlákniny. Průměrný obsah sušiny v hlávkovém salátu je 53 g.kg⁻¹, vlákniny 9 g.kg⁻¹ a sacharidů 27 g.kg⁻¹. Vitamin C je obsažen 81 g.kg⁻¹, vitamin B₁ 0,72 g.kg⁻¹, vitamin B₂ 0,88 g.kg⁻¹ a vitamin B₆ 0,89 g.kg⁻¹. Průměrný obsah draslíku je 2180 g.kg⁻¹, vápníku 570 g.kg⁻¹, hořčíku 158 g.kg⁻¹, sodíku 135 g.kg⁻¹, chlor 499 g.kg⁻¹. Energetická hodnota hlávkového salátu je 750 kJ.kg⁻¹ (Kopec, 1998).

3.2.2. Roketa setá – *Eruca sativa*

Rod *Eruca* zahrnuje jednoleté, po rozemnutí vonné byliny s tenkým hlavním kořenem. Listy mají lysé nebo jemně chlupaté. Chlupy jsou jednobuněčné, rovné nebo srpovitě zahnuté. Lodyhy mají rozvětvené a jemně rýhované. Dolní a střední listy jsou řapíkaté, peřenosečné nebo lyrovité. Horní listy jsou více či méně přisedlé. V mezofylu jsou obsaženy myrosinové buňky. Kališní lístky jsou úzce obkopinaté, vzpřímené, olemované úzkým bělavým lemlem.

Korunní lístky žluté nebo bílé barvy mají úzce obevčítý tvar, s delší čepelí a klínovitouází. Vnitřní tyčinky jsou delší než vnější a jsou nepatrně delší nežli kalich. Nektária jsou váčkovitá, trojboká a zploštělá. Semeník je válcovitý a přisedlý. Čnělka je tlustá, blizna zploštěle polokulovitá a dvoulaločná. Plodem jsou oblé šešule, chlopně mají jednožilné, zobánek plochý. Semena elipsoidního tvaru jsou v chlopních umístěna ve dvou řadách, osemení je hladké. Dělohy mají téměř okrouhlé a jsou mělce srdčité vykrojeny. Klíček je bokokořený (Hejný et al., 2003).

Roketa setá (*Eruca sativa*) je jednoletou rostlinou patřící do čeledi *Brassicaceae* (Brukvovité). Rostliny roketky mají 20 - 60 cm vysoké lodyhy, větve má přímé. Listy roketky jsou světle zelené, dolní jsou lyrovité nebo peřenoklané až peřenosečné s úkrojky vejčité kopinatými, tupými nebo zaokrouhlenými, směřujícími kolmo ke středové žilce. Okraj listu je zubatý až laločnatý s křídlatým větvenem. Horní listy jsou přisedlé nebo krátce řapíkaté. Mohou být celistvé i zpeřeně členěné s celokrajnými nebo zubatými výkrojky. Kališní lístky jsou nejčastěji 8 – 11 mm dlouhé. Korunní lístky roketky bývají 15 – 22 mm dlouhé, zpočátku žluté, později bílé s purpurově fialovou žilnatinou. Plodestvím je šešule dosahující velikosti 2 – 5 cm na délku a 4 – 6 mm na šířku, která je k větenu květenství přitisklá nebo mírně odstátá. Zobánek je měčovitý, zděli poloviny chlopní je podélně žilkovaný. Semena roketky jsou dlouhá zhruba 1,5 – 2,5 mm. Mají oranžově žluté, červenohnědé až hnědě purpurové zbarvení. Sklízí se v červnu-srpnu (Hejný et al., 2003).

Variabilita je v případě roketky na našem území málo proměnlivá, dosud byla zjištěna pouze subsp. *sativa*. Ve Středozeší je její proměnlivost značná (Hejný et al., 2003).

3.2.3. Mangold – *Beta vulgaris* var. *cicla*

Mangold je dvouletá rostlina s řepovitým kořenem. Patří do čeledi *Chenopodiaceae* (Merlíkovité) (Bartoš a kol., 2000). Dle Pekárkové (2002) v prvním roce vytváří bohatou růžici vzpřímených zvlněných listů až 80 cm vysokých a slabě zdužnatělý kořen. Ve druhém roce vyrůstá silně rozvětvené květenství zelenavých kvítků. Velkou předností mangoldu je, že snáší letní horko a nevybíhá do květu. Bartoš a kol. (2000) uvádí, že se pěstují dvě formy: listová s úzkým dlouhým řapíkem, širokou, hladkou nebo i zkadeřenou čepelí a řapíkatá (chřestová) se širokými, bíle, běložlutě, žlutě až načervenalé zbarvenými širokými řapíky různých délek.

Listy mangoldu jsou výrazně lesklé a mají tmavě zelenou, světle zelenou nebo červenofialovou barvu čepelí, způsobenou antokyanem. Řapíky jsou bílé nebo červené,

dužnaté, křehké a šťavnaté. Mají jemnou konzistenci, takže nepotřebují žádné bělení (Pekárková, 2002).

Obsahuje 7,5 – 8,5 % sušiny, 2,1 % bílkovin, 0,3 % lipidů, 2,8 % glycidů a 2% vlákniny. Na minerální látky je podstatně bohatší než špenát (Bartoš a kol., 2000). Kopec (1998) dále uvádí, že mangold obsahuje 3800 g.kg⁻¹ draslíku, 810 g.kg⁻¹ hořčíku, 27 g.kg⁻¹ železa, 1030 g.kg⁻¹ vápníku, 900 g.kg⁻¹ sodíku a 390 g.kg⁻¹ fosforu. Mangold dále obsahuje 35 g.kg⁻¹ vitamínu A, 6,5 g.kg⁻¹ vitamínu PP-niacin a 390 g.kg⁻¹ vitamínu C. Energetická hodnota činí 590 kJ.kg⁻¹.

3.3.Nároky na prostředí

Listové zeleniny patří vesměs k chladumilným druhům. Vysloveně mrazuvzdorných, které lze u nás spolehlivě přezimovat ve volné půdě, je však jen několik (špenát, polníček, zimní salát). Listové zeleniny vyžadují půdu kyprou, nemusí však být zvláště hluboká. Listy potřebují trvalý dostatek světla. Nedostatek světla se projevuje bledou barvou listů, vytáhlým nepevným vzrůstem a náchylností k vadnutí. Hlávkové druhy vytvářejí jen neuzavřené hlávky nebo je vůbec nevytvářejí, chabé růžice listů vybíhají do květu. Zvyšuje se u nich také nežádoucí obsah dusičnanů (Pekárková, 2002).

Druhy slabšího vzrůstu (např. polníček) mají nároky na živiny nízké, mohutnější druhy (mangold, novozélandský špenát) mají tyto nároky vyšší až vysoké. Poměr základních živin musí být vyrovnaný. Pro listové druhy je nejvhodnější půda dostatečně organicky vyhnojená k předchozí kultuře. Jarní minerální hnojení před výsevem nebo výsadbou má být vícesložkové se základními živinami NPK s mikroprvky. Důležité ječasné jarní přihnojení přezimovaných porostů salátu a špenátu (Pekárková, 2002).

Bedrna (1989) taktéž uvádí, že listové zeleniny, díky slabému kořenovému systému, krátkému vegetačnímu období a nebezpečí hromadění dusičnanů, vyžadují osobité nároky na výběr půdy. Upřednostňují kyprou, slabě humózní, písčitohlinitou půdu se střední zásobou minerálních živin přístupných pro rostliny. Půdu nevápníme, pouze k předplodinám.

Rostliny nesmí trpět nedostatkem dusíku. V půdě chudé na dusík zůstávají rostliny malé, listy bývají nažloutlé a náchylné druhy vybíhají předčasně do květu, aniž by vytvořily řádnou růžici listů (Pekárková, 2002).

3.3.1. Locika setá – *Lactuca sativa* var. *capitata*

Bartoš a kol. (2000) uvádějí, že salát vyžaduje lehčí hlinitopísčité až středně těžké, humózní, strukturní, vlhčí, avšak nepřemokřené, záhřevné půdy. Obdobně uvádí i Petříková a kol. (2004), že pro pěstování salátu jsou vhodné humózní, středně těžké, záhřevné a propustné půdy s dobrou vodní jímavostí, s pH 6,2 – 7,5. Kyselé půdy jsou pro pěstování salátu zcela nevyhovující. Na teplotu je nenáročný. Pro letní výsadby jsou vhodnější oblasti s nižší teplotou, kde dosahuje salát vyšší kvality. Růst rostlin začíná při teplotě nad 4 °C, mladé rostlinky po výsadbě snesou mráz do -5 °C. Vybíhání do květu podporuje dlouhý den, vysoká teplota a sucho. Vyžaduje dostatek vláhy, doplňková závlaha je při pěstování nezbytná (Petříková a kol., 2004).

Salát se obvykle zařazuje do 2. trati. Přímé hnojení chlévským hnojem podporuje napadení rostlin houbovými chorobami. Salát je citlivý na salinitu půdy, na kterou reaguje zpomalením tvorby hlávek, které jsou volnější, jako i nekrózami listů. K tomu dochází již při koncentraci solí v půdě 0,3 – 0,4 % (Petříková a kol., 2004).

Petříková a kol. (2004) konstatují, že salát lze pěstovat v průběhu celé vegetace při doporučeném sponu výsadby u nejranější výsadby 30 x 25 cm, což je 13,2 rostlin na m², u letní kultury se může zvětšit až na 40 x 30, což je 8,2 rostlin na m². Po výsadbě se doporučuje nakrytí porostu netkanou textilií. Dosáhne se ranější sklizně a zabrání se poškození porostu okusem zvěří a napadení škůdci (mšicemi, dutilkou topolovou). Textilií je nutné asi 2 týdny před sklizní odstranit. Při jarní výsadbě se ke zlepšení teplotních poměrů a hospodaření vodou doporučuje mulčování povrchu půdy. V průběhu vegetace je nutná závlaha, především do tvorby hlávek. Půdní vlhkost by měla dosahovat 65-75 % půdní kapacity. Potřeba vody na 1 m² je 140 – 160 l. Na závlahovou dávku se doporučuje 10 – 15 l vody na m². Po závlaze z důvodu nebezpečí houbových chorob by měl salát co nejdříve oschnout.

Salát se třídí do dvou jakostních tříd. U polního salátu je stanovena minimální hmotnost hlávky 150 g (Petříková a kol., 2004).

V roce 2003 bylo v Seznamu odrůd zapsáno 79 odrůd hlávkového salátu (Petříková a kol., 2004). V roce 2015 bylo zapsáno jen 51 hlávkových odrůd salátu. Celkem bylo v Seznamu odrůd zapsáno 75 odrůd salátu *Lactuca sativa* L. (z toho 51 hlávkových odrůd salátu, 19 listových odrůd salátu a 4 římské odrůdy salátu).

(http://eagri.cz/public/web/file/408086/SO_NL_2015.pdf)

3.3.2. Roketa setá – *Eruca sativa*

Roketa byla dříve pěstována na polích, odkud zplaňovala na okraje polí, cest, na úhory, rumiště, do zahrad a vinic. Je poměrně teplomilným druhem, vyžaduje čerstvě vlhké, propustné, humózní půdy. V současné době u nás není v kultuře, objevuje se pouze ojediněle například na dvorech továren na zpracování lnu, v prostorách přístavů apod. (Doležalová a kol., 2011).

Roketa se u nás, v minulém a na počátku 20. století, pěstovala především v planárním stupni termofytika, řidčeji v teplejších oblastech mezofytika, kde také roztroušeně zplaňovala. V současné době se objevuje jen vzácně jako neofyt. Roketa je rychle rostoucí rostlina odolná vůči suchu i mrazu do -4°C , která potřebuje minimum péče. Má krátkou vegetační dobu, průměrně asi tři měsíce. Nejlépe prosperuje za krátkého dne. V podmínkách České republiky se vysévá časně z jara nebo koncem léta, za dlouhého dne a při vysokých teplotách vybíhá do květu. Přistiňování rostlin umožňuje dosáhnout větší šťavnatosti a jemnější chuti listů. Porost rokety se poměrně rychle zapojuje a má velkou konkurenceschopnost vůči plevelům. Roketa se u nás pěstuje hlavně pro listy, které se sklízají mladé, 6 – 8 týdnů po zasetí, v optimální délce 15 cm (Doležalová a kol., 2011).

Hejny et al. (2003) uvádí, že semena jsou používána také k výrobě hořčice a listy jsou používány jako listová zelenina. Je také pěstována jako olejnína pro semena. Doležalová a kol. (2011) dále uvádějí, že semena obsahují vysoké množství kyseliny erukové, přičemž podíl oleje v semeni dosahuje až 29 %. Jako olejnatá rostlina se pěstuje především v Asii, obzvláště v Indii a v Afghánistánu. Roketa se také pěstuje jako meziplodina a medonosná rostlina.

Roketa je velice oblíbenou listovou zeleninou v oblasti Středozevního moře, a již i ve střední Evropě její obliba roste. Na trhu se však vyskytuje jen omezené množství variet a kultivarů rokety, jako důsledek nedostatečné péče o sběr a uchovávání genetických zdrojů v minulosti. Jde o zeleninu, která se díky obsahu glukosinolátů vyznačuje výraznou štiplavou chutí, která je však velmi proměnlivá a závisí na druhu, stáří a mikroklimatických podmínkách, ve kterých je zelenina pěstována. Má vysoký obsah vitamínu C, působí jako diuretikum, upravuje zažívání a je považována za afrodiziakum (Doležalová a kol., 2011).

3.3.3. Mangold – *Beta vulgaris var. cicla*

Dle Bartoše a kol. (2000) mangold požaduje půdy těžší, hluboké, vlhčí. Řadí se do I. trati. Vysévá se ve stejném termínu jako řepa. Vzdálenost řádků 45 – 50 cm, v řádcích 15 – 20 cm, řapíkový typ raději 30 – 40 cm. Je velmi náročný na živiny a vodu. Pekárková

(2002) uvádí, že mangold lze pěstovat buď přímým výsevem na venkovní stanoviště, nebo se vysazují již předpěstované sazenice. Rostliny se obvykle vysazují do sponu 40 x 50 cm. Listové odrůdy se mohou sklízet kdykoliv i v nedorostlém stavu. Řapíkaté odrůdy je třeba nechat ke sklizni řádně vyvinout (3 – 4 měsíce do výsevu). Vyvinuté, avšak nepřestárlé listy se sklízí postupným odlamováním nebo odřezáváním vnějších listů od léta do zámrazu. Dospělé rostliny snášejí na podzim slabý mráz do -5°C.

Mangold má poměrně dlouhou vegetační dobu a mohutný vzrůst, potřebuje proto obvykle během vegetace přihnojení vícesložkovým hnojivem nebo hnojivem dusíkatým, nejlépe ve formě ledku amonného (Pekárková, 2002). Bartoš (2000) však konstatuje, že při pěstování mangoldu hrozí riziko hromadění nitrátů, proto je nutné dávky dusíku dělit. Sklízí se postupně od července do září odlamováním okrajových listů, které se svazkují.

V ČR nemá dle Bartoše a kol. (2000) zatím téměř žádné uplatnění na trhu. Je u nás málo rozšířenou zeleninou, neboť vyžaduje tepelnou úpravu. Konzumenty však odrazuje řepovitá chuť, způsobena obsahem betainu. Betain je dusíkatá látka, jež je obsažena i v ostatních řepách – salátové, krmné i cukrovce.

3.4. Historie a současnost pěstování vybraných druhů listové zeleniny

3.4.1. Locika setá – *Lactuca sativa* var. *capitata*

Různé druhy zahradních salátů *Lactuca sativa* pocházejí nejspíše z planě rostoucí lociky kompasové *Lactuca serriola* (Bartoš a kol., 2000). Podle Slavíka a Štěpánkové (2004) vznikl druh *Lactuca sativa* var. *capitata* buď mutací z druhu *Lactuca serriola*, nebo hybridizací s dalšími příbuznými druhy locik. Spontánní hybridizace mezi *L. sativa* a *L. serriola* byla později potvrzena i experimentálně, ačkoli jsou to převážně rostliny autogamické (Slavík a Štěpánková, 2004).

Locika setá je kulturní rostlinou blízkou příbuznou druhu *L. serriola*. Její planá forma není z volné přírody známa. Ke zkulturnění došlo zřejmě ve starém Egyptě. Nejstarší vyobrazení je z doby 2500 let př. n. l. Odtud se dále šířila do antického Řecka a Říma. Do Číny se rozšířila během 1. tisíciletí n. l. Od 16. století je již běžně pěstovanou rostlinou ve většině zemí Evropy a od 19. století i v Severní Americe (Slavík a Štěpánková, 2004).

