

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra botaniky a fyziologie rostlin



Vliv obsahu vody v půdě na vodní provoz vybraných odrůd špenátu

Bakalářská práce

Autor práce: Petra Wohlmuthová

Vedoucí práce: Ing. Helena Hniličková, Ph.D.

© 2015 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci " Vliv obsahu vody v půdě na vodní provoz vybraných odrůd špenátu " 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 neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 15.4.2015

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala Ing. Heleně Hniličkové, Ph.D. za odborné vedení, trpělivost a ochotu, kterou mi v průběhu zpracování bakalářské práce věnovala.

Vliv obsahu vody v půdě na vodní provoz vybraných odrůd špenátu

Souhrn

V této bakalářské práci byl vyhodnocován vliv vodního stresu (sucha) na tři odrůdy špenátu setého – Matador, Misano a Monores. Cílem pokusu bylo stanovit u těchto odrůd špenátu setého vodní sytostní deficit (VSD), vodní potenciál a vodivost půdy.

Odrůdy rostliny špenátu setého byly pěstované ve sklenicích ve dvou variantách. Kontrolní varianta byla pravidelně zalévána. Průměrná vodivost zeminy u kontrolní rostliny špenátu setého odrůdy Matador byla 810,93 mV. Průměrná vodivost zeminy u odrůdy Misano byla 834,16 mV. Průměrná vodivost zeminy u odrůdy Monores byla 782,51 mV. Pokusná (stresovaná) varianta nebyla po celý pokus zalévána. Vodivost půdního substrátu u všech stresovaných odrůd špenátu setého po celou dobu klesala. Odběry byly prováděny obden v šesti opakováních. Vodní potenciál byl měřen na Schollanderově tlakové bombě a vodní sytostní deficit byl stanovován dle metody Čatského.

Po vyhodnocení výsledků vyplývá, že kontrolní rostlina odrůdy Matador, měla průměrnou hodnotu vodní sytostní deficitu 25 % a průměr vodního potenciálu byl -0,84 MPa. Pokusná (stresovaná) rostlina odrůdy Matador měla nejmenší hodnotu vodního sytostního deficitu 25,15 % při prvním odběru. Nejvyšší hodnotu vodního sytostního deficitu 38,14 % při posledním odběru. Nejmenší hodnota vodního potenciálu byla -0,6 MPa a největší hodnota byla -1,47 MPa.

Kontrolní rostliny odrůdy Misano měli průměrnou hodnotu vodního sytostního deficitu 29 % a průměr vodního potenciálu byl -0,77 MPa. U pokusné rostliny odrůdy Misano, byla minimální hodnota vodního sytostního deficitu 19,84 % a maximální 49,76 %. Nejmenší hodnota vodního potenciálu byla -0,6 MPa a největší hodnota byla -3,42 MPa.

Kontrolní rostliny špenátu setého odrůdy Monores měli průměrnou hodnotu vodního sytostního deficitu 25,54 % a průměr vodního potenciálu byl -0,86 MPa. Pokusné rostliny měli nejnižší hodnotu vodního potenciálu 19,99 % a nejvyšší hodnotu vodního potenciálu 47,55 %. Nejnižší hodnota vodního potenciálu byla -0,99 MPa a nejvyšší hodnota vodního potenciálu byla -3,97 MPa.

Z těchto výsledků vyplývá, že vodní potenciál u všech třech odrůd špenátu setého po celou dobu pokusu klesal a vodní sytostní deficit u všech třech odrůd špenátu setého po celou dobu stoupal. Ze všech těchto hodnocení je patrné, že existují meziodrůdové rozdíly vlivem působení vodního stresu. Tyto rozdíly se projeví u vodního sytostního deficitu a vodního potenciálu.

Klíčová slova: vodní stres, VSD, RWC, vodní potenciál, špenát

The influence of water content in the soil water operation of selected varieties of spinach.

Summary

In this thesis, were studied the effect of water stress (drought) at three varieties spinach - Matador, Misano and Monores. The aim of the experiment were to establish these varieties of spinach water saturation deficit (WSD), water potential and soil conductivity.

The varieties of spinach plants were grown in greenhouses in two variants. The control variant was watered regularly. Average conductivity of the soil at the control plants spinach varieties Matador was 810,93 mV. The average conductivity of soil in the varieties Misano was 834,16 mV. The average conductivity of soil in the varieties Monores was 782,51 mV. Experimental (stress) variants has not been watered throughout the experiment.

Conductivity at s all stressed spinach varieties throughout decreased. Samples were taken every other day six replicates. Water potential was measured at Schollander pressure bomb and water saturation deficit according to the method Čatského.

After evaluating the results show that the control plant varieties Matador had an average value of water saturation deficit of 25 % and the average potential of the water it was -0.84 MPa. Experimental (stressed) plant varieties Matador had the smallest value saturation water deficit of 25,15 % in the first sampling. The highest value of water deficit saturation 38,14 % in the last sampling. The minimum value of water potential was -0,6 MPa and maximum value was -1,47 MPa.

Control plants varieties Misano had an average water saturation deficit 29 % and the average water potential was -0,77 MPa. In experimental plant varieties Misano, the minimum value of water saturation deficit 19,84 % and 49,76 % maximum. The minimum value of water potential was -0,6 MPa and maximum value was -3,42 MPa.

Control plants varieties of spinach Monores had an average deficit of water saturation 25,54 % and average water potential was -0.86 MPa. The stress plants had the lowest water saturation deficit value was 19,99 % and the highest water saturation deficit was 47,55 %. The lowest value of water potential was -0,99 MPa and the highest value of water potential was -3,97 MPa.

These results show that, water potential of all three varieties of spinach were decrease after all time experiment . Water saturation deficit in all three varieties, spinach, throughout increase. The results also show that there are differences between varieties of spinach. These differences were reflected in the water saturation deficit and water potential.

Key words: spinach, RWC, WSD, water potential, water deficit

Obsah

1. Úvod.....	9
2 Cíl práce a hypotézy.....	10
3 Literární přehled.....	11
3.1 Botanická charakteristika špenátu setého.....	11
3.2 Chemické složení špenátu setého.....	12
3.3 Vývoj pěstování špenátu setého.....	13
3.4 Současné pěstování špenátu setého.....	14
3.5 Význam vody pro rostliny.....	16
3.6. Obecně stres u rostlin.....	18
3.7 Vodní deficit.....	20
3.8 Definice sucha.....	20
3.9 Působení sucha na rostliny.....	21
3.10 Odolnost rostlin vůči stresu.....	25
4 Metodika.....	27
4.1 Charakteristika pokusného materiálu.....	27
4.2 Založení pokusu.....	27
4.3 Vodní sytostní deficit terčíkovou metodou dle Čatského.....	28
4.4 Měření vodního potenciálu listu špenátu.....	29
4.5 Stanovení vodního potenciálu tlakovou metodou.....	29
4.6 Měření vodivosti.....	30
5 Výsledky.....	31
5.1 Vodní sytostní deficit.....	31
5.2 Vodní potenciál.....	35
5.3 Vodivost.....	39
5.4 Vzájemný vztah vodního potenciálu a vodního sytostního deficitu (VSD).....	43
6 Diskuze.....	46
6.1 Vodní sytostní deficit (VSD).....	46
6.2 Vodní potenciál.....	47
7 Závěr.....	49
8. Seznam použité literatury.....	51

1. Úvod

Špenát setý latinsky *Spinacia oleracea*. Špenát setý patří do čeledi merlíkovitých (*Chenopodiaceae*). Jeho latinský název a odvozeniny v řadě evropských jazyků vznikly pravděpodobně z latinského spina, osten, podle jeho semen s pichlavými ostny. Špenát setý patří mezi listovou zeleninu. Špenát je rychle rostoucí jednoletá rostlina a vytváří nejdříve růžici sytě zelených listů. Špenát je řazen k zeleninám, které mají vysoké nároky na vodu. Při jejím nedostatku je růst zpomalen, je tvořeno málo listů.

Na rostliny během růstu působí různé podmínky. Některé jsou příznivé jiné ne. Nepříznivé faktory způsobují rostlinám stres, kterému se snaží přizpůsobit. Termín "stres" poukazuje na mimořádně nepříznivé účinky environmentálních faktorů na živé organismy, v důsledku kterých může dojít k různým fyziologickým změnám. Je to nepředvídatelný výkyv nebo omezení, které ovlivňuje normální metabolismus a způsobuje zranění, nemoci nebo nenormální fyziologii. Stres působí na rostliny ve větší než únosné míře, rostliny zpomalují své životní funkce (tvorba biomasy se snižuje, vývoj neprobíhá normálně), jednotlivé orgány jsou poškozovány a v krajním případě, pokud stresové faktory překročí letální hranici, dochází k úhynu rostliny.

Ze všech faktorů, které omezují růst a produktivitu rostlinstva na naší planetě, stojí na prvním místě nedostatek vody. Vodní stres je významným omezujícím faktorem v zemědělství a 61 % ploch na Zemi má srážek méně než 500 mm za rok. Stres ze sucha může nastat z různých důvodů, jako je sucho v půdě, vysoká evaporace, osmotické vody anebo ze zamrzuté půdy. Typické symptomy vodního stresu jsou zavírání průduchů, inhibici fotosyntézy, ale i opad a stárnutí listů, omezení růstu či odumření kořenů. Fyziologické poškození způsobené vodním stresem je úzce spojené s hladinou a rovnováhou endogenních hormonů.

Cílem této bakalářské práce bylo vyhodnocení vlivu vodního stresu na třech odrůdách rostlin špenátu setého. Vliv vodního deficitu na rostliny špenátu setého bylo zjišťováno na základě změn vodního potenciálu a vodního sytostního deficitu.

2 Cíl práce a hypotézy

Cílem této bakalářské práce bylo vyhodnocení vlivu vodního stresu (deficitu) u třech odrůd špenátu setého Matador, Misano a Monores.

Vodní stres výrazně ovlivňuje rostlinou produkci. Při nedostatku vody rostliny omezují růst, produktivitu a snižují výnos.

Pro tuto práci byly stanoveny následující cíle:

1. Stanovit vodní sytostní deficit u třech odrůd špenátu setého.
2. Stanovit vodní potenciál u třech odrůd špenátu setého.
3. Stanovit půdní vodivost u třech odrůd špenátu setého.
4. Srovnání jednotlivých měření u všech odrůd špenátu setého.

Pro tuto práci byly stanoveny následující hypotézy:

1. Působením vodního deficitu dochází u vybraných odrůd špenátu setého k nárůstu vodního sytostního deficitu.
2. Působením vodního deficitu dochází u vybraných odrůd špenátu setého k poklesu vodního potenciálu.
3. Existují rozdíly v reakci na vodní deficit mezi sledovanými odrůdami.

3 Literární přehled

3.1 Botanická charakteristika špenátu setého

Špenát setý latinsky *Spinacia oleracea*. Špenát setý patří do čeledi merlíkovitých (*Chenopodiaceae*).

Špenát je rychle rostoucí jednoletá rostlina (Brickell, 2012). Vytváří nejdříve růžici sytě zelených listů (Pekárková, 2002). Hejný a Slavík (2000) uvádí, že lodyha špenátu setého (*Spinacia oleracea*) je přímá, 30 – 60 cm vysoká (samčí rostliny jsou o něco vyšší a řidčeji olistěné než samičí), nepravidelně hranatá, lysá. Přízemní listy dlouze nebo krátce řapíkaté, s čepelí nejčastěji trojúhelníkovitě vejčitou, zaobleně trojúhelníkovitou až slabě hrálovitou, až 25 cm dlouhou; lodyžní listy jsou užší a s kratším řapíkem, většinou zaobleně střelovité až hrálovité, horní až podlouhlé nebo kopinaté; mladé listy s měchýřkovitými trichomy. Květy jsou jednopohlavní, ojediněle oboupohlavní (u některých kultivarů častěji). Plodem je nažka obalená neúplně srostlými a ztvrdlými listenci.

Bartoš a kol. (2000) uvádí, že kořenový systém se rozkládá do hloubky 30 – 40 cm a je tvořen křovitým málo větveným kořenem. Nutričně hodnotné listy jsou hladké nebo vrásčité, kulaté či zašpičatělé, v závislosti na kultivaru. Rostlina je výrazně dlouhodobá. Původní typy špenátu byly dvoudomé, to znamená, že porost sestával z oddělených samčích a samičích rostlin. Ty se navíc výrazně lišily celkovým olistěním a rychlostí vykvétání. Rychleji vybíhající a méně olistěné samčí rostliny jsou mnohem méně hodnotné než samičí (Pekárková, 2002).

Špenát je chladnomilná plodina roste nejlépe při teplotách 16 až 18 °C, ale dokáže růst i při daleko nižších. Špenát neklíčí při teplotách vyšších než 30 °C (Brickell, 2012).

Obecně lze vyšlechtěné odrůdy rozdělit na odrůdy s bublinatými, slabě bublinatými a hladkými listy. První typ je pěstován pro přímou spotřebu, odrůdy s hladkými listy jsou upřednostňovány zpracovatelským průmyslem a odrůdy se slabě bublinatými listy mají univerzální využití. Jednotlivé odrůdy se též liší tloušťkou a barvou listů (Bartoš a kol., 2000).

3.2 Chemické složení špenátu setého

Špenát setý patří mezi listovou zeleninu. Listovou zeleninou se rozumí druhy, u nichž se konzumují celé listy nebo jejich části, tedy čepele a řapíky. Starší listy se konzumují lehce povařené. Mladé listy se používají syrové do salátů (Brickell, 2012). Spotřeba špenátu se v ČR pohybuje zhruba okolo 0,7 kg na rok na obyvatele (Pekárková, 2002).

Listová zelenina obsahuje nezanedbatelné množství vitaminů, minerálních látek a bílkovin, ale také kyselinu šťavelovou a dusičnany. Cennou složkou špenátových listů jsou bílkoviny, minerální látky (především jód, železo, fosfor a draslík), dále provitamin A (4,5 mg % dvojnásobně než červené papriky), dále vitamíny B₁, B₂, B₅, PP, K a C (50 až 90 mg %). Jod má velký význam ve výživě člověka, rovněž jako v metabolismu rostlin. Nedostatek jodu může u lidí způsobit struma, mentální zaostalost, poškození mozku, či poruchy spojené s reprodukcí (Blasco et al., 2011).

Špenát setý obsahuje ze všech špenátových zelenin nejvíce nežádoucí kyseliny šťavelové, která váže v lidském těle vápník. Její obsah (2 g na 1 kg špenátové hmoty) nepřekračuje však pro zdravé osoby nebezpečnou hladinou. Jejímu vyššímu obsahu dá se předejít dostatečným hnojením fosforem a draslíkem, včasnou sklizní, nevybíhajících rostlin a také kuchyňskou úpravou. Při přehnojení dusíkem se v rostlinách vyskytuje velké množství dusičnanů, které se v lidském těle mohou měnit na dusitany a ty bývají škodlivé (Pekárková, 2002).

3.3 Vývoj pěstování špenátu setého

Špenát setý je nejznámější a nejrozšířenější špenátovou zeleninou, to znamená listovou zeleninou upravenou vařením. Jeho latinský název a odvozeniny v řadě evropských jazyků vznikly pravděpodobně z latinského spina, osten, podle jeho semen s pichlavými ostny. Pravděpodobně vznikl z planého druhu *Spinacia tetrandra*, který roste od Kavkazu přes Turkestán a Írán až po Afghánistán. Starší evropské národy špenát neznaly (Pekárková, 2002).

Kolem roku 600 našeho letopočtu, Číňané prezentovali špenát jako bylinu z Persie. V roce 647 Číňané poprvé popsali špenát. Původní formy špenátu měli pichlavé nebo osinaté semena. Hladká semena špenátu vznikala genetickou mutací. V roce 1100 se dostal špenát do Evropy, když ho do Španělska dovezli křižáci nebo Arabové. Ze Španělska byl rozšířen po celé Evropě. Německé záznamy z roku 1280 popisují pichlavé formy špenátu. V klášterních zahradách začali pěstovat špenát a kolem roku 1500 se špenát stal velmi známou zeleninou v Anglii a ve Francii. Američtí kolonisté přivezli špenát do Severní Ameriky a v roce 1806 byli vypěstované nejméně tři nové odrůdy (Nonnecke, 1989).

