

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra botaniky a fyziologie rostlin



Vliv vodního deficitu na vodní režim vybraných druhů trav

Diplomová práce

Autor práce: Bc. Edita Vašíčková

Obor studia: Rozvoj venkovského prostoru

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

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci „Vliv vodního deficitu na vodní režim vybraných druhů trav“ jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne

Bc. Edita Vašíčková

Poděkování

Ráda bych poděkovala vedoucímu diplomové práce panu doc. Ing. Františku Hniličkovi, Ph.D za odborné vedení práce, konzultace a přínosné připomínky, které mi byly při tvorbě této práce poskytnuty.

Vliv vodního deficitu na vodní režim vybraných druhů trav

Souhrn

Cílem této diplomové práce bylo studium vlivu vodního deficitu na vodní režim vybraných druhů trav.

Do pokusu byly zařazeny následující druhy trav a jejich genotypů: jílek vytrvalý odrůda Foxtrot, jílek vytrvalý odrůda Jaran, jílek vytrvalý odrůda Korok, lipnice luční odrůda Balin, bojínek luční odrůda Lema, festulolium odrůdy Fojtan, Mahulena a Felina.

Design pokusu zahrnoval dvě varianty a 4 opakování. U kontrolní varianty množství závlahy odpovídalo dávce 250 ml vody. Druhá varianta byla stresovaná. Takto označená varianta byla rozdělena do dvou identických časových bloků. První blok byl tvořen 10 dny navozeného vodního deficitu, který byl poté vystřídán obnovením závlahy na úroveň kontrolních rostlin po dobu 4 dnů. Po tomto období následoval druhý blok, který byl opět představován 10 dny vodního deficitu a 4 dny závlahy. Pokus byl zahájen při vytvoření tří pravých listů.

Ze získaných výsledků vyplývá, že vodní stres ovlivnil vodní sytostní deficit a osmotický potenciál u všech sledovaných druhů trav. Byl prokázán vliv genotypu na sledované charakteristiky a reakci na vodní stres. Nejvyšší rozdíl (-0,90 MPa) průměrných hodnot osmotického potenciálu mezi kontrolní a stresovanou variantou byl prokázán u rostlin lipnice luční odrůdy Balin. Naopak nejnižší rozdíl (-0,03 MPa) osmotického potenciálu byl zjištěn u jílek vytrvalého odrůdy Jaran. Jako nejcitlivější se vůči vodnímu stresu jeví bojínek luční odrůdy Lema a naopak jako nejodolnější odrůda Jaran jílek vytrvalého. Nejnižší rozdíl (1,9 %) vodního sytostního deficitu mezi kontrolní a stresovanou variantou byl prokázán u festulolium odrůdy Mahulena. Nejvyšší rozdíl průměrných hodnot vodního sytostního deficitu mezi kontrolní variantou (22,1 %) a stresovanou variantou (42,0 %) byl prokázán u bojínku lučního odrůdy Lema.

Klíčová slova: vodní potenciál, vodní deficit, suchovzdornost, stres, trávy, *Poaceae*.

Impact of water deficit on water régime of selected grasses

Abstract

The aim of this thesis was to monitor and assess the influence of water deficit on the water regime of selected grass species. The evaluation was carried out on the basis of basin experiments for which grass species and varieties with different water regime requirements were selected.

The following grass species and their genotypes were included in the experiment: jílek vytrvalý species Foxtrot, jílek vytrvalý species Jaran, jílek vytrvalý species Korok, bojínek luční species Lema, festulolium species Fojtan, festulolium species Mahulena and festulolium species Felina.

The design of the experiment included two variants and 4 repetitions. In the control variant, the amount of irrigation was 250 ml of water. The second variant stresses. This variant was divided into two identical time blocks. The first block consisted of a 10 day induced water deficit, which was then replaced by restoring the dressing to control plants for 4 days. This period was followed by the second block, which was again represented by 10 days of water deficit and 4 days of watering. The experiment was started when three true sheets were created.

The obtained results show that water stress influenced water saturation deficit and osmotic potential in all studied grass species. The effect of genotype on the observed characteristics and response to water stress was proved. The highest difference (-0,90 MPa) of the average values of osmotic potential between the control and stressed variant was proved in the Balin. On the contrary, the lowest difference (-0,03 MPa) of osmotic potential was found in the rye of the variety Jaran. The most sensitive to water stress seems to be a timid of the Lema variety and as the most resistant variety Jaran. The lowest difference (1,9 %) of the water satiety deficit between the control and stressed variant was demonstrated in the Mahulena festulolium. The highest difference (19,9 %) in the average values of water saturation deficit between the control variant and the stressed variant was demonstrated in the variety Lema.

Key words: water potential, water deficit, drought resistance, stress, grass, *Poacea*.

Obsah

1. ÚVOD	3
2. CÍLE PRÁCE A VĚDECKÉ HYPOTÉZY	4
3. LITERÁRNÍ REŠERŠE	5
3.1 Botanická charakteristika.....	5
3.2 Význam trav a travních porostů.....	8
3.3 Vybrané druhy trav.....	12
3.3.1 Jílek vytrvalý (<i>Lolium perenne</i> L.).....	12
3.3.2 Lipnice luční (<i>Poa pratensis</i> L.).....	13
3.3.3 Bojínek luční (<i>Phleum pratense</i> L.).....	14
3.3.4 Kostřava rákosovitá (<i>Festuca arundinacea</i> Schreber).....	14
3.3.5 Jílek mnohokvětý (<i>Lolium multiflorum</i> Lam.).....	16
3.3.6 Mezirodové hybridy (x <i>Festulolium</i>).....	17
3.4 Ekologické rozdělení rostlin ve vztahu k nárokům na vodu.....	18
3.5 Vodní režim rostlin.....	19
3.6 Obecná koncepce stresu a stresoru.....	21
3.6.1 Vodní stres.....	25
3.7 Vliv vodního deficitu na rostliny.....	27
4. METODIKA	29
4.1 Charakteristika použitých druhů trav.....	29
4.2 Založení pokusu.....	31
4.3 Měřené charakteristiky.....	32
4.3.1 Vodní sytostní deficit (VSD).....	32
4.3.2 Osmotický potenciál.....	34
4.4 Hodnocení výsledků.....	34
5. VÝSLEDKY	35
5.1 Vodní sytostní deficit (VSD).....	35

5.2 Osmotický potenciál.....	44
6. DISKUZE.....	53
7. ZÁVĚR.....	56
8. SEZNAM LITERATURY.....	57
9. SEZNAM OBRÁZKŮ.....	64
10. SEZNAM GRAFŮ.....	65

1. Úvod

Vodní deficit (sucho) je jedním z hlavních abiotických stresorů na světě ovlivňující produktivitu uměle vytvořených, ale i přirozených ekosystémů, proto je nutné zaměřit se na studium reakcí rostlin na tento stresor, a také na určení faktorů rezistence vůči němu.

Vodní stres nepříznivě ovlivňuje mnoho aspektů fyziologie rostlin, zejména fotosyntetickou kapacitu. Pokud je stres dlouhotrvající, růst rostlin a produktivita jsou výrazně sníženy. Rostliny se vyvinuly s komplexní fyziologickou i biochemickou adaptací. Do jisté míry jsou schopny se přizpůsobit různým environmentálním stresorům.

Molekulární i fyziologické mechanismy, jež jsou v rámci možností schopny tolerovat vodní stres, jsou neustále rozsáhle studovány. Systémy, které regulují adaptaci rostlin na vodní stres prostřednictvím sofistikované regulační sítě, jsou předmětem současného výzkumu.

Diskutovány jsou také molekulární mechanismy, které rostliny používají ke zvýšení tolerance vůči stresu, udržování vhodné hormonální homeostázy a prevenci nadměrného poškození světlem. Pochopení toho jak jsou tyto systémy regulovány a zmírnění dopadu vodního stresu na produktivitu rostlin, poskytne informace potřebné ke zlepšení tolerance rostlin vůči působení stresorů pomocí biotechnologií při současném zachování výnosu a kvality plodin.

Z tohoto důvodu bude sledován vodní deficit a jeho vliv na vodní režim juvenilních rostlin trav, neboť pící trávy v době klíčení a vzházení, velice citlivě reagují na nedostatek vody a přísušek.

2. Cíle práce a vědecké hypotézy

V zemědělství patří vodní deficit (sucho) mezi nejvýznamnější stresové faktory ovlivňující veškerou zemědělskou produkci. Na vodní deficit citlivě reagují také druhy z čeledi lipnicovité (*Poaceae*), z tohoto důvodu bylo cílem práce posouzení vlivu vodního stresu na vodní režim vybraných druhů trav.

Cíl práce

- a) Stanovit změny vodního režimu v závislosti na délce působení vodního deficitu.
- b) Stanovit rozdílnou citlivost sledovaných fyziologických parametrů a jejich význam tolerance k vodnímu deficitu.

Na základě cílů práce byly navrženy následující hypotézy:

1. Mezi vybranými genotypy trav se při působení vodního deficitu v juvenilních fázích vývoje projeví rozdílné reakce ve sledovaných fyziologických charakteristikách (vliv genotypu).
2. Vybrané genotypy trav budou rozdílně reagovat na působení krátkodobého vodního deficitu (vliv varianty pokusu).
3. Jsou uvedené metody relevantní pro studium vlivu vodního deficitu.

Pro práci byly jako modelové rostliny (s ohledem na jejich reakci na vodní deficit a rychlost růstu) zvoleny vybrané druhy pícninářsky využitelných druhů trav.

3. Literární rešerše

3.1 Botanická charakteristika

Grau a kol. (1998) řadí trávy mezi ekologicky nejúspěšnější rostliny. Jedná se o jednoděložné rostliny.

Čeleď lipnicovité (*Poaceae*) představují jednu z největších a nejdůležitějších rostlinných čeledí. Dosud bylo stanoveno na 620 rodů a 10 000 druhů trav (Hrouda, 2010).

Ve Střední Evropě je nejrozšířenějším biotopem kulturní step. To je způsobeno působením člověka a šlechtěním odolných pěstovaných odrůd (Hrabě a kol., 2004).

Pokud se jedná o přirozená travní společenstva, tak jejich výskyt je soustředěn v oblastech s nízkým úhrnem srážek. Roční úhrn srážek se pohybuje v rozmezí 300 - 500 mm. V našich podmínkách se spontánně uplatňují východoevropské a středoasijské stepi. Stepí je označena oblast mírného pásu s převahou trav a travin. Ne příliš odlišné jsou severoamerické prerie a jihoamerické pampy (Hrabě a kol., 2004).

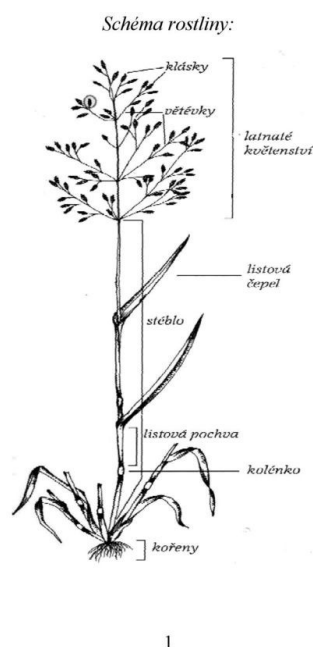
Podle Šikuly a kol. (2016) se travní společenstva nachází na většině světadílů a vytváří vhodné podmínky právě pro pastvu. V nízkém bylinném patru jsou vhodné podmínky pro pěstování trav. Přirozené luční porosty i uměle vytvořené porosty tvoří základní složku sloužící k udržení půdní úrodnosti. Chrání před vodní a větrnou erozí. Dešťová voda je zadržována v půdě a rychle neprosákne, tím vytváří žádaný humus. V půdě tedy vzniká edafon, který představuje veškeré půdní mikroorganismy a půdní živočichy. Veškeré travní porosty luční, pastevní a lesní představují soubor vytrvalých druhů.

Trávy přežívají díky své značné ekologické plasticitě prakticky kdekoli a neexistuje žádná významná rostlinná formace, kde by se trávy nevyskytovaly vůbec (Grau a kol., 1998).

Stavba rostliny

Pokud se vyskytují shodné znaky (viz obrázek 1) např. u čeledi *Poaceae* a *Juncaceae*, nelze určit, zda tyto znaky vznikly na sobě nezávislým (tedy paralelním) vývojem nebo mají společný původ (Miller, 1984).

Lipnicovité mají velmi bohatě vyvinutý systémem adventivních jemných a silně rozvětvených kořinků, který se převážně rozkládá v ornici. V povrchové půdní vrstvě do 20 cm se rozkládá nachází asi 65 - 90 % všech kořenů. Většina trav zakořeňuje v maximální hloubce 150 cm (ojediněle některé trávy zakořeňují až do hloubky 260 cm) (Hrouda, 2010).



Obrázek 1: Stavba rostliny (zdroj: campanus.cz)

V našich podmínkách nejrychleji a nejmohutněji zakořeňují ovsík vyvýšený (*Arrhenatherum elatius*) a kostřava luční (*Festuca pratensis*) (Miller, 1984).

Typickým stonkem trav je duté nevětvené stéblo s plnými nody (kolénky) (Hrouda, 2010).

Listy vyrůstají na stéble v alternující sekvenci a rozlišují se v dlouhou uzavřenou (trubkovitou) nebo naopak otevřenou válcovitou pochvu, na jejichž bázi přechází v listové kolénko, poté v čepel. Na rozhraní pochvy a čepele jsou vyvinuta ouška a blanitý jazýček nebo věneček brv (Undersander a kol., 1996).

Čepele rovnovážně odstáté mívají lesní trávy. Čepele jsou vnitřní stranou přivrácené ke světlu. Trávy vyskytující se na slunných či suchých stanovištích, mívají čepele vzpřímené, většinou štětinovitě složené či svinuté. Slouží jako ochrana před nadměrným výparem. Za sucha se mohou listy přivírat podle střední rýhy (Undersander a kol., 1996).

Pyl z květů je pasivně přenášen větrem a vzdušnými proudy, proto musí jejich květenství podstatně převyšovat úroveň jejich listů (Strinbach, 1998). Květenství trav jsou lata, která jsou buď rozkladitá (lipnice, psinečky) nebo stažená v lichoklas (jílky, bojínky). Kvetoucí trávy lze nalézt především v lučních porostech a extenzivních trávnících (Ondřej, 1997).

Typickým plodem trav je obilka (*caryopsis*). Zralé obilky mohou vypadávat i s pluchami (obilky okoralé, pluchaté) nebo netkví pevně v pluchách, pak hovoříme o tzv. nahých obilkách (Nováková, 2004).

3.2 Význam trav a travních porostů

Trávy jsou nejdůležitější složkou lučních, pastevních a ostatních jetelotravních společenstev, která vznikla buď samovolně nebo umělým zatravněním (Klesnil, 1980). Na zemi travní biom zaujímá plochu zhruba 24 mil. km². Je využíván především extenzivně, avšak v případě jeho racionální a ekologicky vyvážené exploatace, představuje značnou rezervu pro budoucí generace (Šantrůček a kol, 2001).

Hlavními funkcemi travních porostů v podmínkách ČR i Evropy jsou jejich funkce produkční a mimoprodukční (ekologické).

Produkční funkce je v našich podmínkách ovlivněna především ekologickými podmínkami stanoviště, kdy výnosové rozpětí může činit v našich podmínkách v závislosti na ekologických podmínkách 2 - 10 t sušiny na 1 ha. Vedle ekologických podmínek ovlivňují produkci z travních porostů také způsob a intenzita obhospodařování (Hrouda, 2010).

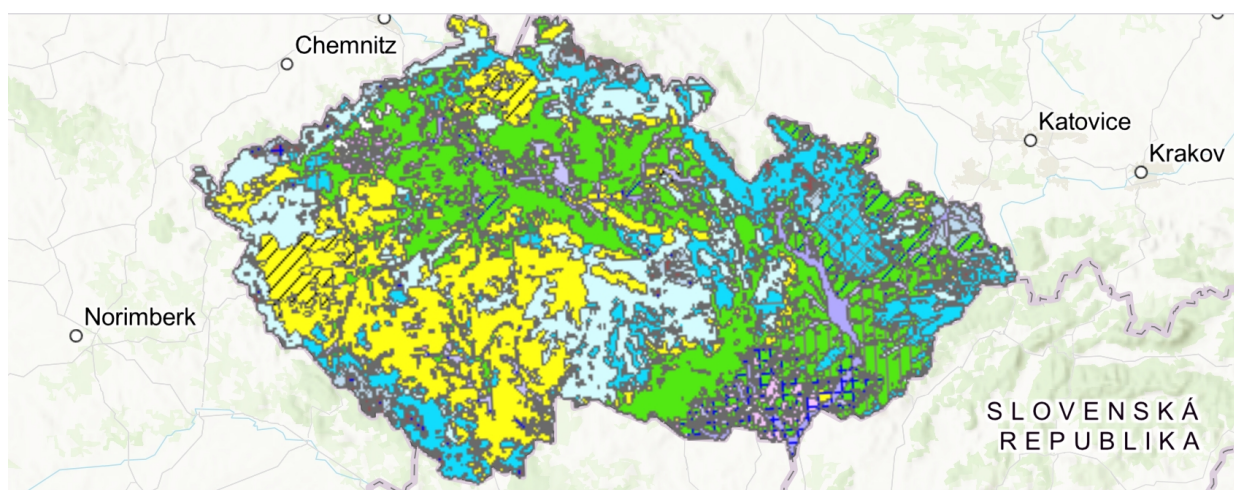
Mimoprodukčními (ekologickými) funkcemi travních porostů jsou funkce: vodohospodářské, protierozní a půdoochranné, atmosférické (výměny plynů, utilizace CO₂), estetické, funkce v ochraně genofondu a rozvíjení biodiverzity, sociální (Mabberley, 2017).

Trvalé travní porosty vykonávají v krajině další funkce a tou nejdůležitější je jejich využití spjaté s chovem hospodářských zvířat (Janovič a kol., 2008). I přes současnou nižší produkční funkci, sehrávají travní porosty v zemědělské soustavě pozitivní úlohu. Ze zkrmené píce je organická hmota prostřednictvím zaživačského traktu hospodářských zvířat transformována a v procesu trávení rozkládána. Organická hmota, která je použita na orné půdě ve formě statkových hnojiv, významně ovlivňuje úrodnost půdy (Šantrůček a kol., 2001).

1/3 z celkové výměry (300 - 400 tisíc ha) travní porostů se v současné době pícninářsky nevyužívá, čímž nabývají na významu nenahraditelné mimoprodukční ekologické funkce travních porostů. Lze hovořit o ochranné funkci - jak v tvorbě, tak v ochraně krajiny a životního prostředí. Všechny tyto funkce vznikaly již v historických dobách. Travní porosty vytváří ochranu půdy před erozí, především na svažitéch plochách. Nepostradatelnou funkcí je i ochrana podzemní vody před kontaminací všemi nežádoucími látkami, především nitráty (Velich a kol., 1994). Právě svými produkty značně ovlivňují složení a vlastnosti jednak ovzduší (O₂, CO₂ aj.), ale i složení a vlastnosti půdy např. humusu.

Jeden z velmi důležitých procesů, které probíhají v půdě je sekvestrace uhlíku. Půda má na rozdíl od biomasy schopnost uhlík dlouhodobě uložit a uchránit ho tak před rozložením a zpětným uvolněním do atmosféry. Sekvestraci uhlíku a jeho výsledné množství v půdě ovlivňuje mnoho faktorů (klima, podloží, biologická aktivita, reliéf a využití půdy). Na území České republiky je největší množství půdního uhlíku v půdách horských lesů (Bujalský, 2014).