Rozloha osevních ploch pro hlávkový salát se do roku 2015 snížila o 22 % oproti roku 2011, kdy plocha činila 182 ha. Zatímco sklizňová plocha klesla pouze o 4 % oproti roku 2011, kdy byla rozloha nejvyšší 245 ha. Celková sklizeň hlávkového salátu v ČR činila v roce

2014 2711 t, což bylo o 687 t více (34 %), nežli v roce 2011. Průměrný hektarový výnos se navýšil z hodnoty 8,26 t.ha⁻¹ z roku 2011 na 11,53 t.ha⁻¹ v roce 2014. Nastalo výrazné navýšení hektarového výnosu o 40 %, během 4 let, jak dokládá tab. 2.

Salát hlávkový					
Vývoj osevní plochy (ha)					
rok	2011	2012	2013	2014	2015
plocha	182	139	173	176	142
Sklizňová plocha (ha)					
rok	2011	2012	2013	2014	
plocha	245	198	230	235	
Celková sklizeň (t)					
rok	2011	2012	2013	2014	
t	2024	1869	2302	2711	
Průměrný hektarový výnos (t.ha⁻¹)					
rok	2011	2012	2013	2014	
t.ha ⁻¹	8,26	9,45	10,01	11,53	

Tabulka 2: Vývoj osevní plochy hlávkového salátu v ČR (ha); Sklizňová plocha hlávkového salátu v ČR (ha); Celková sklizeň hlávkového salátu v ČR (t); Průměrný hektarový výnos salátu hlávkového v ČR (t.ha⁻¹)

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

Produkce

Z tabulky 3 vyplývá, že v roce 2013 bylo v ČR vyprodukováno 15080 tun salátu. Produkce v následných letech klesala v roce 2014 na 15000 tun a v roce 2015 klesla dokonce na 10206 tun (o 32 %). Průměrná roční cena zemědělských výrobců salátů dosáhla vrcholu v roce 2015, kdy činila 31106 Kč za tunu. Nejnižší cena byla v roce 2011, kdy činila 23488 Kč.

Tržní produkce v ČR saláty i barevné		
rok	ha	tuny
2013	754	15080
2014	750	15000
2015	567	10206
Průměrné roční ceny zemědělských výrobců salátů v ČR (v Kč.t⁻¹)		
rok	cena (v Kč/t)	
2010	28639	
2011	23488	

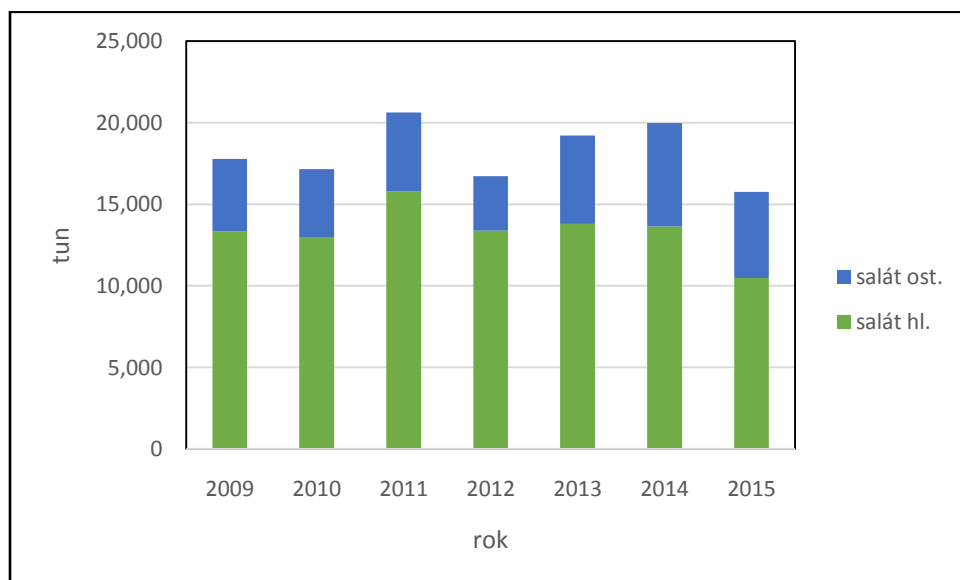
2012	26862
2013	30727
2014	25978
2015	31106

Tabulka 3: Přehled o tržní produkci salátů i barevných v ČR; Průměrné roční ceny zemědělských výrobců salátů v ČR (CZV v Kč.t⁻¹)

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

Dovoz

Dovoz hlávkového salátu a salátů ostatních (všechny ostatní saláty vyjma salátu hlávkového) do ČR činil v roce 2012 16721 tun. V roce 2013 se zvýšil dovoz ostatních salátů o 2075 tun (62 %). Celkový dovoz činil 19209 tun. V roce 2014 činil celkový dovoz 19974 tun. Bylo to o 765 tun (4 %) více než rok předchozí. Stále se zvyšoval dovoz salátů ostatních, o 929 tun (17 %) oproti roku předchozímu. V roce 2015 celkový dovoz se snížil na 15758 tun. Dovoz ostatních salátů klesl o 1058 tun a dovoz salátu hlávkového o 3158 tun. Celkový dovoz se snížil o 21 % oproti roku 2014. Dovoz salátů se za uvedené období zvýšil o 3253 tun, přičemž v roce 2015 se dovoz výrazně snížil na 15758 tun, jak dokládá graf 1. (http://eagri.cz/public/web/file/437276/SVZ_Zelenina_12_2015.pdf)



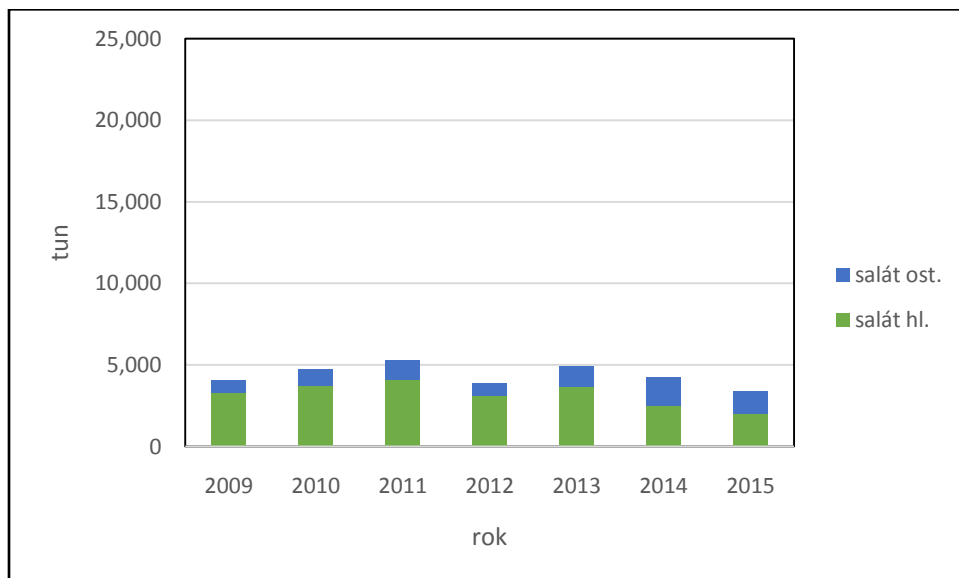
Graf 1: Dovoz čerstvé listové zeleniny do ČR (v tunách)

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

Vývoz

Vývoz salátů se v roce 2012 činil 3884 tun. V roce 2013 se vývoz salátu zvýšil na 4928 tun (o 27 %). Z toho se výrazně zvýšil vývoz salátů ostatních téměř o 33 %. V roce 2014 poklesl

celkový vývoz salátů na 4255 tun (o 673 tun, 14 %). Klesl vývoz salátu hlávkového o 1144 tuny, avšak vývoz salátů ostatních se nadále zvyšoval o 471 tun (37 %). V roce 2015 se snížil i vývoz salátu hlávkového, i vývoz salátů ostatních. Vývoz salátu hlávkového klesl o 536 tun, vývoz salátů ostatních o 355 tun. Celkový vývoz salátů klesl oproti předcházejícímu roku o 891 tun (21%) na 3364 tun, viz graf 2. (http://eagri.cz/public/web/file/437276/SVZ_Zelenina_12_2015.pdf)

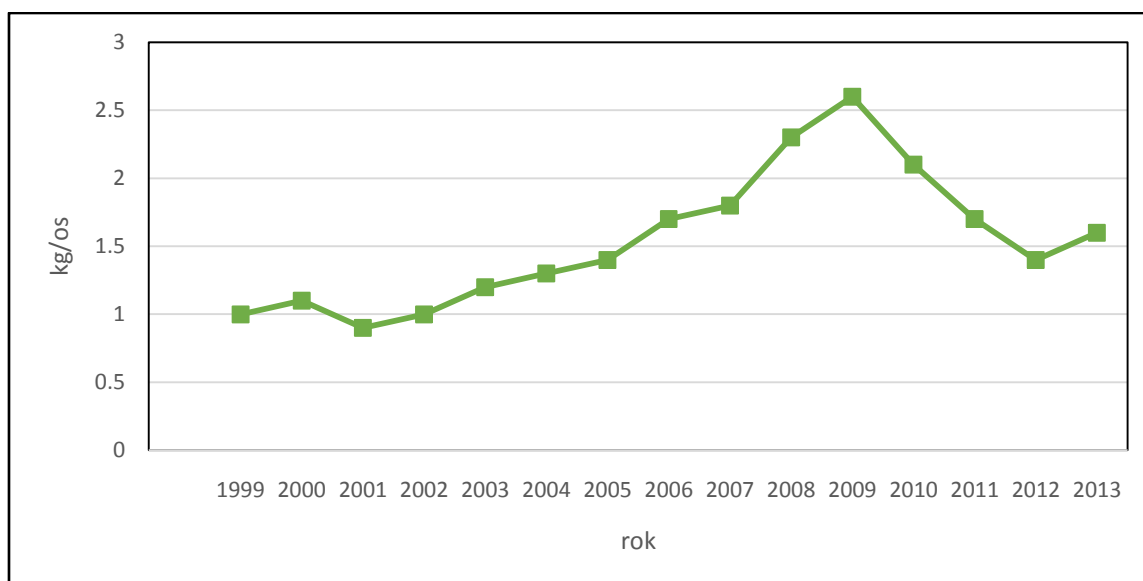


Graf 2: Vývoz čerstvé listové zeleniny z ČR (v tunách)

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

Spotřeba

Z grafu 3 je patrné, že spotřeba listových salátů na osobu v ČR v kg od roku 1999 neustále stoupá. V roce 1999 činila 1 kg/os, v roce 2003 činila 1,2 kg, v roce 2006 již 1,7 kg na osobu. Vrchol spotřeby nastal v roce 2009, kdy spotřeba dosáhla 2,6 kg/os. Od tohoto roku spotřeba klesala. V roce 2010 2,1 kg/os, v roce 2012 1,4 kg/os. V posledním sledovaném roce 2013 se spotřeba opět navýšila na 1,6 kg/os. (http://eagri.cz/public/web/file/437276/SVZ_Zelenina_12_2015.pdf)



Graf 3: Vývoj roční spotřeby listových salátů v hodnotě čerstvé (včetně výrobků) na jednoho obyvatele v ČR v kg (Zdroj:http://eagri.cz/public/web/file/437276/SVZ_Zelenina_12_2015.pdf)

Saláty jsou velice perspektivní odvětví zelinářské výroby. V současné době razantně ustupuje zájem o salát hlávkový, naopak roste poptávka po římském salátu a salátu little gem. Poptávka po ledovém salátu je stabilní. Populární je také salát Salanova, který se jedním řezem při kuchyňské úpravě rozpadne na jednotlivé lístky (Buchtová, 2015).

3.4.2. Roketa setá – *Eruca sativa*

Roketa má původ v oblasti Středomoří. Patří mezi jednu z nejstarších kulturních rostlin, která se šířila jako plevel v porostech lnu a obilí. Nyní zplaněla v mnoha zemích Evropy, Asie, Afriky, v Severní Americe, na Blízkém Východě a v Austrálii. V jihovýchodní Asii je dosud v kultuře. V České republice se roketa pěstovala v 19. a na začátku 20. století, a to hlavně ve středních Čechách a Polabí, ale i na jižní Moravě (Doležalová a kol., 2011).

Pojmenování roketa se běžně používá pro druhy rodu *Eruca* Mill., přičemž rod zahrnuje celkem čtyři druhy: *E. setulosa* Boiss. et Reuter, *E. loncholoma* (Pomel) O. E. Schulz, *E. pinnatifida* (Desf.) Pomel a *E. vesicaria* (L.) Cav. Tři z nich se vyskytují pouze lokálně v Maghrebské oblasti (Alžír, Maroko, Tunisko), a pouze *E. vesicaria* se rozšířila v širší oblasti Středomoří a byla zavlečena i na jiné kontinenty do jiných zeměpisných oblastí (Doležalová a kol., 2011).

Statistika dovozu, vývozu, sklizně a spotřeby pro roketu setou není Ministerstvem zemědělství ČR vedena.

3.4.3. Mangold – *Beta vulgaris* var. *cicla*

Mangold je dle Bartoše a kol. (2000) pravděpodobně nejstarší kulturní formou rodu *Beta*, která je odedávna pěstovaná ve Středomoří a v Přední Asii, v kultuře od 9. století. Obdobně uvádí Pekárková (2002), že kulturní formy zeleninového mangoldu, který představuje listovou formu řepy, znali již staří Řekové a Římané. Odnedávna jej pěstují také v Egyptě a Číně. Dle Hejného a kol. (2003) byla v nejstarších dobách řepa pěstována jako listová zelenina, popřípadě i jako léčivka. Nejstarší popsané typy řepy odpovídají dnešním mangoldům (subsp. *cicla*) s velkými listy a tenkým kořenem. Zprávy o pěstování řepy pro kořen je pozdější, pro střední a západní Evropu až z období raného středověku.

Ministerstvem zemědělství ČR není vedena statistika o vývozu, dovozu, sklizni ani spotřebě mangoldu.

3.5. Obecná koncepce stresu

Lichtenthaler (1996) uvádí, že jakékoliv nepříznivé podmínky nebo látky, které ovlivňují nebo blokuji metabolismus rostlin, růst a vývoj, je třeba považovat za stres. Kúdela a kol. (2013), obdobně konstatují, že faktory, které v určitém prostředí rostlinu negativně ovlivňují, označujeme jako stresové faktory - stresory.

Podle původu lze stresory rozdělit na přirozené (abiotické, biotické) a na stresory antropogenní, které jsou vyvolané lidskou činností. Mezi přirozené biotické stresory lze zařadit působení chorob (plísňových, virových i bakteriálních) a škůdců (bezobratlých i obratlovců). Přirozenými abiotickými stresory jsou vysoké i nízké teploty, vysoká intenzita záření vedoucí k fotoinhibici nebo fotooxidaci, jarní a podzimní mrazíky, nadbytek či nedostatek vody, nedostatek živin. Stresory antropogenními jsou: zoocidy; znečištěné ovzduší (např. NO, NO₂); ozón a fotochemický smog; vysoce reaktivní formy kyslíku (např. H₂O₂, OH); kyselá deště, mlhy, rosy; kyselá pH půdy nebo vody; nedostatek živin v půdě často způsobený kyselými dešti; nadbytek N; těžké kovy (např. Pb, Cd); zvýšené UV záření (UV-A, UV-B) anebo zvýšené množství CO₂ a globální změny klimatu. Kúdela a kol. (2013) dodávají, že vnější abiotické faktory, které u rostlin vyvolávají stresy, se v různé intenzitě a délce trvání mohou vyskytovat po celou délku života organismu. Čím je délka života rostliny delší, tím se možnost vystavení abiotickým stresorům zvyšuje (Lichtenthaler, 1996).

Stresem tedy nazýváme stav organismu, který se liší od normy (normálu) a nadměrně jej zatěžuje. Larcher (2003) uvádí, že stres je považován za významnou odchylku

od optimálních podmínek k životu. Stres vyvolává změny a reakce ve všech funkčních stupních (úrovních) organismu. Zprvu mohou být tyto změny a reakce pouze dočasné, ale také se mohou stát trvalými. Stres je změněný fyziologický stav způsobený faktory, které mají tendenci narušit rovnováhu. Rostliny rostoucí v přírodě jsou často vystaveny mnoha stresům, jako je sucho, nízká teplota, sůl, záplavy, teplo, oxidační stres a toxicita těžkých kovů (Jaleel et al., 2009). Stres může být také popsán v syntéze jako stav, ve kterém se zvyšují nároky na rostliny, vzhledem k počáteční destabilizaci funkcí. Po něm následuje stav normalizace a v konečném důsledku vede k lepší odolnosti. Pokud jsou překročeny meze tolerance a adaptivní kapacita rostliny, může nastat trvalé poškození nebo dokonce smrt rostliny (Larcher, 2003).

Podle Lichtenthaler (1996) představuje stres u rostlin ve většině případů dynamický komplex mnoha reakcí, nejedná se tedy výhradně o ustálený stav. Aby rostlina překonala určitý stresový faktor, musí mobilizovat své energetické zdroje a obranné nebo adaptivní či poplašné fyziologicko-biochemické reakce (Kůdela a kol., 2013).