V roce 1828 byla představena nová odrůda „Savoy“. Je to nejstarší odrůda a je pichlavá. V roce 1885 byly představeny tyto odrůdy; „Amsterdam giant“, „Viroflay“, „Bloomsdale“, „Gaundry“ a Victorie. V období let 1885-1900 byla představena tyta odrůda; " Long standing prickly". Po roce 1900 byly představeny tyto odrůdy; „Hollandia“, „King of Denmark“, „Juliana“, „Virginia savoy“, „Dark green bloomsdale“, „Long green bloomsdale“ a „Nobel“. Následovaly další kultivary, „Old dominion“, „Canner King“, „Winter giant“, „Darkie“, „Viking“, „presto del Monte“, „Virginia savoy wilt resistant“, „Winter King“ a „Domino“ (Nonnecke, 1989).

3.4 Současné pěstování špenátu setého

Podle Bartoše a kol. (2000) špenát setý potřebuje velké množství živin, a vzhledem k relativně chudé kořenové soustavě, dostatečně vlhké stanoviště. Zamokřené půdy a mrazové kotliny nesnáší. Nejlépe se mu daří ve středně těžkých hlinitých půdách ve slunných a rovinných polohách. Podle Malého a kol. (1998) vyžaduje půdy o pH 6,0 – 7,5, provlhčené do hloubky 0,1 – 0,2 m a minimální zásobu půdní vláhy (Z_v , min) 60 – 65 % využitelné vodní kapacity (VVK). Ze zmíněných údajů vyplývá, že i podle těchto autorů je špenát řazen k zeleninám, mající vysoké nároky na vodu. Při jejím nedostatku je růst zpomalen, je tvořeno málo listů a dochází k předčasnému vybíhání do květu. Špenát setý potřebuje střední zásobu dusíku v půdě (Brickell, 2012). Slouží dokonce pěstitelům jako indikátor půdní úrodnosti (Peleška, 1995).

Špenát setý rychle roste, takže se dobře hodí do meziřádku smíšených kultur s pomalu rostoucími zeleninami. Je mrazuvzdorný, pod sněhem snese mráz až do $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Vysévá se přímo na záhon do řádku 15 cm od sebe vzdálených na jaře řidčeji, pro přezimování hustěji. Krátká vegetační doba jarního výsevu 50 až 58 dnů a podzimního 52 až 62 dnů (zimního i s přezimováním 240 až 250 dnů) zajišťuje použitelnost špenátu do kombinace osevních postupů s jinými druhy zeleniny jako předplodinu nebo následnou plodinu. Jarní výsevy od začátku března, sklízíme postupně v květnu, červnu, podzimní sklizeň do konce října zajistí výsev po celý srpen a pro přezimování a sklizeň od března do května vyséváme v září. (Peleška, 1995).

Špenát nesmí trpět nedostatkem dusíku, jednostranné přehnojování dusíkem však vede k nežádoucímu vysokému obsahu dusičnanů v listech. Předcházíme tomu umírněným dusíkatým hnojením a volbou amonných forem hnojiv místo dusičnanových. Nejnebezpečnějším škůdcem špenátu jsou larvy květilky špenátové v listech. Řešením je předčasná sklizeň při prvotním výskytu nebo chemická ochrana, kterou však komplikuje třínedělní ochranná lhůta před sklizní. Špenát se v zahrádkách sklízí nejčastěji vyřezáváním celých listových růžic nebo také otrháváním jednotlivých listů. Při průmyslovém pěstování se jednorázově mechanizovaně sežíná. Sklízet se musí v chladné části dne, aby se nezapařil.

V západní Evropě jsou běžné také husté výsevy určené k využití mladých čerstvých listů, které se sklízí seřezáváním, když jsou asi 10 cm vysoké. (Pekárková, 2002).

Listy se sklízí za pět a šest týdnů po výsevu, jakmile rostliny dosáhnou výšky 5 cm. Sklízí se jednotlivé listy, nebo se odříznou celou růžicí asi 2,5 cm nad zemí a nechá se kořen znovu obrazit. Mohou se také vytáhnout celé rostliny. V teplejších oblastech rostliny se sklízí dříve, než začnou kvést a tvořit semena. Listy se dají konzumovat čerstvé hned po utrnutí nebo se mohou zmrazit (Brickell, 2012). Sklizeň listů z plochy 10 m² je z jarního a podzimního pěstování 18 až 22 kg, ze zimního až 24 kg (Peleška, 1995).

3.5 Význam vody pro rostliny

Voda zabírá 2/3 povrchu Země a je základním abiotickým faktorem (Šarapetka et.al., 2010). Voda je základní podmínkou života na Zemi pro rostliny, člověka i pro zvířata a vůbec pro všechny organismy. Voda, je nejrozšířenější látkou na Zemi a jednou z nepostradatelných složek životního prostředí, ačkoli se nachází na Zemi v omezeném množství, které je prostorově i časově nerovnoměrně rozdělené (Hronec, 2004). Život všech suchozemských organismů závisí na jejich schopnosti získat vodu z prostředí a udržet ji na takové úrovni volné energie v buňkách, aby se nenarušily životní procesy (Huzulák, 1981). I podle Kramera (1969), skoro všechny procesy v rostlinách jsou ovlivňovány přímo či nepřímo zásobováním vodou.

Voda v rostlinném těle se nachází: v buněčných stěnách, v protoplazmách, ve vakuolách a v mezibuněčných prostorech. Je velmi těžké vést přesnou hranici mezi volnou a vázanou vodou, protože voda není ve všech buněčných strukturách vázána stejným způsobem (Penka, 1985). Vázaná voda se nechová jako voda, ale jako roztok. Jen volná voda v buňce si zachovává typické fyzikální a chemické vlastnosti vody v roztoku (Kramer, 1969).

Voda tvoří základní složku biomasy, a také převážnou část protoplastů živých buněk. Voda jako vegetační činitel růstu a vývinu rostlin má prvořadý význam, protože je základní podmínkou normálních životních funkcí rostlin. Voda je důležitá z kvalitativního i kvantitativního hlediska, tvoří 80-90 % čerstvé hmotnosti rostoucích pletiv rostlin a asi 50 % čerstvé hmotnosti dřevnatých částí rostlin (Kramer, 1969). Voda se svými vlastnostmi je látkou, jež je pro existenci rostlin naprosto zásadní. Podíl vody v živých rostlinných pletivech činí 85 – 90 % a v semenech činí 5 – 15 % (Šarapetka et.al., 2010).

Hlavní funkce vody v rostlinách jsou (Luštinec et al., 2003):

- rozpouštědlo anorganických a organických látek a prostředí pro pohyb molekul a iontů
- metabolická surovina fotosyntézy a dalších procesů, např. těch, které zahrnují hydrolýzu a hydrataci
- stavební materiál buňky, zvláště ve vakuolách,
- transportní prostředek
- prostředek snižování teploty transpirujících orgánů

Rostliny podle schopnosti krátkodobé kompenzace změny obsahu vody můžeme rozdělit na poikilohydrické a homoiohydrické.

Poikilohydrické rostliny jsou rostliny, které při nedostatku vody zmenšují svůj objem s minimálním narušením struktur buňky. Mezi ně řadíme sinice a některé zelené řasy s buňkami bez centrální vakuoly.

Homoiohydrické rostliny jsou rostliny, jejichž buňky mají velké centrální vakuoly, které vlastně vytvářejí v buňce zásoby vody pro krátkodobé vyrovnání kolísání mezi příjmem a výdejem vody (Kincl et al., 2002).

3.6. Obecně stres u rostlin

"Stres je kořením života a bezstresový stav je smrt" - Hans Selye (1907 - 1982)

Tento citát patří rodákovi z Vídně, který studoval na gymnázium a žil v Komárně na Slovensku, získal doktorát z medicíny v Praze a po udělení Rockefellerova stipendia odešel do USA, později do Kanady, kde do konce života působil jako profesor na Montreálské univerzitě. Hans Selye jako první definoval a "vymyslel" slovo stres, z francouzského slova *estecier* - přinutit se, použít násilí, odvozeného z latinského slova *strictus* - utahovat, tlačit se. Zjednodušeně být vystavený vnějším silám. Stres definoval jako nepřiměřenou zátěží na jedince, který vzniká tehdy, jak na organismus působí nadměrně silný vnější, nebo vnitřní faktor – stresor (Szénássy, 2008).

Termín "stres" poukazuje na mimořádně nepříznivé účinky environmentálních faktorů na živé organismy, v důsledku kterých může dojít k různým fyziologickým změnám. Je to nepředvídatelný výkyv nebo omezení, které ovlivňuje normální metabolismus a způsobuje zranění, nemoci nebo nenormální fyziologii. Tento pojem lze definovat různými způsoby, ale názory odborníků se shodují v tom, že by měl být definován na základě fyziologických a ekologických požadavků organismu v průběhu celého jeho životního cyklu (Breštic a Olšovská, 2011).

Stres je stav fyziologické zátěže organismu rostlin, který může být vyvolán jedním nebo několika nepříznivými vnějšími vlivy, tzv. stresovými faktory neboli stresory (Luštinec et al., 2003). Levitt (1980) charakterizuje stres jako jakýkoliv faktor vnějšího prostředí potenciálně škodlivý pro živé organismy. Na živé organismy však nikdy nepůsobí pouze jednotlivé faktory vnějšího prostředí, ale celý komplex vlivů, abiotických (fyzikálních a chemických) a biotických faktorů (živých organismů včetně člověka), kteří vstupují do vzájemných interakcí. Na rostlinu nepůsobí dané faktory stresově, pokud se pohybují v tzv. ekologické valenci, tedy v hodnotách přijatelných pro danou rostlinu. Ta je u každého druhu jiná a optimum nemusí být nutně uprostřed ekologické valence, neboť vlivem konkurence je mnohdy posouváno blízko k letálním hranicím (Nilsen and Orcutt, 1996). Rostliny, respektive

rostlinné druhy jsou, přizpůsobeny k vykonání všech velmi důležitých životních funkcí za poměrně značného kolísání faktorů vnějšího prostředí (Bláha, 2003).

Problematika stresu je mnohem komplikovanější u rostlin než u živočichů, jelikož rostliny žijí přisedlým způsobem života a nemají na rozdíl od živočichů možnost úniku. Další nevýhodou rostlin je jejich velká mezidruhovú variabilita a heterogenita vnitřního prostředí (buněk, pletiv). Z těchto důvodů je velmi těžké stanovit, kdy se jedná o stresové podmínky a kdy ne (Dal corso et al., 2008).

Kůdela a kol. (2013) uvádí, že pokud stres působí na rostliny ve větší než únosné míře, rostliny zpomalují své životní funkce (tvorba biomasy se snižuje, vývoj neprobíhá normálně), jednotlivé orgány jsou poškozovány a v krajním případě, pokud stresové faktory překročí letální hranici, dochází k úhynu rostliny. Působení stresoru může být navíc omezeno pouze na část rostliny, kde dochází k lokální stresové reakci, a poté může druhotně způsobovat stres i v ostatních orgánech. Ve většině případů jsou to kořeny, kde působení stresových faktorů vyvolá změny v jejich buněčné struktuře a ovlivní tak vitalitu a prospívání samotné rostliny.

Skupina reakcí, která se spustí pod vlivem stresorů, se nazývá stresová reakce. V poplachové fázi vyvolané stresem dochází k porušení buněčných struktur a funkcí. Na poplachovou fázi hned navazuje restituční fáze, kdy se aktivují kompenzační mechanismy. Fáze rezistence vyvolává syntézu ochranných bílkovin a změny ve struktuře buňky vedoucí k maximální odolnosti rostlin vůči působícím stresovým faktorům. Dlouhodobé působení stresového faktoru může způsobit pokles odolnosti a tuto fázi nazýváme fází vyčerpání (Masarovičová et al., 2002).

V přírodě patří mezi nejvýznamnější limitující faktory produkce rostlin především nedostatek vody a vysoká teplota. Vodní deficit se může projevovat krátkodobým i dlouhodobým nedostatkem srážek i sníženou hladinou spodní vody. Sucho doprovázené vysokou teplotou je v přírodě a v zemědělství nejdůležitějším faktorem limitující výnos rostlin. (Vavera et al., 2009) Zlepšování vlastností rostlin pro pěstování v podmínkách sucha se věnuje dlouhodobá pozornost (Breštic a Olšovská, 2011).

3.7 Vodní deficit

Ze všech abiotických faktorů, které omezují růst a produktivitu rostlinstva na naší planetě, stojí na prvním místě nedostatek vody. Z globálního hlediska hrozí naší planetě přibližně za 30 let situace, že polovina populace nebude mít k dispozici dostatek vody. Narušení energetického a vodního režimu zásadním způsobem ovlivní zemědělství (Šiška, 2004).

Voda, na rozdíl od minerálních živin, má v ekosystémech velmi rychlý koloběh a její zásoba v rostlinách i půdě stačí na poměrně krátkou dobu. Navíc doplňování zásob vody srážkami bývá obvykle nepravidelné, náhodné a nejsou tedy vyloučeny ani delší periody sucha. Vodní stres je proto významným omezujícím faktorem v zemědělství (Solomon et al., 2003).

A podle (Deng et al., 2005) má 61 % ploch na Zemi srážek méně než 500 mm. Zatímco u nás je pod závlahou 5 % zemědělských ploch, například v Izraeli a v jiných zemích je pod závlahou až 95 % zemědělských ploch (Zámečnicková, 2000). Vývoj rostlin k toleranci nedostatku vody a udržení produktivity bude, jak již bylo řečeno v úvodu, kritickým požadavkem pro zvýšení produktivity zemědělství v 21. století. Porozumění tomu, jak rostlinné buňky mohou tolerovat ztráty vody, je rozhodující prerekvizitou pro vývoj strategií, které mohou mít dopad na zemědělskou a zahradnickou produktivitu plodin a přežití v těchto podmínkách snižující se dostupnosti vody (Wood, 2005)

3.8 Definice sucha

Olšovská (2008) uvádí 4 základní definice sucha, a to tzv. meteorologické, hydrologické a agronomické sucho. Meteorologické (klimatické) sucho znamená situaci, když aktuální srážky jsou dlouhodobě pod úrovní průměru pro daný region. Klimatické sucho vyvolává následně agronomické sucho, představující nedostatek půdní vlhkosti potřebné pro růst a produkci pěstovaných rostlin, v důsledku čehož dochází k redukci úrody. Hydrologické sucho zase znamená redukci rychlosti (objemu) toku vody v tocích, které napájejí vodní rezervoáry, čímž se snižuje celková zásoba povrchových i podpovrchových vodních zdrojů. Vzhledem k

obrovskému dopadu sucha na celou lidskou společnost a její potřeby se častokrát skloňuje i termín sociálně - ekonomické sucho, když fyzikální sucho začíná negativně ovlivňovat lidi - jednotlivců, případně i celou společnost.

3.9 Působení sucha na rostliny

Samotný deficit vody zásadně limituje fyziologickou aktivitu rostlin a tvorbu biomasy. Efektivita využití vody rostlinami je v popředí zájmu zvláště v suchých obdobích a v suchých oblastech (Shabala, 2012).

Typické symptomy vodního stresu jsou zavírání průduchů, inhibici fotosyntézy, ale i opad a stárnutí listů, omezení růstu či odumření kořenů. Fyziologické poškození způsobené vodním stresem je úzko spojené s hladinou a rovnováhou endogenních hormonů. Syntéza a transport cytokininů jsou inhibované během vodního stresu a dochází k jejich degradaci. Stárnutí listů je také spojené s nízkým obsahem cytokininů. Období dozrávání semen se vodní stres projevuje nejvíce zrychleným stárnutím a opadem listů. Snížení tvorby asimilátů s tím spojené a dále zhoršené podmínky pro transport asimilátů vedou ke zpomalení růstu plodů, semen apod. (Araya et al., 2007).