Travní porosty se podílejí na estetickém vzhledu krajiny s cennými (a pro dané oblasti typickými) společenstvy biocenóz. Obrázek 2 znázorňuje mapu potenciální vegetace v ČR. Většinu území ČR zabírá Hercynská oblast (Sádlo, Storch, 2000). Značná část tohoto území je pokryta pískovci, jílovcí a opukami české křídové pánve. Charakteristické pro tuto podprovincii je zastoupení hadcových ostrůvků.



Obrázek 2: Potenciální přirozená vegetace (CENIA)

(zdroj: arcgis.com)

Jedno z dalších využití travních porostů spočívá v plochách pro rekreaci a pro sportovní využití. Mohou plnit i estetickou funkci v podobě okrasných trávníků (Černocho a kol.,2005). Kvalita porostu je však rozhodujícím ukazatelem všech funkcí, proto je důležité zapojení racionální komplexní pratotechniky, což zvýší kvalitu píce, ale kladně ovlivní i všechny vedlejší funkce travních porostů v tvorbě krajiny i ochraně. Je nezbytné maximální využití produkčních schopností travních porostů (Miller, 1984).

V souvislosti se suchovzdorností, je u trvalých travních porostů důležitá jejich pestřejší druhová skladba. Trvalé travní porosty, které jsou přizpůsobeny mnohočetným srážkám, čerpají vodu hlavně z povrchových vrstev půdy, jiné druhy jsou ale značně suchovzdorné. Příkladem jsou jeteloviny, ale i ostatní dvouděložné byliny, které zakořeňují hlouběji a mají tak lepší sací schopnost kořenů. Vodní provoz rostlin zlepšují jeteloviny, které obohacují půdu o dusík. Vzhledem k většímu množství biomasy v porostu, může však transpirace a intercepce srážek vzrůstat (Klesnil a kol, 1980).

Vhodnost jednotlivých travních druhů podle délky využívání porostů

Travní porosty lze rozdělit na krátkodobé dočasné porosty, dlouhodobé dočasné porosty a trvalé travní porosty. Jejich využití znázorňuje tabulka 1.

- Krátkodobé dočasné porosty (1 - 3 roky). Tvoří jej druhy trav s rychlým a střednědobým vývojem (volně trsnaté trávy). Tyto porosty jsou vhodné k produkci siláží, popř. sena. Mají vysoké nároky na výživu dusíkem, proto jsou nejčastěji vysévány ve směsi s jetelem lučním (Hrabě a kol., 2004).
- Dlouhodobé dočasné porosty (4 - 6 let). Trávy se středně rychlým a pomalým vývojem.

Nízká vytrvalost kostřavy luční a jílkovitých hybridů je předurčuje k nižšímu podílu v těchto směsích. Po jejich ústupu z porostu zaplní prázdný prostor kostřava rákosovitá, resp. její hybridy. Podmíněné použití jílku mnohokvětého je dáno jeho nízkou vytrvalostí a vysokou konkurenční schopností v 1. užitkovém roce. Jeho podíl by v těchto směsích měl být nízký, aby nepotlačoval ostatní druhy. Lipnice luční se do dočasných porostů přidává, pouze pokud se jedná o pastevní využití.

- Trvalé travní porosty (8 a více let) - výběžkaté trávy.

Tato skupina porostů má nejčastěji luční nebo pastevní využití. V pastevních porostech nesmí chybět výběžkaté druhy, jež zvyšují odolnost drnu proti poškození (lipnice luční) (Prančl, 2011).

Tabulka 1: Vhodnost jednotlivých travních druhů pro různé způsoby použití

druh	krátkodobé porosty	dočasné porosty	louky	pastviny	nezemědělské plochy
jilek mnohokvětý		o	o	o	-
jilek vytrvalý			-		o
bojinek luční					-
košťava luční					
košťava rákosovitá				o	-
lipnice luční	-	o			

Poznámky: | - druh vhodný, o - druh podmíněně vhodný, - druh nevhodný

(zdroj: Hrabě a kol., 2004)

3.3 Vybrané druhy trav

3.3.1 Jílek vytrvalý (*Lolium perenne* L.)

Mabberley (2017) popisuje jílek vytrvalý jako víceletou lesklou tmavozelenou travu. Typickým znakem jsou bezosinné klásky. Míka (2002) uvádí, že vytrvalost je v kosených porostech 4 - 6 let, na pastvinách nad 10 let.

Jedná se o volně trsnatou travu s přítomnými sterilními výhonky (viz obrázek 3). Jílek vytrvalý hůře zvládá zastínění. Straková a kol. (2007) uvádí, že jílek vytrvalý je oblíbený představitel krátkostébelných porostů uplatňující se v pastvinářství. Vyskytuje se na loukách, pastvinách, sešlapaných místech, okrajích cest, ruderalních plochách, vlhkých a výživných půdách. Rozšířen je v Evropě, Asii, SZ Africe, Severní a Jižní Americe, Novém Zélandu a Austrálii (Grau a kol., 1998). Po častějším kosení dokáže skvěle obrůstat a zároveň velmi dobře snáší sešlapávání. Jako hlavní nevýhodou je víceletost, nikoliv vytrvalost, která po letech způsobuje jeho postupné vymizení v porostech. Při působení sucha odumírají listy, dokáže však rychle regenerovat. Nejčastěji je ohrožen plísní sněžnou a rzí travní (Prančl, 2011).



Obrázek 3: Jílek vytrvalý (zdroj:wiki.cz)

3.3.2 Lipnice luční (*Poa pratensis* L.)

Lipnice luční (obr. 4), která se vyskytuje ve dvou poddruzích je nízká výběžkatá tráva. První poddruh je lipnice luční pravá (*Poa pratensis*), která má čepele cca 2 - 6 mm široké, a dále lipnice úzkolistá (*Poa angustifolia*), jejíž čepele bývají o něco užší než 2 mm. Podzemní oddenky mají oba druhy stejně dlouhé. Přízemní čepele bývají dlouhé, jazýček je krátký ovšem dobře patrný. Lipnice luční nikdy neutváří sterilní stébelné výhonky. Plodná stébla, která dorůstají výšky 20 - 70 cm, jsou zakončena jehlancovitou latou s drobnými 3 - 5 květnými klásky. Obilky lipnice jsou pouze 2 - 3 mm dlouhé a 0,6 mm široké. V povrchových vrstvách půdy do 100 mm se mohutně rozvětňuje kořenový systém lipnice luční. Kořeny do hlubších vrstev pronikají velmi pomalu (Šindelářová, 1970).

Nejlépe se lipnice luční osvědčila ve směskách pro pastviny či v dlouhodobých lučních porostech, kde tvoří výplň spodních trav. Díky jejím výběžkům dobře vyplňuje prázdná místa v porostu (Šikula, Zubrický, 1964). Lipnice je cenná právě jako komponent pro zakládání speciálních trávníků, jež jsou vystaveny větší komprimaci drnu. Jedná se hlavně o sportovní, rekreační a jinak zatěžované trávníky (Šantrůček a kol., 2001).



Obrázek 4: Lipnice luční

(zdroj: www.e-herbar.eu)

3.3.3 Bojínek luční (*Phleum pratense* L.)

Bojínek patří mezi vytrvalé trávy (4 - 5 let). Jedná se o běžně rozšířený evropský kulturní druh, rostoucí na úrodnějších půdách od nížiny až do hor. Výborně reaguje na hnojení, snáší dobře kyselé půdy a je dosti náročný na vláhu a světlo (Miller, 1984).

Výskyt bojínku lučního (obr. 5) je na přirozených lokalitách, zvláště na zatravněných světlých plochách. Z toho důvodu je vhodný jako příměs i do vyšších travních parkových porostů pro dobře osvětlená místa (Šantrůček a kol., 2001).



Obrázek 5: Květenství Bojínku

(zdroj:priroda.cz)

3.3.4 Kostřava rákosovitá (*Festuca arundinacea* Schreber)

V některých zemích (USA) je považována za nepostradatelný druh pro zakládání travních porostů, jinde je na ni pohlíženo jako na plevelný druh (Rakousko). Má širokou ekologickou amplitudu. Je-li použita v pastevních směsích, musí být vysévána jako dominantní druh. Při nízkém zastoupení zůstává často nespásána. Rychle po pokosení prosychá, a proto je velmi vhodná pro produkci sena (Miller, 1984).

Míka (2002) popisuje kostřavu rákosovitou jako vysoce vytrvalou, hustě trsnatou travu s daleko plazivými výběžky. |Náleží totiž ke druhům vzrůstných trav, značně odolných k nepříznivým vnějším podmínkám, neboť má mohutný kořenový systém (Šikula a kol., 2016).

Šašková (1993) konstatuje, že kostřava rákosovitá (obr. 6) má malý hospodářský význam je považována za středně hodnotný druh.

Kostřavu rákosovitou a její význam hodnotí i Straková a kol. (2007). Dříve byla šlechtěna a využívána jako vysoce produkční píce. Avšak její pícninářskou hodnotu poněkud snižuje drsnost a tvrdost píce a především obsah nežádoucích toxických alkaloidů.

Výše uvedení autoři se shodují, že kostřava je vhodná pro stanoviště s vysokou hladinou podzemní vody. Právě vzhledem k vysoké adaptabilitě druhu vůči různým nepříznivým faktorům, se uplatňuje v hrubších, ne příliš nízko kosených zatěžovaných trávnicích. Jedná se o výběhy, dostihové dráhy, ale i o letištní a parkovací plochy. Dále má své uplatnění v užitkových trávnicích veřejné zeleně a používá se i k zatravňování meziřadí ovocných sadů a vinic. V hřišťových trávnicích se stále častěji uplatňují jemnější travníkové odrůdy. Významným zdrojem genetického materiálu ve šlechtění trav je pro mezirodovou hybridizaci (*Lolium* × *Festuca*).



Obrázek 6: Kostřava rákosovitá (zdroj: www.botany.cz)

3.3.5 Jílek mnohokvětý (*Lolium multiflorum* Lam.)

Tento druh se dělí na dva poddruhy: jílek italský a jílek jednoletý (westerwaldský). Jílek italský v roce výsevu nemetá, vydrží v porostu 2 - 3 roky. Jílek jednoletý je pícní tráva s nejrychlejším vývojem po zasetí. U obou poddruhů jsou používány diploidní i tetraploidní formy. Jílek jednoletý je možno použít i jako strniskovou mezplodinu, která při dostatku srážek a dusíku je schopna za 70 - 80 dní po výsevu poskytnout výnos až 50 t/ha zelené píce. Pokud však vlaha v půdě chybí, jílek po vytvoření několika málo listů metá, přičemž bývá silně napaden houbovými chorobami a píce má podřadnou krmnou hodnotu s nízkým výnosem (Mabberley, 2017).

Jílek mnohokvětý (obr. 7) zvaný též vlašský nebo italský, pochází ze západní Evropy a náleží k velmi často pěstovaným druhům. Pěstuje se v polních kulturách, v trávnících i na loukách a je často plevelem. Intenzivně roste i při nižších teplotách, takže se hodí i do tvrdších podhorských klimatických podmínek. Jako pícnina má celou řadu vynikajících vlastností, z nichž úrodnost je vlastností nejvýznačnější. Rovněž v semenářství je jílek mnohokvětý velmi ceněn, poněvadž poskytuje nejvyšší výnosy osiva (Regal, Šindelářová, 1970).



Obrázek 7: Jílek mnohokvětý (zdroj: www.biolib.cz)

Na jílek jako významný pícní druh poukazuje i Miller (1984). Ve šlechtění trav je významným zdrojem genetického materiálu pro mezidruhovou hybridizaci (*Lolium* × *Festuca*).

3.3.6 Mezirodové hybridy (*x Festulolium*)

Z morfologického a biologického hlediska rozlišujeme jílkovité (loloidní) a kostřavovité (festucoidní) hybridy. Vznikly křížením kostřavy rákosovité a jílku mnohokvětého a následným zpětným křížením jílku mnohokvětého nebo kostřavy rákosovité. Některé druhy hybridů jsou znázorněny na obrázku 8. Obecnou vlastností těchto hybridů je vysoká produkce píce, příznivá krmná hodnota a delší vytrvalost v porovnání s rodičovskými druhy. Všechny hybridy registrované v ČR pocházejí ze Šlechtitelské stanice Hladké Životice.

Festucoidní hybrid:

Felina - vzrůstná vytrvalá tráva ozimého charakteru. Tvoří pevný drn a dobře snáší časté kosení. Po výsevu se pomalu vyvíjí, a podzimní termíny setí nejsou proto vhodné (Hrabě a kol., 2004).



Obrázek 8: Druhy *Festulolium*

(zdroj: agromanual.cz)

3.4 Ekologické rozdělení rostlin ve vztahu k nárokům na vodu

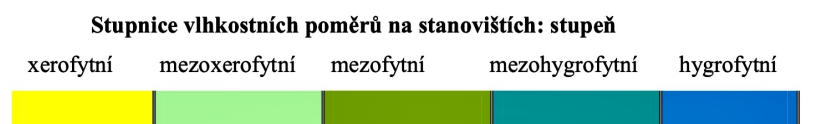
Rozložení vegetace na zemském povrchu závisí na dostupnosti vody a teplotě. Dle nároků rostlin na vodu, lze rozlišit podle Říhová a kol. (2007) rostliny do tří základních kategorií:

- 1. hygropyty** - rostliny vlhkomilné až mokřadní, přičemž se nejedná o vodní rostliny (hydrophyty), které žijí ve vodě nebo plavou na hladině. Dalším typem hygropytů jsou bažinné rostliny, jež jsou pevně zakořeněné na dně a rostou z části pod vodou či v mokré nebo vlhké půdě (Říhová a kol., 2007).
- 2. xerofyty** - rostliny suchomilné tvoří vegetaci ve vnitrozemských písčinách, či slunných strání a svahů.
- 3. mezofyty** - rostliny se středními nároky, jež rostou v prostředí, které není příliš vlhké a ani příliš suché (Buček a kol., 1999).

Rostliny lze zařadit i na základě vlhkostního režimu stanoviště, a to do pěti kategorií, jak znázorňuje obr. 9. První stupeň představuje velmi suché stanoviště (xerofytní), druhý stupeň je považován za středně suché stanoviště (mezoxerofytní), v třetím stupni lze hovořit o středně vlhkém stanovišti (mezofytní), čtvrtý stupeň je vlhké stanoviště (mezohygrofytní) a poslední stupeň označuje trvale mokré stanoviště (hygrofytní) (Říhová a kol., 2007).

♦ střední hodnota vlhkostního čísla a charakter stanoviště -

1 = xerofytní	4 = mezohygrofytní
2 = mezoxerofytní	5 = hygrofytní
3 = mezofytní	



Obrázek 9: Vlhkostní režim stanoviště

(zdroj: wikipedia.cz)

Podle nároků na vlhkost, byly rostlinné druhy rozděleny do sedmi různých tříd. Druhům s vyhraněnými nároky na vlhkostní režim, odpovídá 1. až 6. třída (H1 - H6). Pro druhy, jež nemají vyhraněné nároky (neindikující vodní režim stanoviště) byla vyčleněna třída H0.

H1 - rostliny vyskytující se převážně na velmi suchých stanovištích (bojínek tuhý).

H2 - rostliny na převážně suchých, občas částečně zavlažených stanovištích (košťava ovčí).

H3 - rostliny rostoucí na vlhkých stanovištích, jež nesnášející dlouhodobé sucho, ale ani dlouhodobé zamokření (ovsík vyvýšený).

H4 - rostliny vyskytující se na vlhkých stanovištích. Jsou citlivé k suchu a přechodně snášejí až dlouhodobé zamokření (chrastice rákosovitá).

H5 - rostliny, jež jsou na trvale mokřích stanovištích, (zblochan vodní).

H6 - rostliny nacházející se ve stojatých vodách (rákos obecný) (Kobes, 2013).

3.5 Vodní režim rostlin

Vodní režim rostliny (vodní provoz rostliny) zahrnuje jednak příjem vody rostlinou z okolního prostředí, který je založen na dvou mechanismech - na difúzi a osmóze, dále vedení (pohyb) vody v rostlině a výdej vody z rostliny do okolního prostředí. Výdej vody se uskutečňuje transpirací či gutací (výdej vody pomocí vodních skulin). Vodní režim rostlin je neoddelitelně spjat s dalšími důležitými procesy, které se týkají rostliny jako individua i její interakce s prostředím. Je to především příjem minerálních látek, transport látek v rostlině, termoregulace a výměna energie s prostředím (Kobes, 2013).

Význam vody pro rostlinu:

1. chemické reakce (účast v chemických reakcích = např. Fotosyntéza),
2. transport látek (rozpouštědla),
3. termoregulace (udržování teploty),
4. udržování tvaru buněk (tugor),
5. rozmnožování výtrusných rostlin (umožňuje transport spermatozoidu k buňce vaječné)
(Kobes, 2013).

Veškerá voda obsažená v půdě ve skupenství kapalném, plynném i pevném se označuje pojmem půdní voda. K půdní vodě patří také souvislá podzemní voda, pokud se vyskytuje v půdním profilu nebo do něho vztlínáním zasahuje. Fyziologický význam půdní vody je v tom, že je nenahraditelným životním faktorem pro rostliny a edafon. Prostřednictvím vody přijímají tyto organismy živiny potřebné pro růst a životní funkce. Voda je nezbytnou podmínkou úrodnosti půdy a proto je péče o vodní režim půdy jednou z podstatných součástí komplexu opatření k zvyšování půdní úrodnosti (Hermann, 2007).

Většina autorů (např. Kozák a kol., 2008, Ledvina a kol., 1999) rozdělují půdní vodu do tří kategorií. Adsorpční voda zahrnuje molekuly vody poutané k povrchu pevných částic adsorpčními a osmotickými silami. Druhou kategorií tvoří voda kapilární. Ta je dána intervalem vlhkosti podmíněným výrazně převládajícími kapilárními silami. Rozeznáváme kapilární vodu vztlínající (pohyb vzhůru proti gravitaci) a kapilární vodu zavěšenou (voda ve svrchní půdní vrstvě po dešti nebo závlaze). Třetí kategorií je voda gravitační, na kterou působí převážně síla zemské tíže a její pohyb gravitačními póry je půdním prostředím ovlivněn většinou nepatrně. Jandák a kol., (2004) ještě uvádí tzv. vodu hygroskopickou. Voda hygroskopická zahrnuje vodu adsorpční a kapilárně kondenzovanou a představuje tak přechod k vodě kapilární.

Vodní režim rostliny je nepostradatelně spjat s dalšími důležitými procesy. Především se jedná o příjem minerálních látek, transport látek v rostlině, fotosyntéza a stabilizace teploty v rostlině i jejím okolí. Průměrný obsah vody v rostlině je 60 - 90 %, je tedy zřejmé, že prostupuje celou rostlinou a vytváří tak prostředí pro pohyb anorganických i organických látek v buňce i mezi nimi. Voda hydratuje buněčnou stěnu a cytoplazmu, ovlivňuje strukturu molekul proteinů, nukleových kyselin a polysacharidů. Voda je rostlinou neustále přijímána a vydávána. Pro příjem, udržení a vedení vody v rostlině má základní význam osmóza (Herrmann, 2007).

Obsah vody v rostlině, nebo v její části, se vyjadřuje jako vodní sytostní deficit (VSD) nebo relativní obsah vody (RWC).

Vodní režim rostlin lze dále vyjádřit v hodnotách vodního potenciálu. Vodní potenciál udává rozdíl mezi potenciálem vody, která je složkou určité soustavy a vody čisté, na kterou působí stejný atmosférický tlak, stejná teplota a stejná síla gravitačního pole jako na vodu v uvažované soustavě (Kozák a kol., 2008).