Levitt (1980) tvrdí, že při stresové reakci dochází ke změnám ve fyziologických a biochemických procesech rostliny, stejně jako v procesech anatomických a vývojových. Larcher (2003) uvádí, že organismus ve stresu prochází charakteristickými posloupnými fázemi (v závislosti na dynamickém pojetí stresu). První fáze – **poplachová**, při níž dochází po vlivu stresoru k destabilizaci strukturálních (bílkoviny, biomembrány, cytoskeleton) a funkčních podmínek (biochemické procesy, energetický metabolismus), nutných pro normální fungování životně důležitých činností. V případě kdy k poškození dojde příliš rychle a je příliš intenzivní, dochází k nevyhnutelnému rozpadu buněčné struktury dříve, než mohou zapůsobit obranné účinky. Poplachová fáze začíná stresovou reakcí, ve které převládá katabolismus nad anabolismem. Pokud intenzita stimulu zůstává beze změny, dochází k **restituci** v podobě opravných procesů. Jsou spuštěny kompenzační mechanismy, jako jsou proteinové syntézy nebo je rychle zahájena syntéza obranných látek. Tento proces vede k **rezistenční** fázi, ve které se v rámci pokračování stresu, zvyšuje odolnost vůči stresorům („stabilizace“). Vzhledem k výslednému vylepšení stability, může docházet k navrácení se do normálu i přes pokračující vliv stresoru („vyrovnání“). I poté, co porucha vymizí, může po nějaký čas zůstat zvýšená resistance vůči stresu. Pokud působení stresu přetrvává příliš dlouho nebo pokud se intenzita stresu zvyšuje, může během konečné fáze nastat stav **vyčerpání**. Rostlina je pak náchylná k infekcím, které se vyskytují jako důsledek zhoršené hostitelské obrany (například paraziti, způsobující oportunní infekce) a vše vede k trvalému zhroucení. Nicméně pokud bylo poškození pouze dočasné, funkční stav bude

navrácen na svou původní úroveň. Pokud je to nutné, škody, které mohou být opraveny ve fázi **regenerace** (Larcher, 2003).

Larcher (2003) dále uvádí, že by nemělo být očekáváno, že tyto úkazy a trendy se vyskytují v reakci na každý stres. Autor konstatuje, že nejvýznamnější závěr, který lze vyvodit ze všech těchto pozorování je, že stresové události jsou vždy závislé na čase. Procesy, které probíhají pod vlivem stresu, proto musí být považovány za kontinuální změnu. Znamená to, že zákony, které upravují dynamiku rovnováhy, není možné použít ve všech případech.

Podle Jaleel et al. (2009) pružnost normálního metabolismu umožňuje zahájení reakce na změny životního prostředí, které se vyskytují pravidelně a jsou předvídatelné v průběhu denního a sezónního období. Tudíž každá odchylka od optima nemusí nutně vyústit ve stres. Kúdela a kol. (2013) tvrdí, že živé organismy jsou adaptabilní. Jsou schopné se postupně měnit, aby při vystavení vlivu zátěže snížily přetížení nebo mu zabránili. Adaptace může být buď stabilní, nebo nestabilní. Nestabilní adaptace (aklimatizace) vzniká během ontogeneze rostlin a může se působením vnějších podmínek zvýšit nebo snížit. Stabilní adaptace vzniká v průběhu fylogeneze organismu přizpůsobováním se souboru specifických faktorů prostředí. Adaptace a aklimatizace chrání rostliny v přirozených podmínkách proti nepříznivým faktorům. Obdobně uvádí Levitt (1980), že důsledkem stresové reakce je získání určitého stupně adaptačních schopností. Přechodně se může zvýšit i úroveň odolnosti vůči abiotickým stresorům – tento jev se nazývá aklimatizace.

3.6. Vliv vodního deficitu na rostliny

Sobíšek (1993) uvádí, že sucho je pojmenování pro nedostatek vody v půdě, rostlinách nebo i v atmosféře. Jednotná kvantitativní vymezení sucha neexistují s ohledem na rozmanitá hlediska meteorologie, hydrologie, zemědělství, bioklimatologie. Autor dále konstatuje, že dle Thornthwaiteovi klasifikace podnebí (1947), lze rozlišovat tři hlavní druhy sucha:

- a) stálé oblasti sucha nejsušších klimatických pásem;
- b) sezónní sucha některých klimatických pásem a v oblastech monzunového podnebí;
- c) nahodilé sucho v důsledku nepravidelných a proměnlivých četností a intenzit výskytu srážek.

Sobíšek (1993) sucho dále dělí na:

- **Sucho agronomické** – je to nedostatek vody v půdě, ovlivněný předchozím, nebo ještě nadále trvajícím výskytem meteorologického sucha. Z dalších vlivů mají na agronomické sucho velký význam půdní vlastnosti, používaná zemědělská technika a jiné faktory.
- **Sucho fyziologické** – nedostatek vody z hlediska potřeb jednotlivých druhů rostlin. K výskytu fyziologického sucha může dojít i u některých druhů půd (rašelinné, jílovité, zamrzlé půdy), přestože obsahují dostatečné množství půdní vody. Shodně uvádějí i Kůdela a kol. (2013), že fyziologické sucho je nedostatek půdní vody, která je pro rostliny fyziologicky přístupná- volná, anebo je jen slabě vázaná povrchovými silami.
- **Sucho hydrologické** – sucho definované pro povrchové toky určitým počtem za sebou jdoucích dní, týdnů, měsíců i roků s výskytem relativně velmi nízkých průtoků vzhledem k dlouhodobým měsíčním či ročním normálům. Vyskytuje se zpravidla ke konci déle trvajících období sucha, ve kterém nepadaly ani kapalné ani smíšené srážky.
- **Sucho meteorologické** (též atmosférické sucho) – sucho definované nejčastěji časovými a prostorovými srážkovými poměry (například výskytem suchého nebo vyprahlého období). Kromě množství a intenzity spadlých srážek vztažených k dlouhodobým srážkovým normálům pro dané místo a roční dobu, stanovili mnozí autoři různé definice meteorologického sucha v závislosti na dalších meteorologických prvcích, a to hlavně na výparu, teplotě vzduchu, rychlosti větru, vlhkosti vzduchu a jiných pomocí klimatologických indexů.
- **Sucho nahodilé** – nepravidelně se vyskytující období podnormálních srážek, trvajících několik týdnů, měsíců i roků. Ve vegetačním období bývá srážkový deficit doprovázen často i nadprůměrnými teplotami, nižší poměrnou vlhkostí vzduchu, zmenšenou oblačností a vyšším počtem hodin slunečního svitu. Tyto meteorologické faktory pak mají za následek větší evapotranspiraci, čímž se dále zvyšuje nedostatek vody (vláhy).

Sucho je složitý, fyzikálně-chemický proces, kterého se účastní mnoho biologických makro molekul a malých molekul, jako například nukleové kyseliny, proteiny, sacharidy, lipidy, hormony, ionty, volné radikály a minerální látky. Sucho je zvyšující se hrozbou pro svět. Většina zemí na světě se potýká s problémy, které sucho způsobuje. Nedostatek vody je zásadním environmentálním stresem a způsobuje těžké poškození zemědělských

produktů v mnoha částech světa (Ahmadizadeh, 2013). Li a kol. (2006) konstatují, že sucho je hlavní abiotický stres, který silně ovlivňuje produkci potravin na celém světě. Rahdari et al. (2012) tvrdí, že stres suchem je vážným problémem především v zemích, kde je zemědělství zcela závislé na dešťových srážkách. Jaleel et al. (2009) uvádějí, že stres suchem ovlivňuje růst a sklíditelný výnos u řady rostlinných druhů, a tolerance k suchu se mezi jednotlivými druhy výrazně liší. Tvorba biomasy rostlin a kvalita rostlinné produkce se podle Kúdely a kol. (2013) snižuje, je-li vody nedostatek nebo přebytek, přičemž potřeba vody se v průběhu vývoje určitého druhu rostliny může měnit. Zlepšení odolnosti proti suchu je proto hlavním cílem v šlechtitelských programech pro zemědělské oblasti s nedostatečným množstvím srážek (Ahmadizadeh, 2013).

Nedostatek nebo nadbytek vody patří spolu s nízkou a vysokou teplotou k nejčtenějším a ekonomicky velmi významným abiotickým faktorům, které mohou narušit růst a zdraví rostlin. Téměř třetina zemského povrchu je aridní nebo semiaridní. V České republice patří sucho k hlavním abiotickým faktorům, které negativně ovlivňují produkci zemědělských plodin. K oblastem, kde je u nás vznik sucha nejpravděpodobnější, patří Morava, Polabí a Žatecko (Kúdela a kol., 2013). Vzhledem k těmto skutečnostem nemůžeme vyloučit ani delší období sucha. Sledování adaptace rostlin na nedostatek vody je stále aktuálnější, zvláště s ohledem na skutečnost, že i v našich klimatických oblastech dochází v současnosti v období hlavní vegetace většiny polních plodin k periodickému nedostatku vody (Hnilička et al., 2001).

Značně negativně dopadají na rostliny následky výkyvů v obsahu půdní vláhly a narušení vodního režimu. Při nedostatku vláhly dochází k fyziologickému vadnutí rostlin, ztrátě turgoru, zavírání průduchů. Tím zároveň klesá intenzita fotosyntézy a transpirace. Nastupují nekrotické symptomy, změny barvy listů, urychlená senescence listů, nekrózy odnoží až celých rostlin. Suchem oslabené rostliny jsou náchylné k napadení houbovými původci chorob, např. fuzariózami (Sychrová, 2001). Shodně uvádějí i Jaleel et al. (2009), že nedostatkem vody může mít za následek pozastavení fotosyntézy, narušení metabolismu a nakonec smrt rostliny (Jaleel et al., 2008c). Dokonce i mírný vodní deficit je dostatečný pro spuštění syntézy kyseliny abscisové z karotenoidů v kořenech. Ta je pak transportována jako signál z kořenů do různých částí rostliny, kde vyvolává řadu efektů, např. iniciuje uzavření průduchů v listech (Larcher, 2003).

Reakce rostlin na vodní stres závisí na několika faktorech, jako je vývojové stadium, intenzita a trvání stresu a typ genetického kultivaru. Reakce rostlin na stres je komplikovaná,

neboť odráží integraci na stresové vlivy v čase a prostoru, a reakce na všechny základní úrovně organizace (Ahmadizadeh, 2013).

Dle Levitta (1980) je reakce rostlin na stres specifická a jsou do ní zapojeny složité fyziologické mechanismy, které lze obecně rozdělit do dvou skupin. První skupinu tvoří mechanismy zabraňující tomu, aby byla rostlina vystavena stresu tzv. **avoidance mechanism**. U této skupiny rostlin dochází k uniknutí působení stresu. Příkladem může být dokončení životního cyklu rostliny před příchodem vodního deficitu. Druhou skupinu obranných mechanismů tvoří aktivní obrana rostlin tzv. **tolerance mechanism**, která omezuje dopad stresových faktorů na samotnou rostlinu až po jejich proniknutí k plazmatické membráně buněk a do symplastu (Levitt, 1980). Shodně uvádí Kůdela a kol. (2013), že zamezení suchu tzn. schopnost rostlin zachovat si v pletivech vysoký vodní potenciál, jako obranný mechanismus při nedostatku půdní vláhy. Pro zamezení škod způsobených suchem dochází ke zvýšenému příjmu vody např. zvětšením plochy kořenů (Kůdela a kol., 2013).

Při nedostatku vody jsou ve větší míře produkovány látky, jako **kyselina abscisová** (ABA), která je spouštěčem exprese genů pro stresové proteiny (Larcher, 1995). Levitt (1980), uvádí, že ABA rovněž zvyšuje osmotický tlak v buňkách a tím dochází k uzavírání průduchů. Velké množství ABA se nachází i u dobře zásobených rostlin vodou v listech. Pokud je však rostlina na světle, je kyselina vázána v chloroplastech. Při vodním stresu však dochází ke zvýšené produkci ABA, jež způsobuje uzavírání průduchů (Levitt, 1980).

Jaleel et al. (2009) uvádějí, že vývoj rozvětveného kořenového systému za sucha je důležitý, může během prvních růstových fází plodiny extrahovat vodu z mělkých vrstev půdy, která se jinak snadno ztratí odpařováním. Rozvoj kořenového systému, zvyšuje absorpci vody a udržuje potřebný osmotický tlak i přes vyšší hladiny prolinu. Dále se rozvětvený kořenový systém podílí na toleranci k suchu a na vysoké produkci biomasy a to především díky své schopnosti získat více vody z půdy a jejímu transportu do nadzemních částí pro potřeby fotosyntézy.

Další způsobem, jak rostliny předchází ztrátám vody, je např. snížení počtu listů, rolování listů, uzavření průduchů, zvýšení ochranných látek (např. vosků) a počtu trichomů na povrchu. Dochází také k tvorbě zásobních pletiv naplněných vodou např. u sukulentů (Kůdela a kol., 2013).

Obrana před poškozením pletiv rostlin v důsledku nedostatku vody zahrnuje zmírnění vlivu nedostatku vody, např. akumulací osmoprotektantů (cukrů, některých aminokyselin a iontů), které umožňují udržet turgor rostlin, tj. růst i za nedostatku vody. Obrana může

být provedena zmenšením velikosti buněk. Další možností obrany je tolerance k nedostatku vody. Při té dochází k indukci tvorby ochranných proteinů, které ochraňují struktury buněk při odvodnění buněk (Kůdela a kol., 2013). Při poklesu relativního obsahu vody také klesá rychlost fotosyntézy v listech vyšších rostlin. Jaleel et al. (2009) uvádí, že je nejasné, zdali sucho více ovlivňuje fotosyntézu uzavíráním průduchů, či metabolickým poškozením. Oba případy jsou však všeobecně známy jako hlavní faktory omezující fotosyntézu při stresu suchem. Navození metabolického poškození vlivem sucha je mnohem složitější jev, nežli uzavírání průduchů při omezení fotosyntézy. K omezení fotosyntézy dochází především při snížení obsahu fotosyntetických pigmentů.

Stres vodním deficitem má vliv na změny metabolických funkcí, a projevuje se buď úplnou ztrátou syntézy, nebo sníženou syntézou fotosyntetických pigmentů. V následku dochází k poklesu kvanta přijaté světelné energie a ke snížení výroby sil, které jsou zdrojem energie pro temnostní fázi fotosyntézy. Změny v množství fotosyntetických pigmentů jsou úzce spojeny s výnosem rostlinné biomasy. Stres suchem produkuje změny v poměru obsahů chlorofylu *a* a *b* a karotenoidů. Snížení obsahu chlorofylů bylo dokumentováno v suchem stresované bavlně a katarantu růžovém. Obsah chlorofylu *b* se zvýšil o dva řády, chlorofyl *a* zůstal nedotčen, což má za následek významné snížení poměru Chl *a*:*b* u obou druhů. Při zvýšeném vodním deficitu, došlo také ke snížení obsahu chlorofylů na významné úrovni u rostlin pokusných rostlin slunečnice a brusnice borůvky (Jaleel et al., 2009).

Jak chlorofyl *a* tak chlorofyl *b* jsou citlivé na vysychání půdy. Karotenoidy mají i své další role a částečně pomáhají rostlinám přestát nástrahy sucha (Jaleel et al., 2009).

Výsledky pokusů, jež byly prováděny na rostlinách ječmene, odhalily, že složky fotosyntetického aparátu, u citlivých genotypů, mohou být vlivem sucha poškozeny. U genotypů tolerantních k suchu může být díky dobré přizpůsobivosti sníženo poškození vyplývající ze stresu suchem. Genetické rozdíly tudíž ovlivňují vliv stresu suchem na fotosyntetický aparát (Li et al., 2006).

Kromě jiných faktorů, změny v obsahu fotosyntetických pigmentů mají zásadní význam pro toleranci sucha. Z obou tříd fotosyntetických pigmentů, karotenoidy zastupují rozmanité role v toleranci sucha, včetně pohlcení světla a ochrany před oxidačním poškozením způsobeným suchem. Zvýšený obsah konkrétně karotenoidů je tedy důležitý pro toleranci stresu. Vodní stres má, mimo jiné, schopnost snížit tkáňové koncentrace chlorofylů a karotenoidů a to především s produkcí ROS v thylakoidech (Jaleel et al., 2009).

3.7. Rostlinné pigmenty v listech rostlin

Život na Zemi je závislý na fotosyntéze. Fotosyntetické systémy se vyvinuly v počátcích historie Země a byly stabilní po dobu 2,5 miliardy let, což poskytuje přímé důkazy pro význam pigmentů v rostlinných funkcích. Výraz fotosyntetické pigmenty zahrnuje u vyšších rostlin především **chlorofyly *a*, *b* a karotenoidy** (Ustin et al., 2009).