Růst a produktivita rostlin souvisí hlavně s fyziologickými procesy fotosyntézy a transpirace probíhajícími převážně v listech rostlin. Listový mezofyl je chráněn před vnějšími vlivy pokožkou, přitom průduchy umístěné v pokožce zprostředkovávají spojení mezofylu listů s vnějším prostředím. Průduchy tvoří dvě specializované buňky v pokožce, známé jako svěrací buňky a u některých druhů, jsou ještě morfologicky rozlišitelné přiléhající tzv. podpůrné buňky. Hlavní úloha průduchů je v regulaci výměny plynů mezi vnitřkem listu a vnějším prostředím (Jones, 1992), protože pokožka je téměř nepropustná pro vodní páru, ale zároveň CO_2 . Rostlina potřebuje přísun CO_2 vstupujícího do listu pro fotosyntézu, ale zároveň uchovávat vodu, aby nedošlo k dehydrataci a k metabolickým poruchám. Třebaže průduchy celkově zaujímají jen 0,5-5 % z povrchu listu, při úplném otevření

skrz ně prochází téměř všechna vytranspirovaná voda a všechen přijímaný oxid uhličitý (Hemsley a Poole, 2004).

K stresu v důsledku sucha, na rozdíl od jiných stresujících faktorů, nedochází příliš rychle, ale rozvíjí se pomalu a zvýšenou intenzitou přetrvává delší dobu. Čas vystavením rostliny v podmínkách sucha hraje důležitou úlohu v jejich přežití. Stres ze sucha může nastat z různých důvodů, jako je sucho v půdě, vysoká evaporace, osmotické vody anebo ze zamrzuté půdy (Larcher, 2003). Vlastní příjem vody rostlinou je závislý také na obsahu živin a solí v půdě, ale i na půdní reakci. Vodní stres je často ovlivněn i zasolením (Bláha a kol., 2003). V zimě je nedostatek vody dán tím, že rostliny nejsou schopny přijímat vodu v pevném skupenství, ale pouze v kapalném skupenství. Voda obsažená ve sněhové přikrývce je pro ně nepřístupná. Proto často v zimních měsících nedojde ke zmrznutí rostlin, spíše k jejich vyschnutí (Bláha a kol. 2003).

Rozhodující pro rostlinu mírného pásma je, zda sucho nastalo v průběhu vegetace, či zda rostlina roste v relativním suchu od počátku vegetace. V prvním případě je vliv vodního stresu na metabolismus silnější, neboť rostlina od počátku vegetace v suchu, má hlouběji pronikající kořenový systém, silnější kutikulu, méně průduchů a relativně i menší listovou plochu. Příjem vody a následně i živin je dán schopností kořenů zabezpečit stálý příjem těchto složek do nadzemních orgánů rostlin. V případě dlouhodobého nedostatku vody od začátku vegetace dochází k inhibici tvorby kořenového systému, zvláště u některých rostlin (Bláha a kol. 2003).

Zpočátku dochází k jeho prodlužování do větších hloubek, ale na úkor tvorby postranních kořenů a kořenového vlášení. Jestliže vodní stres i nadále pokračuje, dochází k redukci kořenového systému, přestává se vytvářet kořenové vlášení a nakonec se zcela zastaví růst kořenů a kořen uhynie. Jiná situace je u nadzemních orgánů, pokud k nedostatku vody dojde na začátku růstového cyklu. V tom případě bude listová plocha redukována, stejně tak i uhlíkový přírůstek po celou dobu růstového období. Z redukce listové plochy vyplývají následně snížení hmotnosti a změny ve vodním a výživovém modelu. Pokud se snižuje turgor během vývoje

květenství, redukuje se počet květu, tím je ohrožena i celá reprodukce. Pokud dojde k nedostatku vody až během dozrání plodů, dosavadní rostlinný vývoj nebude ovlivněn, pouze se sníží hmotnost semen a může se zvýšit opad semen (Bláha a kol. 2003).

Důležitou úlohou vody je udržování turgidity. Turgor u rostlin má hlavní úlohu při růstu a prodlužování buněk. A jeho další role je při otvírání průduchů a pohybu listů a květních obalů. Je známo, že při snižování turgoru dochází nejdříve k redukci prodlužování listů a květních obalů. Je známo, že při snižování turgoru dochází nejdříve k redukci prodlužování listů a teprve později k redukci fotosyntézy. Růst je citlivější než fotosyntéza. Nedostatkem vody je dluživý růst inhibován ve fázi, kdy na primární buněčné stěně probíhá proces vkládání nových stavebních látek mezi staré, tzv. plošný růst buněčných stěn. K měřitelnému zpomalení růstu dochází již při velmi malých ztrátách vody, kdy turgor klesne jen o 0,1 až 0,2 MPa. Úplné zastavení růstu nastává při poklesu turgoru na 0,3 -0,4 MPa. K zastavení růstu dojde dříve než ke zjevnému vadnutí listu či k ovlivnění hlavních metabolických procesů, včetně fotosyntézy. Proto se v rostlinách hromadí nevyužité asimiláty. Při větším poklesu vodního potenciálu k hodnotám okolo 1 MPa dochází u mnoha druhů k tvorbě aminokyseliny prolinu, cukrů, alkoholů a dalších sloučenin. Při pokračujícím nedostatku vody se začínají projevovat další metabolické změny, a to především u fotosyntézy a transportních pochodů v buňce (Bláha a kol. 2003).

Při postupném vysychání se snižuje hydratace proto plazmy a tím i fotosyntetická kapacita. Příjem oxidu uhličitého dosahuje normálních rychlostí jen v úzkém rozsahu dostatečného zásobování vodou. Mimo tento rozsah příjem oxidu uhličitého začíná klesat a nakonec se zcela zastaví (Bláha a kol. 2003).

Křivka závislosti výměny plynů na ztrátě vody ukazuje dva důležité kritické body. Bod přechodu z plného výkonu do oblasti omezení a bod, ve kterém je výměna plynů nulová. První kritický bod odpovídá takovému nedostatku vody, při kterém se průduchy začínají zavírat, difúzní odpor průduchů tak začne převyšovat reziduální odpor. Pokud po dosažení prvního kritického bodu rostlina opět získá vodu, nastává rychlá obnova výměny oxidu uhličitého. Druhý kritický bod odpovídá stavu, kdy jsou průduchy úplně uzavřeny, a projevuje se i přímý účinek nedostatku vody na protoplazmu. Příjem oxidu uhličitého z vnějšku už neprobíhá, ale oxid uhličitý uvolněný při dýchání, může být znovu vázán. Po dosažení tohoto stavu už obnovení přísunu vody nevede k okamžité obnově fotosyntézy. Obnova se opoždí a za určitých podmínek se už nemůže po silném vyschnutí původní fotosyntetická kapacita obnovit. Citlivost výměny oxidu uhličitého k nedostatku vody a polohy uvedených kritických bodů jsou pro rostlinné druhy do značné míry charakteristické, ale adaptacemi rostlin se mohou měnit (Bláha a kol. 2003).

3.10 Odolnost rostlin vůči stresu

Tolerance či citlivost rostlin vůči ztrátám vody se liší zejména podle druhu rostliny, ale i v rámci jednoho druhu lze nalézt vnitrodruhovou variabilitu v reakci na stres, která je dána genetickou výbavou konkrétního genotypu. Je také známo, že hybridní genotypy se často liší svými vlastnostmi od rodičovských linií, a u kříženců byla v řadě případů zaznamenána vyšší odolnost vůči různým druhům stresů (Betrán et al., 2003).

Rozeznáváme dva typy adaptací – genetické (evoluční) adaptace a modifikační adaptace. Genetické adaptace mají základ v geneticky vázaných předpokladech a do značné míry určují rozdíly v distribuci rostlinných druhů a ekotypů. Modifikační adaptace probíhají poměrně rychle, jsou dočasné a označují se jako aklamace (Masarovičová et al., 2002).

Při dlouhodobém a často se opakujícím suchu (atmosférickém a půdním). Různé druhy rostlin v odlišných podmínkách, vytvořily několik typů mechanismů, které minimalizují poškození způsobené suchem. Můžeme je také nazvat strategie rostlin při překonávání podmínek sucha.

- ❖ Předcházení suchu (drought escape) je strategie, která se vyvinula v rostlinách schopných ukončit životní cyklus dříve, než nastane více - méně pravidelně se opakující sucho. Je vlastní rostlinám s krátkým životním cyklem jako jsou např. Stepní efeméry, které dokážou využívat vodu z tajícího sněhu a ledu.
- ❖ Tolerance k suchu (drought tolerance), strategie vlastní rostlinám, které jsou schopny udržet turgor a normální chod funkcí i při velmi nízkém vodním potenciálu půdy často méně než - 1,5 MPa. Je to schopnost rostlin vyvinout nižší vodní potenciál jako má vysychající půda, aby z ní mohli přijmout vodu. Vyskytuje se např. u rostlin rostoucích v zasolených půdách.
- ❖ Vyhýbání se suchu (drought avoidance), strategie vyskytující se v rostlinách, které se často vyskytují v podmínkách neadekvátního nebo nepravidelného zásobování vodou. Při této strategii rozlišujeme dvě skupiny rostlin, které

mají schopnost redukovat ztráty vody, a které mají schopnost co nejdéle udržet a efektivně využívat dostupné zásoby vody (Masarovičová a kol. 2002).

Přirozenou reakcí rostliny na stres suchem je snaha zamezit ztrátám vody a udržovat vodní potenciál na co nejvyšší úrovni. Toho rostliny dosahují zejména uzavřením průduchů, na kterém se podílí mj. kyselina abscisová (ABA) a pH xylémové tekutiny (Chaves et al., 2004). Uzavření průduchů však omezuje také příjem CO₂, čímž je snížena možnost asimilace uhlíku a rychlost fotosyntézy. Během sucha byla pozorována snížená regenerace ribuloso-1,6-bisfosfátu a snížení aktivity některých enzymů podílejících se na fixaci CO₂, což také vede ke snížení fotosyntetické účinnosti (Chaves et al., 2004). Účinnou adaptací na suchu je i syntéza prolinu a dalších osmoticky aktivních látek (cukrů, alkoholických cukrů, betainu), čímž se v buňkách zvyšuje osmotický tlak. Mechanismus osmotického přizpůsobování se využívají zejména druhy tolerantní vůči suchu, často i druhy rostoucí na zasolených půdách. Suchu rostliny vyhýbají i tím, že omezují ztrátu vody vznikající v důsledku transpirace (zavírání průduchů, otáčení nebo shazování listů apod.) (Mundree et. al., 2002).

Předchozí vystavení rostlin stresu ze sucha může později urychlit nebo zesílit jejich reakce na suchu, což naznačuje, že rostliny mají "stresovou paměť" (Riccardi et al., 1998)

Vodní deficit ovlivňuje biosyntézu, akumulaci a redistribuci hlavních rostlinných hormonů. Přizpůsobení se suchu je spojeno i se zvýšenou aktivitou antioxidantů. Na periodicky dlouhodobý nedostatek vláhy se rostliny přizpůsobily buď vytvářením zásob vody a její omezeným výdejem v době sucha (sukulenty), nebo ztrátou značného podílu vody a přechodu do latentního stavu anabiózy. Lišejníky a sinice mohou přitom ztratit až 95 % vody. V období mimořádného sucha předčasně žloutne, usychá a opadává část asimilace orgánů dřevin. V biomu opadavých lesů, který je charakteristický pro suché tropy a subtropy se stromy před nástupem periodicky se opakujících suchých období zcela zbavují asimilace orgánů (Mundree et. al., 2003).

4 Metodika

4.1 Charakteristika pokusného materiálu.

Na pokus byly použity tři odrůdy špenátu. Monores, Matador a Misano.

- ❖ Matador je osvědčená odrůda tmavolistého špenátu. Listy jsou středně velké, rozkladité a s tupou špičkou. Můžeme použít pro podzimní i jarní výsev, spolehlivě přezimuje a je značně odolný proti vybíhání do květu. Svými růstovými vlastnostmi je velmi vhodný pro velkovýrobu.

- ❖ Misano F1 je hybridní odrůda s kompletní rezistencí vhodná pro jarní výsev i podzimní přezimování.

- ❖ Monores je raná odrůda vhodná pro jarní i podzimní sklizeň. Rostlina je střední až mohutná s polovzpřímenými až vzpřímenými listy. Ty jsou oválné se zakulacenou špičkou, světle zelené, slabě bublinaté. Má dobrou odolnost proti vymrzání. Výnosná odrůda s dobrou odolností k plísni špenátové i k vybíhání do květu. Rychlým počátečním růstem umožňuje časnou sklizeň

4.2 Založení pokusu

Pokus byl založen v dubnu 2014 ve skleníku. Od každé varianty bylo vyseto 72 rostlin. Po 14 dnech byly jednotlivé rostliny přesazeny do zahradních kontejnerů. Rostliny byly rozděleny na kontrolu a pokusné rostliny. Pokusné rostliny, které nebyly zalévány a kontroly, které byly pravidelně zalévány. Odběry byly prováděny obden v 6 opakováních viz. tabulka číslo jedna. Ke každému odběru bylo použito 6 pokusných 6 kontrolních rostlin od každé varianty.

Datum odběru	14.4.	16.4.	18.4.	23.4.	25.4.	28.4
Číslo odběru	1	2	3	4	5	6

Tabulka číslo 1 Datum jednotlivých odběrů

4.3 Vodní sytostní deficit terčíkovou metodou dle Čatského

Pojem vodního sytostního deficitu zavedl poprvé Stocker. Podle jeho definice se vodním sytostním deficitem rozumím ono množství vody, které chybí rostlině (nebo její části) do plného nasycení, jinými slovy tedy rozdíl mezi obsahem vody v rostlině v daném okamžiku a jejím obsahem vody při maximálním nasycení, vyjádřený v procentech maximálního obsahu vody:

$$\%VSD = \frac{(\text{hmotnost po nasycení} - \text{čerstvá hmotnost})}{(\text{hmotnost po nasycení} - \text{čerstvá hmotnost})} \cdot 100$$

Na terčíkovou metodou jsme použili 3 rostliny kontrolní a 3 rostliny pokusné. Z pokusných listů vysekáme na podložce terčíky o průměru 8 mm ostrým korkovrtem. Při odběru se snažíme terčík mírným otočením korkovrtu skutečně vyříznout, abychom co nejméně poškodili jeho hrany a zabránili tím pozdější jejich infiltraci vodou a tím zkreslení výsledků. Z každé rostliny vysekáme 16 terčíků. Terčíky ihned zvážíme na laboratorní váze. Poté terčíky vložíme do zkumavky s destilovanou vodou a necháme terčíky sytit vodou. Po 2 až 3 hodinách nasycené terčíky vyjmeme a osušíme filtračním papírem, a co nejrychleji zvážíme na laboratorních vahách. Potom tyto terčíky necháme sušit v sušárně při teplotě 105 stupních Celsia do konstantní hmotnosti a opět zvážíme na laboratorních vahách.

4.4 Měření vodního potenciálu listu špenátu

Základním pojmem vodního režimu rostlin je termín vodní potenciál. Tato veličina se používá prakticky jen ve fyziologii rostlin a charakterizuje stav vody v rostlinách, v její části nebo v jejím nejbližším okolí (v půdě, v atmosféře). Symbolem vodního potenciálu je řecké písmeno velké psi. Vodní potenciál je chemický potenciál vody vztažený na její molární objem a udává se v jednotkách tlaku, tj. v Pa (obvykle v MPa = megapaskal).

4.5 Stanovení vodního potenciálu tlakovou metodou

Vodní potenciál se měří na přístroji, který se nazývá Schollanderova tlaková bomba. Na měření vodního potenciálu potřebujeme 3 rostliny špenátu pokusné a 3 rostliny špenátu kontrolní od každé odrůdy. Z každé rostliny proměříme 3 listy. Nejprve vybereme a odstříhneme měřený list špenátu. Odstřižený list okamžitě umístíme do krytu komory. Nasadíme kryt na tlakovou komoru a zajistíme pomocí bajonetového upevnění. Nastavíme páčku do polohy „napouštět“. Dusík ze zásobní lahve se napouští do tlakové komory. Během nárůstu tlaku sledujeme ustřiženou část řapíku pomocí lupy o zvětšení 8krát. Ihned jak se objeví první kapka vody na čepeli ustřiženého listu špenátu. Přepneme páčku do polohy „OFF“. Zaznamenáme hodnotu tlaku, která se objevila na budíku přístroje. Po měření nastavíme páčku do polohy „vypustit“ a vypustíme tlak z komory. Po vypuštění komory odšroubujeme kryt komory a proměřený list špenátu vyndáme.