Složky vodního potenciálu buněk jsou závislé na podmínkách prostředí, především na půdní vlhkosti. Čím je stanoviště sušší, tím je vodní potenciál buněk nižší. Také v závislosti postavení pletiv v buňkách orgánů ke světovým stranám se může vodní potenciál měnit, na jižní straně je vodní potenciál nižší, než je v buňkách na severní straně. V listech plně asimilujících je nižší vodní potenciál, než je u buněk mladých listů. Hnací silou toku vody je rozdíl vodního potenciálu mezi vnějším a vnitřním prostředím (Kozák a kol., 2008).

3.6 Obecná koncepce stresu a stresoru

Stresem se rozumí funkční stav každého živého organismu, ke kterému dochází působením mimořádných podmínek nebo-li stresorů. Stresor je činitel, jež svým působením vyvolává stresovou reakci při, které dochází k aktivaci obranných mechanismů a dochází ke změnám v buněčném cyklu, buněčném dělení a ke změnám v architektuře buněčné stěny (Jenks a kol., 2005).

U rostlin může být stresorem např. nedostatek živin, zaplavení nebo naopak sucho či nízké teploty. Často je stres způsoben nedostatkem nebo naopak nadbytkem nějakého potřebného a běžného faktoru, ať už vody či kyslíku (Levitt, 1980). Podle Jenks a kol. (2005) rozdělujeme stresory na abiotické a biotické. Abiotické stresory dále členíme na chemické (vodní stres, anoxie, rizikové prvky a látky, polutanty, rezidua chemických látek apod.) a fyzikální (teplota, UV záření, mechanické poškození, vítr, ozářenost). Do biotických stresorů řadíme choroby, škůdce, antropogenní působení, plevele, ale i konkurenční vztahy mezi rostlinami ve společenstvech, jak uvádí Kadioglu a kol. (2012).

Levitt (1982) pod pojmem "strain" popisuje stres jako fyziologickou změnu, která je přirozenou reakcí na působení stresoru vznikajícího v životním prostředí. Tato reakce avšak nemusí být příčinou zpomalení růstu či poškození rostlin.

Dle Levitta (1980) je stres běžná součást života všech rostlin, proto disponují obrannými mechanismy. Jedná se především o *tolerance ke stresu* = schopnost rostliny překonat pro ni nepříznivé podmínky. Schopnost rostlin tolerovat stres závisí na intenzitě stresu, délce působení stresu, rychlosti příchodu stresu a orgánu rostliny. Dále o aklimatizaci, která představuje zvýšení tolerance rostliny ke stresu jako výsledek postupného vystavení stresovým podmínkám. Nedědičné změny na úrovni fenotypu získané během ontogeneze, které umožní

organismu tolerovat nepříznivé podmínky prostředí. Dalším obranným mechanismem je adaptace. Adaptace je geneticky determinovaná hladina tolerance získaná během selekce v průběhu mnoha generací. Lze konstatovat, že se jedná o evoluční změny, které umožní organismu využít konkrétní niku. Zahrnuje modifikaci existujících genů, stejně tak ztráty nebo získání nových. *Evoluční adaptace nebo* evoluční avoidance je přizpůsobení životního cyklu (období klidu - vyhnutí se stresu) a evoluční rezistence, což je schopnost nepříznivé podmínky do určité míry tolerovat (Jenks a kol., 2005).

Podle Shao a kol. (2007) únik před stresem přesunem rostliny z místa není možný. Na základě tohoto důvodu, si rostliny vytvořily řadu molekulárních reakcí, díky nimž jsou schopny vyrovnat se s působícími stresory.

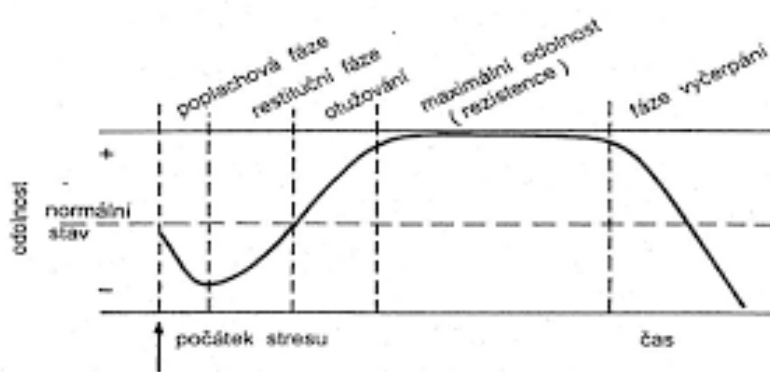
Jednou z nejdůležitějších molekul ve stresové signalizaci je kyselina abscisová (ABA). Ve stresových podmínkách je signalizací pomocí ABA spouštěna exprese celé řady genů, kódujících transkripční faktory a enzymy. Činností těchto enzymů je zejména tvorba osmoprotektantů (osmoticky aktivní látky tvořené rostlinou, jež mají vyrovnávat rozdíl koncentrací roztoků uvnitř a vně buňky). Hladina ABA v rostlině se rychle zvyšuje při vadnutí listů. Může se zvýšit 10 krát až 50 krát v průběhu 20 až 30 minut. ABA podmiňuje uzavírání průduchů; začíná již tehdy, jestliže se hladina ABA zvýší na dvojnásobek. Ve skutečnosti otevírání a zavírání průduchů je důsledkem interakce mezi ABA, hladinou CO₂ a světlem (Daszkowska - Golec a kol., 2013).

Reakce rostlin na stres není jednoduchá ani stálá. Lze hovořit o dynamickém komplexu mnoha reakcí, jež vytvářejí komplexní síť signálních drah, které dle Wang a kol. (2008) nemusí být specifické, neboť buněčné odpovědi a signální dráhy mnohdy aktivují rozdílné environmentální stresy.

Stresová reakce rozdělená podle Kosové (2011), se skládá z navzájem na sebe navazujících částí, jimž je období beze stresu, období stresu a období postresové nebo-li zotavení. Stres lze rozčlenit na jednotlivá období. Období znepokojení, kdy dochází k poklesu hodnoty tolerance. Následuje období aklimatizace, kdy hodnota tolerance dosahuje svého maxima. Poté nastupuje období označované jako udržovací a poslední období se nazývá období vyčerpání.

Působení stresoru na organismus lze popsat na základě tzv. **stresové reakce**. Její průběh je uveden na obr. 10. Z uvedeného schématu vyplývá, že stresová reakce má několik fází. Fáze

restituční - dochází k aktivaci obranných mechanismů, dále fáze rezistenční - rostlina přežívá za pomoci obranných mechanismů a přežití nebo smrt z vyčerpání, Její průběh popisují např. Madhava a kol. (2006), kteří uvádí, že poplachová reakce se vyznačuje tím, že rostlina za pomoci svých receptorů (např. fotosenzory) zjistí přítomnost stresoru.

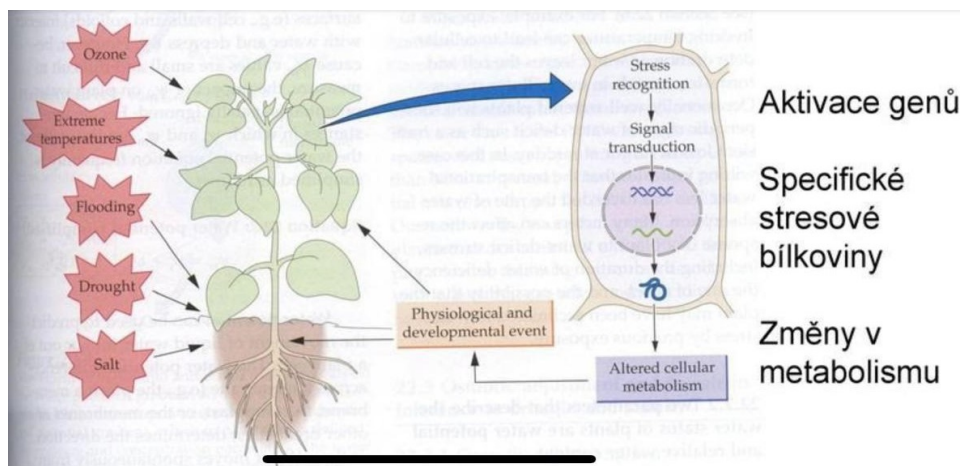


Obrázek 10: Idealizovaný průběh stresové reakce (zdroj: Lacher, 1995)

Základní schéma průběhu stresové reakce však nevypovídá vůbec nic o rozmanitosti vlastního působení stresorů ani o koordinaci složitého komplexu reakcí, kterými je podložena odpověď rostliny na jejich působení.

Průběh a výsledek stresové reakce závisí jak na charakteru stresového faktoru, tak reagující rostliny. Je nutné brát v úvahu především typ stresového faktoru, jeho velikost (odchylku od optimálního stavu), rychlost jeho nástupu a dobu působení. U rostliny je rozhodující její genotyp, vývojové stádium a fyziologický stav. V přirozených podmínkách obvykle působí více stresových faktorů současně a jejich efekt se obvykle vzájemně prohlubuje (Mittler, 2006).

Z obr. 11 vyplývá, že na rostliny působí různé stresory (např. zasolení, sucho, záplavy atd...), na tyto reagují nejprve prudkou změnou na spodní hranici tolerance. Dochází k rozpoznání stresu, následně přenosu signálu vedoucího ke změně buněčného metabolismu. V následném období rostlina dosáhne maximální tolerance. V této fázi rostlina spočívá, nedojde-li ke změně prostředí.



Obrázek 11: Abiotické faktory rezistence

(zdroj: wikipedie.cz)

Stresovou rezistencí nemusí nutně vyvolat jen abiotický stresor, ale i biotický. Rezistenci mohou totiž vytvářet i elicitory, jež produkují patogenní organismy, které jsou výsledným produktem enzymatického štěpení v následku patogeneze. Získanou rezistenci lze vyvolat i jinými elicitory jako je chitosan (Angelova a kol., 2006).

Bjedov a kol. (2003) definují elicitory jako fyzikální, chemické, biotické nebo abiotické či komplexní nebo vymezené ve vazbě na jejich původu a molekulární strukturu, sloučeniny. Stres, který vzniká vzájemnou interakcí mezi organismy, lze označit za biotický. Oproti tomu jako abiotický stres, je možné označit takový stres, který je výsledkem interakcí mezi organismy a fyzickým prostředím (Ashraf a kol., 2005).

Porozumění fyziologických, biochemických a molekulárních výsledků působení těchto stresorů, představuje základní krok vedoucí k vývinu strategií pro stres - rezistentní genotypy. DNA markery (zájmové geny GOI II) rozpoznané pro snášenlivost na hliník či sucho, jsou prvním bodem pro určení specifických genů odpovědných za rozdíly v reakcích rostlin na sucho a úroveň zasolení (Ashraf a kol., 2005).

3.6.1 Vodní stres

Vodní stres je stav, kdy rostliny redukují využití radiační energie na transpiraci následkem omezené zásoby půdní vody, která limituje hydraulickou vodivost pro transport vody z půdy do atmosféry. Rostliny z důvodu sníženého listového potenciálu přivírají průduchy, takže nemohou účinně ochlazovat svůj povrch a následně redukují fotosyntetickou produkci (Bates a kol., 1973).

Vodní deficit dále popisuje Hsiao (1973), který ho rozděluje do tří kategorií: na mírný, střední a silný vodní deficit (stres, sucho). Mírný vodní stres způsobuje pokles turgoru listů v řádech desetin MPa a klesá relativní obsah vody o 8 až 10 %. Střední vodní deficit lze vyjádřit hodnotou vodního potenciálu -1,2 až -1,5 MPa a sytostní vodní deficit je zde vyšší než 10 %, ale zároveň nižší než 20 %. Rostliny, jež jsou vystavené těžkému stresu, mají vodní potenciál více než -1,5 MPa a sytostní vodní deficit je vyšší než 20 %. Pokud je hodnota vodního sytostního deficitu vyšší než 50 %, jedná se o dehydrataci.

Podle délky doby trvání pasivní vodní bilance se rozlišuje trvalý a přechodný vodní deficit. Trvalý vodní deficit je způsobován nedostatečnou absorpcí vody za normálních podmínek, především poklesem půdní vlhkosti nebo snížením absorpce vody z půdy a z jiných příčin (např. zastavením růstu kořenů při nedostatečné aeraci půdy, otravou kořenů aj.). Trvalý vodní deficit může nastat i při dostatečné vlhkosti půdy v extrémních případech atmosférického sucha. Jde o přechodný jev. Při suchu bývá obvykle trvalý deficit kombinován s denním přechodným vodním deficitem (Penka, 1985).

Podle Critchfield (1985) lze vodní deficit v půdě rozdělit do následujících kategorií:

- a) stálé sucho spojené s aridním podnebím;
- b) sezonní sucho vyskytující se v podobě průkazných každoročních období suchého počasí;
- c) sucho, jež je způsobené proměnlivostí srážek.

Zmiňovaný autor charakterizuje sucho jako deficit, který se začíná projevovat, když půdní vlhkost není schopna pokrýt požadavky půdní potenciální evapotranspirace.

Nemůže-li už rostlina snížit svůj vodní potenciál pod hodnotu vodního potenciálu půdy, trvale vadne, tj. nevrací se do původního stavu ani v noci, ani je-li chráněna před výparem. V takovém případě se jedná o **bod trvalého vadnutí** (Permanent Wilting Point - PWP). V zemědělství a pedologii se považuje za konvenční normu PWP vodní potenciál půdy

-1,5 MPa (Penka, 1985). Jednu ze základních půdních charakteristik, která souvisí s půdními hydrolimity představuje právě bod trvalého vadnutí. Mezi půdní hydrolimity lze zařadit např.

a) Maximální vodní kapacita - MVK, jež je charakterizovaná tak, že veškeré půdní póry jsou naplněny půdní vodou.

b) Polní vodní kapacita - PVK.

c) Maximální kapilární kapacita - MKK. V tomto případě dochází k zaplnění všech kapilárních pórů vodou, ostatní póry jsou vyplněny vzduchem (Nilsen a Orcutt, 1996).

Nedostatek vody ovlivňuje nejen tvorbu biomasy rostlin, ale i tvorbu kvality rostlinné produkce. Ke snížení dochází jak v případě nedostatku vody, tak i při přebytku. V průběhu vývoje určitého druhu rostliny, se příjem potřebné vody mění (Kůdela a kol., 2013).

3.7 Vliv vodního deficitu na rostliny

Voda, jakožto základní složka všech živých organismů, tedy i rostlin, je nutná k udržení jejich struktury i funkcí. Voda umožňuje biofyzikální i biochemické procesy, které probíhají v rostlinách a zároveň je i klíčovou složkou vnějšího prostředí, na kterém je závislá existence všech živých soustav. Určitým změnám v rostlině, podléhá obsah volné vody. Ten se zvyšuje při aktivní vodní bilanci buňky a naopak, při pasivní vodní bilanci obsah volné vody klesá. Spotřeba vody, kterou rostlina za den učiní, závisí na rostlinném druhu a faktorech vnějšího prostředí (Griffiths a kol., 2002).

Pokud dojde v rostlinném těle k nedostatku vody, spustí se celá řada fyziologických, biologických a anatomických změn, které působí na celé rostlinné tělo nebo na jednotlivé orgány či samostatné buňky (Holá a kol., 2010).

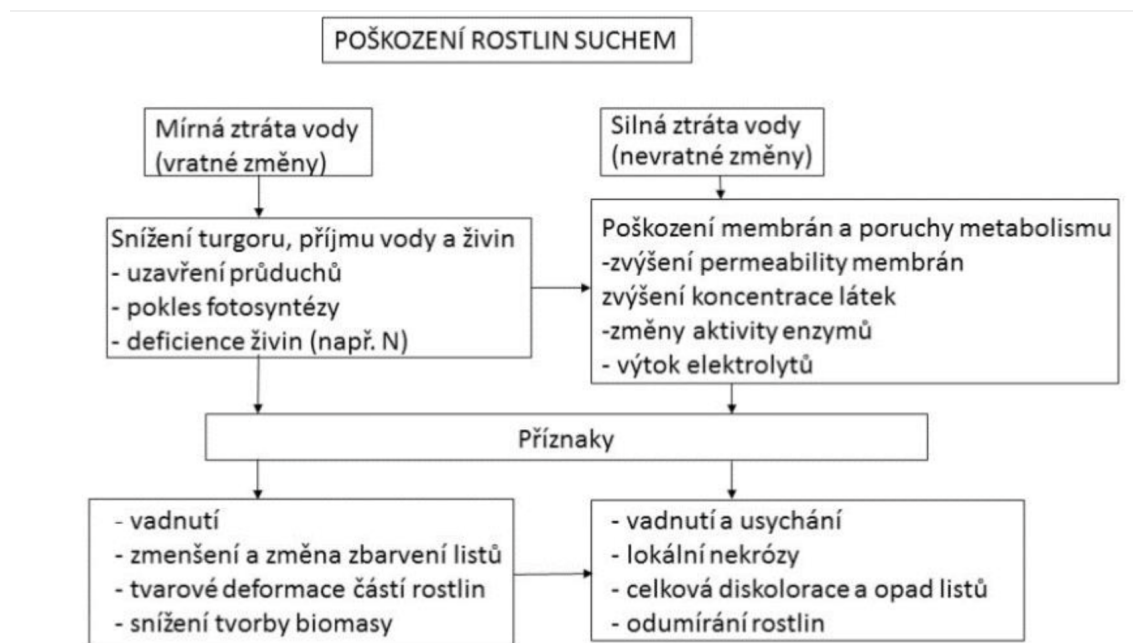
Stres z nedostatku vody vyvolává osmotický stres, který pak vede k předčasné senescenci listů, i k jejich opadu a zastaví se růst. Na aktuální nedostatek vody buňky reagují zvýšením počtu osmoticky aktivních částic (např. minerální chiontů, cukrů) ve vakuolách. To vede ke zvýšenému příjmu a zadržování vody (evapotranspirace x osmotická ztráta vody). Tento proces se nazývá osmotické přizpůsobení. V cytoplasmě a v buněčných organelách se v období vodního stresu tvoří a hromadí specifické nízkomolekulární organické látky, které se nazývají kompatibilní **soluty**. Kompatibilní soluty lze z chemického hlediska rozdělit na aminokyseliny a jejich deriváty (Khan a kol., 2000), cukry a cukerné alkoholy (Koyro, 2006). Prolin a trehalóza hrají roli jako signální molekuly v regulaci genové exprese a v procesech, které jsou důležité pro adaptaci a zotavení se z působení stresu (Paul a kol., 2008).

Jednou z nejrychlejších a zároveň nejznámějších reakcí na sucho, je uzavírání průduchů. Průduchy jsou uzavírány vlivem kyseliny abscisové, která je při zatížení suchem produkována v poměrně velkém množství. Dále dochází u stresovaných rostlin ke zvýšení koncentrace iontů K^+ , Na^+ , Cl^- a aminokyseliny prolinu (Slama a kol., 2006). Vodní deficit se však neprojevuje pouhým uzavřením průduchů, ale i rychlostí fixace CO_2 v chloroplastech. Voda je (mimo jiné) nenahraditelná při samotném růstu (Nátr, 1997).

Stres z nedostatku vody v půdě, kdy je vodní potenciál cca -1,5 MPa, vyvolává ztrátu vody z buněk kořenů - cytorrhiza. Dochází ke „smrštění“ kořene - ztráta kontaktu s půdními částicemi a při déle trvajícím nedostatku vody, dochází k poškození kořenových vlásků (Madhava a kol., 2006).