Fotosynteticky aktivní pigmenty, chlorofyly, jsou základními fotoreceptory účastnícími se fotosyntézy. Po přijetí kvanta světelné energie molekulou chlorofylu je energie buď absorbována a převedena do procesu fotosyntézy (fotochemické zhášení), nebo dochází k převedení energie na teplo (nefotochemické zhášení) či zpětnému vyzáření fotonu s vlnovou délkou vyšší než 650 nm (fluorescenční zhášení – cca 1 – 2 % celkového absorbovaného záření) (Špulák a kol., 2011).

Míra fotosyntetické aktivity je podmíněna množstvím fotosynteticky aktivních pigmentů. Jednou z metod jejich kvantifikace je spektrofotometrické měření absorbance vlnových délek ve směsi pigmentů vyextrahovaných z asimilačních orgánů. Metoda je použitelná pro směsi pigmentů, které se spektrálně výrazně liší, tzn. nelze určit obsahy jednotlivých složek ve směsi chlorofylů nebo obsahy jednotlivých karotenoidů v jejich směsi (Lichtenthaler, 1987). Kvantitativní stanovení chlorofylu (Chl *a*, Chl *b*) a karotenoidů v celkovém obsahu pigmentů ve výluhu ze zeleného rostlinného pletiva pomocí spektroskopie je komplikováno tím, že vždy závisí na výběru vzorku, výběru rozpouštědla a na použití spektrofotometru. Různé rostlinné pigmenty absorbují světlo v překrývajících se spektrálních oblastech v závislosti na vybraném systému hodnocení (Lichtenthaler and Buschmann, 2001). Hmotnostní poměr Chl *a* a Chl *b* (poměr Chl *a/b*) je ukazatel funkční vybavenosti pigment k světelné adaptaci fotosyntetického aparátu. Chl *b* se vyskytuje výhradně v přijímacím systému pigmentů, zatímco Chl *a* je přítomen v reakčním centru fotosystému I a II a v přijímacím systému pigmentů. Vzhledem k tomu, že světlosběrná barviva proteinů LHC-I ve fotosyntetickém pigmentovém systému PS I mají *a/b* poměr ~3, která z LHC-II PS II představuje *a/b* poměr od 1,1 do 1,3. Úroveň LHC-II z PS II je variabilní a ukazuje světelnou adaptační reakci. Stínomilné rostliny mají mnohem vyšší částky LHC-II než slunci rostoucí rostliny, a tedy jejich *a/b* poměry jsou nižší než na slunci rostoucích rostlin (Lichtenthaler et al., 1982, 1984). Pokles poměru Chl *a/b* může být tedy interpretován jako rozšíření přijímacího systému PS II (Lichtenthaler and Buschmann, 2001).

Hmotnostní poměr Chl a a b a celkových karotenoidů $(a+b)/(x+c)$ je ukazatelem zeleně rostlin. Poměr $(a+b)/(x+c)$ obvykle leží mezi 4,2 a 5 na sluncem ozářených listech a sluncem exponovaných rostlinách, a mezi 5,5 a 7,0 ve stínu rostoucím listí a stínu vystaveným rostlinám. Nižší hodnoty poměru chlorofylů a karotenoidů jsou ukazatelem stárnutí, stresu a poškození rostlin a fotosyntetického aparátu, který je vyjádřen rychlejším odbouráváním chlorofylů než karotenoidů (Lichtenthaler and Buschmann, 2001).

Listy s větším obsahem žlutavě zelené barvy vykazují hodnoty poměru chlorofylů a karotenoidů $(a+b)/(x+c)$ 3,5 nebo dokonce tak nízké, jak 2,5 až 3,0 jako stárnutí postupuje. Také, během chromoplastického vývoje při zrání ovoce a změně barvy, které se změni ze zelené na žlutou, oranžovou nebo červenou, poměr chlorofylů a karotenoidů $(a+b)/(x+c)$ klesá nepřetržitě a dosahuje hodnoty nižší než 1,0 (Lichtenthaler and Buschmann, 2001).

Sluncem osvětlené listy z různých stromů, vykazují průměrný obsah Chl $a+b$ na úrovni 400 až 700 mg/m² plochy listů (40-70 μg/cm²) a zastíněné listy mají 380 až 570 mg/m² listové plochy (38 až 57 μg/cm²). Sluncem ozářené listy mají tlustší buněčné stěny, nižší listový obsahem vody (50% - 65% čerstvé hmotnosti), a vyšší hmotnost sušiny nežli zastíněné listy. Vykazují však na základě sušiny výrazně nižší obsah chlorofylů a karotenoidů než zastíněné listy. Ty mají vyšší obsah vody (68% - 85% čerstvé hmotnosti), a tedy nižší hmotnost sušiny než slunci vystavené listy (Lichtenthaler and Buschmann, 2001).

Tuto metodu lze tedy použít jen pro stanovení celkového obsahu chlorofylu a (Chl_a), chlorofylu b (Chl_b) a karotenoidů (Car_{x+c}) (Špulák a kol. 2011).

Karotenoidy jsou velkou skupinou isoprenoidních molekul, které jsou od počátku syntetizovány ve všech fotosyntetizujících a v mnohých nefotosyntetizujících organismech. Jsou rozděleny na uhlovodíkové karoteny, jako je lykopen a β-karoten nebo xantofyly, pro něž je typickým příkladem lutein (Lichtenthaler and Buschmann, 2001).

Oxidační poškození v rostlinném pletivu, způsobené stresem ze sucha, je zmírněno tím, že dochází k spolupůsobení obou enzymatických a neenzymatických antioxidačních systémů. Mezi ně patří β karoteny, askorbáty (AA), α-tokoferoly (α-toc), redukovaný glutathion (GSH) a enzymy, včetně superoxidodismutázy (SOD), peroxidázy (POD), askorbáty peroxidázy (APX), katalázy (CAT), polyfenoloxidázy (PPO) a glutathion reductázy (GR). (Lichtenthaler and Buschmann, 2001).

Karoteny tvoří klíčovou část rostlinného antioxidačního obranného systému, avšak jsou velmi náchylné k oxidačnímu zničení. β-karoten, který je obsažen v chloroplastech všech zelených rostlin, je výhradně vázán k jádru komplexů PSI a PSII. Ochrana před škodlivými účinky ROS (chemicky reaktivní molekuly obsahující kyslík) je na tomto místě nezbytná

pro fungování chloroplastů. β -karoten zde, kromě funkce doplňujícího pigmentu, působí jako účinný antioxidant a hraje jedinečnou roli v ochraně fotochemických procesů a jejich udržení. Významnou ochrannou roli plní β -karoten ve fotosyntetické tkáni, prostřednictvím přímého zhášení z trojice chlorofylů, který zabraňuje vzniku jednoduchého kyslíku a chrání před oxidačním poškozením. Podobně důležitou roli mají tokoferoly. Jsou to v tučích rozpustné antioxidanty v chloroplastech. Způsobují vylepšení/zvýšení obsahu pigmentů ve fotosyntetických organismech za stresových podmínek (což bylo dokázáno na pokusech s rostlinami tabáku a huseničku rolního (Lichtenthaler and Buschmann, 2001; Jaleel et al., 2009). Vlivem skladování může docházet k degradaci pigmentů chlorofylu téměř ve všech zeleninách. Byl zkoumán vývoj obsahu chlorofylu v jednotlivých zónách hlávkového salátu během skladování v chladárnách. V obsahu chlorofylů pro vnější, střední a vnitřní zóny, byl zjištěn velký rozdíl. Obsah vnější zóny byl 10 krát vyšší, nežli vnitřní zóny, z důvodu velké sluneční expozice světla ve vnějších listech. Při skladování v optimálních podmínkách, dochází k poškození chlorofylu pouze ve vnější izolační zóně. (Agüero et al., 2008)

Chlorofyl a, chlorofyl b a chlorofylin jsou pyrolová barviva. Chlorofyl má příznivý účinek na tvorbu červených krvinek. Byl doporučován při anémii, při ztrátě krve, po snížení cholesterolu a rekonvalescenci. Někdy je uváděn preventivní antikarcinogenní účinek. Denní potřeba pro zdravého člověka je asi $10 \text{ mg} \cdot \text{den}^{-1}$, léčivá, ještě neškodná dávka je 100 mg. Karotenoidy jsou ve vodě nerozpustné žluté až červeně oranžové barevné látky. Jsou v ovoci a zelenině zastoupeny α -karotenem, β -karotenem, γ -karotenem, lykopenem, luteinem, zeaxantinem. Aktivně působí na zlepšení funkcí orgánů lidského těla. Většina karotenoidů působí v lidském těle jako antioxidanty, některé (například lutein, zeaxantin) snižují hladinu cholesterolu nebo snižují riziko nádorového bujení (Kopec, 1998).

Kopec (1998) uvádí, že chlorofyl neboli listová zeleň, je v zelených částech rostlin přítomna v množství $600 - 1500 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Chlorofylové barvivo, typické pro zelenou barvu listů a nezralých plodů podléhá při stárnutí a zrání změnám, rozkladu nebo se mění na olivově- zelený feofytin, na světlezelený chlorofytin, případně na hnědý feoforbin. Z chlorofylu vznikají posléze bezbarvé produkty, například chlorin, purpurin aj.

4. Metodika

Ve skleníkovém pokusu byl sledován vliv krátkodobého vodního deficitu a následné rehydratace na obsah pigmentů v listech u tří vybraných druhů listové zeleniny: mangoldu, roketu a salátu. Schéma pokusu zahrnuje dvě varianty: kontrola (závlaha 21 dnů) a stres (14 dnů stres a 7 dnů rehydratace).

4.1. Rostlinný materiál

K pokusu byly použity tři druhy listové zeleniny: locika setá (*Lactuca sativa* var. *capitata*), roketa setá (*Eruca sativa*) a mangold (*Beta vulgaris* var. *cicla*).

Osivo uvedených druhů listové zeleniny pocházelo z komerčního zdroje.

Locika setá

Salát hlávkový, zobrazený na obrázku 1, odrůda Mars je raným letním salátem typu Atrakce vhodným pro polní celoroční pěstování z výsadeb i výsevů. Tvoří hlávky dorůstající střední velikosti 300 – 400 g, jsou pevné, velmi dobře uzavřené s menší manžetou. Mají silné a hladké listy světle zelené barvy. HTS je 1 - 1,5 g. Lze jej vysévat od března do konce června přímým výsevem na záhon ve sponu 25 x 25 cm. Vegetační doba činí 70 - 85 dní od výsadby do sklizně. Tato odrůda výborně zvládá chladný průběh počasí během jarního a podzimního pěstování. Vyniká odolností k podehnívání - plísni salátové a k vyběhání do květu ([http:// www.prohopo.cz](http://www.prohopo.cz)).



Obrázek 1: Locika setá (foto: K. Scholzová. Praha: Pokusný skleník FAPPZ, 2015)

Roketa setá

Roketa, zobrazená na obrázku 2, je rychle rostoucí rostlina odolná vůči suchu i mrazu do -4°C, která potřebuje minimum péče. V podmínkách ČR se vysévá časně z jara nebo koncem léta. Za dlouhého dne a při vysokých teplotách vyběhá do květu. Nejlépe prosperuje za krátkého dne. Roketa se u nás



pěstuje hlavně pro listy, které se sklízí mladé, 6 – 8 týdnů po zasetí, v optimální délce 15 cm (Doležalová a kol., 2011).

Obrázek 2: Roketa setá (foto: K. Scholzová. Praha: Pokusný skleník FAPPZ, 2015)

Mangold

Mangold, zobrazený na obrázku 3, lze pěstovat buď přímým výsevem na venkovní stanoviště (od března do dubna), nebo se vysazují již předpěstované sazenice. Rostliny se obvykle vysazují do sponu 40 x 50 cm. Listové odrůdy se mohou sklízet kdykoliv i v nedorostlém stavu. Řapíkaté odrůdy je třeba nechat ke sklizni řádně vyvinout (3 – 4 měsíce do výsevu). Vyvinuté, avšak nepřestárlé listy se sklízí postupným odlamováním nebo odřezáváním vnějších listů od léta do zámrazu. Dospělé rostliny snášejí na podzim slabý mráz do -5°C . Je velmi náročný na živiny a vodu (Bartoš a kol., 2000).



Obrázek 3: Mangold (foto: K. Scholzová. Praha: Pokusný skleník FAPPZ, 2015)

4.2. Založení pokusu

Rostliny vybraných druhů listové zeleniny byly pěstovány v nádobovém pokusu, který byl založen v částečně řízených podmínkách skleníku katedry botaniky a fyziologie rostlin FAPPZ. Teplotní režim byl nastaven na 23°C ve dne a 18°C v noci. Rostliny byly pěstovány za přirozených světelných podmínek. Rostliny byly pěstovány v nádobách o velikosti 11x11 cm ve směsi zahradního substrátu A a křemičitého, říčního písku, v poměru 2:1.

Zahradní substrát A je substrát vhodný na rozmnožování rostlin a na pěstování rostlin málo náročných na živiny. Je také vhodný pro pěstování rostlin citlivých na vysokou koncentraci solí v substrátu. Obsah vody v substrátu je do 60 % a obsahuje více jak 80 % organických látek v sušině. Sušina v substrátu obsahuje 0,03 - 0,08 % N, 0,01 - 0,03 % P a 0,04 – 0,05 % K. Obsah solí rozpustných ve vodě dosahuje 0,03 %, pH substrátu je slabě kyselé 5,0 – 6,0. Má nižší objemovou hmotnost než $250\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ (Bedrna, 1989).

Schéma pokusu představuje dvě varianty. První varianta, je kontrolní. Rostliny v této variantě byly zavlažovány po celou dobu pokusu (tj. 21 dnů). Množství závlivkové vody bylo 150 ml. Druhá varianta je charakterizována vodním deficitem. Jedná se o variantu stresovanou. Vodní

deficit byl navozen po dobu 14 dnů postupným přirozeným vysycháním substrátu. Po uplynutí této doby byl vodní deficit vystřídán rehydratací. Délka rehydratace trvala 7 dnů. V tomto období byly rostliny zavlažovány shodně s rostlinami kontrolními. Měření hodnot bylo započato ve fázi 6 listů.

4.3. Měření fyziologických charakteristik

4.3.1. Měření obsahu pigmentů chlorofylmetrem

Obsah pigmentů v listech byl měřen pomocí chlorofylmetru CCM 200, zobrazeného na obrázku č.4, (ADC BioScientific LTd., Velká Británie) nedestruktivně.

Chlorofylmetr CCM 200 využívá, k nedestruktivnímu měření relativní koncentrace chlorofylů v listech vybraných plodin, odlišné absorpce chlorofylů v rozdílných vlnových délkách viditelného světelného spektra. Hlavní absorpční skupiny jsou přítomny v modré a červené oblasti viditelného spektra. Naopak minimální absorpce chlorofyly nastává v zelené oblasti spektra a při infračerveném záření.

Měření množství energie absorbované v červeném spektru můžeme získat odhad o množství chlorofylu přítomném v pletivech. Absorbanci v infračervené oblasti lze použít ke kvantifikaci o vytvořené tloušťce listu, jenž poskytne přesnější hodnotu CCI.