4.6 Měření vodivosti

Princip metody: Elektrická kapacita kondenzátoru, kde je jako dielektrikum použito půdy, je závislá na půdní vlhkosti θ . Pokud je kondenzátor, postavený z kovových destiček nebo jehel umístěný do půdy připojen na oscilátor tak, aby tvořil elektrický obvod, mohou být změny půdní vlhkosti detekovány pomocí vyvolaných změn pracovní frekvence obvodu. Sondy jsou tvořeny dvěma nebo více elektrodami (destičkami nebo jehlami), které jsou umístěny do půdy. Když je aplikováno elektrické pole, půda v okolí elektrod funguje jako dielektrikum kondenzátoru a doplní tak oscilační obvod. Měření může být ovlivněno teplotou, salinitou, objemovou hmotností půdy a obsahem jílu v půdě. Proto je doporučováno provést pro každou jednotlivou půdu kalibraci.

Na měření vodivosti potřebujeme 3 kontrolní rostliny a 3 pokusné rostliny špenátu. Vezmeme přístroj naměření vodivosti a zapíchneme ho do zeminy v zahradnickém kontejneru a na přístroji se zobrazí hodnota vodivosti a tu zapíšeme.

5 Výsledky

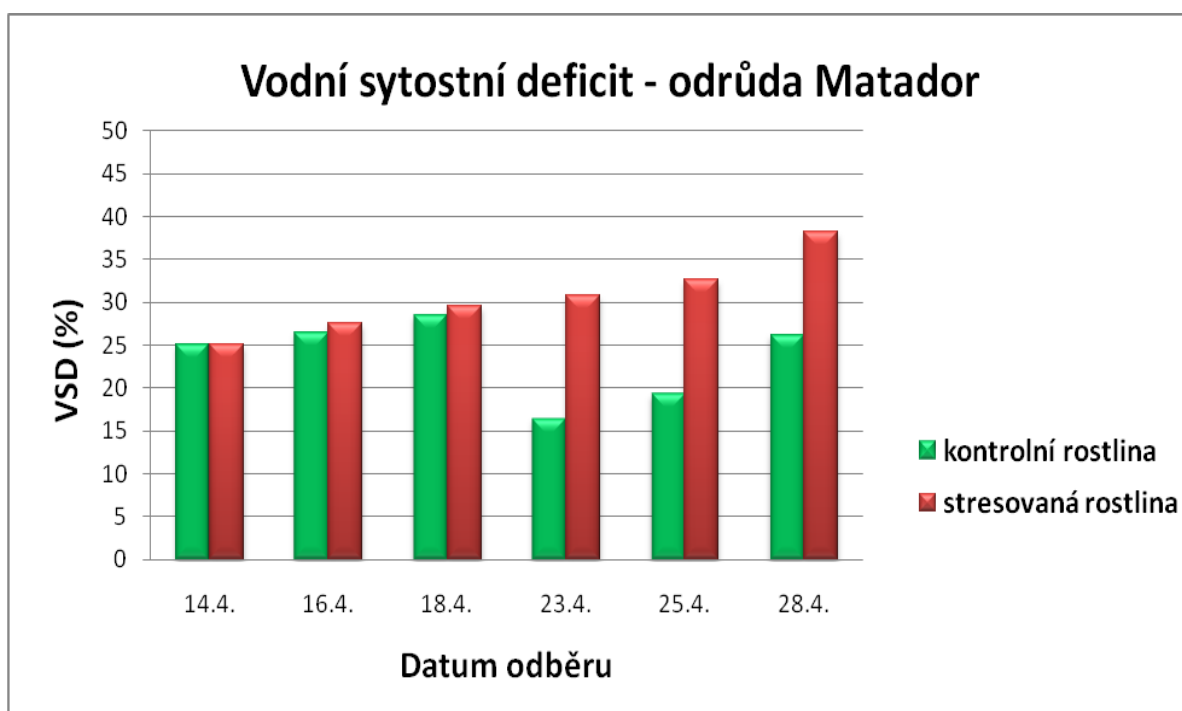
U třech odrůd špenátu setého byl sledován vliv vodního stresu na vodní sytostní deficit (VSD) a vodní potenciál.

5.1 Vodní sytostní deficit

Obrázek číslo 1 zobrazuje průběh vodního sytostního deficitu (VSD) u rostliny špenátu setého odrůdy Matador.

Rostliny, které byly pravidelně zalévané (kontrolní rostliny), měly průměrnou hodnotu VSD 23,73 %. Na začátku pokusu byla hodnota VSD 25,15 % poté pozvolna rostla až na maximální hodnotu 28,58 %, která byla naměřena 18.4. Při dalším odběru 23.4. byla naměřena nejmenší hodnota VSD 16,52 % a opět narůstala.

Na počátku pokusu byla u stresované rostliny hodnota vodního sytostního deficitu 25,15 %, tohle byla minimální naměřená hodnota. Při každém dalším odběru VSD stoupal až na maximální hodnotu 38,19 %, která byla naměřena při posledním odběru 28.4. Průměrný přírůstek VSD byl 2,61 %.

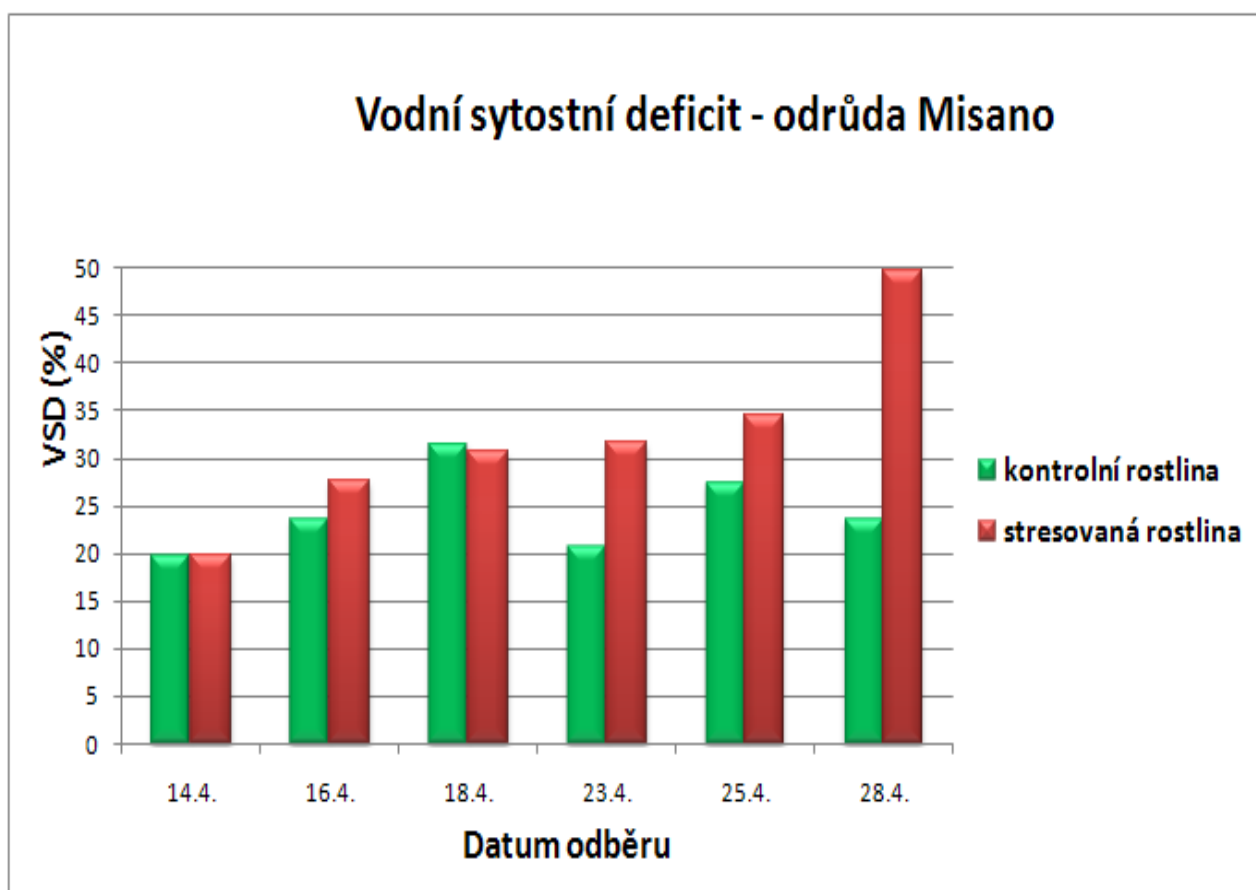


Obrázek číslo 1 Vodní sytostní deficit špenátu setého odrůda Matador pěstovaná v kontrolních a stresových podmínkách.

Na obrázku číslo 2 je zaznamenán graf o průběh vodního sytostního deficitu u rostliny špenátu setého odrůdy Misano.

Průměrná hodnota vodního sytostního deficitu u kontrolních rostlin byla 28,48 %. Nejmenší hodnota byla neměřena 14.4. při prvním odběru a hodnota VSD byla 19,84 %. Nejvyšší hodnota byla naměřena 18.4. kdy hodnota VSD byla 31,51 %. Od této doby VSD mírně klesal a pohyboval se okolo průměru.

Při prvním odběru 14.4. měly stresované rostliny minimální vodní sytostní deficit, který měl hodnotu 19,84 %. Od tohoto měření VSD postupně narůstal až do maximální hodnoty 49,76 %, která byla naměřena 28.4. při posledním odběru. Průměrná hodnota přírůstku VSD byla 5,98 %. Největší přírůstek VSD byl mezi 25. 4. a 28. 4., kdy VSD narostl o 15,29 %.

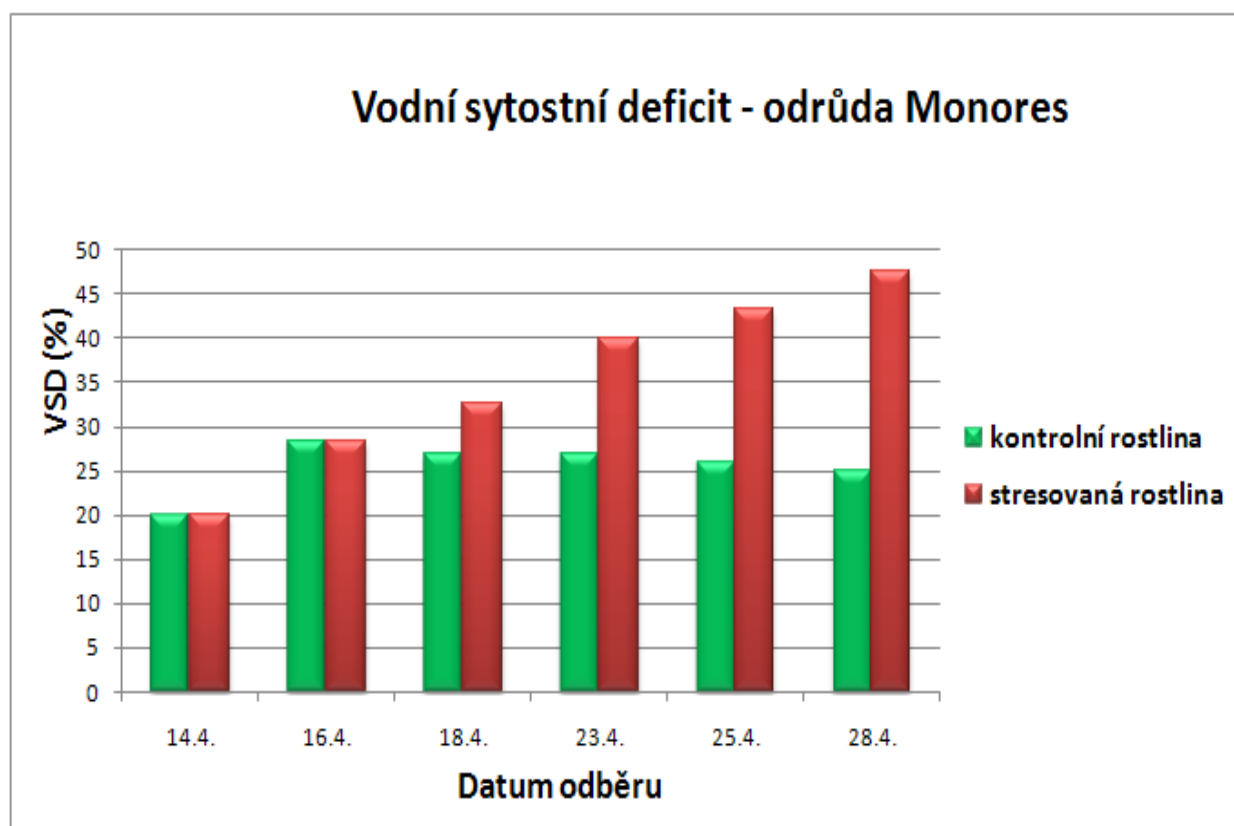


Obrázek číslo 2 Vodní sytostní deficit špenátu setého odrůda Misano pěstovaná v kontrolních a stresových podmínkách.

Obrázek číslo 3 zobrazuje průběh vodní sytostní deficit u rostlin špenátu setého odrůdy Monores.

U kontrolních rostlin byla průměrná hodnota vodního sytostního deficitu 25,54 %. Minimální hodnota byla 19,99 % a naměřena byla při prvním odběru 14.4. Maximální hodnota byla naměřena 16.4. a dosahovala hodnoty 28,47 %. Později VSD mírně klesl a hodnota se pohybovala okolo průměru.

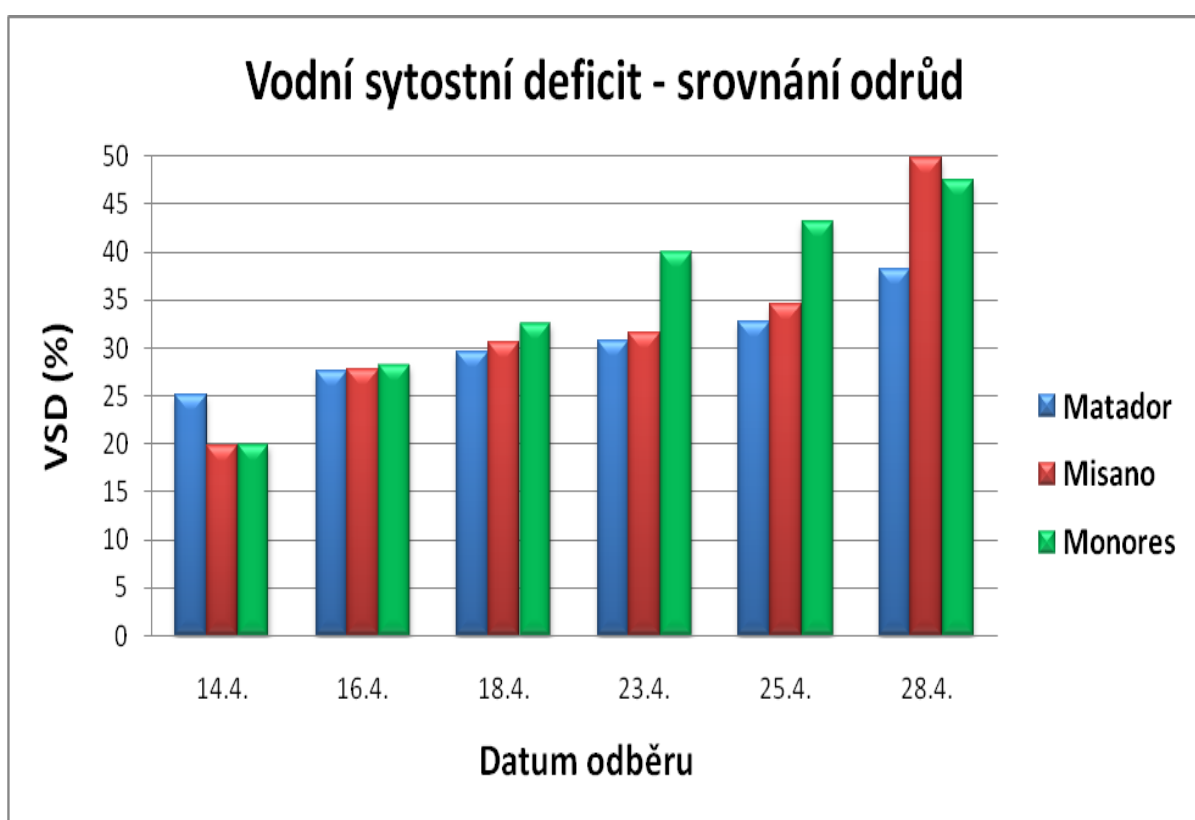
Nejmenší neměřená hodnota vodního sytostního deficitu byla naměřena na začátku pokusu 14.4. a dosahovala hodnoty 19,99 %. Nejvyšší naměřená hodnota vodního sytostního deficitu byla naměřena při posledním měření 47,55 %. Průměrný přírůstek vodního sytostního deficitu byl 5,51 %. Největší přírůstek vodního sytostního deficitu byl mezi 14. 4. a 18. 4. (prvním a druhým odběrem), kdy se hodnota zvýšila o 8,26 %.