Při dlouhodobě působícím suchu, dochází ke snížení obsahu vodního potenciálu buněk na hodnotu -0,2 až -0,8 MPa. Při těchto hodnotách se zpomaluje aktivita enzymů, což zpomaluje dělení a růst buněk, produkci proteinů a cytokininů. Naopak se, ale zvyšuje obsah kyseliny abscisové až čtyřicetkrát. Její vysoké koncentrace zapříčiní uzavření průduchů kvůli udržení zbývající vody v pletivech. Dále při delším suchu dochází ke zpomalení metabolických procesů, zejména fotosyntézy (Griffiths a kol., 2002).

Nasycení rostliny vodou udává obsah vody, který však nemůže být mírou jejich nasycení vodou. Spolehlivě vodní bilanci charakterizuje vodní deficit, který vzniká u většiny rostlin denním převládáním transpirace nad příjmem vody. Vodní deficit představuje rozdíl mezi aktuálním obsahem vody v rostlině a obsahem vody při maximálním nasycení (Penka, 1985).



Obrázek 12: Poškození rostlin suchem

(zdroj: Kůdela a kol., 2013)

4. Metodika

V pokusu byl sledován vliv vodního deficitu na vodní režim vybraných druhů trav, jejichž osivo bylo poskytnuto Výzkumným ústavem pícninářským, spol. s.r.o. Troubsko. Rostliny trav byly pěstovány za částečně řízených světelných a teplotních podmínek skleníku KBFR.

4.1 Charakteristika použitých druhů trav

Do pokusu byly zařazeny následující druhy a odrůdy trav:

1. Jílek vytrvalý odrůda Foxtrot je přizpůsobivý pro pěstování v různých půdách a klimatických podmínkách. Předností je rychlé vzcházení a odolnost vůči sešlapávání. Vytváří silnou konkurenci současně vzcházejícím plevelům (Prančl, 2011).
2. Jílek vytrvalý odrůda Jaran je s rychlým jarním růstem a vysokou produkcí hmoty v první seči (50 - 60 % celkové roční produkce). Svoji dynamikou růstu je určena pro oblasti s krátkou vegetační dobou, kdy období vhodné pro růst jílků vytrvalého je omezeno pouze na několik měsíců mezi koncem zimy a začátkem suchého a horkého léta. Odolnost k vyzimování (mráz, plíseň sněžná) zvyšuje jeho vytrvalost, takže dokáže udržet vysoký výnos hmoty i ve 2. a 3. užitkovém roce (Prančl, 2011).
3. Jílek vytrvalý odrůda Korok je tetraploidní odrůdou pro pastevní využití. Méně odolná proti napadení plísní sněžnou či rzi (Prančl, 2011).
4. Lipnice luční odrůda Balin je středně raná s velmi dobrou schopností zaplňovat prázdná místa v porostu. Je odolná proti plísní sněžné či rzi travní a listovým skvrnitostem. Není náročná na půdní a klimatické podmínky, vhodná do všech oblastí ČR, kvalita píče je dobrá (Míka, 2002).
5. Bojínek luční odrůda Lema vykazuje vysoký výnos, vytrvalost, konkurenceschopnost ve směsích. Je to poloraná odrůda vyššího vzrůstu s bohatě olistěným polovzpřímeným trsem. Vzhledem k vynikající zimovzdornosti, vytrvalosti a rychlému jarnímu vývoji je odrůda cenným komponentem zejména směsí pro trvalé travní porosty v drsnějších klimatických podmínkách (Machač, 2006).

6. Festulolium odrůda Fojtan je výsledkem křížení jílku italského a kostřavy rákosovité. Má mnoho pozitivních vlastností: vysoký výnos spojený s vytrvalostí, suchovzdornost, tolerance k zamokření. Hlavním rozdílem oproti kostřavě, je jeho lepší krmná hodnota (Míka, 2002).
7. Festulolium odrůda Mahulena je festulolium typu kostřavy rákosovité. Odrůda s vysokým výnosem a vytrvalostí, ale i lepší kvalitou píce. Část genomu pochází od jílku, což zlepšuje kvalitu píce v porovnání s čistou kostřavou rákosovitou. Absence stébel v dalších sečích je další vlastností, která napomáhá lepší kvalitě píce. Mahulena je odolnější než ostatní odrůdy využívané pro travní porosty. Ať již krátkodobé zaplavení v průběhu zimy či silné sucho v létě (Míka, 2002).
8. Festulolium odrůda Felina vykazuje vysoký výnos, vytrvalost, suchovzdornost a tolerance k vysoké hladině podzemní vody. Může být využita jako výnosnější náhrada kostřavy luční. V porovnání s kostřavou luční a rákosovitou mají tyto odrůdy festulolia lepší krmnou hodnotu - vyšší obsah cukrů a energie (Míka, 2002).

4.2 Založení pokusu

Nádobový pokus byl založen v částečně řízených podmínkách skleníku katedry botaniky a fyziologie rostlin FAPPZ ČZU v Praze. Rostliny byly pěstovány za přirozených světelných podmínek. Teplotní režim představoval 25/19 °C. Rostliny byly pěstovány v nádobách o objemu 1 l v homogenním substrátu. Design pokusu zahrnoval dvě varianty a 4 opakování. U kontrolní varianty (KK) množství závlahy vody odpovídalo 70 % polní vodní kapacity. Množství závlahové vody bylo 250 ml.

Druhá varianta byla stresovaná - SS. Takto označená varianta byla rozdělena do dvou identických časových bloků. První blok byl tvořen 10 dny navozeného vodního deficitu, který byl poté vystřídán obnovením závlahy na úroveň kontrolních rostlin po dobu 4 dnů. Po tomto období následoval druhý blok, který byl opět představován 10 dny vodního deficitu a 4 dny závlahy. Pokus byl zahájen při vytvoření třech pravých listů.

Pokusné rostliny byly pěstované v nádobách o velikosti 11x11x12 cm ve směsi zahradního substrátu s vysokým obsahem organických látek a křemičitého písku v poměru 2:1 (obr. 12, 13). Zahradní substrát je jemný (maximálně 10 % částic nad 10 mm), udržující vzdušnost prostředí, nesléhavý, nezasolený, pH ve vodném roztoku 5,5 - 6,5, bez plevelů a škůdců, obsahující 55 % spalitelných látek ve vysušeném vzorku, s podílem částic nad 25 mm max. 5 %. Obsah živin byl následující: N: 80 - 120 mg.l⁻¹, P₂O₅: 50 - 100 mg.l⁻¹, K₂O: 100 - 150 mg.l⁻¹. Obsah rizikových prvků splňuje zákonem stanovené limity mg.kg⁻¹ sušiny. Cd 1; Pb 100; Hg 1; As 10; Cr 100; Cu 100; Ni 50; Zn 200 (agrocs.cz 2018).



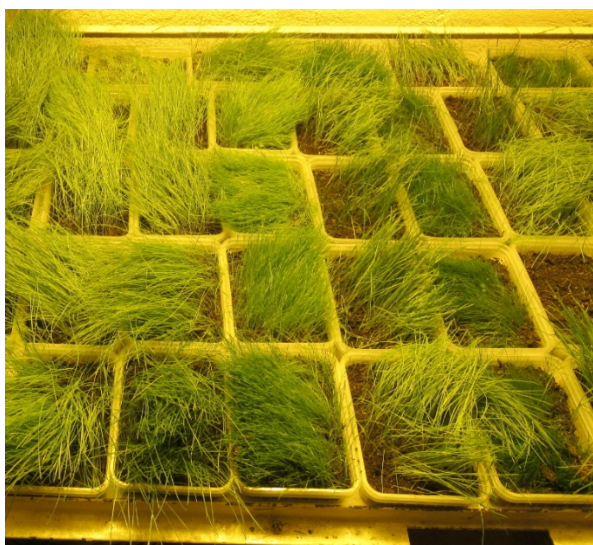
Obrázek 14: Pěstební nádoby se substrátem (vlastní foto)



Obrázek 13: Osivo (vlastní foto)

4.3 Měřené charakteristiky

Vzorky pro měření fyziologické charakteristiky byly odebírány každý třetí den. Celkem se uskutečnilo 11 odběrů. V každé z termínů odběrů se uskutečnil odběr při zachování dvou opakování. Pro stanovení fyziologických parametrů byl z každého druhu trav odebrán směsný vzorek prostřední části třetího listu.



Obrázek 15: 3 týdny starý výsev (vlastní foto)

4.3.1 Vodní sytostní deficit (VSD)

Při oddělení listu od rostliny a vadnutí bez přísunu vody je vodní sytostní deficit nejvyšší u mladých listů a nejnižší u starých. Pokud dojde k odříznutí celé rostliny, vadnou listy různého stáří v podstatě stejnou rychlostí. Při pomalém vadnutí rostliny in situ, indukovaném snižováním půdní vlhkosti, byla počínaje středními hodnotami VSD, tj. průměrně od 8 až 20 %, stanovena velmi zřetelná preference mladých listů v zásobování vodou. Při deficitu vody v rostlině, nejprve značně vadnou a později odumírají starší a dospělé listy. VSD mladých listů se dlouho fixuje na poměrně nízkých hodnotách. Tento průběh vadnutí rostliny in situ byl stanoven jak přímým měřením VSD, tak i nepřímo stanovením poklesu procentuálního obsahu vody v listech.

Na zjištěné preferenci mladých listů v zásobování vodou se uplatňuje i translokace vody do mladých listů z vadnoucích listů starších (Čatský, 1962).

Vodní sytostní deficit udává, kolik vody rostlin nebo její části chybí do maximálního nasycení (Čatský, 1962). Vyjadřuje se v % a vypočítává se dle následujícího vzorce:

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

Pro výpočet relativního obsahu vody v rostlině byl použit následující vzorec:

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

4.3.2 Osmotický potenciál

Osmotický potenciál byl stanoven měřením jednotlivých odebraných vzorků pomocí přístroje WP4C (obrázek 15). Uvedený přístroj je určený nejen k měření osmotického potenciálu u rostlin, ale i vzorků půdy. Hodnoty, které tímto přístrojem lze naměřit u rostlinného materiálu, se mohou pohybovat v rozmezí od -0,1 až -300 MPa. Měření jednoho rostlinného vzorku trvá v průměru 20 minut. WP4C používá techniku chlazeného zrcadla rosného bodu pro měření potenciálu vody ve vzorku. Vzorek je uložený do prostoru měřicí komory, která je pro plyn uzavřená a která obsahuje zrcadlo a prostředek k detekci kondenzace na zrcátku. V rovnovážném stavu je vodní potenciál vzduchu v komoře stejný jako vodní potenciál vzorku. Detekce přesného okamžiku, kdy se nejprve objeví kondenzace na zrcadle, je poznán pomocí foto snímače. Paprsek světla směřuje na zrcadlo a odráží ho do fotodetektoru. Ten snímá změny v odrazivosti při kondenzaci docházející na zrcadle. Termočlánek, který je připojený k zpětnému zrcátku, potom zaznamenává teplotu, při které ke kondenzaci dochází (manuál k přístroji, Elektrotechnika, 2017).



Obrázek 16: Přístroj wp4c (zdroj: vlastní foto)

4.4 Hodnocení výsledků

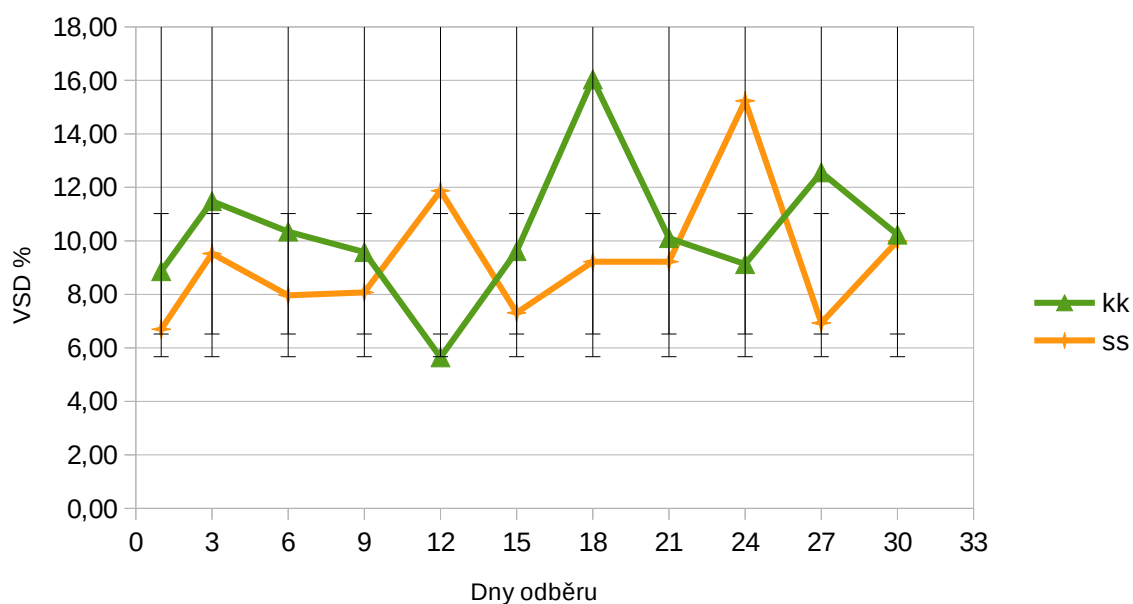
Na základě provedených měření za celé pokusné období 28. dnů, byla vypracována statistická analýza pozorovaných vzorků analýzou rozptylu (vícefaktorová ANOVA). Získaná data byla zpracována programem Microsoft Office Excel a programem STATISTICA 12. Stanovená hladina významnosti byla $\alpha = 0,05$.

5. Výsledky

5.1 Vodní sytostní deficit (VSD)

Vodní sytostní deficit u juvenilních rostlin jílku vytrvalého odrůdy Foxtrot je uveden v grafu 1. Z uvedeného grafu vyplývá rozdíl mezi rostlinami kontrolními a stresovanými. U rostlin kontrolních byl vodní sytostní deficit v rozpětí hodnot od 4,8 % (12. den pokusu) do 16,2 % (18. den), kdy se stále jedná o provozní vodní sytostní deficit. Jeho hodnoty v průběhu pokusu jsou relativně stabilní. V rámci jednotlivých termínů měření byl vodní sytostní deficit u rostlin z této varianty poměrně vyrovnaný. Mezi jednotlivými termíny měření nebyly nalezeny statisticky průkazné diference.

Graf 1: Změny vodního sytostního deficitu v závislosti na variantě pokusu a délce působení stresoru u rostlin jílku vytrvalého odrůdy Foxtrot



V případě rostlin stresovaných vodním deficitem je možné zaznamenat po navození stresu zvýšení vodního sytostního deficitu na hodnotu 15,5 % (24. den). Od tohoto termínu se hodnota vodního sytostního deficitu snižovala. Na konci působení stresoru byla hodnota VSD ve výši (10 %). Uvedené hodnoty přináležejí do kategorie středního stresu. Statisticky výrazné diference byly nalezeny mezi termíny 24. den (15,5 %) - 27. den (7,3 %), jak dokládá graf 1.

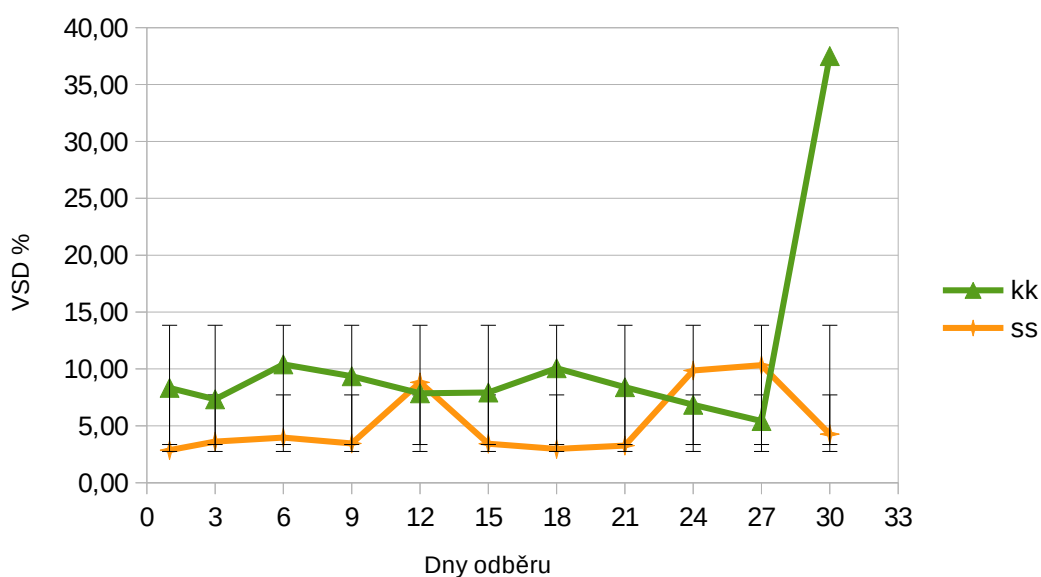
Lze předpokládat, že rostliny mohou mít geneticky zafixované osmotické přizpůsobení a to se projevuje např. tak, že rostliny i za sucha mají relativně stabilní VSD.

V grafu 2 je uveden rozdíl vodního sytostního deficitu u jednotlivých variant pokusu. U rostlin pěstovaných ve variantě KK je nejnižší hodnota VSD 5,5 % (27. den). Nejvyšší hodnota vodního sytostního deficitu (37,1 %) byla naměřena poslední den pokusu.

U rostlin stresovaných vodním deficitem je možné zaznamenat relativně velmi stabilní hodnoty. Hodnota VSD je ve výši na konci působení stresoru a činila 10,3 %. (27. den). Nejnižší zaznamenanou hodnotou VSD je 3,2 % (21. den).

Hodnoty VSD jílku vytrvalého odrůdy Jaran, jsou (v porovnání s odrůdou Foxtrot) stabilní. Z grafů 1 a 2 vyplývá, že tato odrůda je schopna rychlé adaptace na sušší podmínky.

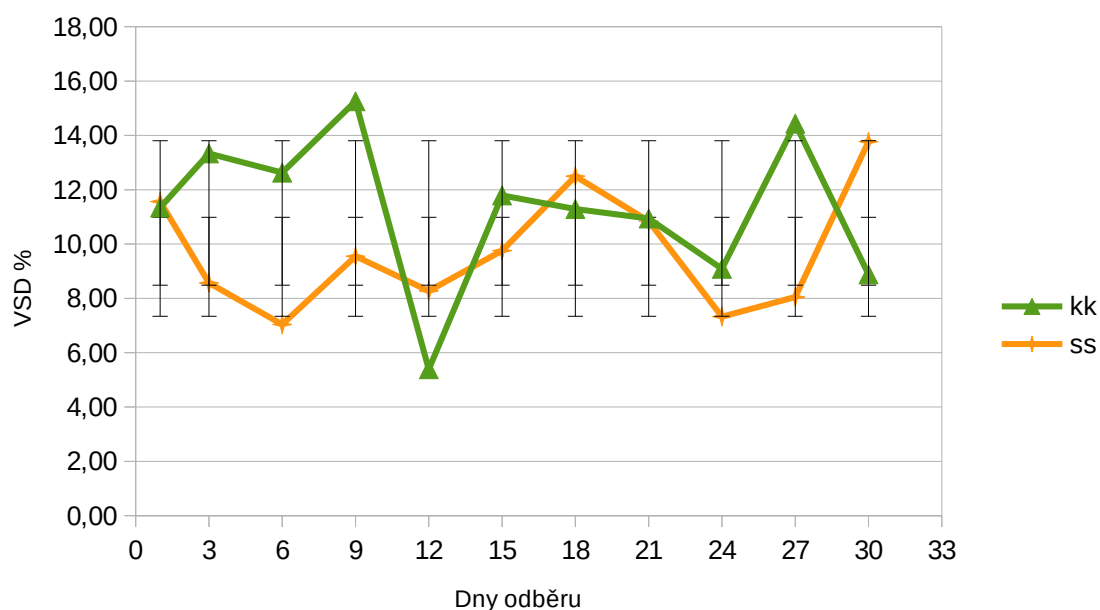
Graf 2: Změny vodního sytostního deficitu v závislosti na variantě pokusu a délce působení stresoru u rostlin jílku vytrvalého odrůdy Jaran



Z uvedeného grafu 3 vyplývají statisticky průkazné difference hodnot vodního sytostního deficitu v rámci varianty KK, neboť nejvyšší hodnota VSD u kontrolní varianty byla 15,7 % (9. den) a u suchem stresované 14 % (30.den).