Bylo použito způsobu měření s listovou klipsnou, která je umístěna na konci optického vlákna. Vzorek listu se umístí tak, že se nachází bezprostředně pod středem na konci optického vlákna. Detektory jsou zde 2 silikonové světelné diody s integrálními zesilovači pro měření absorpce a zdroj energie, který monitoruje teplotní kompenzaci. Teplotní rozsah měření chlorofylmetru se pohybuje od 0 do 50 °C. Každé jednotlivé měření trvá 2 – 3 s. (<http://www.adc.co.uk/wp-content/uploads/2013/09/CCM200plus.pdf>)



Obrázek 4: Příklad přístroje CCM 200 (foto: K. Scholzová. Praha: Pokusný skleník FAPPZ, 2015)

4.3.2. Měření obsahu pigmentů spektroskopicky

Stanovení pigmentů spektroskopicky je klasickou metodou měření obsahu pigmentů. Obsah pigmentů byl sledován na základě metod dle Porry et al. (1989). Z listu rostlin byl pomocí korkovrtu vyseknut 1 terčík o ploše 0,5 cm². Terčíky byly přeneseny do zkumavek s 1 ml N-dimethyl kyseliny mravenčí (dimethylformamid - DMF). Rostlinný materiál byl umístěn po dobu 24 hodin do tmy, kde byl protřepáván. U získaného extraktu byla poté změřena absorbance spektrofotometrem Helios Gama (Thermo) (zobrazený na obrázku číslo 5) při vlnových délkách 480, 646,8, 663,8 a 710 nm. Počet opakování měření byl 4. Množství pigmentů bylo vypočteno na základě následujících matematických vztahů:

$$\text{Chl a} = 12.0 * (A_{663,8} - A_{710}) - 3.11 * (A_{646,8} - A_{710}) \quad [1]$$

$$\text{Chl b} = 20.78 * (A_{646,8} - A_{710}) - 4.88 * (A_{663,8} - A_{710}) \quad [2]$$

$$\text{Chl a} + \text{b} = 7.12 * (A_{663,8} - A_{710}) + 17.67 * (A_{646,8} - A_{710}) \quad [3]$$

$$\text{Carx+c} = \frac{1000 * (A_{480} - A_{710}) - 1.12 \text{ Chl}_a - 34.07 \text{ Chl}_b}{\quad} \quad [4]$$

245

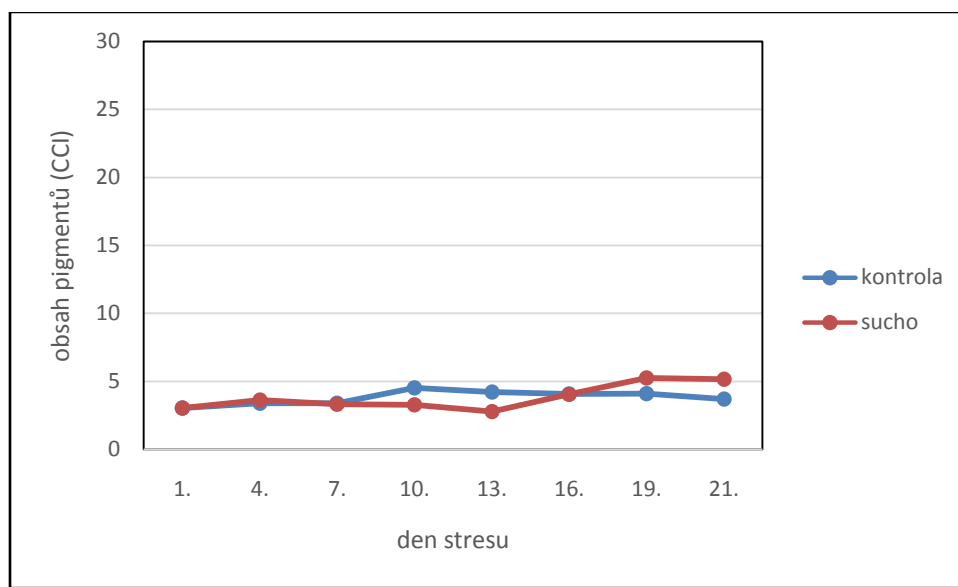


Obrázek 5: Přístroj Helios Gama (foto: K. Scholzová. Praha: Laboratoř FAPPZ, 2015)

5. Výsledky

V pokusu byl sledován vliv krátkodobého vodního deficitu a následné rehydratace na obsah pigmentů v listech tří vybraných druhů listové zeleniny: lociky seté, mangoldu a rockety seté.

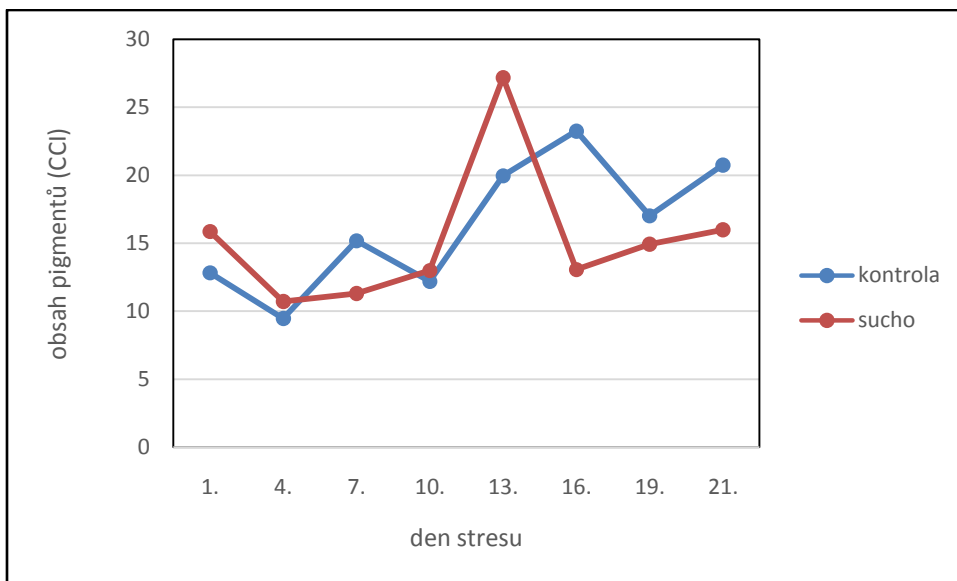
5.1. Obsah pigmentů stanovený na základě měření chlorofylmetrem



Graf 4: Vliv délky působení stresoru na obsah pigmentů v listech lociky seté

V grafu 4 jsou uvedeny hodnoty obsahu pigmentů v listech salátu v závislosti na variantě pokusu. U rostlin kontrolních byl nejnižší obsah pigmentů zjištěn na počátku pokusu (3,05) a maximální hodnota byla zjištěna 10. den (4,53). V následujícím termínu měření byl zaznamenán pokles obsahu pigmentů na hodnotu 4,22, jedná se o snížení 0,31 v porovnání s předcházejícím termínem měření. Tento pokles byl zaznamenán až do konce sledovaného období. Jedná se téměř o lineární pokles až na hodnotu 3,7, která byla zjištěna na konci měření.

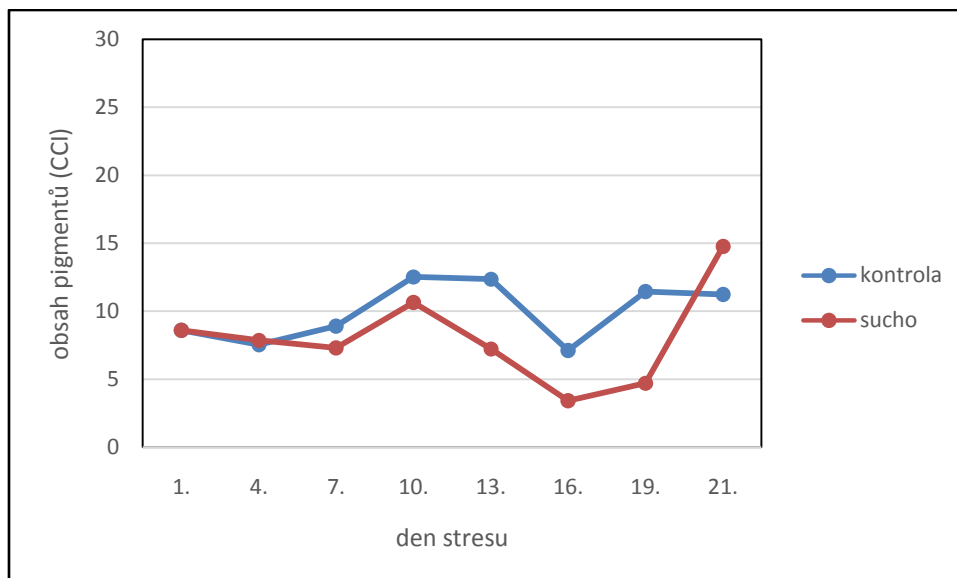
U rostlin stresovaných byl obsah pigmentů na začátku navození vodního deficitu 3,05. Poté se nejprve obsah pigmentů zvýšil na hodnotu 3,63, ale během působení vodního deficitu dochází k postupnému snižování obsahu pigmentů až na hodnotu 2,78 (13. den stresu). Po obnovení závlivky se začal obsah pigmentů zvyšovat z hodnoty 2,78 (13. den stresu) až na hodnotu 5,16 (21. den pokusu). Tato hodnota byla vyšší o 1,45 v porovnání s variantou kontrolní, jak dokládá graf 4.



Graf 5: Vliv délky působení stresoru na obsah pigmentů v listech roketě seté, stanovený pomocí chlorofylmetru

V grafu 5 jsou uvedeny hodnoty obsahu pigmentů v listech roketě seté v závislosti na variantě pokusu. U rostlin kontrolních byl nejnižší obsah pigmentů zjištěn při druhém termínu měření (9,47) a maximální hodnota byla zjištěna 16. den (23,25). V následujícím termínu měření byl zaznamenán pokles obsahu pigmentů o 6,23 v porovnání s předcházejícím termínem měření. V následujícím termínu měření, 21. den, bylo naopak zaznamenáno zvýšení obsahu pigmentů na hodnotu 20,75.

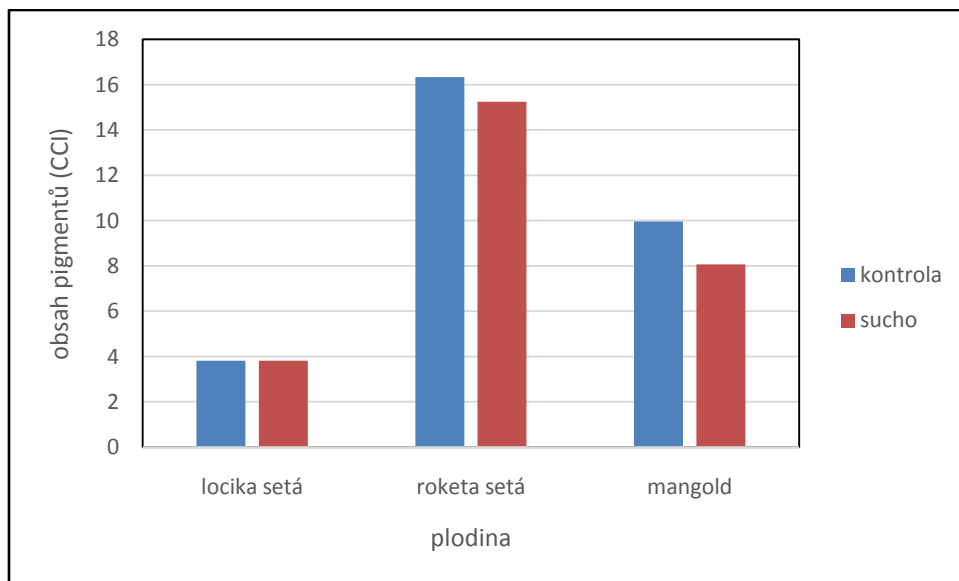
U rostlin stresovaných byl obsah pigmentů na začátku navození vodního deficitu 15,86. Poté obsah pigmentů klesl na hodnotu 10,71. Během tří následujících termínů měření, které představují šest dnů vodního deficitu, se hodnoty obsahu pigmentů zvyšovaly, až na nejvyšší naměřenou hodnotu 13. dne, která byla 27,18. Po obnovení zálivky se obsah pigmentů snížil z hodnoty 27,18 na hodnotu 13,06. Tato hodnota byla nižší o 14,12 v porovnání s předchozím termínem měření. V následujících dvou termínech měření se hodnoty obsahu pigmentů zvyšovaly až na 15,98. Tato hodnota byla nižší o 4,77 v porovnání s variantou kontrolní, jak dokumentuje graf 5.



Graf 6: Vliv délky působení stresoru na obsah pigmentů v listech mangoldu, stanovený pomocí chlorofylmetru

V grafu 6 jsou uvedeny hodnoty obsahu pigmentů v listech mangoldu v závislosti na variantě pokusu. U kontrolních rostlin mangoldu byl nejnižší obsah pigmentů zjištěn 16. den (7,12) a maximální hodnota byla zjištěna 10. den (12,53). V následujícím termínu měření (13. den) byl zaznamenán pokles obsahu pigmentů o 0,16 v porovnání s předcházejícím termínem měření. V následném termínu měření byla naměřena hodnota 7,12. Do konce sledovaného období se hodnoty obsahu pigmentů zvýšil na hodnotu 11,23.

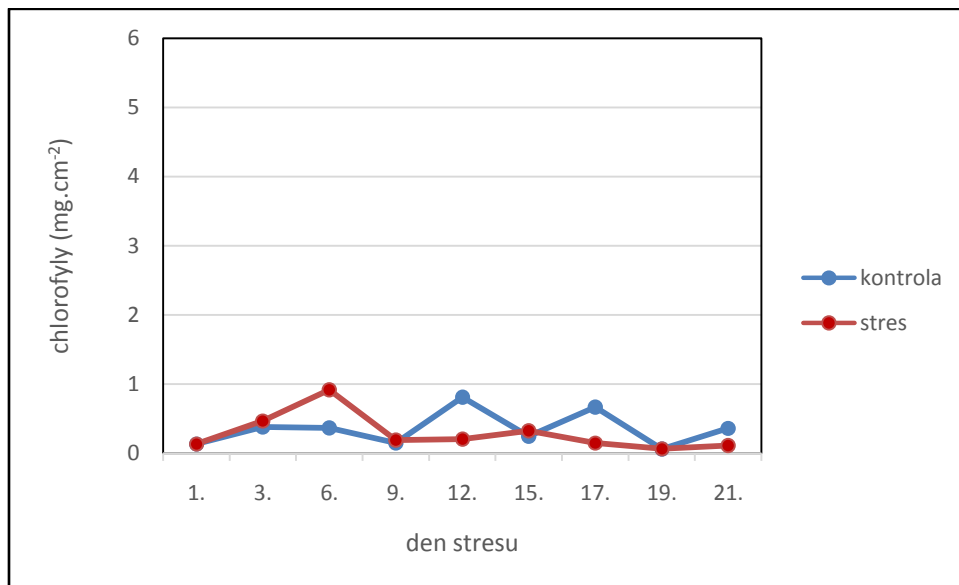
U rostlin stresovaných byl obsah pigmentů na začátku navození vodního deficitu 8,59. Poté se nejprve obsah pigmentů snížil na hodnotu 7,87. Vlivem působení vodního deficitu dochází k dalšímu postupnému snižování obsahu pigmentů až na hodnotu 7,3. (7. den stresu). V termínu 10. den stresu se hodnoty obsahu pigmentů navýšily na 10,63. Během dvou následujících termínů měření se hodnota snižovala až na hodnotu 3,41, naměřenou 16. den. Na konci pokusu byl obsah pigmentů 14,76, jak dokládá graf 6.



Graf 7: Vliv varianty pokusu na obsah pigmentů v listech sledovaných rostlin, stanovený pomocí chlorofylmetru

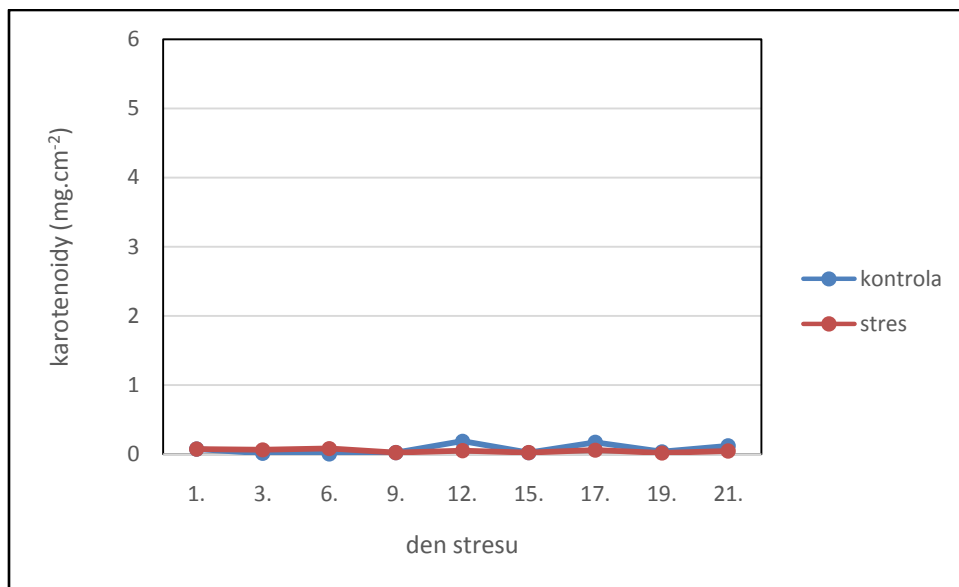
Obsah pigmentů kontrolních rostlin byl nejnižší u listů lociky seté (3,81) a nejvyšší u roketky seté (16,33). V případě rostlin stresovaných byl nejnižší průměrný obsah pigmentů stanoven u lociky seté (3,82) a naopak nejvyšší u roketky seté (15,25). Vliv varianty pokusu v rámci sledovaných plodin je uveden v grafu 7. Z uvedeného grafu je patrné, že na vodní deficit nejméně citlivě reagovaly rostliny lociky seté. Rozdíl mezi kontrolními rostlinami (3,81) a rostlinami stresovanými (3,82) byl 0,01. Na straně druhé citlivě na vodní deficit reagovaly rostliny mangoldu. Rozdíl mezi kontrolními a stresovanými rostlinami byl 1,9, přičemž množství pigmentů u kontrolních rostlin bylo 9,97 a množství u rostlin stresovaných bylo 8,07. Snížení obsahu pigmentů u rostlin stresovaných bylo 19,06 %. Také v případě rostlin roketky seté bylo zaznamenáno snížení obsahu pigmentů u rostlin stresovaných (15,25) v porovnání s rostlinami kontrolními (16,33). Toto snížení bylo ve výši 6,61 % v neprospěch rostlin stresovaných, jak dokumentuje graf 7.