Obrázek 3 Vodní sytostní deficit špenátu setého odrůda Monores pěstovaná v kontrolních a stresových podmínkách.

Obrázek číslo 4 zobrazuje graf, který porovnává vodní sytostní deficit (VSD) u všech 3 odrůd špenátu setého (Matador, Misano, Monores).

Z grafu vyplývá, že u všech odrůd vodní sytostní deficit postupně narůstal. Dne 14.4. měla nejvyšší VSD odrůda Matador, jeho hodnota byla 25,15 %. Odrůdy Misano a Monores měly VSD okolo 20 %. Při posledním odběru 28.4. Nejvyšší hodnotu VSD 49,76 % měla odrůda Misano. Nejmenší hodnotu 38,19 % měla odrůda Matador.



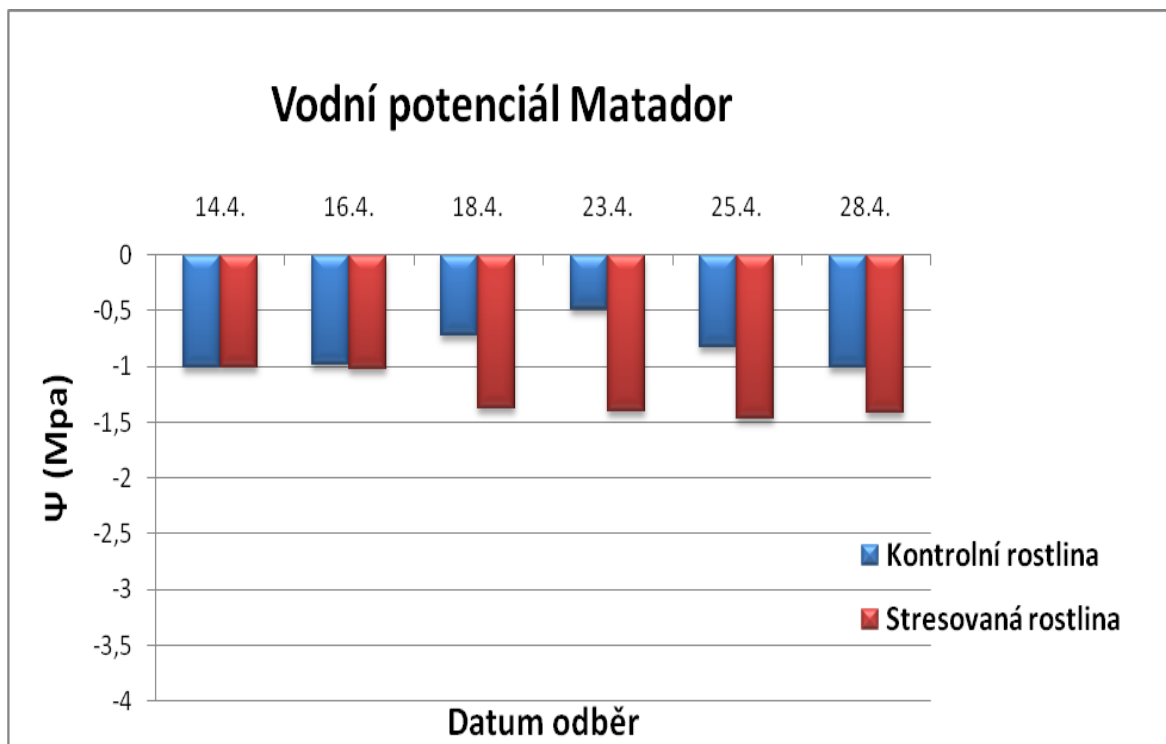
Obrázek číslo 4 Vodní sytostní deficit porovnání odrůd špenátu setého ve stresových podmínkách.

5.2 Vodní potenciál

Obrázek číslo 5 zobrazuje graf, kde jsou zaznamenány vodní potenciál rostlin špenátu setého odrůdy Matador.

Průměr vodního potenciálu kontrolních rostlin byl $-0,84$ MPa. Ze začátku pokusu nejprve klesal až na maximální hodnotu, poté opět narůstal až na minimální hodnotu. Maximální hodnota vodního potenciálu byla $-0,49$ MPa a byla naměřena 23.4. Minimální hodnota vodního potenciálu byla $-1,01$ MPa a byla naměřena 14.4. a 28.4. (při prvním a posledním odběru).

Při prvním odběru stresované rostliny měly nejvyšší hodnotu vodního potenciálu jeho hodnota byla $-1,01$ MPa. Po celou dobu pokusu vodní potenciál klesal až na minimální hodnotu. Minimální hodnota vodního potenciálu byla $-1,47$ MPa a byla naměřena 28.4. Vodní potenciál v průměru klesal o $-0,09$ MPa při každém odběru.

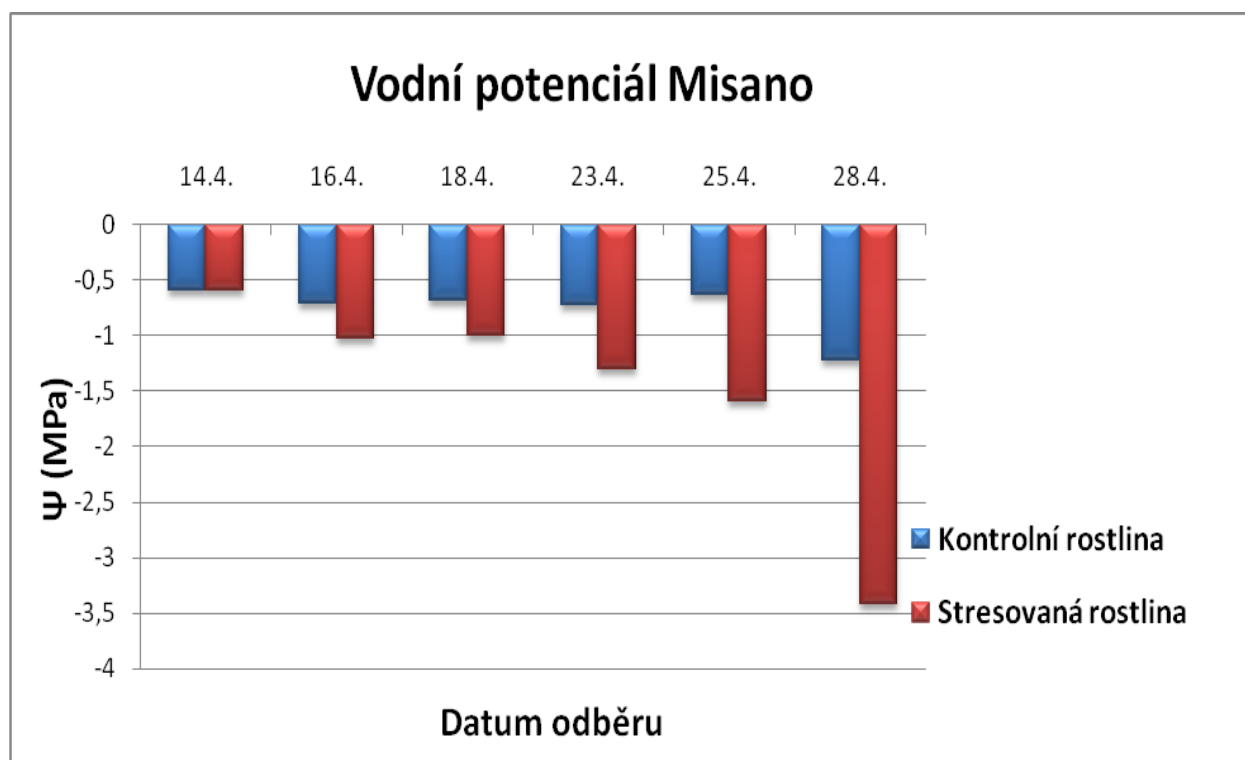


Obrázek číslo 5 Vodní potenciál špenátu setého odrůda Matador pěstovaná v kontrolních a stresových podmínkách.

Obrázek číslo 6 zobrazuje graf o průběhu vodního potenciálu špenátu setého odrůdy Misano

Kontrolní rostliny měly průměrný vodní potenciál $-0,77$ MPa. Maximální hodnota byla $-0,6$ MPa a byla naměřena při prvním odběru 14.4. V dalších odběrech kolísala okolo hodnoty $-0,7$ MPa. Při posledním odběru 28.4. byla hodnota vodního potenciálu $-1,23$ MPa, což je nejnižší naměřená hodnota.

Při prvním odběru 14.4. měly stresované rostliny maximální vodní potenciál, který měl hodnotu $-0,6$ MPa. Po prvním odběru vodní potenciál pozvolna klesal. Minimální hodnota byla $-3,42$ MPa. Tato hodnota byla neměřená při posledním odběru 28.4. Vodní potenciál v průměru klesal o $-1,33$ MPa při každém odběru.

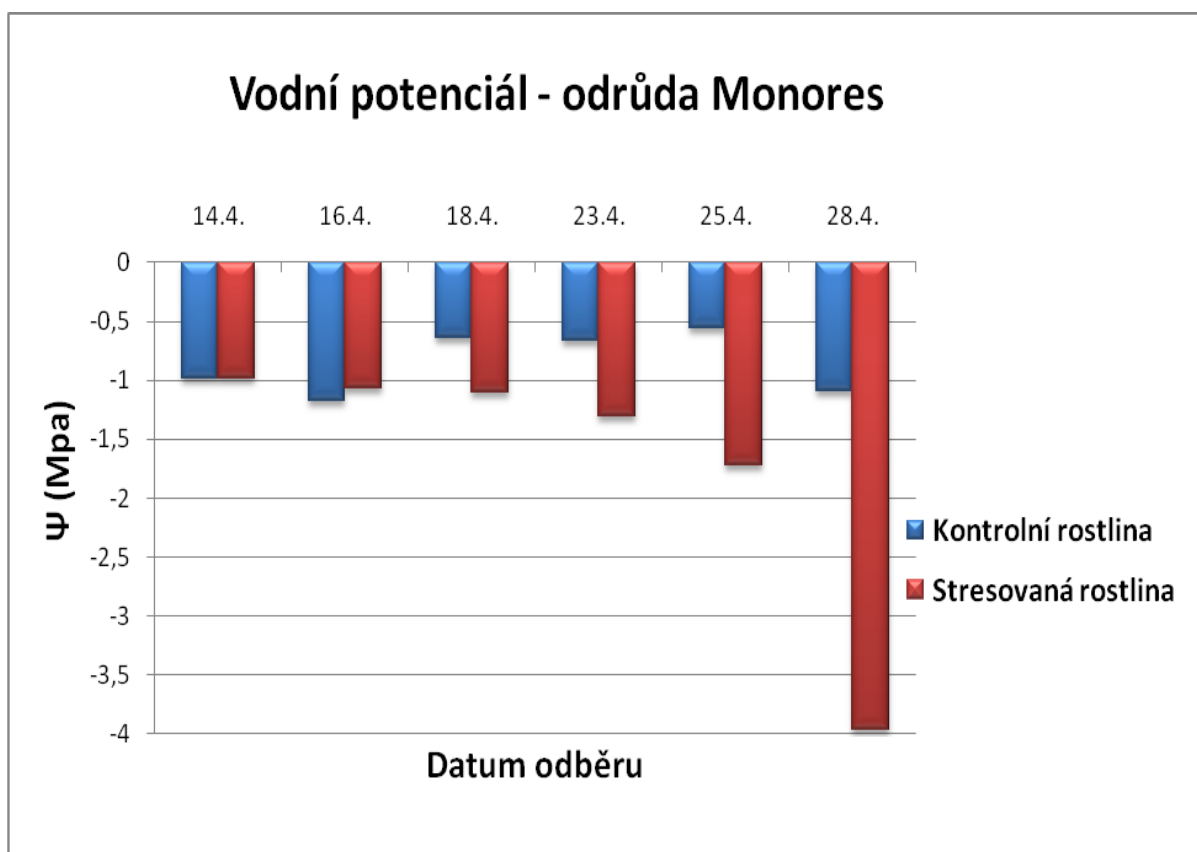


Obrázek číslo 6 Vodní potenciál špenátu setého odrůda Misano pěstovaná v kontrolních a stresových podmínkách.

Obrázek číslo 7 zobrazuje graf, který popisuje průběh vodního potenciálu rostliny špenátu setého odrůdy Monores

Kontrolní rostliny měli velmi kolísavý průběh vodního potenciálu. Průměrná hodnota vodního potenciálu byla 0,86 MPa. Nejvyšší hodnota vodního potenciálu byla -0,56 MPa a naměřena byla 25.4. Nejnižší hodnota vodního potenciálu byla -1,18 MPa a byla naměřena 16.4.

Stresované rostliny měli postupný pokles vodního potenciálu. Při prvním odběru byla naměřena nejvyšší hodnota a nejmenší hodnota byla naměřena při posledním odběru. Maximální hodnota byla -0,99 MPa a byla naměřena 14.4. Minimální hodnota byla -3,97 MPa a byla naměřena 28.4. Vodní potenciál v průměru klesal o -1,33 MPa při každém odběru.

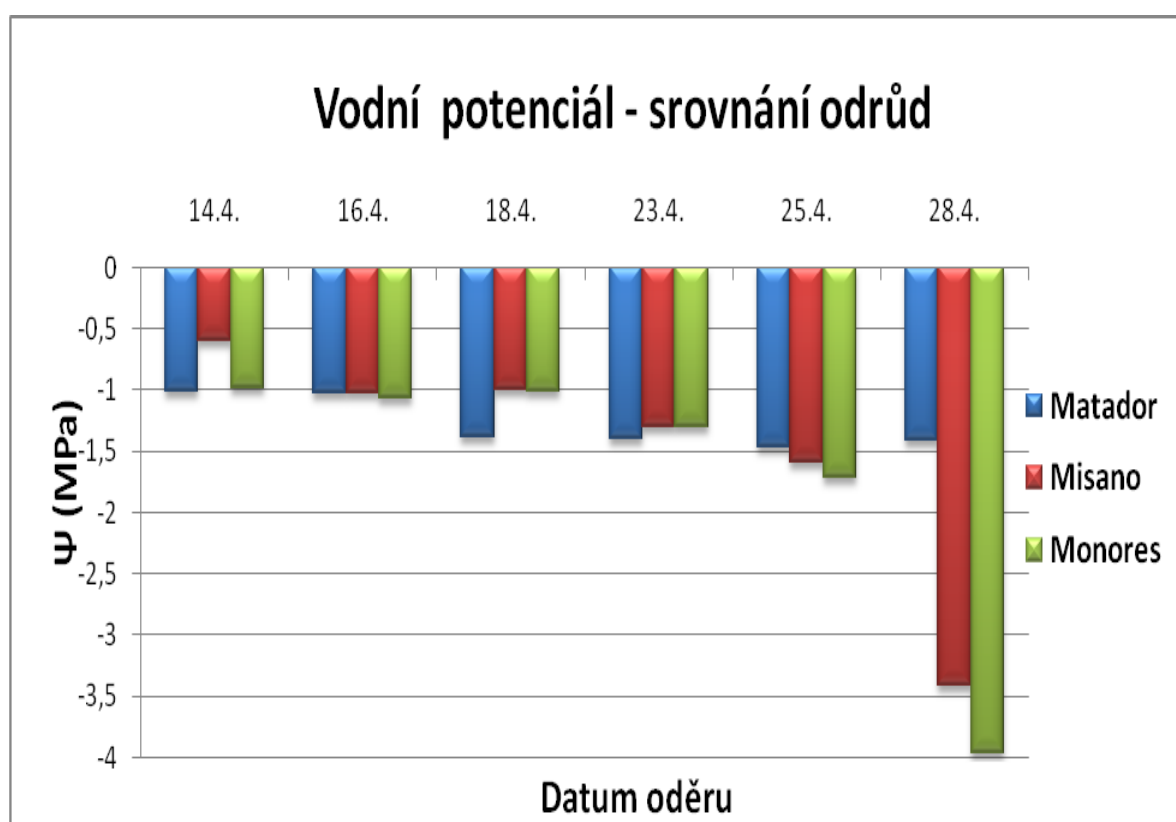


Obrázek číslo 7 Vodní potenciál špenátu setého odrůda Monores pěstovaná v kontrolních a stresových podmínkách.