Statisticky průkazné difference byly nalezeny mezi devátým a dvanáctým dnem, kdy 9. den byla hodnota VSD 15, % a 12. den odběru 5,3 %. Suchem stresovaný vzorek vykazoval stabilnější výsledky (od 7,2 % šestý den, do 14 % poslední den pokusu) než vzorek KK (5,2 % dvanáctý den - 15,7 % devátý den). Na straně druhé, nejnižší hodnota VSD (5,2 %) byla u této odrůdy zjištěna u varianty KK a to dvanáctý den pokusu.

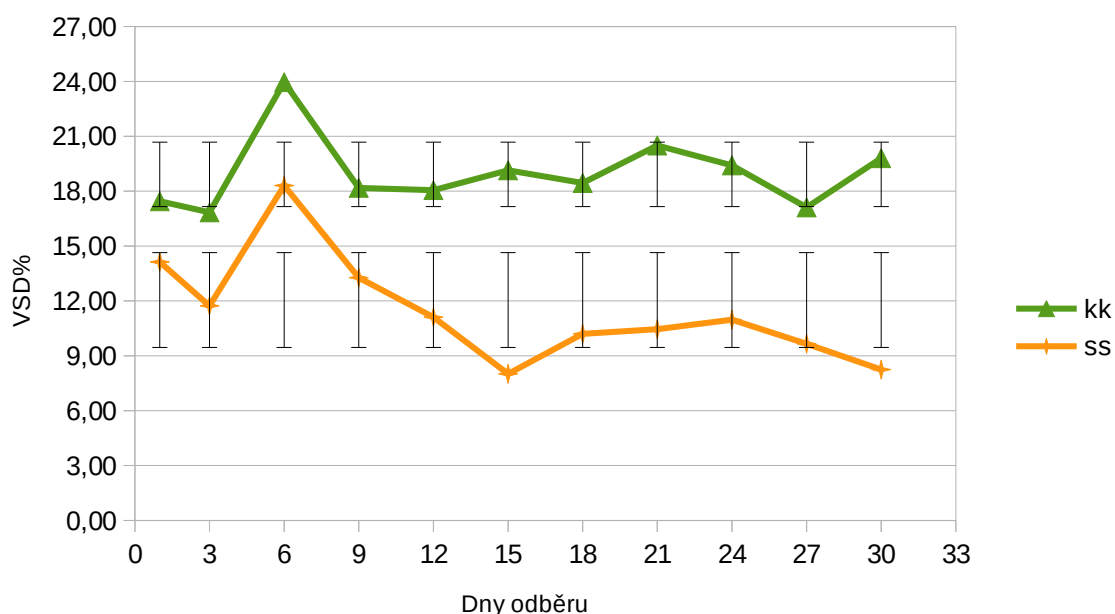
Graf 3: Změny vodního sytostního deficitu v závislosti na variantě pokusu a délce působení stresoru u rostlin jílku vytrvalého odrůdy Korok



Změny hodnot vodního sytostního deficitu juvenilních rostlin lipnice luční odrůdy Balin jsou uvedeny v grafu 4. Z něho vyplývá, u kontrolních rostlin byl vodní sytostní deficit v rozpětí hodnot od 15,9 % (3. den) do 23,9 % (6. den). Naměřené hodnoty se pohybují nad hranicí provozního vodního sytostního deficitu. I přes vyšší hodnoty, jsou jeho hodnoty během pokusu relativně stabilní. Jedná se o provozní vodní sytostní deficit.

V případě rostlin stresovaných vodním deficitem je možné zaznamenat zvýšenou hodnotu (19,1 %) VSD v šestý den pokusu. Po navození stresu a následné záливky se zjištěné hodnoty VSD pohybovaly mezi hodnotami 8 % (15. den) až 11 % (30. den).

Graf 4: Změny vodního sytostního deficitu v závislosti na variantě pokusu a délce působení stresoru u rostlin lipnice luční odrůdy Balin

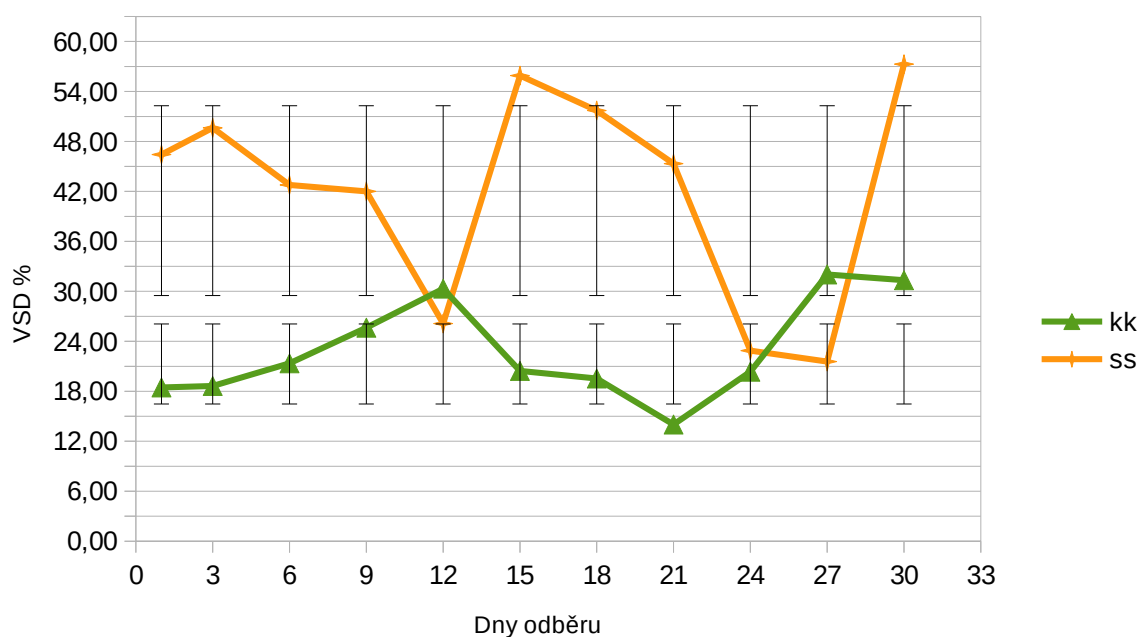


Z hodnot vodního sytostního deficitu u lipnice luční, lze předpokládat, že se jedná o odrůdu, která sušší podmínky zvládá velmi dobře a dlouhodobé zamokření ji příliš nesvědčí. Jedná se o travní porost, který je vhodný pro využití jako louka nebo pastvina.

Z uvedeného grafu je patrný značný rozdíl v hodnotách vodního sytostního deficitu mezi variantami KK a SS. Z grafu 5 vyplývá, že u rostlin kontrolních, se vodní sytostní deficit pohyboval v rozpětí hodnot od 11,2 % (24. den) do 32 % (27. den). Z naměřených hodnot VSD je patrné, že hodnoty byly relativně stabilní.

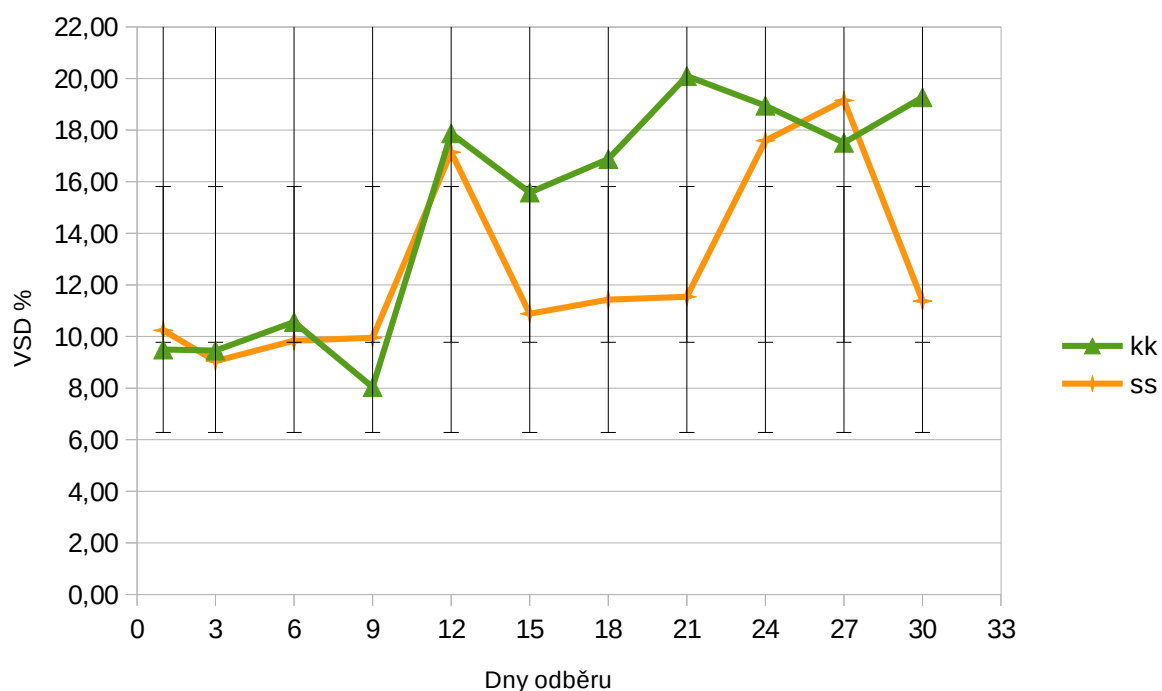
V případě rostlin stresovaných vodním deficitem je možné zaznamenat po navození stresu zvýšení vodního sytostního deficitu na hodnotu až 57 % (30. den). Zvýšení VSD je patrné až do konce působení stresoru. Na konci působení stresoru byla hodnota VSD (57 %). Po obnovení závlivy se vodní sytostní deficit snížil na hodnotu 18,7 %, která byla shodná s rostlinami kontrolními (24. den). Odrůdě Lema se více daří pod pravidelnou závlivkou.

Graf 5: Změny vodního sytostního deficitu v závislosti na variantě pokusu a délce působení stresoru u rostlin bojínku lučního odrůdy Lema



Z grafu 6 je patrné, že vodní sytostní deficit u obou sledovaných variant křížence *festulolium* odrůdy Fojtan, byl do dvanáctého dne pokusu velmi vyrovnaný. Nejnižší hodnoty VSD dosáhly kontrolní rostliny devátý den pokusu (8 %) a stresované rostliny s hodnotou 9,5 %, den třetí. Až patnáctý den byl zjištěn mezi oběma variantami statisticky průkazný rozdíl, kdy u kontrolních rostlin byla hodnota VSD (15,8 %) a u stresovaných (11 %). Nejvyšší hodnota VSD kontrolních rostlin byla 21,1 % (21. den). U stresovaných rostlin hodnota VSD byla nejvyšší 27. den (19,1 %). Z výsledků vyplývá, že odrůdě Fojtan se více daří v sušších podmínkách než pod dlouhodobou pravidelnou závlivkou. Patrně se jedná o suchovzdornou odrůdu.

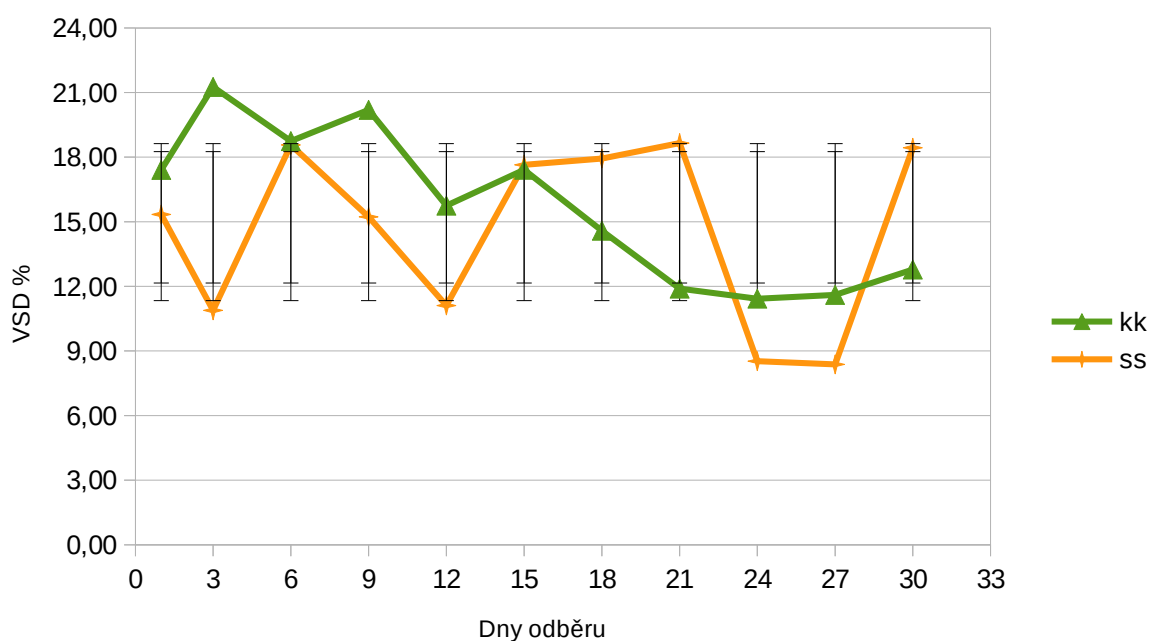
*Graf 6: Změny vodního sytostního deficitu v závislosti na variantě pokusu a délce působení stresoru u rostlin *festulolium* Fojtan*



Vodní sytostní deficit u juvenilních rostlin festulolium odrůdy Mahulena je znázorněn v grafu 7. Rostliny pod pravidelnou zálivkou vykazovaly hodnoty VSD od 10,7 % (24. den) do 20,1 % (3. den), kdy se stále jedná o provozní vodní sytostní deficit. Jeho hodnoty s délkou pokusu klesaly.

U rostlin stresovaných vodním deficitem je možné zaznamenat po navození stresu zvýšení vodního sytostního deficitu na hodnotu 18,6 % (21. den). Na konci působení stresoru byla hodnota VSD ve výši (18,6 %). Po obnovení zálivky se vodní sytostní deficit snížil na hodnotu 8,3 % (27. den).

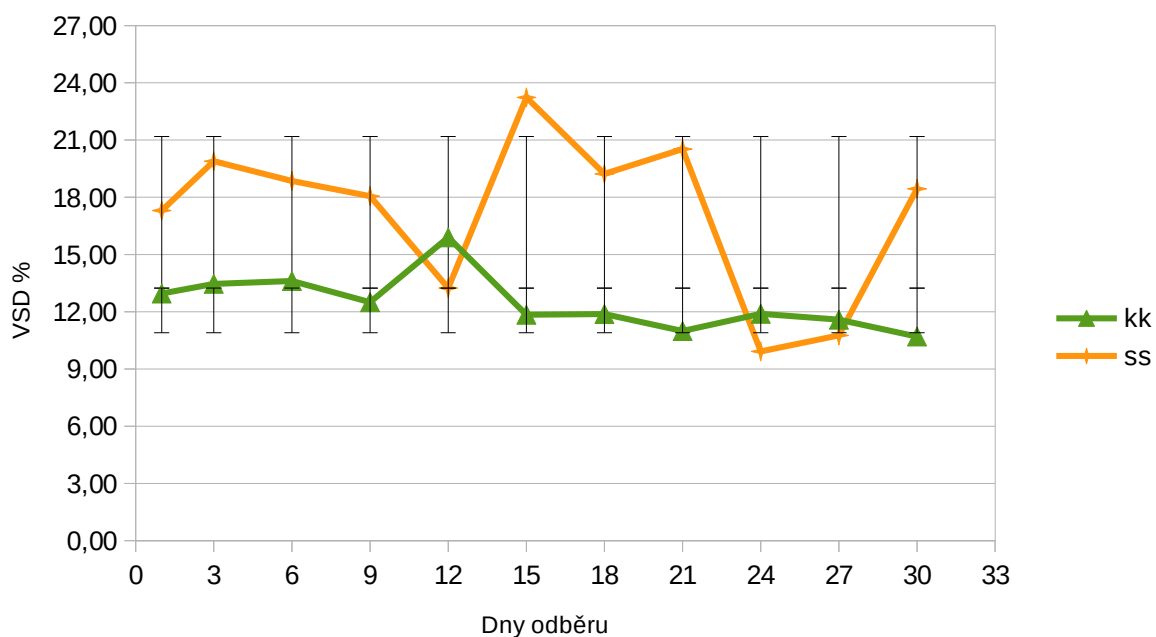
Graf 7: Změny vodního sytostního deficitu v závislosti na variantě pokusu a délce působení stresoru u rostlin festulolium Mahulena



Vodní sytostní deficit u festulolium odrůdy Felina dosahoval u kontrolovaného vzorku velmi stabilních hodnot, jak dokládá graf 8. Kontrolní rostliny po celou dobu pokusu nevykazovaly průkazné rozdíly a hodnoty VSD se pohybovaly od 10 % (30. den) do 16 % (12. den), což lze považovat za provozní vodní sytostní deficit.

Hodnoty VSD u varianty SS se pohybovaly od 9,4 % (24. den) do 23,2 % (15. den). Patrný nárůst VSD (23,2 %) je v době působení stresoru a naopak jeho pokles (9,4 %) po zálivce. Z výsledků je patrné, že této odrůdě se více daří pod pravidelnou zálivkou.

Graf 8: Změny vodního sytostního deficitu v závislosti na variantě pokusu a délce působení stresoru u rostlin festulolium Felina



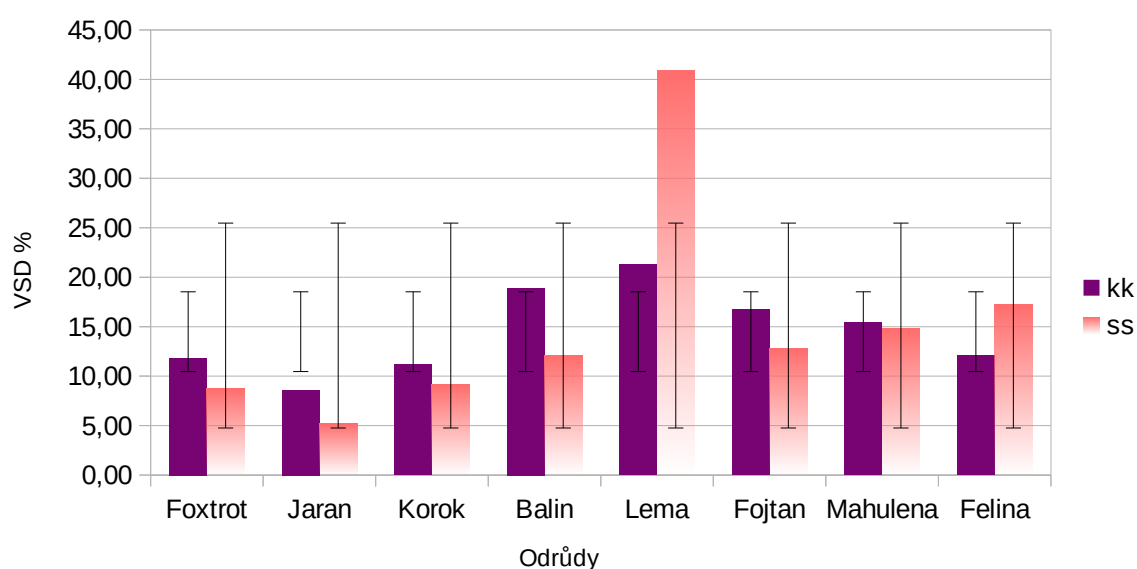
V grafu 9 je uvedena reakce sledovaných genotypů na vodní deficit a následnou rehydrataci na hodnoty VSD.