5.2. Spektroskopické stanovení obsahu pigmentů



Graf 8: Vliv délky působení stresoru na obsah chlorofylu $a + b$ (mg.cm^{-2}) v listech lociky seté, stanovený pomocí spektrofotometru

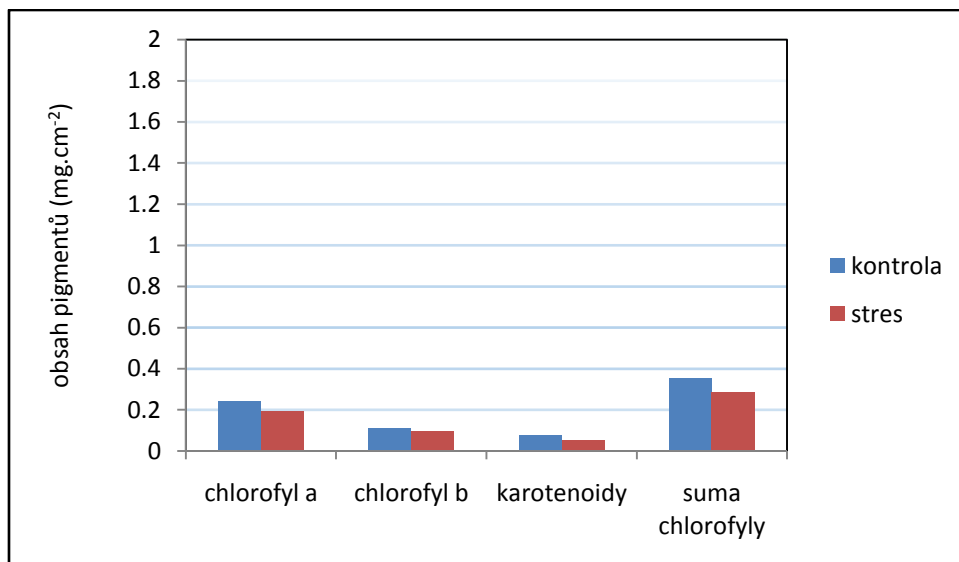
V grafu 8 jsou uvedeny hodnoty obsahu chlorofylů v listech salátu v závislosti na variantě pokusu. U kontrolní varianty byl nejnižší obsah pigmentů zaznamenán 19. den pokusu ($0,058 \text{ mg.cm}^{-2}$) a maximální hodnota 12. den pokusu ($0,81 \text{ mg.cm}^{-2}$). Sedmnáctý den stresu se hodnoty obsahu chlorofylů v listech zvýšily o 63,64 % ($0,66 \text{ mg.cm}^{-2}$). Konečný den měření, 21. den pokusu, byla naměřena hodnota obsahu chlorofylů ve výši $0,36 \text{ mg.cm}^{-2}$. U rostlin stresovaných byl obsah pigmentů po navození vodního deficitu $0,14 \text{ mg.cm}^{-2}$. Nejdříve se hodnota v následujícím termínu zvýšila na $0,47 \text{ mg.cm}^{-2}$. V 6. dni stresu se opět obsah chlorofylů zvýšil na $0,91 \text{ mg.cm}^{-2}$. V následujícím termínu měření byl naopak zaznamenán pokles množství chlorofylů na hodnotu $0,2 \text{ mg.cm}^{-2}$. Jedná se o 78,02 % snížení. Až 15. dne stresu hodnoty obsahu pigmentů nepatrně zvýšily. 19. dne pokusu byl zaznamenán pokles obsahu pigmentů ve výši $0,08 \text{ mg.cm}^{-2}$. Na konci pokusu se obsah chlorofylů v listech stresovaných rostlin zvýšil na hodnotu $0,11 \text{ mg.cm}^{-2}$, jak dokládá graf 8.



Graf 9: Vliv délky působení stresoru na obsah karotenoidů (mg.cm⁻²) v listech lociky seté, stanovený pomocí spektrofotometru

V grafu 9 jsou uvedeny hodnoty obsahu karotenoidů v listech lociky seté v závislosti na variantě pokusu. U rostlin kontrolních byl nejnižší obsah karotenoidů naměřen 6. den měření 0,005 mg.cm⁻². Maximální hodnota obsahu karotenoidů byla zjištěna 12. den (0,19 mg.cm⁻²). V následujícím termínu bylo zaznamenáno snížení obsahu pigmentů ve srovnání s předchozím termínem měření o 0,17 mg.cm⁻². Na konci pokusu se obsah karotenoidů zvýšil na hodnotu 0,12 mg.cm⁻².

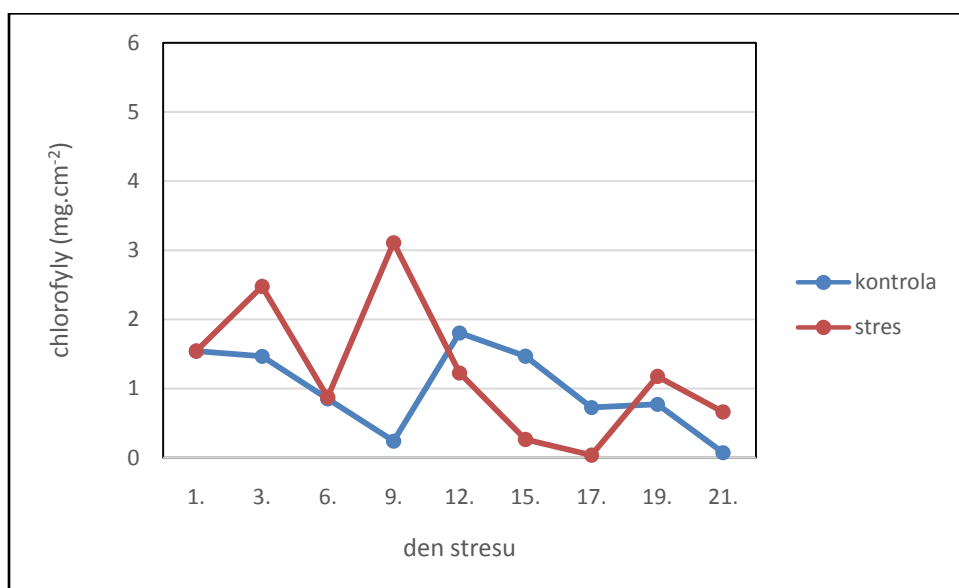
V případě rostlin stresovaných, jak vyplývá z grafu 9, se nejprve obsah pigmentů zvyšoval z hodnoty 0,07 mg.cm⁻² (1. den stresu) na hodnotu 0,08 mg.cm⁻² (6. den stresu). V následujícím měření se obsah karotenoidů snížil na úroveň 0,02 mg.cm⁻². Po obnovení závlivy se obsah karotenoidů v listech lociky seté začal zvyšovat, kdy před zahájením rehydratace byl jejich obsah 0,02 mg.cm⁻² (15. den) a poté 0,06 mg.cm⁻² (17. den). Tento nárůst byl vystřídán snížením, ale na konci pokusu se opět obsah karotenoidů zvýšil na 0,05 mg.cm⁻². Uvedené množství karotenoidů obsažených v listech byl u rostlin stresovaných o 0,07 mg.cm⁻² nižší nežli ve variantě kontrolní, jak dokládá graf 9.



Graf 10: Vliv působení stresoru na obsah fotosynteticky aktivních pigmentů (mg.cm⁻²) v listech lociky seté, stanovený pomocí spektrofotometru

Celkové množství fotosynteticky aktivních barviv obsažených v listech salátu jsou uvedeny v grafu 10. Z něho vyplývá, že u rostlin stresovaných je obsah pigmentů nižší v porovnání s kontrolou.

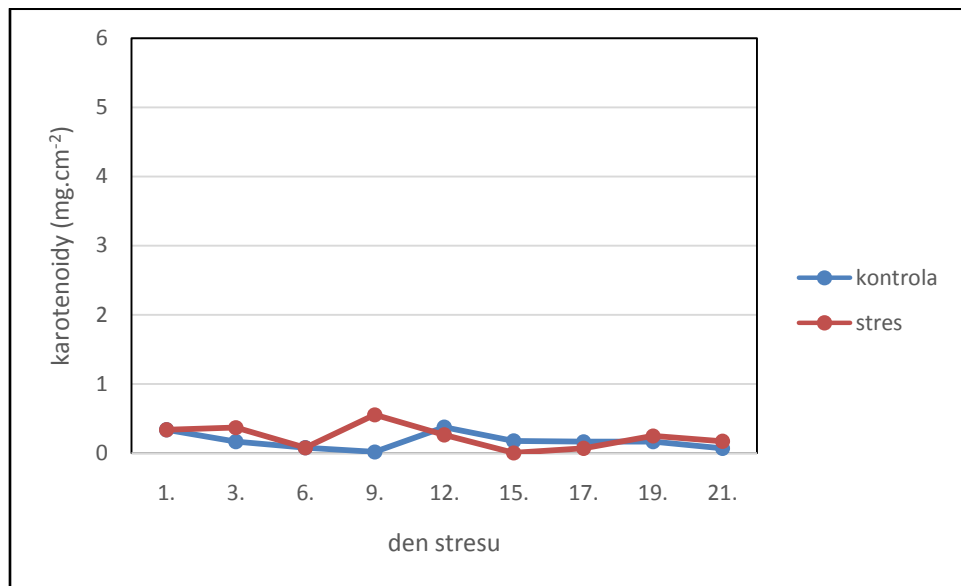
Obsah chlorofylu *a* byl o 0,06 mg.cm⁻² a chlorofylu *b* byl o 0,02 mg.cm⁻² vyšší u kontrolních rostlin ve srovnání s rostlinami stresovanými (0,19 mg.cm⁻² a 0,09 mg.cm⁻²). Obdobné zvýšení (0,02 mg.cm⁻²), jako v případě chlorofylu *b*, bylo zaznamenáno také u celkového množství karotenoidů v listech stresovaných rostlin (0,04 mg.cm⁻²), viz graf 10.



Graf 11: Vliv délky působení stresoru na obsah chlorofylu *a* + *b* (mg.cm⁻²) v listech rockety seté, stanovený pomocí spektrofotometru

V grafu 11 jsou uvedeny hodnoty obsahu chlorofylů v listech roketky seté v závislosti na variantě pokusu. U rostlin kontrolních byl nejnižší obsah pigmentů naměřen 21. den pokusu ($0,07 \text{ mg.cm}^{-2}$) a maximální hodnota ($1,81 \text{ mg.cm}^{-2}$) ve 12. den pokusu. V následujícím termínu měření, 15. den, bylo zaznamenáno snížení obsahu pigmentů ve srovnání s předchozím termínem měření o $0,35 \text{ mg.cm}^{-2}$ (19,34 %) na hodnotu $1,46 \text{ mg.cm}^{-2}$. Tento pokles byl zaznamenán až do konce sledovaného období, kdy byl obsah chlorofylů ve výši $0,07 \text{ mg.cm}^{-2}$.

U rostlin stresovaných byl obsah pigmentů po navození vodního deficitu $1,54 \text{ mg.cm}^{-2}$. Nejprve se v následujícím termínu měření obsah pigmentů zvýšil na hodnotu $2,46 \text{ mg.cm}^{-2}$. 9. den byla naměřena nejvyšší hodnota obsahu chlorofylů $3,11 \text{ mg.cm}^{-2}$. Vlivem působení vodního deficitu poté docházelo k postupnému snižování obsahu pigmentů až na hodnotu $0,26 \text{ mg.cm}^{-2}$ naměřenou 15. den pokusu. Po navození rehydratace se začal obsah chlorofylů zvyšovat z hodnoty $0,03 \text{ mg.cm}^{-2}$ (17. den pokusu) až na hodnotu $1,17 \text{ mg.cm}^{-2}$ (19. den pokusu). Na konci pokusu, 21. den, se obsah chlorofylů v listech stresovaných rostlin snížil na $0,66 \text{ mg.cm}^{-2}$, jak dokládá graf 11.

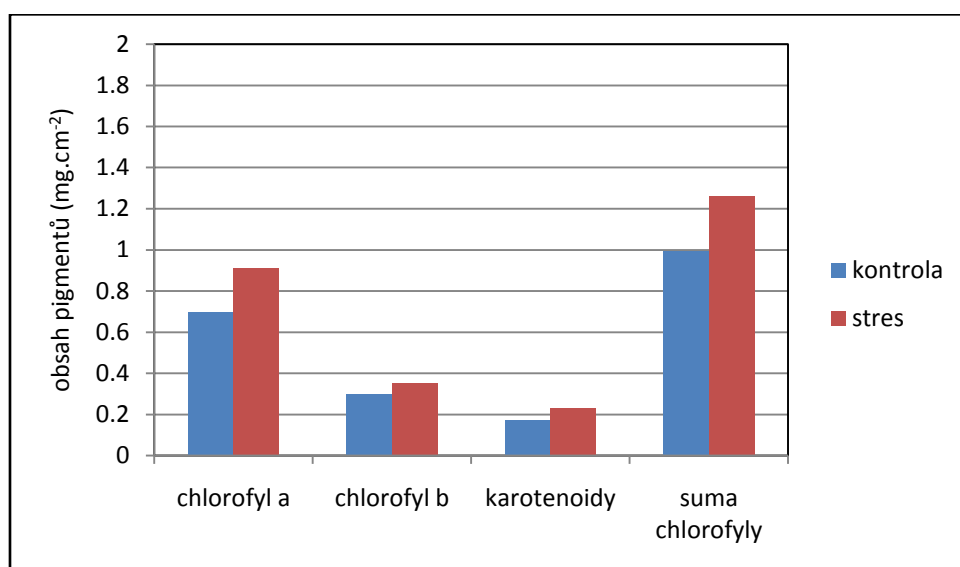


Graf 12: Vliv délky působení stresoru na obsah karotenoidů (mg.cm^{-2}) v listech roketky seté, stanovený pomocí spektrofotometru

V grafu 12 jsou zaznamenány hodnoty obsahu karotenoidů v listech roketky seté v závislosti na variantě pokusu. U rostlin kontrolních byl nejnižší obsah karotenoidů zjištěn 9. den pokusu ($0,02 \text{ mg.cm}^{-2}$). Maximální hodnota obsahu karotenoidů byla zjištěna 12. den ($0,37 \text{ mg.cm}^{-2}$).

Jedná se o 94,59% nárůst obsahu během sledovaných dvou dnů pokusu. V následujícím termínu měření, 15. den, byl zaznamenán pokles obsahu pigmentů na hodnotu $0,17 \text{ mg.cm}^{-2}$, jedná se o snížení $0,2 \text{ mg/cm}^2$ (54,05 %) v porovnání s předcházejícím termínem měření. 17. i 19. den pokusu byly naměřeny shodné hodnoty $0,17 \text{ mg.cm}^{-2}$. Na konci pokusu se obsah karotenoidů snížil na $0,07 \text{ mg.cm}^{-2}$ (o 58,82 %).