Obrázek číslo 8 zobrazuje graf, který porovnává vodní potenciál u všech třech odrůd špenátu setého (Matador, Misano, Monores).

Z grafu vyplývá, že u všech odrůd vodní potenciál postupně klesal. Dne 14.4. měly minimální vodní potenciál odrůdy Matador a Monores, jejich hodnoty byly okolo -1 MPa.

Odrůda Misano měla nejvyšší vodní potenciál -0,6 MPa. Při posledním odběru 28.4. nejnižší hodnotu vodního potenciálu měla odrůda Monores. Nejvyšší hodnotu vodního potenciálu -1,41 MPa měla odrůda Matador.



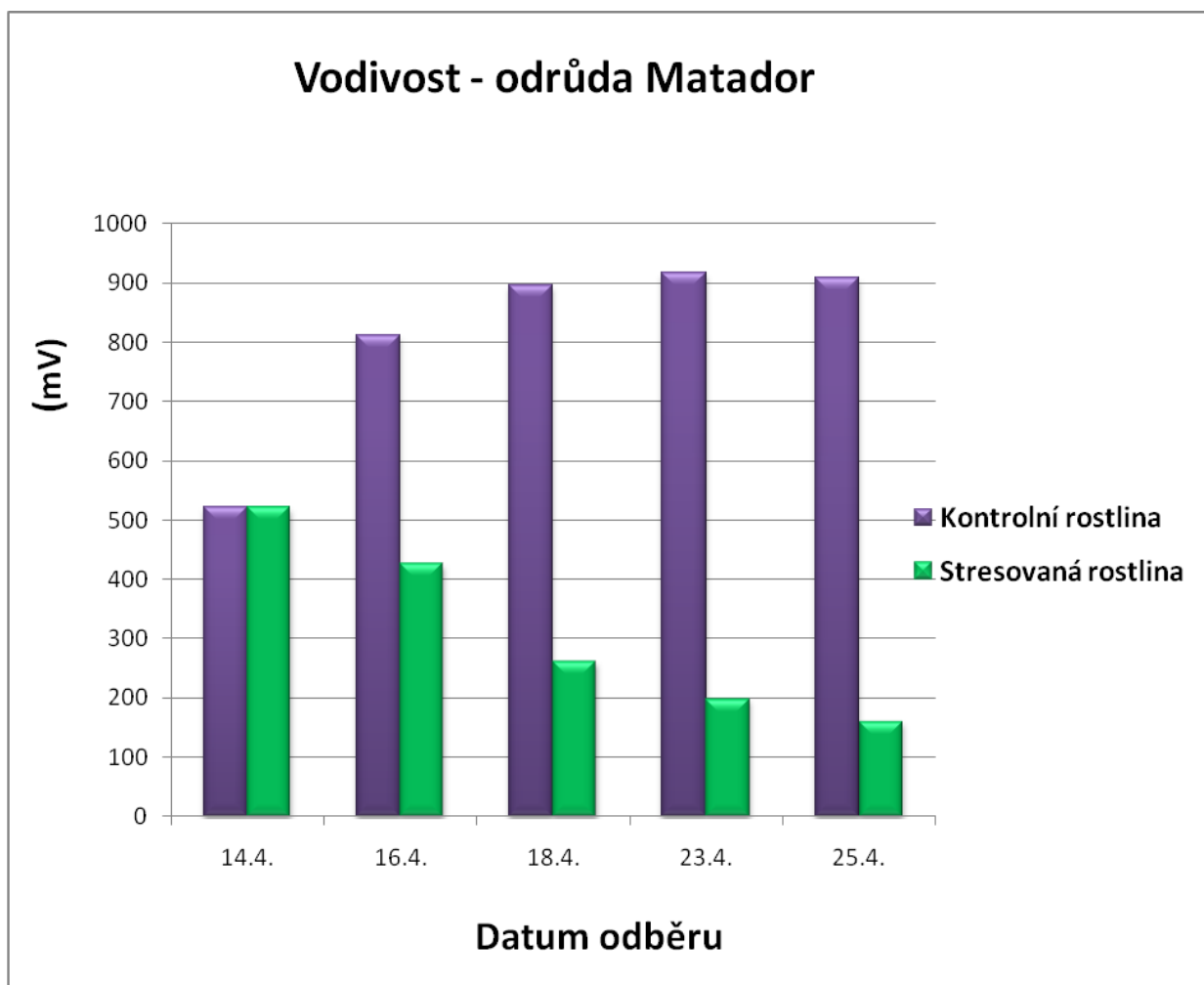
Obrázek číslo 8 Vodní potenciál porovnání odrůd špenátu setého ve stresových podmínkách.

5.3 Vodivost

Obrázek číslo 9 zobrazuje graf, který popisuje průběh vodivosti půdy, ve které byly zasety rostliny špenátu setého odrůdy Matador.

V zemině u kontrolních rostlin vodivost od prvního měření 4.4. do předposledního měření 23.4 postupně narůstala a od té doby stagnovala. Minimální hodnota byla 521,56 mV. Maximální hodnota byla 916,78 mV.

V zemině u stresovaných rostlin vodivost od prvního odběru 4.4. postupně klesala, až do posledního odběru 25.4. Maximální hodnota byla 521,56 mV. Minimální hodnota vodivosti byla 160,78 mV.

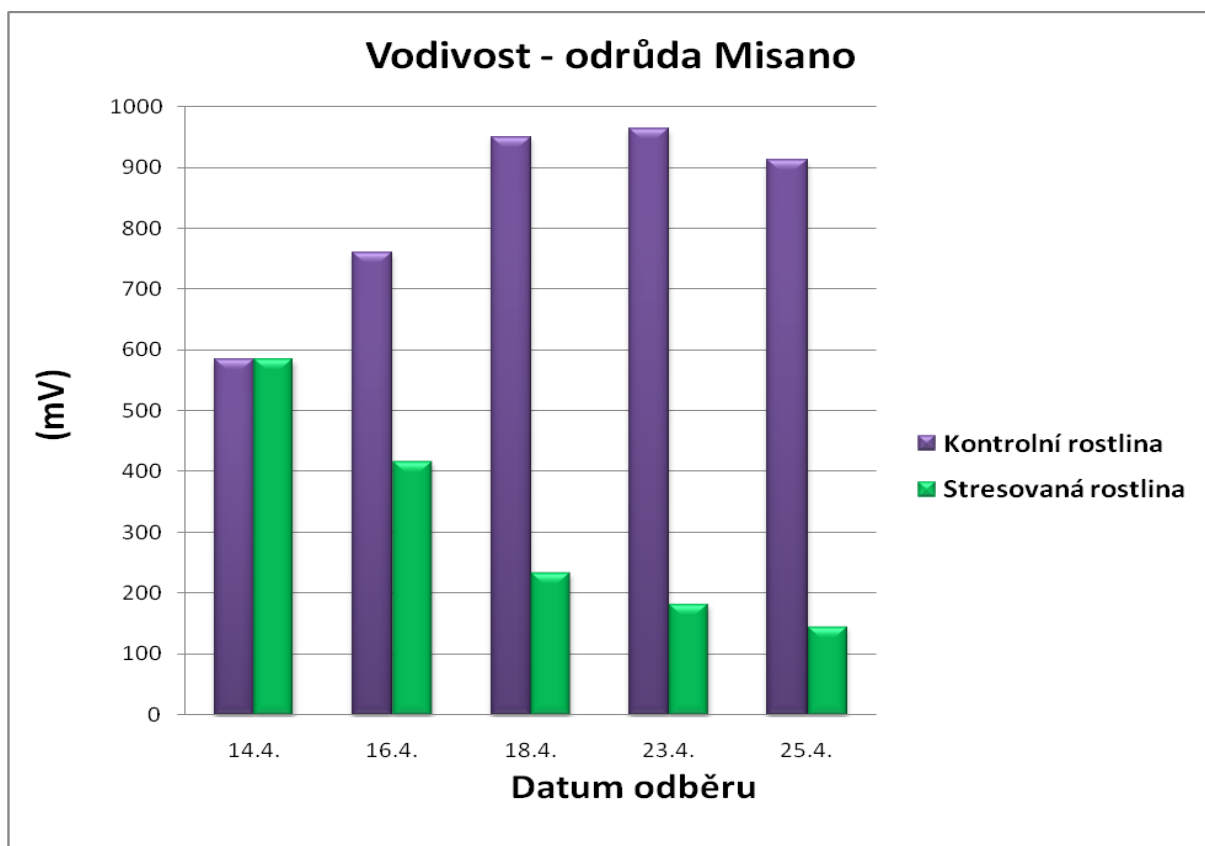


Obrázek číslo 9 vodivost zeminy špenátu setého odrůda Matador pěstovaná v kontrolních a stresových podmínkách

Obrázek číslo 10 znázorňuje graf, který zobrazuje průběh vodivosti zeminy, ve které byly zasety rostliny špenátu setého odrůdy Misano.

V zemině u kontrolních rostlin vodivost od prvního měření 4.4. do předposledního měření 23.4. postupně narůstala a od té doby stagnovala. Minimální hodnota byla 584,56 mV. Maximální hodnota byla 963,22 mV.

V zemině u stresovaných rostlin vodivost od prvního odběru 4.4. postupně klesala, až do posledního odběru 25.4. Maximální hodnota byla 584,56 mV. Minimální hodnota vodivosti byla 145 mV.

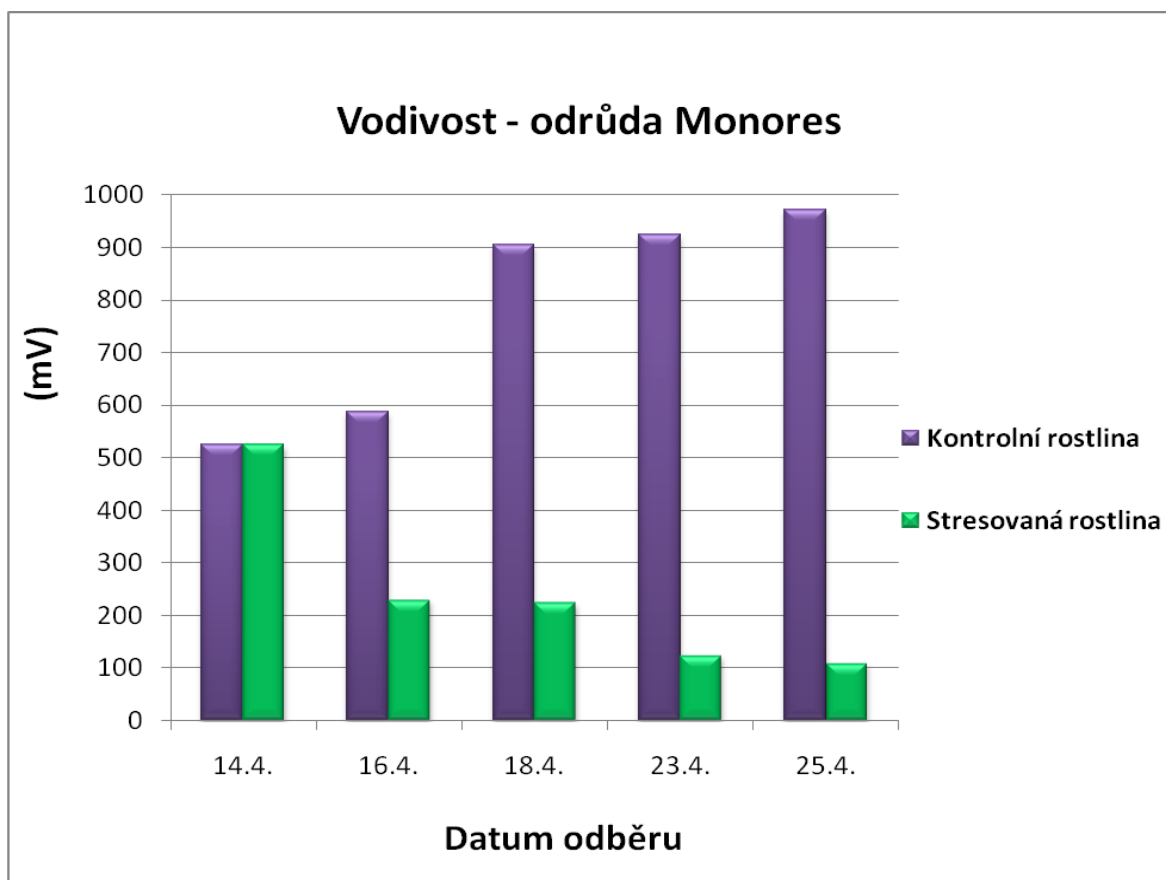


Obrázek číslo 10 vodivost zeminy špenátu setého odrůda Misano pěstovaná v kontrolních a stresových podmínkách.

Obrázek číslo 11 znázorňuje graf o průběhu vodivosti zeminy, ve které byly zasety rostliny špenátu setého odrůdy Monores.

V zemině u kontrolních rostlin vodivost od prvního měření 4.4. do posledního měření 25.4. postupně narůstala. Minimální hodnota byla 524,44 mV. Maximální hodnota byla 971,89 mV.

V zemině u stresovaných rostlin vodivost od prvního odběru 4.4. postupně klesala, až do posledního odběru 25.4. Maximální hodnota byla 524,44 mV. Minimální hodnota vodivosti byla 165,22 mV.

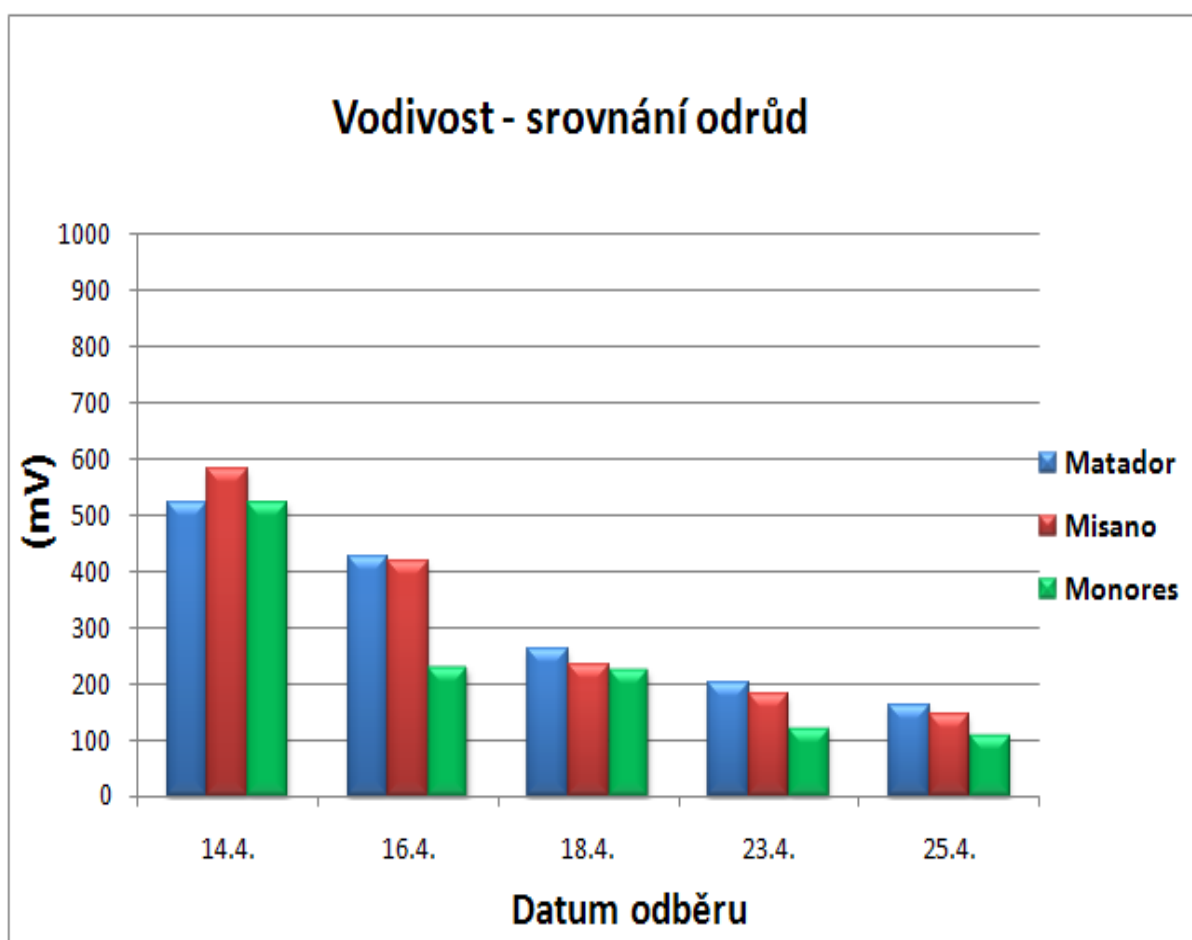


Obrázek číslo 11 vodivost zeminy špenátu setého odrůda Monores pěstovaná v kontrolních a stresových podmínkách

Obrázek číslo 12 zobrazuje graf, který porovnává vodivost zeminy u všech třech odrůd rostlin špenátu setého (Matador, Misano, Monores)

Při prvním odběru 4.4. Nejvyšší vodivost 584,56 mV měla zemina, ve které se nacházela odrůda Misano. Odrůdy Misano a Monores měli vodivost půdy okolo 520 mV.