Rostliny pěstované ve variantě KK vykazují rozdíly mezi genotypy. Nejnižší průměrná hodnota VSD byla naměřena u jílku vytrvalého odrůdy Jaran 8,2 %. Nejvyšší průměrná hodnota vodního sytostního deficitu (23 %) byla naměřena u bojínku lučního odrůda Lema. U většiny druhů trav byla hodnota vodního sytostního deficitu ve výši (nad 10 %).

Z průměrných hodnot vodního sytostního deficitu rostlin rostoucích ve stresované variantě (SS) vyplývá, že nejnižší průměrná hodnota VSD byla zjištěna u rostlin jílku vytrvalého odrůdy Jaran (5,5 %). Naopak nejvyšší hodnota VSD, byla dosažena u bojínku lučního odrůdy Lema 42 %, jak dokumentuje graf 9.

Dále je z grafu 9 patrné, že na vodní deficit nejcitlivěji reagoval bojínek luční odrůda Lema, kdy rozdíl hodnot VSD mezi variantu KK a SS činí 36,5 % ve prospěch kontrolované varianty. Podobnou citlivost na stres prokázaly rostliny festulolium odrůdy Felina. Naopak jako tolerantní k vodnímu deficitu se jeví jílek vytrvalý Jaran (VSD 5,3 %).

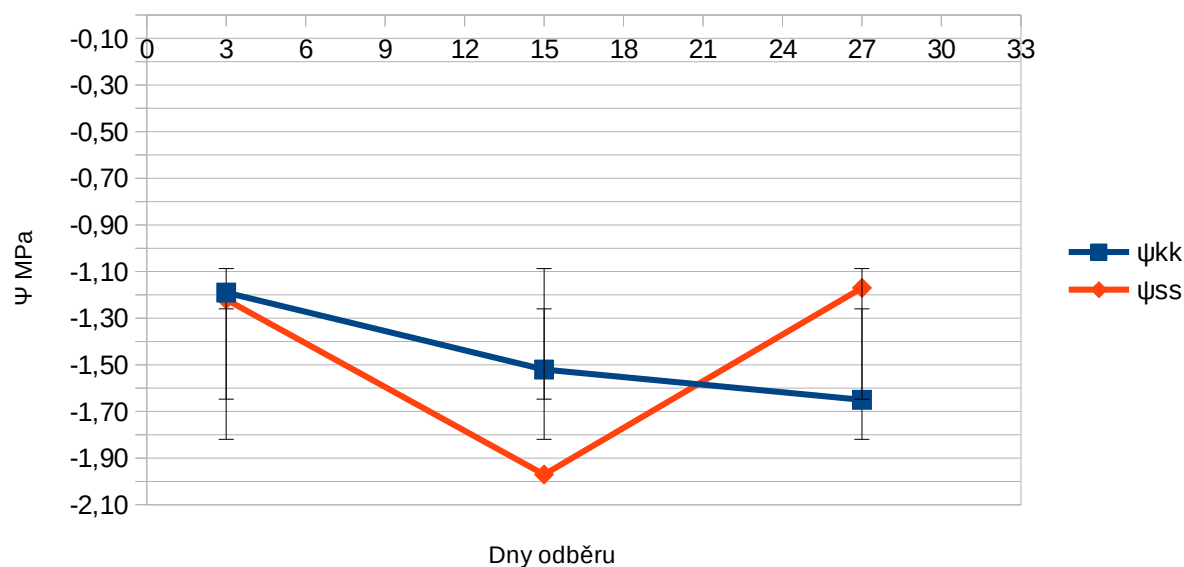
Graf 9: Průměrné hodnoty vodního sytostního deficitu v závislosti na variantě pokusu a genotypu



5.2 Osmotický potenciál

Osmotický potenciál byl stanoven u všech sledovaných rostlin a variant ve třech termínech měření (3., 15. a 27. den).

Graf 10: Změny osmotického potenciálu v závislosti na variantě pokusu a délce působení stresoru u rostlin jílku vytrvalého odrůdy Foxtrot



Z grafu 10 je patrné, že osmotický potenciál rostlin z kontrolní varianty (KK) byl nejvyšší ve třetím dnu měření (-1,19 MPa) a naopak nejnižší ve 27. dnu (-1,66 MPa). Z uvedeného grafu je tedy patrné, že vodní potenciál byl relativně vyrovnaný, neboť mezi naměřenými hodnotami nebyly nalezeny průkazné diference.

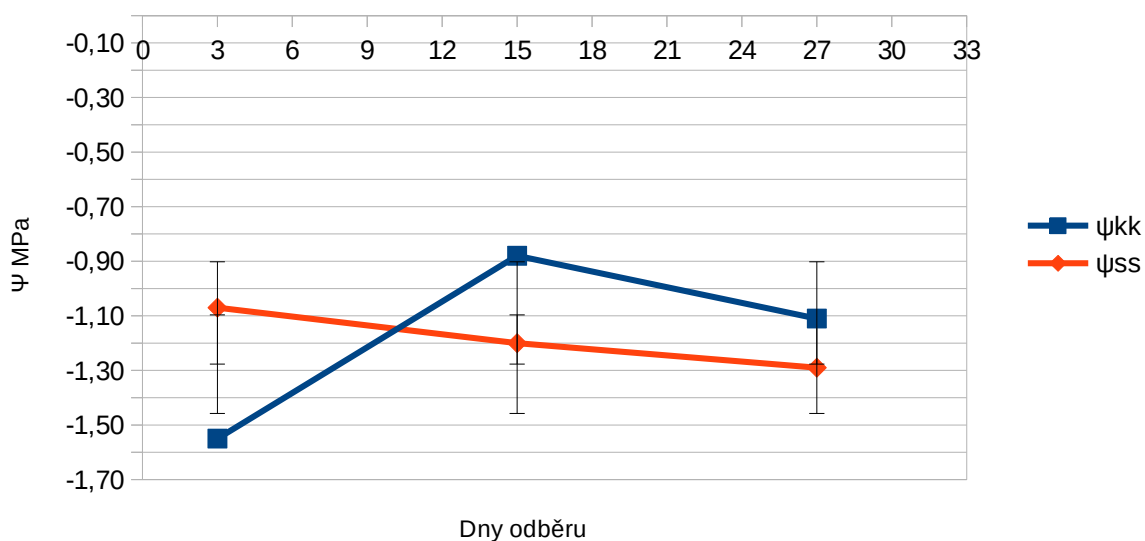
Nejvyšší pokles hodnoty byl zaznamenán 15. den stresu, kdy naměřená hodnota dosáhl -1,99 MPa. Naopak nejvyšší hodnota osmotického potenciálu u SS varianty byla naměřena poslední den pokusu (-1,11 MPa).

V případě rostlin rostoucích v podmínkách vodního deficitu je možné konstatovat, že vlivem působení vodního deficitu se hodnota vodního potenciálu snižovala.

V grafu 11 je uveden osmotický potenciál kontrolních a stresovaných rostlin. Hodnota osmotického potenciálu kontrolních rostlin třetí den pokusu byla -1,58 MPa. V den ukončení pokusu byla hodnota osmotického potenciálu -1,10 MPa, rozdíl mezi nimi činil nárůst o 0,48 MPa ve prospěch hodnot získaných při zahájení pokusu.

Osmotický potenciál stresované varianty vodním deficitem byl téměř lineárního průběhu. Jeho hodnoty se pohybují od -1,08 MPa (3. den) do -1,28 MPa (27. den). Jak z grafu 11 vyplývá, hodnoty osmotického potenciálu se u kontrolních rostlin dostaly pod kritickou hodnotu, za níž se považuje hodnota -1,50 MPa. Toto snížení bylo zaznamenáno třetí den pokusu, kdy naměřená hodnota osmotického potenciálu byla -1,58 MPa.

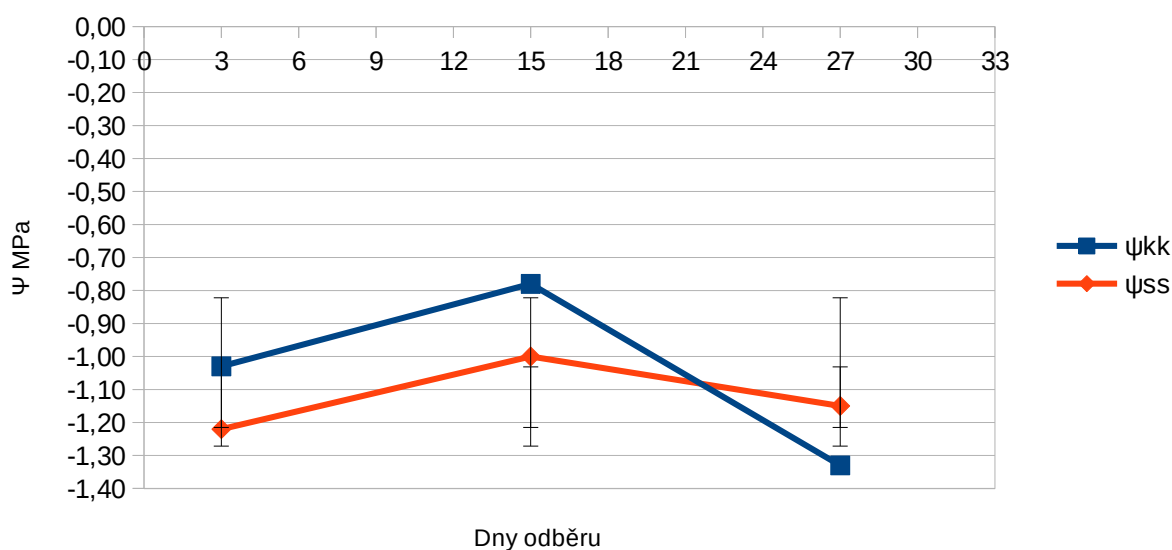
Graf 11: Změny osmotického potenciálu v závislosti na variantě pokusu a délce působení stresoru u rostlin jílku vytrvalého odrůdy Jaran



Osmotický potenciál odrůdy Korok jílku vytrvalého je uveden v grafu 12, z něhož vyplývá, že kontrolní rostliny, které byly zavlažovány po celou dobu trvání, dosáhly hodnoty osmotického potenciálu -0,75 MP (15. den) a až -1,34 MPa (27. den). Hodnota osmotického potenciálu -0,75 MPa je zároveň maximální dosažená hodnota. Nejvyšší pokles byl zaznamenán poslední den pokusu.

U varianty SS bylo zaznamenáno, že nejvyšší dosažená hodnota osmotického potenciálu byla patnáctý den pokusu (-1,00 MPa). Třetí den pokusu byla hodnota osmotického potenciálu u této varianty -1,22 MPa. Jedná se téměř o lineární průběh hodnot osmotického potenciálu.

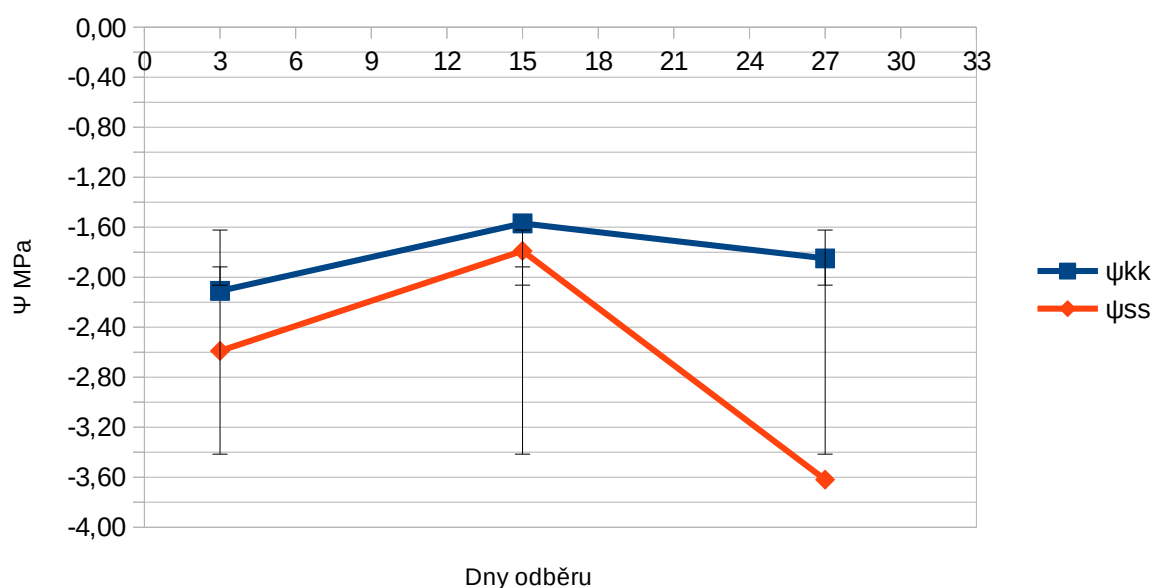
Graf 12: Změny osmotického potenciálu v závislosti na variantě pokusu a délce působení stresoru u rostlin jílku vytrvalého odrůdy Korok



Na základě grafu 13, lze u kontrolní varianty (KK) odrůdy Balin pozorovat téměř lineární průběh hodnot osmotického potenciálu, kdy naměřené hodnoty osmotického potenciálu se pohybovaly v rozpětí hodnot od -2,20 MPa (3. den) do -1,60 MPa (15. den).

Rostliny pěstované ve stresované variantě (SS) měly hodnoty osmotického potenciálu od -1,80 MPa (15. den) do -3,60 MPa (27. den). Rozdíl mezi 3. a 28. dnem stresu u této varianty činil -1,80 MPa. Nejvyšší hodnota (-1,80 MPa) osmotického potenciálu byla naměřena patnáctý den pokusu. Stresované rostliny vykazovaly statisticky průkazné diference hodnot osmotického potenciálu v porovnání s kontrolními rostlinami.

Graf 13: Změny osmotického potenciálu v závislosti na variantě pokusu a délce působení stresoru u rostlin lipnice luční odrůdy Balin

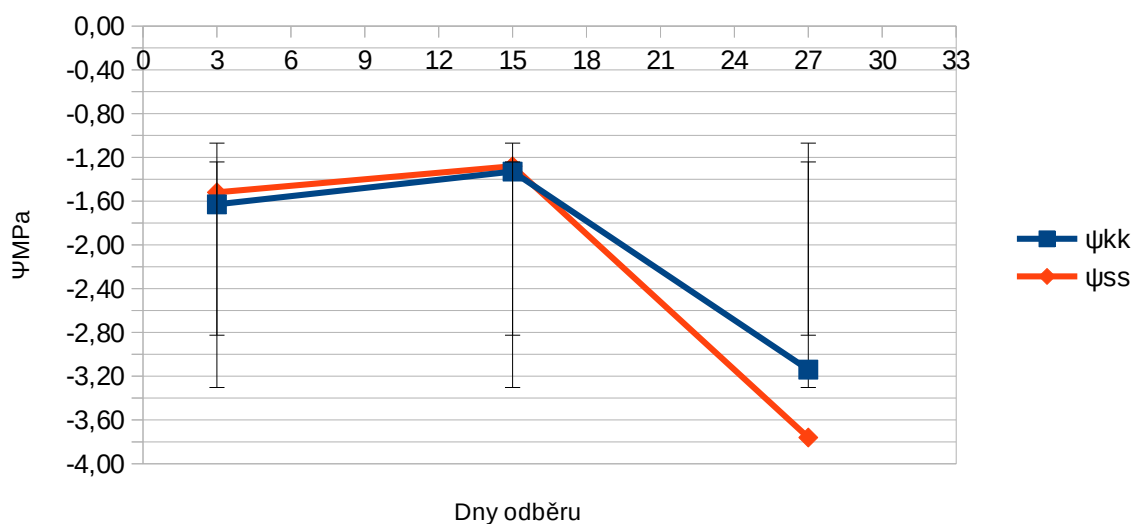


Graf 14 uvádí výsledky osmotického potenciálu jednotlivých variant pokusu. Z grafu vplývají statisticky neprůkazné difference mezi sledovanými variantami pokusu. Nejnižší hodnotou osmotického potenciálu v kontrolní variantě byla hodnota -3,20 MPa (27. den). Nejvyšší naměřená hodnota osmotického potenciálu byla naměřena patnáctý den pokusu (-1,30 MPa).

Průměrná hodnota osmotického potenciálu rostlin bojínku lučního odrůdy Lema byla u rostlin kontrolních -2,00 MPa a rostlin stresovaných -2, 20 MPa. Naměřené hodnoty se v obou případech (jak u kontrolovaného, tak stresovaného vzorku) pohybovaly pod kritickou hranicí -1,50 MPa. V poslední den pokusu, došlo u obou variant k výraznému poklesu hodnot osmotického potenciálu. U stresované varianty byla nejnižší hodnota -3,70 MPa (27. den) a u kontrolní -3,20 MPa (27. den).

Mezi jednotlivými termíny měření nebyly nalezeny statisticky průkazné difference.

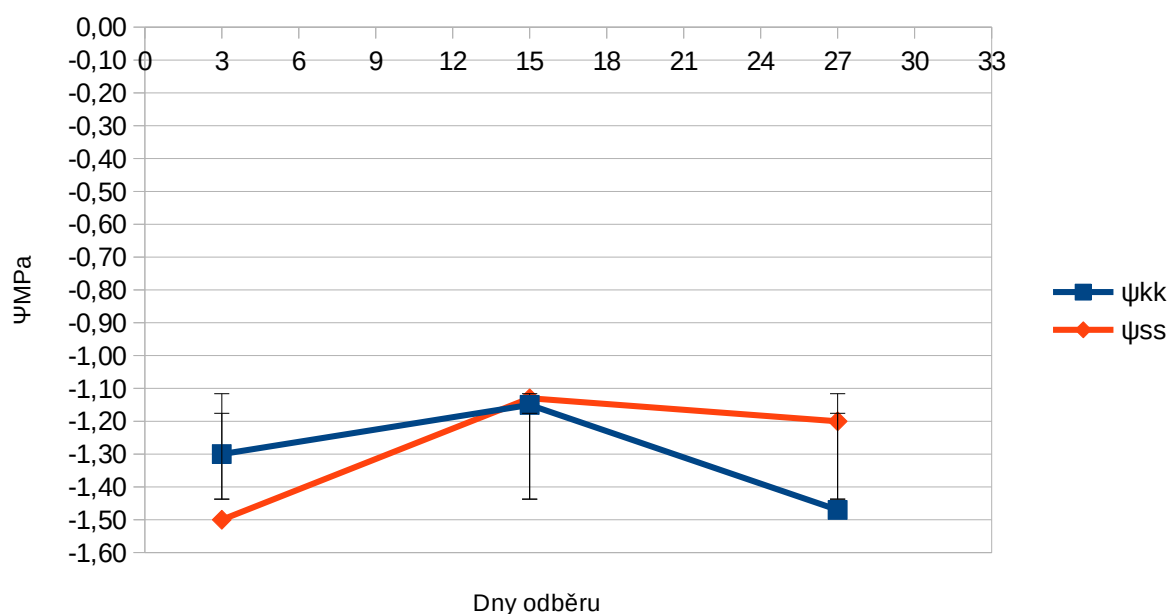
Graf 14: Změny osmotického potenciálu v závislosti na variantě pokusu a délce působení stresoru u rostlin bojínku lučního odrůdy Lema



Jak z grafu 15 vyplývá, osmotický potenciál odrůdy Fojtan kontrolních a stresovaných rostlin dosáhl průměrných hodnot -1,25 MPa a -1,20 MPa. Hodnoty obou variant jsou velmi stabilní. V případě rostlin kontrolních byla hodnota osmotického potenciálu patnáctý den ve výši -1,15 MPa. Ke konci pokusu se hodnota osmotického potenciálu snížila na -1,48 MPa.