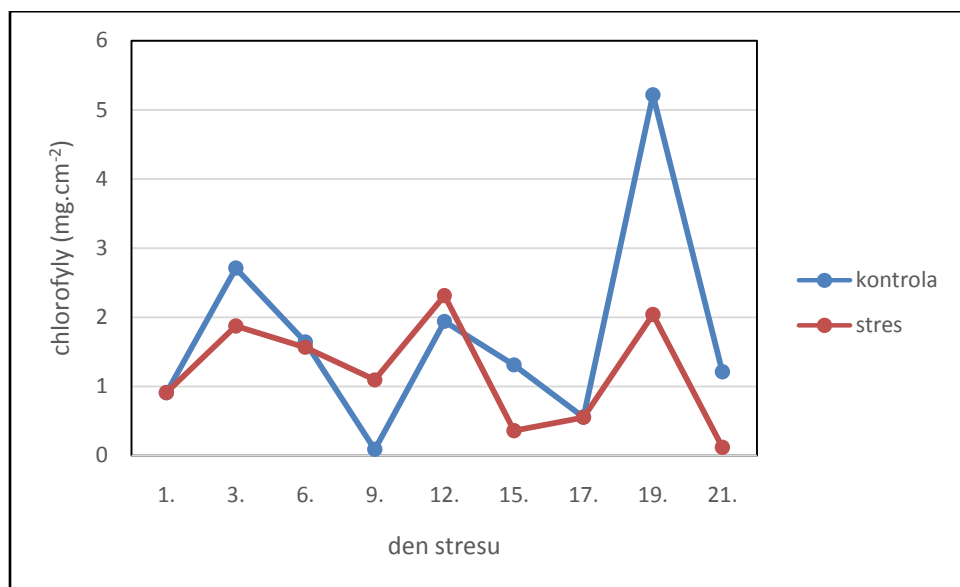
U rostlin stresovaných, jak vyplývá z grafu 12, se nejprve obsah pigmentů na začátku navození vodního deficitu zvýšil z hodnoty $0,34 \text{ mg.cm}^{-2}$ (1. den stresu) na hodnotu $0,37 \text{ mg.cm}^{-2}$ (3. den stresu), V následujícím měření došlo ke snížení na $0,08 \text{ mg.cm}^{-2}$ (6. den pokusu). 9. den měření byl zaznamenán nárůst naměřené hodnoty na $0,56 \text{ mg.cm}^{-2}$, což byla i nejvyšší naměřená hodnota pro variantu stresu. Během následných měření se obsah karotenoidů téměř lineárně snižoval na hodnotu $0,005 \text{ mg.cm}^{-2}$ (15. den pokusu). Po navození rehydratace se obsah karotenoidů v listech roketky seté zvyšoval, kdy před zahájením rehydratace byl jejich obsah $0,005 \text{ mg.cm}^{-2}$ (15. den) a poté $0,25 \text{ mg.cm}^{-2}$ (19. den). Došlo k navýšení o 101,92 % během 4 dnů rehydratace. Na konci pokusu došlo ke snížení na $0,17 \text{ mg.cm}^{-2}$. Toto množství karotenoidů obsažených v listech u rostlin stresovaných bylo vyšší o $0,1 \text{ mg.cm}^{-2}$ nežli ve variantě kontrolní, jak dokumentuje graf 12.



Graf 13: Vliv působení stresoru na obsah chlorofylu *a*, *b* a karotenoidů (mg.cm^{-2}) v listech roketky seté, stanovený pomocí spektrofotometru

Celkové množství fotosynteticky aktivních barviv obsažených v listech rukety je uvedeno v grafu 13. Vyplývá z něj, že u rostlin kontrolních je obsah pigmentů vždy nižší v porovnání s variantou stresu.

Obsah chlorofylu *a* byl o 0,21 mg.cm⁻² a chlorofylu *b* o 0,05 mg.cm⁻² vyšší u rostlin stresovaných ve srovnání s kontrolními rostlinami (0,7 mg.cm⁻² a 0,3 mg.cm⁻²). U celkového množství karotenoidů bylo ve stresovaných rostlinách naměřeno obdobné zvýšení (0,06 mg.cm⁻²) hodnot jako u chlorofylu *b*, jak dokládá graf 13.

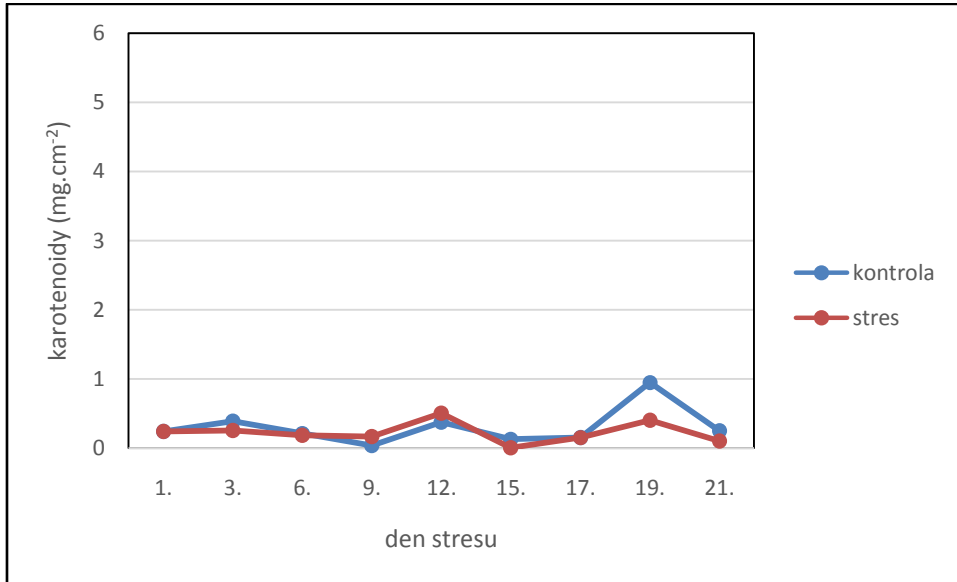


Graf 14: Vliv délky působení stresoru na obsah chlorofylu *a + b* (mg.cm⁻²) v listech mangoldu, stanovený pomocí spektrofotometru

V grafu 14 jsou zaznamenány hodnoty obsahu chlorofylů v listech mangoldu v závislosti na variantě pokusu. U kontrolní varianty byl nejnižší obsah chlorofylů zaznamenán 9. den pokusu (0,09 mg.cm⁻²). Maximální hodnota (5,22 mg.cm⁻²) byla naměřena v 19. den pokusu. Konečný den měření, 21. den pokusu, byla naměřena hodnota obsahu chlorofylů ve výši 1,21 mg.cm⁻².

U rostlin stresovaných byl obsah pigmentů po navození vodního deficitu 0,91 mg.cm⁻². Nejdříve se hodnota navýšila na 1,87 mg.cm⁻². V termínu 9. den pokusu byl zaznamenán pokles množství chlorofylů na hodnotu 1,09 mg.cm⁻². V následujícím termínu měření (12. den stresu) bylo naopak zaznamenáno navýšení obsahu pigmentů na 2,31 mg.cm⁻², což byla nejvyšší hodnota pro variantu stresu. Následný, 15. den měření se obsah chlorofylů v listech

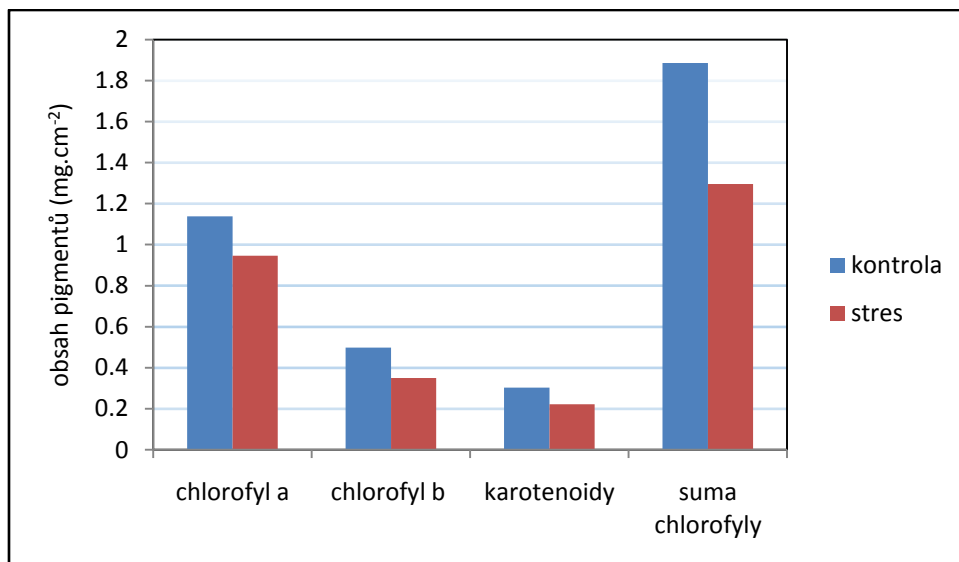
snížoval o $1,95 \text{ mg.cm}^{-2}$ oproti předcházejícímu měření. 19. den se naměřené hodnoty navýšily na $2,04 \text{ mg.cm}^{-2}$. Na konci pokusu byl obsah chlorofylů $0,12 \text{ mg.cm}^{-2}$, viz graf 14.



Graf 15: Vliv délky působení stresoru na obsah karotenoidů (mg.cm^{-2}) v listech mangoldu, stanovený pomocí spektrofotometru

V grafu 15 jsou uvedeny hodnoty obsahu karotenoidů v listech mangoldu v závislosti na variantě pokusu. U rostlin kontrolních byl nejnižší obsah karotenoidů naměřen 9. den pokusu ($0,04 \text{ mg.cm}^{-2}$). Maximální hodnota obsahu karotenoidů byla zjištěna 19. den ($0,95 \text{ mg.cm}^{-2}$).

U rostlin stresovaných, jak vyplývá z grafu 15, byl obsah pigmentů po navození vodního deficitu $0,24 \text{ mg.cm}^{-2}$. Do 9. dne poksu se naměřený obsah karotenoidů snížil na $0,16 \text{ mg.cm}^{-2}$. V následném termínu měření, den 12., naměřené hodnoty se zvýšily na $0,5 \text{ mg.cm}^{-2}$. 15. den pokusu, se obsah naměřených karotenoidů snížil na $0,002 \text{ mg.cm}^{-2}$. V následujících třech dnech měření se nejprve karotenoidy zvyšovaly až do 19. dne pokusu ($0,4 \text{ mg.cm}^{-2}$). Uvedené množství karotenoidů obsažených v listech mangoldu bylo u rostlin stresovaných o $0,15 \text{ mg.cm}^{-2}$ nižší, nežli ve variantě kontrolní, jak dokládá graf 15.

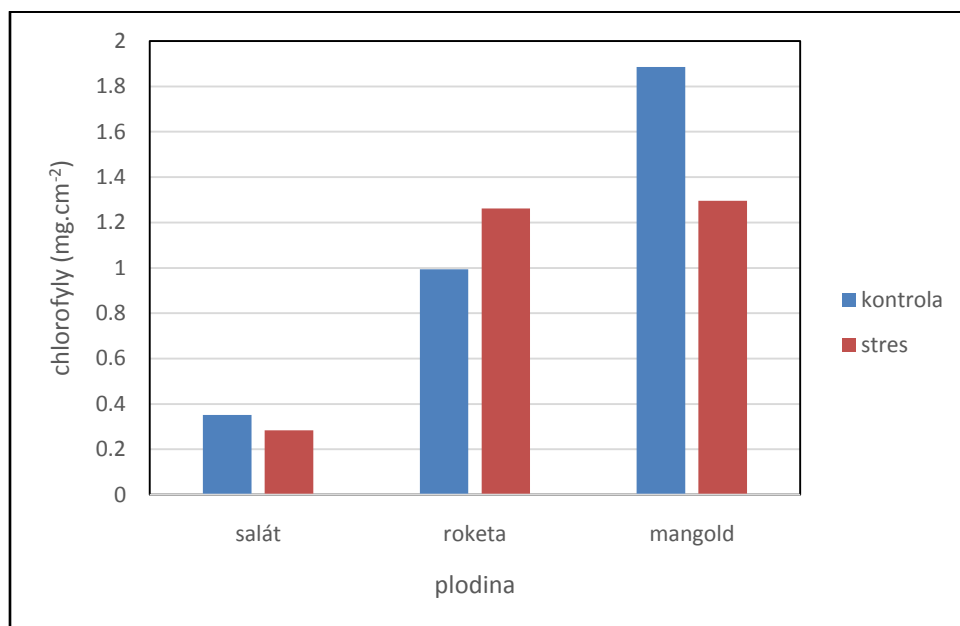


Graf 16: Vliv působení stresoru na obsah chlorofylu *a*, *b* a karotenoidů (mg.cm⁻²) v listech mangoldu, stanovený pomocí spektrofotometru

Celkové množství fotosynteticky aktivních barviv obsažených v listech mangoldu jsou uvedeny v grafu 16. Z něho vyplývá, že u rostlin stresovaných je obsah pigmentů nižší v porovnání s kontrolou.

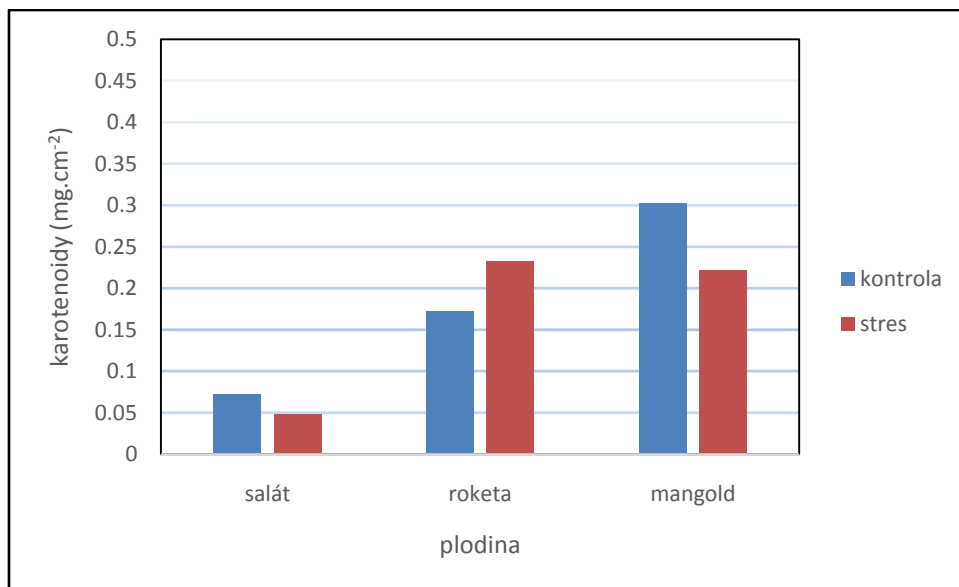
Obsah chlorofylu *a* byl o 0,19 mg.cm⁻² vyšší ve variantě kontrolní oproti variantě stresované. Obsah chlorofylu *b* byl vyšší o 0,15 mg.cm⁻² u rostlin kontrolních ve srovnání s rostlinami stresovanými. Celkový obsah karotenoidů v listech mangoldu byl vyšší o 0,08 mg.cm⁻² ve variantě kontroly, nežli ve variantě stresu, viz graf 16.

Celkový obsah pigmentů ve vybraných plodinách stanovený pomocí spektrofotometru



Graf 17: Vliv varianty pokusu na obsah chlorofylu *a, b* (mg.cm⁻²) v listech sledovaných rostlin, stanovený pomocí spektrofotometru

V grafu 17 je uveden vliv varianty pokusu v rámci sledovaných plodin. Obsah chlorofylů byl nejnižší u stresovaných rostlin lociky seté (0,28 mg.cm⁻²) a nejvyšší u kontrolních rostlin mangoldu (1,86 mg.cm⁻²). Z grafu dále vyplývá, že na stres vodním deficitem nejvíce reagovaly rostliny mangoldu. U tohoto rostlinného druhu byl rozdíl mezi kontrolní variantou a variantou stresu 0,59 mg.cm⁻² (31,22 %). Naopak nejméně citlivě na vodní deficit reagovaly rostliny lociky seté, u kterých rozdíl mezi kontrolními (0,35 mg.cm⁻²) a stresovanými rostlinami (0,28 mg.cm⁻²) činil 20 %. V případě rostlin roketky seté došlo ve variantě stresu k navýšení obsahu chlorofylů o 0,26 mg.cm⁻², v procentním vyjádření o 26,26 %, oproti variantě kontrolní, jak dokumentuje graf 17.



Graf 18: Vliv varianty pokusu na obsah karotenoidů (mg.cm⁻²) v listech sledovaných rostlin, stanovený pomocí spektrofotometru

Graf 18 dokumentuje vliv varianty pokusu v rámci sledovaných plodin na obsah karotenoidů v listech. Nejnižší obsah karotenoidů byl naměřen v listech lociky seté ve variantě stresu (0,05 mg.cm⁻²). Nejvyšší obsah karotenoidů byl zjištěn v listech mangoldu ve variantě kontroly (0,3 mg.cm⁻²). Nejméně na vodní deficit reagovaly rostliny mangoldu, kde byl rozdíl mezi kontrolní variantou (0,3 mg.cm⁻²) a stresovanou variantou (0,22 mg.cm⁻²) 0,08 mg.cm⁻². Rozdíl činí 26,26 % v neprospěch stresovaných rostlin. Na vodní deficit nejvíce reagovaly rostliny lociky seté, u kterých byl rozdíl mezi kontrolní variantou (0,07 mg.cm⁻²) a variantou stresu (0,05 mg.cm⁻²) 0,02 mg.cm⁻². U stresovaných rostlin salátu byl zaznamenán pokles obsahu pigmentů ve srovnání s kontrolou o 28,57 %. Naopak u rostlin roketky seté se obsah karotenoidů u stresovaných rostlin zvýšil v porovnání s kontrolou o 35,29 % na hodnotu 0,23 mg.cm⁻², jak dokládá graf 18.

6. Diskuze

Obsah pigmentů v listech

Chlorofylmetrem naměřené hodnoty obsahu pigmentů kontrolních rostlin byly u všech sledovaných rostlinných druhů vyšší nežli u rostlin stresovaných. V případě stanovení obsahu pigmentů spektrofotometricky byly u salátu a mangoldu zjištěny stejné závěry, jako v případě měření pomocí chlorofylmetru. Výjimku z uvedeného tvrzení tvoří roseta, u níž byl zjištěn trend opačný.