Jak z grafu vyplývá vodivost po celý pokus postupně klesá až na minimální hodnoty, které byly naměřeny v posledním odběru 25.4. Nejmenší vodivost měla odrůda Misano, kde hodnota vodivosti byla 145 mV. Vodivost u zbylých dvou odrůd byla naměřena hodnota okolo 160 mV.

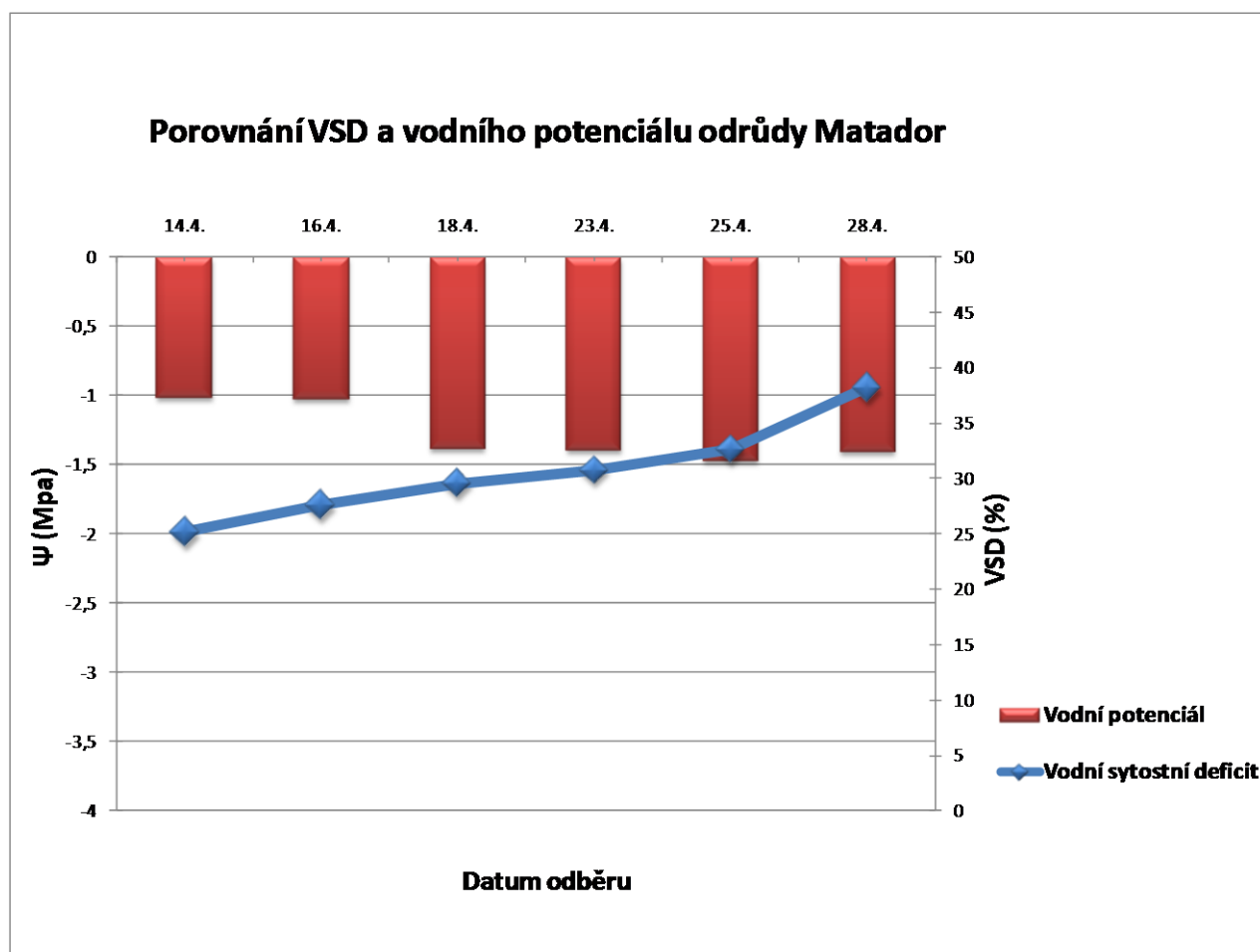


Obrázek číslo 12 porovnává vodivost půdního substrátu u stresovaných rostlin špenátu setého

5.4 Vzájemný vztah vodního potenciálu a vodního sytostního deficitu (VSD)

Obrázek číslo 13 zobrazuje graf, který popisuje průběh vodního sytostního deficitu a vodního potenciálu u stresovaných rostlin špenátu setého odrůdy Matador.

Jak ke z grafu patrné vodní potenciál po celou dobu pokusu postupně klesal až na minimální hodnotu -1,47 MPa. Také vodní sytostní deficit postupně narůstal až na maximální hodnotu 38,19 %.

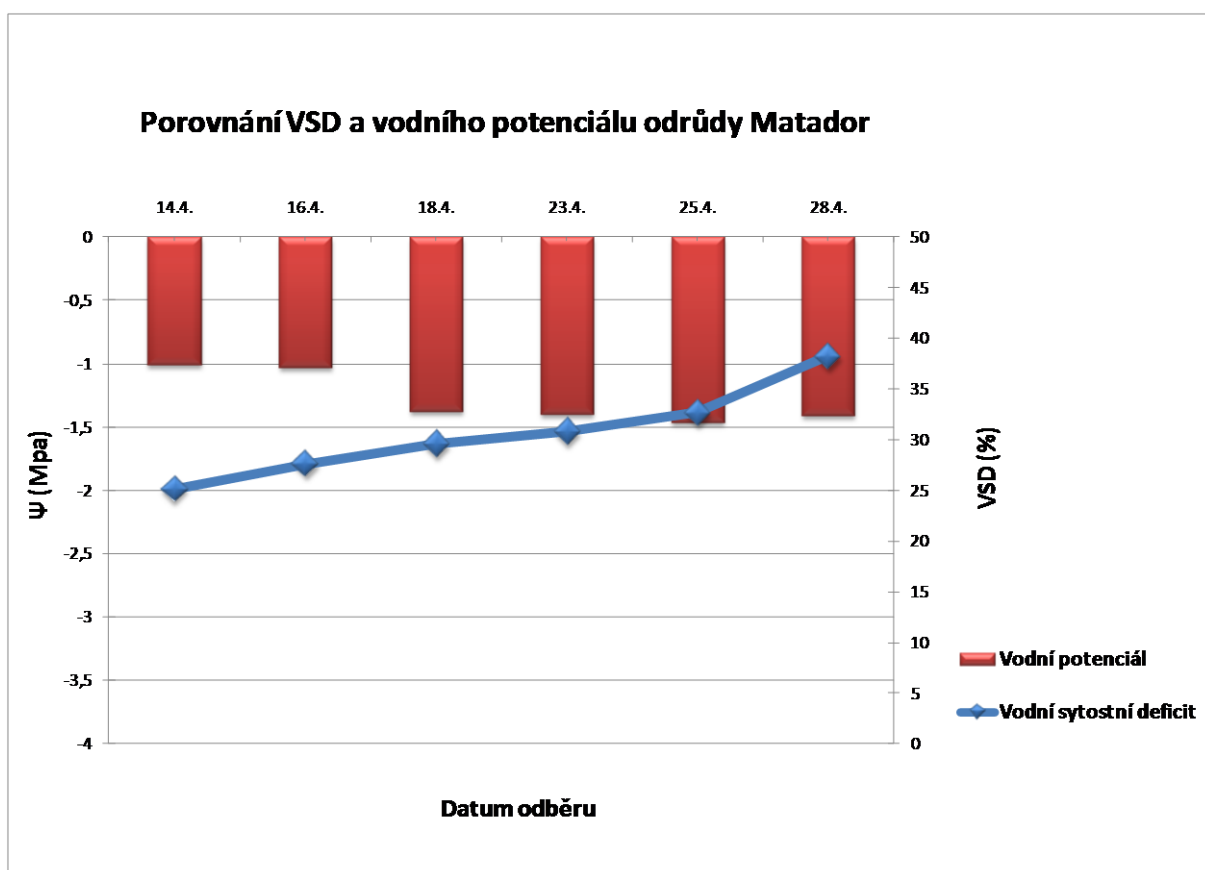


Obrázek číslo 13 porovnává vodní sytostní deficit a vodní potenciál u stresované rostliny špenátu setého odrůdy Matador.

Na obrázku číslo 14 je graf, který znázorňuje průběh vodního sytostního deficitu a vodního potenciálu u stresovaných rostlin špenátu setého odrůdy Misano.

Vodní potenciál během celého pokusu postupně klesal až na minimální hodnotu

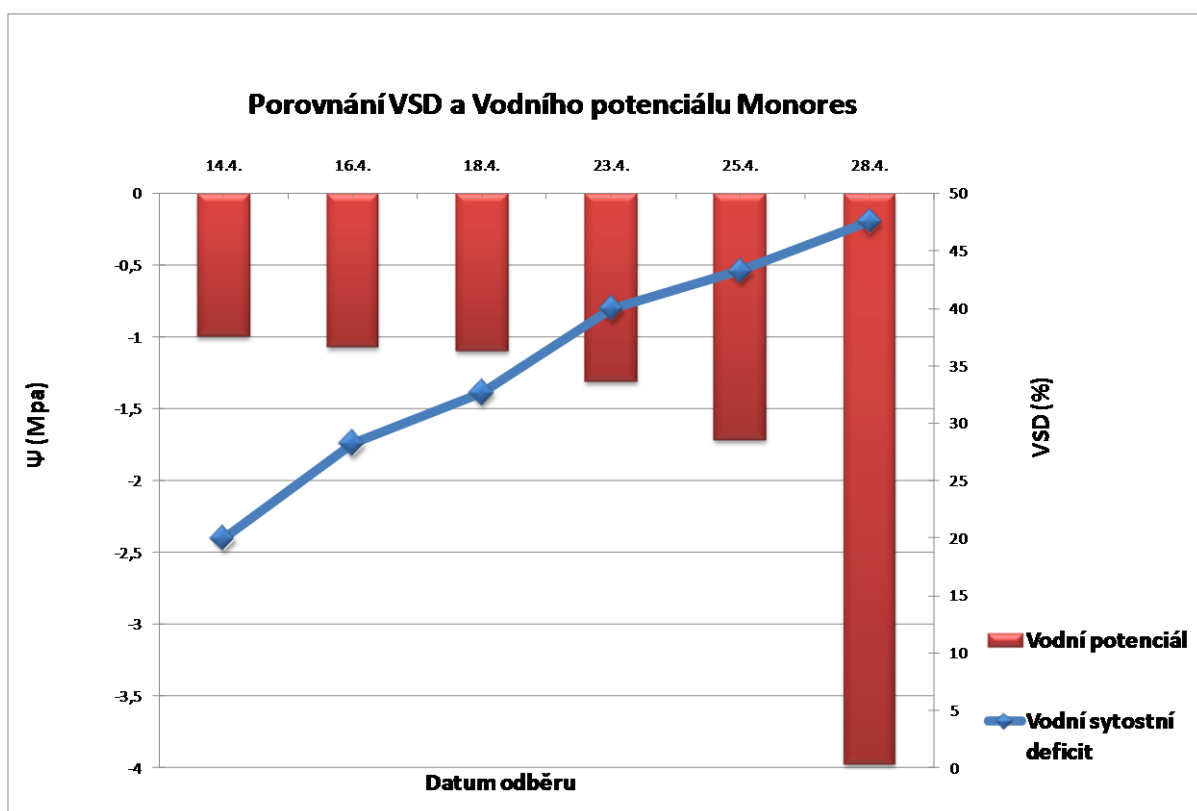
-3,42 MPa. Vodní sytostní deficit během pokusu postupně stoupal až na maximální hodnotu 49,76 %



Obrázek číslo 14 porovnává vodní sytostní deficit a vodní potenciál u stresované rostliny špenátu setého odrůdy Misano.

Na obrázku číslo 15 je zakreslen graf, který zobrazuje průběh vodního sytostního deficitu a vodního potenciálu u stresované rostliny špenátu setého odrůdy Monores.

Jak z grafu vyplývá vodní potenciál po celou dobu pokusu klesal až na minimální hodnotu – 1,31 MPa . Teké vodní sytostní deficit během pokusu narůstal až na maximální hodnotu 47,55 MPa.



Obrázek číslo 15 provnává vodní sytostní deficit a vodní potenciál u stresované rostliny špenátu setého odrůdy Monores.

6 Diskuze

6.1 Vodní sytostní deficit (VSD)

Vodní sytostní deficit (VSD) charakterizuje stav vody v pletivech z hlediska její objemová množství, přičemž udává procento vody, které chybí rostlině do jejího úplného nasycení (Brestič, Olšovská, 2001). Listowský (1976) rozděluje vodní stres podle VSD na:

- ❖ malý stres při 8 – 9 %
- ❖ střední stres při 10 – 20 %
- ❖ velký stres při 20 – 25 %
- ❖ vysychání rostlin při 50 %

Podle tohoto rozdělení by všechny kontrolní rostliny špenátu setého trpěli velkým stresem. Hodnota vodního sytostního deficitu u kontrolních rostlin byla okolo 25 %. Švihra a kol. (1996) zjistili, že u ozimé pšenice se vodní sytostní deficit u rostlin optimálně zásobených vodou pohybuje u jednotlivých odrůd mezi 4 -13 % u praporcového listu, resp. 6 – 17 % u druhého listu. S tímto tvrzením se také neshodujeme. Rozdíly jsou způsobeny především použitými rostlinnými druhy a jejich zásobením vodou.

V případě, že rostliny rostou v podmínkách vodního deficitu, dochází k poklesu obsahu vody v rostlinných pletivech a ke zvyšování hodnot VSD. Tento závěr potvrzují práce Švihry a kol. (1996), ve které prokazují, že u stresovaných rostlin dochází ke zvýšení vodního sytostního deficitu na 49 – 55 %, což přesahuje míru silného stresu a je hranicí dehydratovaného stavu pletiv. Naše výsledky se s tímto tvrzením shodují, protože u všech stresovaných odrůd špenátu setého docházelo k postupnému narůstání vodního sytostního deficitu. Nejvyšší hodnotu vodního sytostního deficitu měla odrůda Monores, kdy hodnota dosahovala k 50 %, což přesahuje míru silného stresu. Nejvíce stresu odolávala odrůda Matador, kdy nejvyšší hodnota vodního sytostního deficitu byla 38,19 %.