U rostlin stresovaných vodním deficitem byla hodnota osmotického potenciálu nejnižší bezprostředně po navození vodního deficitu, kdy naměřená hodnota byla ve výši -1,50 MPa. V období vodního stresu činila hodnota osmotického potenciálu -1,50 MPa a po obnovení zálivky -1,15 MPa. Naměřené hodnoty osmotického potenciálu byly v rámci pokusu relativně vyrovnané. Mezi jednotlivými termíny měření nebyly nalezeny statisticky průkazné diference.

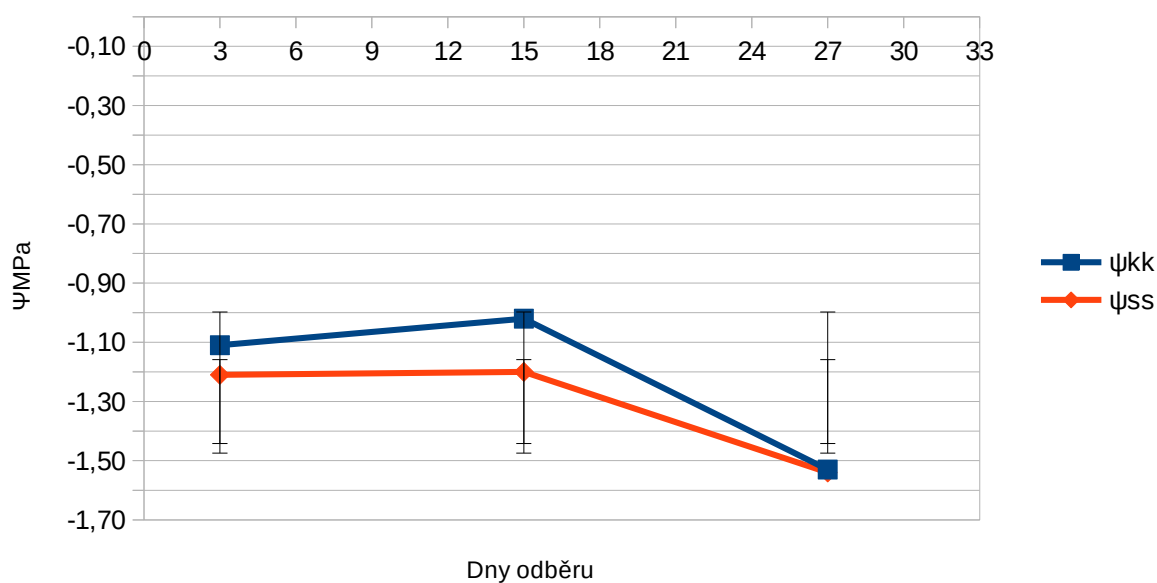
Graf 15: Změny osmotického potenciálu v závislosti na variantě pokusu a délce působení stresoru u rostlin festulolium Fojtan



Osmotický potenciál u juvenilních rostlin festulolium odrůdy Mahulena je uveden v grafu 16. Z uvedeného grafu vyplývá rozdíl mezi rostlinami kontrolními a stresovanými. U rostlin kontrolních byl osmotický potenciál v rozpětí hodnot od -1,10 MPa (15. den) do -1,52 MPa (27.den).

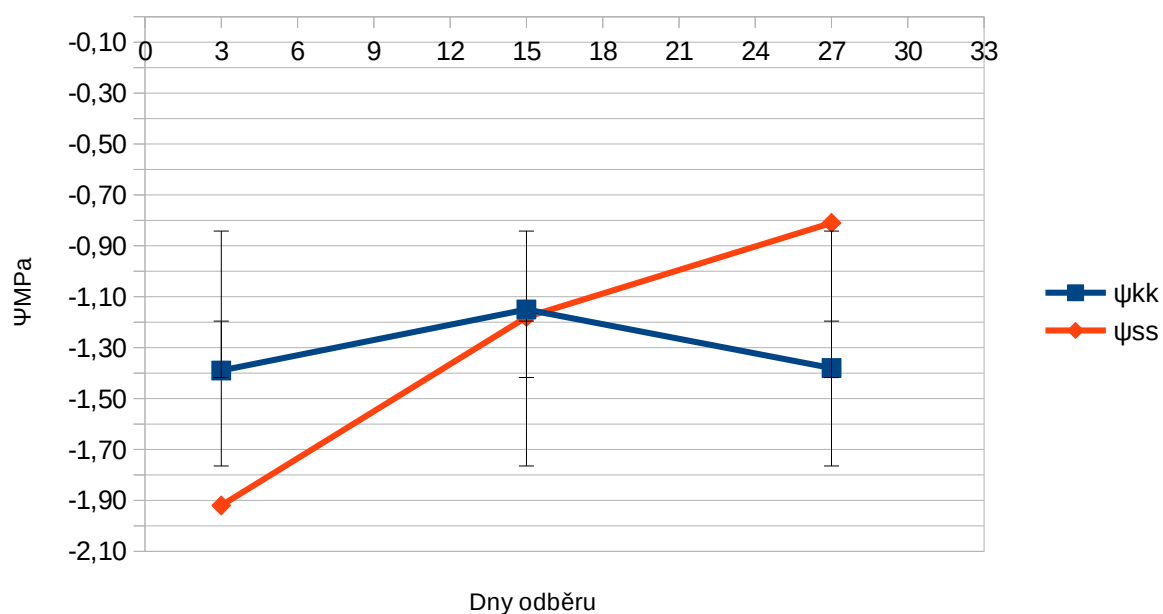
V případě rostlin stresovaných vodním deficitem je možné zaznamenat po navození stresu stabilní hodnoty (-1,20 MPa) až do patnáctého dne pokusu. Na konci pokusu hodnoty osmotického potenciálu klesají k hodnotě -1,53 MPa (27. den). Pouze poslední den pokusu, dosáhly hodnoty obou sledovaných variant, kritických hodnot -1,53 MPa.

Graf 16: Změny osmotického potenciálu v závislosti na variantě pokusu a délce působení stresoru u rostlin festulolium Mahulena



Hodnoty osmotického potenciálu u odrůdy Felina jsou uvedeny v grafu 17. Z uvedeného grafu vyplývá, že u rostlin stresovaných se hodnoty osmotického potenciálu v průběhu času zvyšovaly, neboť třetí den pokusu byly hodnoty osmotického potenciálu (-1,92 MPa) a dvacátý sedmý den byla zaznamenána hodnota -0,81 MPa. U rostlin kontrolních byly zaznamenány statisticky průkazné diference v rámci jednotlivých termínů měření. Hodnoty osmotického potenciálu se u této varianty pohybovaly v intervalu hodnot od -1,40 MPa (27. den) do -1,12 MPa (15. den).

Graf 17: Změny osmotického potenciálu v závislosti na variantě pokusu a délce působení stresoru u rostlin festulolium Felina



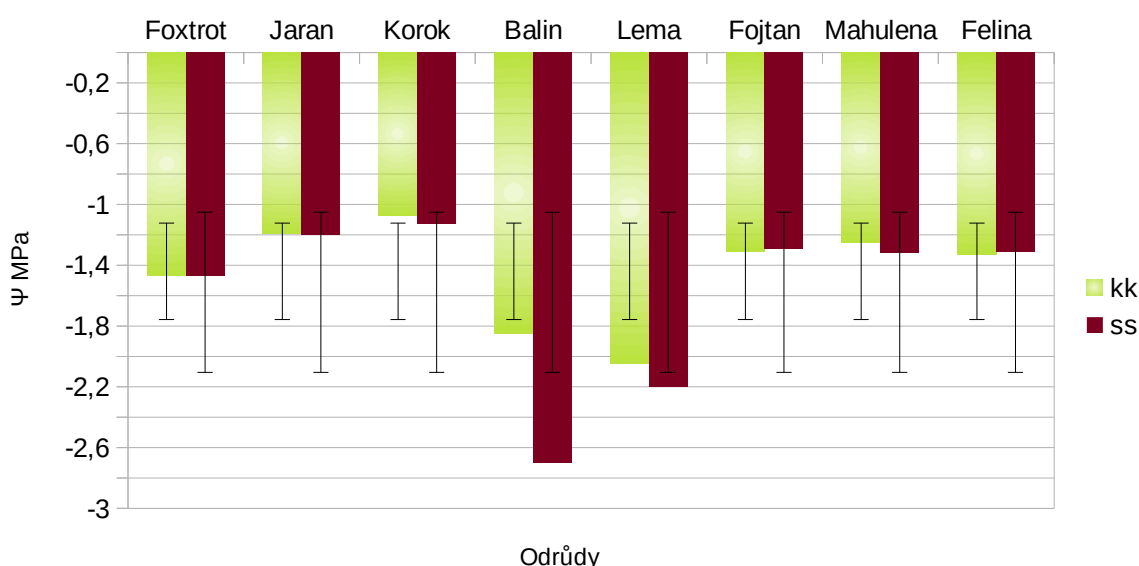
V grafu 18 jsou uvedeny průměrné hodnoty osmotického potenciálu v rámci varianty pokusu a genotypů. Z uvedeného grafu vyplývá rozdílná reakce sledovaných genotypů na vodní deficit. V případě rostlin kontrolních byly nalezeny průkazné diference mezi sledovanými genotypy, kdy nejnižší hodnota osmotického potenciálu byla u bojínku lučního odrůdy Lema (-2,27 MPa) a naopak nejvyšší u jílku vytrvalého odrůdy Korok (-1,11 MPa).

U rostlin stresovaných byl interval hodnot osmotického potenciálu od -2,70 MPa u lipnice luční odrůdy Balin do -1,20 MPa u jílku vytrvalého odrůdy Korok (viz graf 18).

Z grafu 18 je dále patrné, že na vodní deficit nejcitlivěji reagovala lipnice luční odrůdy Balin, kdy rozdíl v hodnotách osmotického potenciálu mezi variantami KK a SS činil -0,90 MPa. U některých odrůd, např. Mahulena či Jaran, byly zaznamenány neprůkazné rozdíly. Průměrné hodnoty osmotického potenciálu dosahovaly nejvýše -1,20 MPa. Rozdíly mezi oběma variantami byly staticky neprůkazné.

Jako tolerantní se jeví odrůda Korok a Jaran jílku vytrvalého.

Graf 18: Průměrné hodnoty osmotického potenciálu v závislosti na variantě pokusu a genotypu



6. Diskuze

Vodní sytostní deficit

Listowský (1976) rozděluje vodní stres podle vodního sytostního deficitu na malý stres při 8 - 9 %, střední stres při 10 - 20 %, velký stres při 20 - 25 % a vysychání rostlin při 50 %.

Uvedené členění prokazuje, že pěstované rostliny v kontrolních podmínkách byly vystaveny mírnému až střednímu stresu, jelikož hodnoty VSD se v průměru pohybovaly od 6 - 20 %. U varianty SS se většina hodnot VSD pozorovaných rostlin pohybovala v rozmezí, které odpovídají mírnému až velkému stresu, a v některých hodnotách VSD se blížil hodnotě pro vysychání rostlin, tedy 50 %. Hranice vysychání byla zjištěna u odrůdy Lema bojínku lučního.

Hodnocené juvenilní rostliny vykazovaly odlišnou reakci na vodní deficit, neboť ze získaných výsledků vodního sytostního deficitu je patrné, že mezi stresovanými a kontrolními rostlinami byly zaznamenány průkazné rozdíly. Mezidruhové rozdíly v hodnotách vodního sytostního deficitu uvádí Blum (1996). Ze získaných výsledků je patrné, že na vodní deficit nejcitlivěji reagovaly rostliny bojínku lučního odrůdy Lema a festutolium Felina. Průměrná hodnota všech měření VSD u stresovaného vzorku bojínku, dosáhla hodnoty 41 %. Jak ve své práci uvádí Regal (1953), bojínek luční se svým mělkým kořenovým systémem je značně citlivý na nedostatek vláhy, protože si ji nedovede opatřit ze spodních vrstev půdy. Naopak jako tolerantní se jeví rostliny jílku vytrvalého, obzvlášť odrůda Jaran. Obdobně byly prokázány rozdíly mezi genotypy. Genotypové rozdíly potvrzují závěry např. Pospíšilové (1973).

Švihra a kol. (1996) ve své práci konstatují, že vodní sytostní deficit u ozimé pšenice, se u jednotlivých odrůd optimálně pohybuje mezi 6 - 17 % u druhého listu, pokud jsou dobře zásobeny vodou. Tento závěr potvrzují také výsledky s pícními druhy trav. Pokud rostliny rostou v podmínkách vodního deficitu, dochází k poklesu obsahu vody v rostlinných pletivech a ke zvyšování hodnot vodního sytostního deficitu.

Švihra a kol. (1996) dále ve své práci deklarují, že u stresovaných rostlin dochází ke zvýšení vodního sytostního deficitu na 30 - 50 %, což dosahuje míry silného vodního stresu a lze to považovat za hranici dehydratovaného stavu pletiv. V rámci diplomové práce nebylo těchto hodnot dosaženo, s výjimkou třicátého dne pokusu u bojínku lučního odrůdy Lema, kdy

hodnota VSD byla 56 %. Podobnou citlivost na stres prokázala odrůda festuloliumj Felina s 23,2 % do maximálního nasycení. Ostatním odrůdám vyhovovaly spíše sušší podmínky než pravidelná zálivka.

Vliv rehydratace na vodní sytostní deficit stresovaných rostlin ve své práci uvádí Šipláková (2010). Na rehydrataci pozitivně reagovaly rostliny jílku vytrvalého odrůdy Foxtrot, Jaran a bojínek luční odrůdy Lema. Naopak u rostlin lipnice luční odrůdy Balin a festulolium Mahulena, nebyl tento trend zaznamenán. Tento závěr ve své práci potvrzuje i Pospíšilová (2006). Jako odolný vůči vodnímu deficitu se jeví jílek vytrvalý, zvláště pak odrůda Jaran, kdy zjištěné hodnoty VSD se pohybovaly od 5,4 % až do 10,4 %. Některé z odrůd např. Mahulena, vykazovaly stabilitu hodnot VSD v obou podmínkách. Mahulena je odolnější než ostatní odrůdy využívané pro travní porosty. Naopak jako citlivé na vodní deficit byly zjištěny rostliny bojínku lučního odrůdy Lema a festulolium odrůdy Felina. Z výsledků Míky (2002) vyplývá, že odrůda Mahulena snáší nejenom krátkodobé zaplavení v průběhu zimy či silné sucho v létě. Uvedený závěr byl potvrzen i v rámci pokusu řešeného v diplomové práci.

Osmotický potenciál (Ψ)

Vodní potenciál listů vyjadřuje energii, díky níž se voda v rostlině pohybuje (Shabala, 2002). Čím je obsah vody v buňkách menší je hodnota vodního potenciálu nižší, a tím se zvyšuje nasávací síla rostlinných pletiv (Nielsen, 1996).

U stresované varianty je osmotický potenciál nejnižší, čímž se rostlina snaží zvýšit příjem vody z prostředí. Kramářová a kol. (1999) také zjistili, že při krátkodobém i dlouhodobém stresu vyvolaném nedostatkem vody se snižovaly hodnoty vodního potenciálu se současným zvýšením obsahu ABA v listech rostlin. Uvedený závěr byl potvrzen u rostliny lipnice luční odrůdy Balin a bojínku lučního odrůdy Lema.

Tambussim a kol. (2005) konstatují, že u plně zavlažovaných rostlin pšenice tvrdé, dosahuje vodní potenciál hodnoty -1,43 MPa. Dále uvádí, že rostliny, které jsou pěstované ve vodním deficitu mají hodnotu vodního potenciálu od -1,5 MPa do -5 MPa. Uvedený interval hodnot zjištěný u pšenice tvrdé byl potvrzen také u sledovaných druhů trav, přičemž nejnižší hodnota byla zjištěna u genotypu bojínku lučního odrůdy Lema (-2,27 MPa) a naopak nejvyšší u jílku vytrvalého odrůdy Korok (-1,11 MPa).

Taiz (2018) uvádí, že u dobře zavlažovaných rostlin se hodnoty vodního potenciálu pohybují v rozmezí -0,2 až -0,6 MPa a Buchanan a kol. (2000) - považují za kritickou hodnotu osmotického potenciálu hodnotu -1,50 MPa. Uvedená kritická hodnota osmotického potenciálu byla zjištěna u bojínku lučního odrůdy Lema a lipnice luční odrůdy Balin.

V rámci diplomové práce se průměrné hodnoty osmotického potenciálu u kontrolovaných rostlin pohybovaly mezi -0,85 MPa až -2,27 MPa, a u stresovaných rostlin mezi -1,20 MPa až -2,70 MPa. Rozdílnost mezi literárními daty a naměřenými hodnotami může být způsobena různorodým rostlinným materiálem, ale také délkou působení vodního stresu a kombinací působení stresu a rehydratace. Šipláková (2010) uvádí, že v případě navození rehydratace dochází u stresovaných rostlin k navýšení hodnot osmotického potenciálu. Uvedený závěr byl v této práci potvrzen.

Nejnižší hodnoty osmotického potenciálu stresovaných rostlin byly zaznamenány u lipnice luční odrůdy Balin (-2,70 MPa) a u bojínku lučního odrůdy Lema (-2,23 MPa). Nejvyšší průměrné hodnoty osmotického potenciálu stresovaných rostlin dosáhl jílek vytrvalý odrůdy Korok -1,17 MPa. Mezidruhové rozdíly ve své práci uvádí také Blum (1996).

Nízký vodní potenciál je jedním z hlavních faktorů limitující růst, vývoj a produktivitu rostlin, a to že může být způsobený osmotickým stresem musí rostliny regulovat minimalizací ztrát vody z buněk zvýšením svého osmotického potenciálu pomocí akumulace osmoprotektivních látek (Koymo, 2006).

Jako odolný vůči vodnímu deficitu se jeví jílek vytrvalý, zvláště pak odrůda Jaran, kdy zjištěné hodnoty osmotického potenciálu se pohybovaly od -1,28 MPa až do -1,08 MPa. Některé z odrůd (Mahulena a Lema) měly hodnotu osmotického potenciálu bez statisticky průkazných diferencí. Odrůda Korok jílek vytrvalého se jeví jako odolnější vůči vodnímu deficitu. Naopak jako citlivé na vodní deficit byly zjištěny rostliny lipnice luční odrůdy Balin a bojínek luční odrůdy Lema. Z výsledků práce Buchanan a kol. (2000) vyplývá, že osmotický potenciál u pravidelně zavlažovaných rostlin by neměl klesnout pod kritickou hodnotu -1,50 MPa. Uvedený závěr nebyl u rostlin lipnice luční odrůdy Balin a bojínku lučního odrůdy Lema, v rámci pokusu řešeného v diplomové práci, potvrzen.