Je tedy možné v souladu s prací Massacci et al. (2008) konstatovat, že obsah pigmentů v listech sledovaných rostlin se snižuje vlivem působení vodního deficitu. Tento závěr dále potvrzují ve svých pracích Jaleel et al. (2008a-d), kteří sledovali vliv sucha na obsah pigmentů v rostlinách barvínkovce růžového (*Catharanthus roseus* L.), Kiani et al. (2008) pro slunečnici roční (*Helianthus annuus* L.) a Tahkokorpi et al. (2007) pro brusnici borůvku (*Vaccinium myrtillus* L.).

V rostlinách salátu byl spektroskopickým měřením naměřen obsah chlorofylu *a* ve variantě kontrolní $0,24 \text{ mg.cm}^{-2}$. V rostlinách stresovaných byla naměřena hodnota $0,19 \text{ mg.cm}^{-2}$.

Došlo ke snížení o $0,05 \text{ mg.cm}^{-2}$ u varianty stresu.

U kontrolních rostlin mangoldu byl naměřena hodnota chlorofylu *a* $1,02 \text{ mg.cm}^{-2}$ a u stresovaných $0,95 \text{ mg.cm}^{-2}$. Došlo ke snížení o $0,07 \text{ mg.cm}^{-2}$ u varianty stresu.

Kontrolní rostliny rosety seté obsahovaly $0,7 \text{ mg.cm}^{-2}$ a stresované $0,9 \text{ mg.cm}^{-2}$ chlorofylu *a*. Došlo k navýšení o $0,02 \text{ mg.cm}^{-2}$ u varianty stresu. Výsledky měření byly ve shodě s tvrzením Jaleel et al. (2009), že vodní stres má schopnost snížit tkáňové koncentrace chlorofylů.

V rostlinách salátu byl spektroskopickým měřením naměřen obsah chlorofylu *b* ve variantě kontrolní $0,09 \text{ mg.cm}^{-2}$. V rostlinách stresovaných byla naměřena hodnota $0,07 \text{ mg.cm}^{-2}$.

Došlo ke snížení o $0,02 \text{ mg.cm}^{-2}$ u varianty stresu.

U kontrolních rostlin mangoldu byl naměřena hodnota chlorofylu *b* $0,3 \text{ mg.cm}^{-2}$ a u stresovaných $0,35 \text{ mg.cm}^{-2}$. Došlo k navýšení o $0,05 \text{ mg.cm}^{-2}$ u varianty stresu.

Kontrolní rostliny rosety seté obsahovaly $0,3 \text{ mg.cm}^{-2}$ a stresované $0,35 \text{ mg.cm}^{-2}$ chlorofylu *b*. Došlo k navýšení o $0,05 \text{ mg.cm}^{-2}$ u varianty stresu. Naměřené hodnoty chlorofylu *b* také potvrdily tvrzení Jaleel et al. (2009), kteří ve své práci uvádějí, že vodní deficit má schopnost snížit tkáňové koncentrace chlorofylů.

Na základě získaných výsledků je možné konstatovat, že vlivem vodního deficitu se snižuje obsah chlorofylů v listech. Obdobný závěr ve své práci uvádí pro bavlník a barvínkovec např.

Jaleel et al. (2009). Nižší obsah chlorofylů je dle Lichtenthaler and Buschmann (2001) ovlivněn také polohou listů na rostlině.

V rostlinách salátu byl spektroskopickým měřením naměřen obsah karotenoidů ve variantě kontrolní $0,06 \text{ mg.cm}^{-2}$. V rostlinách stresovaných byla naměřena hodnota $0,04 \text{ mg.cm}^{-2}$.

Došlo ke snížení o $0,02 \text{ mg.cm}^{-2}$ u varianty stresu.

U kontrolních rostlin mangoldu byl naměřena hodnota karotenoidů $0,27 \text{ mg.cm}^{-2}$ a u stresovaných $0,22 \text{ mg.cm}^{-2}$. Došlo ke snížení o $0,05 \text{ mg.cm}^{-2}$ u varianty stresu.

Kontrolní rostliny rockety seté obsahovaly $0,17 \text{ mg.cm}^{-2}$ a stresované $0,23 \text{ mg.cm}^{-2}$ karotenoidů. Došlo k navýšení o $0,06 \text{ mg.cm}^{-2}$ u varianty stresu. Lze tedy v souladu s pracemi Jaleel et al. (2009) konstatovat, že zvýšený obsah karotenoidů je důležitý pro toleranci stresu. Rostliny rockety seté, u nichž byl obsah karotenoidů ve stresovaných rostlinách navýšen, byly vůči vodnímu stresu nejodolnější.

Ze získaných výsledků vyplývá, že v případě měření obsahu chlorofylů a karotenoidů oběma metodami měření byl zjištěn rozdíl v rámci sledovaných druhů. Mezidruhové rozdíly v obsahu pigmentů ve své práci uvádí např. Jaleel et al. (2009) pro rostliny bavlníku a barvínkovce. Z práce Li et al. (2006) vyplývají genotypové rozdíly v reakci rostlin na vodní stres u rostlin ječmene. Rozdíly byly zjištěny také mezi sledovanými druhy listové zeleniny. Měření s pomocí chlorofylmetru je výhodné pro nedestruktivnost vzorku, snadnou a rychlou manipulaci bez nutných laboratorních podmínek. Udává celkový obsah chlorofylu v měřených listech rostlin, není tudíž jasné, jaký podíl je zastoupen chlorofyly *a* a *b* a jaký karotenoidy. Měření chlorofylmetrem mohlo být ovlivněno výběrem pokusných rostlin a místem listové plochy, na které bylo měření prováděno. Nižší obsah chlorofylů je ovlivněn také polohou listů na rostlině a jejím osluněním (Lichtenthaler and Buschmann, 2001). Oproti tomu spektrofotometrická metoda měření udává jasný obsah jednotlivých pigmentů obsažených v pokusné rostlině. Nevýhodou této metody je její technická a časová náročnost, která však přinese přehledné výsledky o jednotlivých obsazích pigmentů. Spektroskopické měření mohlo být ovlivněno měřením zakaleného vzorku, které mohlo vést k nadhodnocení úrovně pigmentů, zejména chlorofylu *b* a karotenoidů, jak ve své práci uvádějí Lichtenthaler and Buschmann (2001).

7. Závěr

V této bakalářské práci byl posuzován vliv krátkodobého vodního deficitu a rehydratace na obsah pigmentů v listech vybraných druhů listové zeleniny. Byly posuzovány hodnoty naměřené ve variantě kontroly a variantě stresované vodním deficitem.

Z výsledků vyplývá:

1. Z výsledků vyplývá, že obsah pigmentů je ovlivněn variantou pokusu. Rostliny stresované mají nižší obsah pigmentů ve srovnání s rostlinami kontrolními.
2. Byl prokázán vliv druhu na obsah pigmentů v listech. Nejvyšší obsah pigmentů byl zjištěn u rostlin mangoldu ($1,88 \text{ mg.cm}^{-2}$) a nejnižší u rostlin lociky seté ($0,35 \text{ mg.cm}^{-2}$).
3. V případě stanovení obsahu pigmentů pomocí chlorofylmetru vyplývá, že na vodní stres nejméně citlivě reagovaly rostliny lociky seté (0,01 %), nejvíce rostliny mangoldu (19,09 %).
4. U spektroskopického měření bylo zjištěno, že nejnižší snížení obsahu pigmentů v rámci sledovaných variant vykazovaly rostliny lociky seté. U nich bylo zaznamenáno snížení obsahu chlorofylů o 20 % a karotenoidů o 28,57 % v neprospěch rostlin stresovaných.
5. Ze spektrofotometrického měření dále vyplývá, že k nejvyššímu snížení obsahu pigmentů v rámci sledovaných rostlin bylo zaznamenáno u rostlin mangoldu. U nich bylo zaznamenáno snížení obsahu chlorofylů o 31,22 % a karotenoidů o 26,26 % v neprospěch rostlin stresovaných.
6. Dle obou způsobů měření na vodní stres reagoval z testovaných odrůd nejcitlivěji mangold, jako odolnější se projevíly rostliny lociky seté. Nejodolnějšími se jeví rostliny rockety seté, u kterých došlo k navýšení obsahu pigmentů a tudíž ke zvýšené toleranci k stresu.

8. Přehled použité literatury

- Agüero, M. V., Barg, M. V., Yommi, A., Camelo, A., Roura, S. I. 2008. Postharvest changes in water status and chlorophyll content of lettuce (*Lactuca sativa* L.) and their relationship with overall visual quality. *Journal of food science*, 73 (1), S47–S55
- Ahmadizadeh, M. 2013. Physiological and agro–morphological response to drought stress. *Middle–East Journal of Scientific Research*, 13 (8), 998–1009
- Bartoš, J., Kopec, K., Mydlil, V., Peza, Z., Rod, J. 2000. Pěstování a odbyt zeleniny. Agrospoj. Praha. 323 s. ISBN 80-239-4242-5.
- Bedrna, Z. 1989. Substráty na pestovanie rastlín: základy pestovania. *Príroda*, Bratislava. 266 s. ISBN 80-07-00012-7
- Bláha, L., Bocková, R., Hnilička, F., Hniličková, H., Holubec, V., Möllerová, J., Štolcová, J., Zieglerová, J. 2003. Rostlina a stres. Výzkumný ústav rostlinné výroby. Praha. 159 s. ISBN 80-86555-32-1
- Hejný, S., Slavík, B., Kirschner J., Křísa B. 2003. Květena České republiky. Academia. Praha. ISBN 80-200-1090-4
- Jaleel, C.A., R. Gopi, B. Sankar, M. Gomathinayagam and R. Panneerselvam, 2008a. Differential responses in water use efficiency in two varieties of *Catharanthus roseus* under drought stress. *Comp. Rend. Biol.*, 331: 42–47
- Jaleel, C.A., R. Gopi and R. Panneerselvam, 2008b. Growth and photosynthetic pigments responses of two varieties of *Catharanthus roseus* to triadimefon treatment. *Comp. Rend. Biol.*, 331: 272–27
- Jaleel, C.A., P. Manivannan, G.M.A. Lakshmanan, M. Gomathinayagam and R. Panneerselvam, 2008c. Alterations in morphological parameters and photosynthetic

pigment responses of *Catharanthus roseus* under soil water deficits. *Colloids Surf. B: Biointerfaces*, 61: 298–303

- Jaleel, C.A., P. Manivannan, P.V. Murali, M. Gomathinayagam and R. Panneerselvam, 2008d. Antioxidant potential and indole alkaloid profile variations with water deficits along different parts of two varieties of *Catharanthus roseus*. *Colloids Surf. B: Biointerfaces*, 62: 312–318
- Jaleel Ch. A., Manivannan P., Wahid A., Farooq M., Al-Juburi H.J., Somasundaram, R., Vam, R.P. 2009. Drought Stress in Plants: A Review on Morphological Characteristics and Pigments Composition. *International Journal of Agriculture and Biology* Vol. 11 No. 1 p. 100-105
- Kiani, S.P., P. Maury, A. Sarrafi and P. Grieu, 2008. QTL analysis of chlorophyll fluorescence parameters in sunflower (*Helianthus annuus* L.) under well-watered and water-stressed conditions. *Plant Sci.*, 175: 565–573
- Kopec, K. 1998. *Tabulky nutričních hodnot ovoce a zeleniny*. Ústav zemědělských a potravinářských informací. Praha. 72 s. ISBN: 80-86153-64-9
- Kopec, K. 2010. *Zelenina ve výživě člověka*. Grada. Praha. 168 s. ISBN 978-80-247-2845-2
- Kúdela, 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., 1995. *Physiological plant ecology: ecophysiology and stress physiology of functional groups*. Springer. New York. p. 506. ISBN: 0-387-58116-2
- Larcher, Walter. 2003. *Physiological plant ecology: ecophysiology and stress physiology of functional groups*. Springer. Berlin. p. 513. ISBN 3-540-43516-6

- Levitt, J., 1980. Responses of plants to nevironmental stresses. Vol. II., Water, radiation, salt, and other stresses. Academic Press. New York. p. 606. ISBN: 0-12-445502-6.
- Li, R. H., Guo, P. G., Michael, B., Stefania, G., Salvatore, C. 2006. Evaluation of chlorophyll content and fluorescence parameters as indicators of drought tolerance in barley. *Agricultural Sciences in China*, 5 (10), 751–757
- Lichtenthaler H.K. 1987. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. *Methods in Enzymology*, 148: 351-382.
- Lichtenthaler, H. K. 1996. Vegetation Stress: an Introduction to the Stress Concept in Plants. *Journal of Plant Physiology*. 148 (1-2). 4-14.
- Lichtenthaler H.K., Buschmann C. 2001. Chlorophylls and Carotenoids: Measurement and Characterization by UV-VIS Spectroscopy. *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*. F4.3.1-F4.3.8
- Massacci A., S.M. Nabiev, L. Pietrosanti, S.K. Nematov, T.N. Chernikova, K. Thor and J. Leipner, 2008. Response of the photosynthetic apparatus of cotton (*Gossypium hirsutum*) to the onset of drought stress under field conditions studied by gas-exchange analysis and chlorophyll fluorescence imaging. *Plant Physiol. Biochem.*, 46: 189– 195
- Pekárková, E. 2002. Pěstujeme salát, špenát a další listové zeleniny. Grada. Praha. 96 s. ISBN 80-247-0283-5
- Petříková, K., Malý, I., Pokulda, R., Pacík, V. 2004. Integrované pěstování listové zeleniny. Ústav zemědělských a potravinářských informací. Praha. 43 s. ISBN 80-7271-154-7
- Porra RJ, Thompson WA, Kriedemann PE. 1989. Determination of accurate extinction coefficients and simultaneous equations for assaying chlorophylls a and b extracted with four different solvents. Verification of the concentration of chlorophyll standards by atomic absorption spectroscopy. *Biochim Biophys Acta*; 975:384-94.

- Rahdari, P., Hoseini, S. M. 2012. Drought stress: A review. *International Journal of Agronomy and Plant Production*, 3 (10), 443–446
- Slavík, B., Štěpánková, J. 2004. *Květena České republiky*. Academia. Praha. 767 s. ISBN 80-200-1161-7
- Sobíšek, B. 1993. *Meteorologický slovník výkladový a terminologický*. Ministerstvo životního prostředí České republiky. Praha. 594 s. ISBN: 80-85368-45-5.
- Špulák, O., Vítámvás, J., Kacálek, D., Kuneš, I. 2011. Fluorescence chlorofylu, chemismus a obsah fotosynteticky aktivních pigmentů u listů buků vápněných do jamky. *Zprávy lesnického výzkumu*, 2011, roč. 56, č. 4, s. 301-309. ISSN: 0322-9688.
- Tahkokorpi, M., K. Taulavuori, K. Laine and E. Taulavuori, 2007. Aftereffects of drought-related winter stress in previous and current year stems of *Vaccinium myrtillus* L. *Environ. Exp. Bot.*, 61: 85–93
- Ustin S.L., Gitelson A.A., Jacquemoud S., Schaepman M., Asner G.P., Gamon J.A., Zarco-Tejada P. 2009. Retrieval of foliar information about plant pigment systems from high resolution spectroscopy. *Original Research Article Remote Sensing of Environment*, Volume 113, Supplement 1, September 2009, Pages S67-S77
- Vliv abiotických stresů na vlastnosti rostlin: odborný seminář VÚRV, Praha 26.4.2001 : (sborník referátů). 2001. Česká zemědělská univerzita. Praha. 67 s. ISBN 80-213-0766-8
- Doležalová I., Smékalová K., Dušek K. 2011. Roketa setá – opomíjená listová zelenina. *Zahradnictví*. 5/2011. 26 - 28.
- Buchtová I, Situační a výhledová zpráva: Zelenina [online], MZe, Ústav zemědělské ekonomiky a informací. 66 s. 12/2015. ISBN: 978-80-7434-260-8. [cit. 2016-15-03] Dostupné z: http://eagri.cz/public/web/file/437276/SVZ_Zelenina_12_2015.pdf

- Buchtová I., Situační a výhledová zpráva: Zelenina [online], MZe, Ústav zemědělské ekonomiky a informací. 56 s. 12/2006. ISBN 80-7084-523-6 [cit. 2016-15-03]
Dostupné z:
http://eagri.cz/public/web/file/36229/SVZ_zelenina_12_2006.pdf
- <http://www.adc.co.uk/wp-content/uploads/2013/09/CCM200plus.pdf>
- <http://eur-lex.europa.eu/legalcontent/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:32006R1881&from=CS>
- <http://www.prohopo.cz>
- http://eagri.cz/public/web/file/408086/SO_NL_2015.pdf