6.2 Vodní potenciál

Vodní potenciál listů vyjadřuje energii, díky níž se voda v rostlině pohybuje (Shabala 2002). Čím je obsah vody v buňkách menší hodnota vodního potenciálu je nižší, a tím se zvyšuje nasávací síla rostlinných pletiv (Nielsen 1996). Toto tvrzení můžeme potvrdit vodní potenciál u všech stresovaných rostlin postupně klesal.

Ze získaných výsledků vodního potenciálu u kontrolních rostlin špenátu setého vyplývá že, odrůda Matador měla průměrnou hodnotu vodního potenciálu -0,84 MPa, odrůda Misano měla průměrnou hodnotu vodního potenciálu -0,56 MPa, odrůda Monores měla průměrnou hodnotu vodního potenciálu -0,86 MPa. Tyto hodnoty jsou nižší, než uvádí Tambussim a kol. (2005), podle nichž u plně zavlažovaných rostlin pšenice tvrdé dosahuje vodní potenciál hodnoty -1,43 MPa. Shabala (2012) Tvrdí že, u dobře zavlažovaných rostlin se vodní potenciál pohybuje od -0,2 do 0,6 MPa. Tato hodnota se u kontrolních rostlin špenátu setého vyskytovala na začátku pokusu u odrůdy Misano a později u všech odrůd kontrolních rostlin.

Rostliny pěstované ve vodním deficitu mají hodnotu vodního potenciálu od -2 MPa do -5 MPa. Tyto hodnoty se v našem pokusu nevyskytly u stresovaných rostlin špenátu setého odrůdy Matador. U odrůd Misano a Monores jsme tyto hodnoty naměřily až při posledním odběru 28.4.

Hodnota vodního potenciálu ve stresových podmínkách z nedostatku vody u révy vinné (Pavloušek 2011): bez stresu -0,1 MPa až -0,2 MPa, mírný stres -0,2 MPa až -0,5 MPa, silný stres hodnota vyšší než -0,6 MPa. Dle těchto výsledků všechny tři odrůdy stresovaných rostlin špenátu setého od začátku pokusu trpěly silným stresem. Tyto rozdíly jsou dány výběrem rostlinným druhem.

Hodnoty vodního potenciálu dosahující -0,5 MPa indikují působení mírného vodního stresu, od -0,5 MPa do -1,5 MPa je stres středně velký a při hodnotách nižších než -1,5 MPa se rostlina nachází ve velmi silném stresu (Bláha a kol., 2003). Podle těchto výsledků rostliny špenátu setého odrůdy Matador měly po celou dobu pokusu hodnoty vodního potenciálu od -1 MPa do 1,5 MPa, což ukazuje na působení středně velkého stresu. U odrůdy Misano byla hodnota vodního potenciálu od -1 MPa až do 1,03 MPa tato hodnota byla naměřena 23.4. V tomto období na rostliny působil středně velký stres. Při dalším odběru byla naměřena hodnota -1,6

MPa a dál klesal. Na rostliny působil silný stres. Průběh vodního potenciálu odrůdy Monores byl obdobný jako u odrůdy Monores. Z tohoto vylívá, že odrůda Matador je nejvíce odolná vodnímu stresu a málo odolné jsou odrůdy Misano a Monores.

Réva vinná může přijímat vodu až do hodnoty vodního potenciálu -1,6 MPa (Pavloušek 2011). Dle tohoto tvrzení odrůda Matador by přijímala vodu po celou dobu pokusu. Odrůda Misano by přestala přijímat vodu při předposledním odběru 25.4. Odrůda Monores byla na tom stejně jako Misano.

K měřitelnému zpomalení růstu dochází již při velmi malé ztrátě vody, kdy je pokles vodního potenciálu jen o -0,1 MPa až -0,2 MPa. Úplné zastavení růstu nastává při poklesu turgoru na -0,3 MPa až -0,4 MPa. K zastavení růstu tedy dojde dříve než ke zjevnému vadnutí listu. Při dalším poklesu vodního potenciálu buněk zhruba na hodnotu -0,2 MPa až -0,8 MPa dochází k rychlým změnám aktivity enzymů. Při větším poklesu vodního potenciálu k hodnotám okolo -1,0 MPa dochází u mnoha druhů k tvorbě aminokyselin a dalších látek (Bláha a kol. 2003).

Podle těchto výsledků by k měřitelnému zastavení růstu rostlin špenátu setého odrůdy Matador mělo dojít mezi druhým (16.4.) a třetím odběrem (18.4.), kdy byla zjištěna hodnota poklesu vodního potenciálu -0,35 MPa. U rostlin špenátu setého odrůdy Misano dle daných výsledků by mělo dojít k měřitelnému zastavení růstu rostlin. mezi prvním (14.4.) a druhým odběrem (16.4.) a hodnota poklesu vodního potenciálu byla -0,4 MPa. U rostliny špenátu setého odrůdy Monores by podle těchto výsledků mělo dojít k měřitelnému zastavení růstu mezi prvním (14.4.) a druhým odběrem (18.4.) a hodnota poklesu vodního potenciálu byla -0,1 MPa. Podle těchto výsledků by mělo u všech odrůd špenátu setého dojít ke změnám aktivity enzymů. Každá odrůda rostlin měla menší hodnotu vodního potenciálu než -0,8 MPa. Tohle tvrzení nemůžeme potvrdit, protože u rostlin špenátu setého nebyl měřen růst.

7 Závěr

Rostliny špenátu setého byly pěstovány ve skleníku FAPPZ. Kontrolní rostliny byly po celou dobu pokusu pravidelně zalévány. Stresované rostliny byly po celou dobu pokusu vystaveny vodnímu stresu. Stres byl vyvolán nezalítím stresovaných rostlin. U třech odrůd špenátu setého byl stanoven vodní sytostní deficit (VSD) a vodní potenciál.

- Vodní sytostní deficit rostliny špenátu setého odrůdy Matador. Průměrná hodnota VSD u kontrolních rostlin byla 23,73 %. Při prvním odběru 14.4. byla naměřena hodnota 25,15 %, což byla minimální hodnota VSD. Poté VSD postupně narůstal až na maximální hodnotu 38,19 %. Tato hodnota byla naměřena 28.4. Průměrný přírůstek VSD byl 2,61 %.
- Vodní sytostní deficit rostliny špenátu setého odrůdy Misano. Průměrná hodnota VSD u kontrolních rostlin byla 28,48 %. Při prvním odběru 14.4. měly stresované rostliny minimální VSD, který měl hodnotu 19,84 %. Od tohoto měření VSD narůstal až do maximální hodnoty 49,76 %, která byla naměřena 28.4. Průměrná hodnota přírůstku VSD byla 5,98 % .
- Vodní sytostní deficit rostliny špenátu setého odrůdy Monores. Průměrná hodnota VSD u kontrolních rostlin byla 25,54 %. VSD u stresovaných rostlin po celou dobu neustále narůstal. Nejmenší naměřená hodnota VSD byla naměřena 14.4. a měla hodnotu 19,99 %. Nejvyšší hodnota VSD byla 47,55 % . a naměřena byla 28.4. Průměrný přírůstek VSD byl 5,51 %.
- Z těchto výsledků vyplývá, že vodní sytostní deficit (VSD) u všech třech odrůd špenátu setého po celou dobu pokusu narůstal až na maximální hodnoty. Podle VSD nejcitlivěji na vodní stres reaguje odrůda Misano. Nejodolnější vůči vodnímu stresu byla odrůda Matador.
- Vodní potenciál rostliny špenátu setého odrůdy Matador. Průměrná hodnota vodního potenciálu u kontrolních rostlin byla – 0,84 MPa. Vodní potenciál u stresovaných rostlin po celou dobu klesal. Nejvyšší hodnota byla -1,01 MPa a

byla naměřena 14.4. Nejnižší hodnota byla -1,47 MPa a byla naměřena 28.4. Vodní potenciál při každém odběru v průměru klesal o 0,09 MPa.

- Vodní potenciál rostliny špenátu setého odrůdy Misano. Průměrná hodnota vodního potenciálu u kontrolních rostlin byla -0,86 MPa. Při prvním odběru 14.4. měly stresované rostliny maximální vodní potenciál, který měl hodnotu -0,6 MPa. Od tohoto měření vodní potenciál klesal až na minimální hodnotu -3,42 MPa, která byla naměřena 28.4. Vodní potenciál při každém odběru v průměru klesal o 0,56 MPa.
- Vodní potenciál rostliny špenátu setého odrůdy Monores. Průměrná hodnota vodního potenciálu u kontrolních rostlin byla -0,86 MPa. Vodní potenciál u stresovaných rostlin po celou dobu klesal. Nejvyšší hodnota byla -0,99 MPa a byla naměřena 14.4. Nejnižší hodnota byla -3,97 MPa a byla naměřena 28.4. Vodní potenciál při každém odběru v průměru klesal o 1,33 MPa.
- Z těchto výsledků vyplývá, že vodní potenciál u všech třech odrůd špenátu setého po celou dobu pokusu klesal. Nejodolnější vodnímu stresu je odrůda Matador špenátu setého a nejméně odolná vůči vodnímu stresu je odrůda Monores.
- Ze všech hodnocení je patrné, že existují meziodrůdové rozdíly vlivem působení vodního stresu. Tyto rozdíly se projeví u vodního sytostního deficitu a vodního potenciálu.

8. Seznam použité literatury

Araya, Y. N (2007). Ecology of water relations in plants. In: Not Set ed. Encyclopaedia of Life Sciences p. 26 Wiley

Bartoš J., Kopec K., Mydlil V., Peza Z., Rod J. 2000. Pěstování a odbyt zeleniny Agrospoj Praha s.323 ISBN:80-239-4242-5.

Betran F.J., Ribaut J.M., Beck D., de Leon D.G. 2003 Genetic diversity specific combining ability, and heterosis in tropical maize under stress and nonstress environments. *Crop Sci* 43: 797-806.

Bláha,L., Bocková, R., Hnilička, F., Hniličková, H., Holubec, V., Mollerová, J., Štolcová, J., Zieglerová, J. 2003. Rostlina a stres. VÚRV, Praha, s.156

Blasco, B., Rios, J. J., Leyva, R., Melgarejo, R., Constán-Aguilar, C., Sánchez-Rodríguez, E., Rubio-Wilhelmi, M. M., Romero, L., Ruiz, J. M. 2011. Photosynthesis and metabolism of sugars from lettuce plants (*Lactuca sativa* L. var. *longifolia*) subjected to biofortification with iodine. *Plant Growth Regulation* 65: 137-143

Brestič, M. Olšovská, K. 2001. Vodní stres: příčiny, dosledky, perspektívy. SPU, Nitra, 149 s.

Brickell Ch. 2012 Encyklopedie zahradničení Knižní klub s. 736 ISBN: 978-80-242-3368-0

Dal Corso G., Farinati S., Maistri S., Furini A. 2008 How plants cope with cadmium: staking all on metabolism and gene expression. *Journal of Integrative Plant Biology.*;50:1268–1280.

Deng X.P., Shan L., Inanaga S., Inoue M. 2005 Water – saving approaches for improving wheat production. *Journal of the Science of food and Agriculture* 85 p. 1379-1388.

Evans, L.T. 1993 *Crop Evolution, Adaptation and Yield*. Cambridge University Press p. 500 ISBN 0-521-22571-26.

Hejný S., Slavík 2000 Květena České republiky Academia Praha s. 540 ISBN: 80-200-1089-0.

Hemsley A., a Poole I., 2004 The Evolution of Plant Physiology. Elsevier Academic Press. p. 512 ISBN: 978-0-12-339552-8

Hronec O. 2004 Ekológia a ekonomika složiek prírody a krajiny 1. vydání Nitra Slovenská poľnohospodárska univerzita p.135 ISBN: 80-05-00700-0.

Huzulák J. 1981 Ekologicko-fyziologické štúdie vodného režimu lesných drevin p. 144 biologická práca 27/5 Veda Bratislava.

Chaves M.M. Oliveira M.M. 2004 Mechanisms underlying plant resilience to water deficit: prospects for water-saving agriculture. Journal of Experimental Botany 55 p:2365-2384.

Jones, H.G. 1992 Plants and Microclimate: A quantitative Approach to Environmental Plant Physiology. Cambridge University Press, p. 428 ISBN: 0-521-42524-7.

Kramer P.J. 1969 Plant and Soil Water Relationships A Modern Synthesis p.482 McGraw-Hill Book Company New York.

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

Larcher, W. 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 environmental stresses Academic Press New York p. 530.

Listowský, V. A. 1976. Zagadaniem fyziologii pšenici. Moskva, Kolos, 1976.

Luštinec J. Žárský V., 2003. Úvod do fyziologie vyšších rostlin Karolinum Praha s.261 ISBN: 80-246-0563-5.

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

Masarovičová, E., Repčák, M. a kol. 2002 Fyziológia rastlín Univerzita Komenského v Bratislavě p. 304 ISBN: 80-223-1615-6.

Mundree S. G., Baker B., Mowla S., Peters 2002 Physiological and molecular insights into drought tolerance Biotechnol 1

Nielsen E.T., Orcutt D.M. 1996. The Physiology of Plants under Stress. Vol.I: Abiotic factors. John Wiley and Son, New York p. 689 ISBN: 0-471-03152-6

Nilsen E.T., Orcutt, D.M.: 1996 The physiology of plants under stress. John Wiley and Sons, Inc.,p. 689

Nonnecke L. 1989 Vegetable production Van Nostrand Reinhold p. 661 ISBN: 0-442-26721-5

Olšovská K. 2008 Fyziologicko-produkční aspekty sucha v rostlinách: habitací práca. Nitra SPU p.125.

Pavloušek P. 2011. Pěstování révy vinné Moderní zahradnictví Grada Publishing a.s. s. 336 ISBN: 97-80-247-3314-2.

Pekárková E. 2002 Pěstujeme salát, špenát a další listové zeleniny Grada Publishing s. 90 ISBN: 80-247-0283-5

Peleška S. 1995 Zelenina na zahrádce a balkoně Brána Praha p.89 ISBN: 80-85946-02-5.

Penka M. 1985 Transpirace a spotřeba vody rostlinami Academie Praha s. 256 ISBN 21-135-85.

Riccardi F., Gazeau P., De Vienne D., Zivy M., 1998 Protein changes in response to progressive water deficit in maize quantitative variation and polypeptide identification plant p. 117

Shabala, S. (ed.): 2012, Plant Stress Physiology. Cobi, Oxfordshire - Cambridge, p. 318

Solomon K.F., Labuschagne M.T. 2003 Expression of drought tolerance in F1 hybrids of a diallel cross of durum wheat (*Triticum turgidum* var *durum* L.) – Cereal Research Communications vol. 31 p. 49-56

SZÉNÁSSY, Z. 2008 Nobelovka mu ušla. Život [online]. 2008, č. 10 [cit. 2013-03-03]. Dostupné z: <http://zivot.azet.sk/clanok/2581/nobelovka-mu-usla.html>

Šarapetka B., Urban, J. a kolektiv 2010 Agroekologie: Východisko pro udržitelné zemědělské hospodaření. Bioinstitut Olomouc s. 440 ISBN: 97890-87371-10- 7.

Šiška B. 2004 Predpokladané zmeny klímy v 21. storočí a polhospodárstvo. Agrochémia roč 44, č.1

Švihra, J., Brestič, M., Olšovská, K. 1996. Vplyv vodného a teplotného stresu na produktivitu odrôd ozimnej pšenice. Rostlinná výroba. 42 (9). 425-429.

Tambussi, E. A., Nogués, S., Araus, J. L. 2005. Ear of durum wheat under water stress: water relations and photosynthetic metabolism. Planta, 221 (6). 446-458.

Vevera R., Růžek P., Kusá H. 2009. Reakce odrůd ozimé pšenice pěstované při různé intenzitě agrotechniky na stres suchem: Vliv abiotických a biotických stresorů na vlastnosti rostlin (Sborník příspěvků). Výzkumný ústav rostlinné výroby v.v.i. Praha-Ruzyně s.88 ISBN: 978-80-87011-91-1.

Wood, A. J. 2005 Eco-psychological Adaptations to limited water environment In. Plant Abiotic stress Jenks, M. Blackwell Publishing Ltd. Oxford p. 13 ISBN: 14-051-2238-2.

<http://hydropedologie.agrobiologie.cz/neprime.html>