7. Závěr

Cílem této diplomové práce bylo posoudit vliv vodního deficitu na vybrané druhy trav. Ze získaných výsledků vyplývají následující závěry:

1. Vodní stres, u většiny sledovaných druhů rostlin, ovlivnil hodnoty vodního sytostního deficitu i osmotického potenciálu. Byl prokázán vliv genotypu na sledované charakteristiky a reakci na vodní stres.
2. Nejvyšší rozdíl (-0,90 MPa) průměrných hodnot osmotického potenciálu mezi kontrolní variantou (-1,80 MPa) a stresovanou variantou (-2,70 MPa) byl prokázán u rostlin lipnice luční odrůdy Balin.
3. Nejnižší rozdíl hodnot osmotického potenciálu byl zjištěn u jílku vytrvalého odrůdy Jaran, kdy průměrná hodnota osmotického potenciálu rostlin u kontrolní varianty byla -1,17 MPa a u stresované varianty -1,20 MPa.
3. Byl prokázán vliv genotypu na sledované charakteristiky a reakci na vodní stres. Byla potvrzena hypotéza o rozdílech mezi genotypy trav v reakci na vodní stres, kdy se jako citlivý jeví bojínek luční odrůdy Lema a naopak jako odolnější vůči vodnímu stresu odrůda Jaran jílku vytrvalého.
4. Nejnižší rozdíl hodnot vodního sytostního deficitu mezi kontrolní a stresovanou variantou byl prokázán u festulolium odrůdy Mahulena, kdy průměrná hodnota vodního sytostního deficitu rostlin u kontrolní varianty byla 15,1 % a u stresované varianty paradoxně 13,6 %.
5. Nejvyšší rozdíl průměrných hodnot vodního sytostního deficitu mezi kontrolní variantou (22,1 %) a stresovanou variantou (42,0 %) byl prokázán u bojínku lučního odrůdy Lema.
6. Vybrané genotypy trav rozdílně reagovaly na působení krátkodobého vodního deficitu.
7. Uvedené metody jsou relevantní pro studium vlivu vodního deficitu.

8. Seznam literary

1. ATWELL, B. J., KRIEDEMANN, P. E., TURNBULL, C. 1999. *Plants in Action: Adaptation in Nature, performance in cultivation*. Macmillan Education Australia Pty Ltd. Melbourne. p. 664. ISBN: 9780732944391.
2. BACKHAUS, S., KREYLING, J., GRANT, K., BEIERKUHNEIN, C., WALTER, J., JENTSCH, A. 2014. *Recurrent mild drought events increase resistance toward extreme drought stress*. *Ecosystems*, 17 (6), 1068-1081.
3. BATES, L. S., WALDREN, R. P. a TEARE, I. D. 1973. *Rapid determination of free proline for water-stress studies*. *Plant and Soil.*, 39(1), 205-207. ISSN 0032-079.
4. BLÁHA, L., HNILIČKA, F. 2004. *Influence of abiotic stresses on the basic of the root systém*. *Biologia, Bratislava*. 59 (Supplement). 145-150.
5. BLUM, A. 1996. *Crop responses to drought and the interpretation of adaptation*. *Plant Growth Regulation* 20 (2), 135-148. ISSN 0167-6903.
6. BLUM, A. 2009. *Effective use of water (EUW) and not water-use efficiency (WUE) is the target of crop yield improvement under drought stress*. *Field Crops Research.*,112(2-3), 119-123. ISSN 03784290.
7. BUCHANAN, B., GRUISSEM, W., JONES, R. 2000. *Biochemistry and Molecular Biology of Plants*. American Society of Plant Physiologist., New York.
8. CRITCHFIELD, H. J. 1985. *Sources of information on climatic change since 1850 in Washington State: Third conference on climate variations and symposium on contemporary climate: 1850-2100*. Los Angeles, California. American Meteorological Society. 156 p.
9. DELZON, S. 2015. *New insight into leaf drought tolerance*. *Functional Ecology*, 29 (10), 1247-1249.
10. DASZKOWSKA- GOLEC, A. a SZAREJKO, I.2013. *The Molecular Basis of ABA-Mediated Plant Response to Drought*.In: *Abiotic Stress -Plant Responses and Applications in Agriculture*. InTech. ISBN 978-953-51-1024-8.

11. FALTEJSEK, L., FIKÁČEK, M., HODAČ, L., a kol. 2006. *Organismy a abiotické faktory prostředí*. Národní institut dětí a mládeže MŠMT, Praha. 112 s., ISBN 80-86784-39-8.
12. GAMOUNN, M. et al., 2011. *Response of Different Arid Rangelands to Protection and Drought*, Taylor & Francis Group, UK, ISSN: 1532-4982 print / 1532-4990 online, DOI: 10.1080/15324982.2011.611578, 8 stran.
13. GRIFFITHS, H., PARRY M. A. J. 2002. *Plant Responses to Water Stress*. *Annals of Botany*. Oxford university, UK. 89. 801-802.
14. HALE, M. G.; ORCUTT, D. M. 1987. *The physiology of plants under stress*. John Wiley and Sons, New York, p. 206. ISBN: 047188970.
15. HATZIG, S., ZAHARIA, L. I., ABRAMS, S., HOHMANN, M., LEGOAHEC, L., BOUCHEREAU, A., NESI, N. a SNOWDON, R.J. 2014. *Early Osmotic Adjustment Responses in Drought-Resistant and Drought-Sensitive Oilseed Rape*. *Journal of Integrative Plant Biology*, UK 56(8), 797-809. ISSN 16729072.
16. HROUDA, L. 2010. *Trávy a jejich příbuzní napříč biotopy*. Živa, Nakladatelství Academia, SŠ AV ČR, v. v. i., ročník 58., č.1, s. 110 –114, ISSN 0044-4812.
17. JENKS, M., HASEGAWA, P. 2005, *Plant abiotic stress*. Victoria, Blackwell Publishing, 270 s., ISBN 978-14051-2238-2.
18. JONES, G. H., FLOWERS, T. J., JONES, M. B. 1989. *Plants under stress*. Cambridge university press Cambridge. p. 257. ISBN: 9780521050371.
19. KADIOGLU, A., TERZI, R. SARUHAN, N. a SAGLAM, A. 2012. *Current advances in the investigation of leaf rolling caused by biotic and abiotic stress factors*. *Plant Science*.,182, 42-48. ISSN 01689452.
20. KHAN, M. A., UNGAR, T. A., SHOWALTER, A. M. (2000). *Effects of sodium chloride treatments on growth and ion accumulation of the halophyte Halaxylon recurvum*. *Common Soil. Sci Plant Anal*, 31, 2763-2774.
21. KOYRO, H.W. (2006) *Effect on salinity on growth, photosynthesis, water relations and solute composition of the potential cash crop halophyte Plantago coronopus (L.)*. *Environ Exp Bot*, 56, 136-146.

22. KOZÁK, J. a kol.: *Pedologie*. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha, 2008.
132 s. ISBN 978-80-213-0907-4.
23. KUDELA, V., ACKERMANN, P., PRÁŠIL, I. T., ROD, J., VEVERKA, K. 2013.
Abiotikózy rostlin: poruchy, poškození a poranění. Academia. Praha. 566 s. ISBN:0
978-80-200-2262-2.
24. LAMBERS, H., CHAPIN, S., PONS T. 2008. *Plant physiological ecology*. Springer
Science+Business Media, New York. 604 s., ISBN 978-0-387-78340-6.
25. LACHER, W. 1988. *Fyziologická ekologie rostlin*; Academia, Praha., 361 s.
26. LEDVINA, R. a kol.: *Geologie a půdoznalství*. Jihočeská univerzita v Českých
Budějovicích, 1999. 200 s. ISBN 80-7040-106-0.
27. LELIÉVRE, F. et al. 2001. *Water use efficiency and drought survival in Mediterranean
perennial forage grasses*. Field Crops Research, UK. p.333-342.
28. LEVITT, J. 1980. Responses of plants to environmental stresses: water, radiation, salt
and other stresses. Academic Press, New York. 350 p. ISBN: 0124455026.
29. MABBERLEY, D. J. 2017. *Mabberley's plant-book: a portable dictionary of plants,
their classification and uses*. Cambridge University Press, London. ISBN:
9781107115026.
30. MACHÁČ R. a kol. 2006. *Rozšíření, využití a pěstování bojínků*. In: Úroda. Profi press,
Praha. r.53 (5), s. 14-18.
31. MADHAVA, K. V. R., RAGHAVENDRA, A. S., REDDY, K. J. 2006. *Physiology and
molecular biology of stress tolerance in plants*. Springer. New York. p. 345. ISBN:
139781402042249.
32. MÍKA, V. 2002. *Netradiční jeteloviny, jejich význam a pěstování*. In: Úroda. Profi press,
Praha, r. 49 (5), s. 10-12.
33. MILLER, D. A. 1984. *Forage crops*. McGraw- Hill, New York, 530 s., ISBN:
0070419809.
34. MITTLER, Ron. 2006. *Abiotic stress, the field environment and stress combination*.
Trends in plant science, 11.1: 15-19.

35. NAŠINEC, I. 2009. *Problematika testování suchovzdornosti trav*. IN BLÁHA L. *Vliv abiotických a biotických stresorů na vlastnosti rostlin*, (Sborník příspěvků). Praha, Výzkumný ústav rostlinné výroby, v. v. i. Praha –Ruzyně,, 390 s., ISBN 978-80-87011-91-1.
36. NALEVANKOVÁ, P., STŘELCOVÁ, K., SÍTKOVÁ, Z., a kol. 2013. *Sucho jako faktor limitující transpiráciu dospělých jedinců buka*. IN HNILIČKA, F. *Vliv abiotických a biotických stresorů na vlastnosti rostlin*, (Recenzovaný sborník příspěvků). Praha, Výzkumný ústav rostlinné výroby, v. v. i. Praha –Ruzyně, 326 s., ISBN 978-80-7427-131-1.
37. NIELSEN, E. T.; ORCUTT, D. M. 1996. *Physiology of Plants under Stress. Abiotic factors*. John Wiley and Sons, New York, 1996. 689 pp. ISBN: 0471031526.
38. NOVÁČEK, F. 2009. *Fytochemické základy botaniky*. Fontána, Olomouc. 284 s., ISBN 978-80-7336-457-1.
39. OLŠOVSKÁ, K., BRESTIČ, M. 2001. *Funkcia hydraulickej a chemickej signalizácie o vodnom strese pri hodnotení suchovzdornosti juvenilných rastlín*. Journal of Central European Agriculture. 2. 3-4.
40. OPATRNÁ, M., SOUČKOVÁ, M. 2003. *Pěstujeme okrasné trávy*. Brázda, Praha, 175 s. ISBN 80-209-0318-6.
41. OSAKABE, Y., OSAKABE, K., SHINOZAKI, K., TRAN, L. S. P. 2014. *Response of plants to water stress*. Frontiers in Plant Science, 5, 86.
42. PAUL, M. J., PRIMAVESI, L. F., JHURREEA, D., & ZHANG, Y. (2008). *Trehalose Metabolism and Signaling*. Annual Review of Plant Biology, 59, 417–441.
43. PAVLOVÁ, Libuše, 2005. *Fyziologie rostlin*. Praha: Karolinum, ISBN 80-246-0985-1.
44. PENKA ,M. 1985. *Some physiological processes in the ecosystem of a floodplain forest. Floodplain Forest Ecosystem I. Before Water Management Measures*. Academia, Praha, 295- 324.
45. PIRNAJMEDIN, F., MAJIDI, M. M., GHEYSARI, M. 2015. *Root and physiological characteristics associated with drought tolerance in Iranian tall fescue*. Euphytica, 202 (1), 141-155.

46. POSPÍŠILOVÁ, J. 1973. *Water potential—water saturation deficit relationship during dehydration and resaturation of leaves*. *Biologia Plantarum*, 15.4: 290-293.
47. PRANČL, J. Botany.cz [online]. 19.9.2011 [cit. 2013-11-15]. *Lolium Perenne L. – jílek vytrvalý/matonož trváci*. Dostupné z WWW: <<http://botany.cz/cs/lolium-perenne/>>.
48. RAHMAN, I. M. M. et al., 2012: *Water stress in Plants: Causes, effects and Responses*, In: RAHMAN I. M. M., HASEGAWA H., 2012: *Water Stress*, InTech, Croatia, ISBN 978-953-307-963-9, 300 stran.
49. RATHINASABAPATHI, B. 2002. *Metabolic Engineering for Stress Tolerance: Installing Osmoprotectant Synthesis Pathways*. *Annals of Botany*.86(4), 709-716. ISSN 03057364.
50. REGAL, V., ŠINDELÁŘOVÁ, J. 1970. *Atlas nejdůležitějších trav*; Státní zemědělské nakladatelství, Praha,. 268 s. Publikace č. 2213, 07-016-70 –04/28.
51. SCHWARZ , D., ROUPHAEL, Y., COLLA, G., VENEMA, J. H. 2010. *Grafting as a tool to improve tolerance of vegetables to abiotic stresses: Thermal stress, water stress and organic pollutants*,. *Scientia Horticulturae*, 127 (2), 162 – 171.
52. SEBASTIAN, J., YEE, M. C., VIANA, W. G., RELLÁN-ALVAREZ, R., FELDMAN, M., PRIEST, H. D., TRONTIN, Ch., LEE, T., JIANG, H., BAXTER, I., MOCKLER, T. C., HOCHHOLDINGER, F., BRUTNELL, T., DINNENY, J. R. 2016. *Grasses suppress shoot-borne roots to conserve water during drought*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113 (31), 8861-8866.
53. SLAVÍK, Bohdan. 1963. *Relationship between the osmotic potential of cell sap and the water saturation deficit during the wilting of leaf tissue*. *Biologia Plantarum*, 5.4: 258-264.
54. STANIAK, M., KOCÓN, A. 2015. *Forage grasses under drought stress in conditions of Poland*. *Acta Physiologiae Plantarum*, 37 (6), 116.
55. TAMBUSSINI, 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.
56. TAIZ, L, ZEIGEL, E. 2018. *Plant Physiology*. Oxford University Press Inc., USA,. 869 s., ISBN: 9781605357454.

57. TAULAVUORI, K., PRASAD, M.N.V., TAULAVUORI, E., LAINE, K. 2005. *Metal stress consequences on frost hardiness of plants at northern high latitudes: a review and hypothesis*. Environmental Pollution, 135, p. 209-220.
58. TRNKA, M. et al., 2008: *Developing a regional drought climatology for the Czech Republic*, Int. J. Climatol. 29: 863–883 (2009), Published online 28 August 2008 in Wiley InterScience, 21 stran.
59. TUINSTRA, M. R. GROTE, E. M. GOLDSBROUGH, P. B. EJETA, G. 1997. *Genetic analysis of postflowering drought tolerance and components of grain development in sorghum bicolor (L.) Moench*. Mol Breed 3: p. 439-448.
60. WANG, Ch., YANG, A., YIN, H., ZHANG, J. 2008. *Influence of water stress on endogenous hormone contents and cell damage of maize seedlings*. Journal of Integrative Plant Biology. 50 (4). p. 427-434.
61. WERNER, C., RYEL, R. J., CORREIA, O., BEYSCHLAG, W. 2001. *Structural and functional variability within the canopy and its relevance for carbon gain and stress avoidance*. Acta Oecologica, 22(2), 129-138.
62. WESTGATE, M.E., GRANT, D. L.T., 1989. *Water deficits and reproduction in maize. Response of the reproductive tissue to water deficits at anthesis and mid-grain fill*. Plant Physiol 91: 862-867.

9. Seznam obrázků

Tabulka obrázků

Obrázek 1: Stavba rostliny (zdroj: <i>campanus.cz</i>).....	6
Obrázek 2: Potenciální přirozená vegetace (CENIA) (zdroj: <i>arcgis.com</i>).....	9
Obrázek 3: Jílek vytrvalý (zdroj: <i>wiki.cz</i>).....	12
Obrázek 4: Lipnice luční (zdroj: <i>www.e-herbar.eu</i>).....	13
Obrázek 5: Květenství Bojínku (zdroj: <i>priroda.cz</i>).....	14
Obrázek 6: Kostřava rákosovitá (zdroj: <i>www.botany.cz</i>).....	15
Obrázek 7: Jílek mnohokvětý (zdroj: <i>www.biolib.cz</i>).....	16
Obrázek 8: Druhy <i>Festulolium</i> (zdroj: <i>agromanual.cz</i>).....	17
Obrázek 9: Vlhkostní režim stanoviště (zdroj: <i>wikipedie.cz</i>).....	18
Obrázek 10: Idealizovaný průběh stresové reakce (zdroj: Lacher, 1995).....	23
Obrázek 11: Abiotické faktory rezistence (zdroj: <i>wikipedie.cz</i>).....	24
Obrázek 12: Poškození rostlin suchem (zdroj: Kůdela a kol., 2013).....	28
Obrázek 13: Osivo (vlastní foto).....	31
Obrázek 14: Pěstební nádoby se substrátem (vlastní foto).....	31
Obrázek 15: 3 týdny starý výsev (vlastní foto).....	32
Obrázek 16: Přístroj wp4c (zdroj: vlastní foto).....	34

10. Seznam grafů

Graf 1: Změny vodního sytostního deficitu v závislosti na variantě pokusu a délce působení stresoru u rostlin jílku vytrvalého odrůdy Foxtrot.....	35
Graf 2: Změny vodního sytostního deficitu v závislosti na variantě pokusu a délce působení stresoru u rostlin jílku vytrvalého odrůdy Jaran.....	36
Graf 3: Změny vodního sytostního deficitu v závislosti na variantě pokusu a délce působení stresoru u rostlin jílku vytrvalého odrůdy Korok.....	37
Graf 4: Změny vodního sytostního deficitu v závislosti na variantě pokusu a délce působení stresoru u rostlin lipnice luční odrůdy Balin.....	38
Graf 5: Změny vodního sytostního deficitu v závislosti na variantě pokusu a délce působení stresoru u rostlin bojínku lučního odrůdy Lema.....	39
Graf 6: Změny vodního sytostního deficitu v závislosti na variantě pokusu a délce působení stresoru u rostlin festulolium odrůdy Fojtan.....	40
Graf 7: Změny vodního sytostního deficitu v závislosti na variantě pokusu a délce působení stresoru u rostlin festulolium Mahulena.....	41
Graf 8: Změny vodního sytostního deficitu v závislosti na variantě pokusu a délce působení stresoru u rostlin festulolium Felina.....	42
Graf 9: Průměrné hodnoty vodního sytostního deficitu v závislosti na variantě pokusu a genotypu.....	43
Graf 10: Změny osmotického potenciálu v závislosti na variantě pokusu a délce působení stresoru u rostlin jílku vytrvalého odrůdy Foxtrot	44
Graf 11: Změny osmotického potenciálu v závislosti na variantě pokusu a délce působení stresoru u rostlin jílku vytrvalého odrůdy Jaran	45
Graf 12: Změny osmotického potenciálu v závislosti na variantě pokusu a délce působení stresoru u rostlin jílku vytrvalého odrůdy Korok	46
Graf 13: Změny osmotického potenciálu v závislosti na variantě pokusu a délce působení stresoru u rostlin lipnice luční odrůdy Balin	47

Graf 14: Změny osmotického potenciálu v závislosti na variantě pokusu a délce působení stresoru u rostlin bojínku lučního odrůdy	48
Graf 15: Změny osmotického potenciálu v závislosti na variantě pokusu a délce působení stresoru u rostlin festulolium Fojtan.....	49
Graf 16: Změny osmotického potenciálu v závislosti na variantě pokusu a délce působení stresoru u rostlin festulolium Mahulena.....	50
Graf 17: Změny osmotického potenciálu v závislosti na variantě pokusu a délce působení stresoru u rostlin festulolium Felina.....	51
Graf 18: Průměrné hodnoty osmotického potenciálu v závislosti na variantě pokusu a genotypu.....	52