

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra botaniky a fyziologie rostlin



**Česká zemědělská
univerzita v Praze**

**Vliv vysoké teploty a vodního deficitu na tvorbu biomasy
vybraných druhů trav**

Bakalářská práce

Autor práce: Michal Holík

Obor studia: Trávníkářství

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

© 2020 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci „*Vliv vysoké teploty a vodního deficitu na tvorbu biomasy vybraných druhů trav*“ jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne _____

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval doc. Ing. Františku Hniličkovi, Ph.D. za odborné vedení, cenné rady, přátelský přístup a vytvoření podmínek k práci. Dále děkuji Ing. Markétě Novotné za technickou podporu a připomínky k textu.

Vliv vysoké teploty a vodního deficitu na tvorbu biomasy vybraných druhů trav

Souhrn

Cílem bakalářské práce bylo posoudit a vyhodnotit vlivy abiotických faktorů na růst vybraných druhů trav v juvenilní fázi vývoje. Stresovými faktory byly v tomto případě vodní deficit, vysoká teplota a jejich kombinace, které byly vybrány proto, že se jedná o jedny z nejvýznamnějších stresorů ovlivňujících produkci rostlin.

Do pokusu byly zařazeny následující odrůdy trav – *Lolium perenne* 'Foxtrot', *Lolium perenne* 'Jaran', *Lolium perenne* 'Korok', *Poa pratensis* 'Balin', *Phleum pratense* 'Lema', *xFestulolium* 'Felina', *xFestulolium* 'Fojtan', *xFestulolium* 'Mahulena'. Pokus byl založen jako nádobový, v částečně řízených podmínkách skleníku a řízených podmínkách klimaboxu, kde světelný režim byl nastaven na 12 hod/den a 12 hod/noc. Rostliny byly pěstovány v zahradním substrátu po dobu 33 dnů. Schéma pokusu tvořily 4 varianty. Varianta stresovaná suchem (SUCHO) představovala omezení závlivky vody metodou přirozeného vyschnutí ve skleníku v počtu 18 dnů. V případě vysoké teploty (VT) byla teplota v klimaboxu Conviron E8 nastavena na 25,5 °C ve dne a 19,5 °C v noci. Kombinace obou stresorů (VT + SUCHO) představuje kombinaci obou předchozích variant. Rostliny kontrolní varianty (KONTROLA) byly po celou dobu zavlažovány ve skleníku 250 ml vody a teplotní režim byl 21 °C ve dne a 15 °C v noci. U všech rostlin byla sledována hmotnost sušiny kořenů a nadzemní biomasy, na jejichž základě byl vypočten poměr R/S.

Z výsledků pokusu vyplývá, že ze sledovaných odrůd trav nejcitlivěji reagovala na vodní deficit *Lolium perenne* 'Korok', u níž došlo k poklesu průměrné hmotnosti sušiny kořenů a nadzemní biomasy o 25 %, resp. 29,1 % v porovnání s kontrolní variantou. Naopak jako tolerantní se jeví odrůdy *Lolium perenne* 'Foxtrot' se zvýšením hodnot o 30 %, resp. 7,8 % a *xFestulolium* 'Mahulena' se zvýšením o 14,3 %, resp. 12,7 %.

Vliv vysoké teploty se negativně projevil u odrůdy *Poa pratensis* 'Balin', kde se průměrná hmotnost sušiny kořenů v porovnání s kontrolou snížila o 33,3 % a u nadzemní biomasy o 11,8 %. Naopak odrůda *Lolium perenne* 'Foxtrot', u níž došlo ke zvýšení hodnot o 20 %, resp. 3,1 %, se vůči tomuto stresoru jeví jako tolerantní.

Kombinace vysoké teploty a sucha se negativně projevila u odrůdy *Lolium perenne* 'Foxtrot', kdy se průměrná hmotnost kořenů a nadzemní biomasy v porovnání s kontrolou snížila o 50 %, resp. 32,8 %.

V rámci jednotlivých stresorů (v porovnání s kontrolní variantou) se průměrná hodnota poměru R/S u varianty SUCHO nejvíce zvýšila u odrůdy *Poa pratensis* 'Balin' (19 %), k největšímu snížení došlo u *xFestulolium* 'Felina' (20 %). Stresor VT nejvýrazněji zvýšil průměrnou hodnotu R/S u odrůdy *Lolium perenne* 'Foxtrot' (29,4 %) a snížil u *xFestulolium* 'Fojtan' (31,3 %). Největší snížení průměrné hodnoty R/S pro kombinaci VT + SUCHO bylo zjištěno u odrůdy *Poa pratensis* 'Balin' (57,2 %).

U všech sledovaných odrůd trav byl prokázán negativní vliv samostatného působení stresových faktorů i jejich kombinace na průměrnou hodnotu R/S. Při společném působení dvou faktorů vykazovala kombinace sucha a vysoké teploty největší redukci sledovaných charakteristik (podzemní i nadzemní biomasy včetně poměru R/S) a podstatně svým působením omezovala růst a vývoj trav. Byly potvrzeny rozdíly v reakci na vodní stres, vysokou teplotu i jejich vzájemnou kombinaci nejen mezi druhy, ale i v rámci jednotlivých odrůd.

Klíčová slova: vysoká teplota, vodní deficit, trávy, suchovzdornost, kořenový systém, sušina, poměr R/S

Effect of high temperature and water deficit on biomass formation of selected grass species

Summary

The aim of this work was to assess and to evaluate the effects of abiotic factors on growth of selected grass varieties in the juvenile development phase. The stress factors in this case were water deficit, high temperature and their combination, which were selected because they are one of the most important stressors affecting plant production.

In the experiment were subsumed following grass varieties – *Lolium perenne* 'Foxtrot', *Lolium perenne* 'Jaran', *Lolium perenne* 'Korok', *Poa pratensis* 'Balin', *Phleum pratense* 'Lema', *xFestulolium* 'Felina', *xFestulolium* 'Fojtan', *xFestulolium* 'Mahulena'. The seedlings were grown in containers, partly in controlled conditions of a greenhouse and partly in controlled conditions of climabox, where light mode was set up for 12 hours/day and 12 hours/night. Plants were grown in a garden substrate for 33 days. Scheme of the experiment consisted of 4 variants. Variant stressed by drought (SUCHO) represented limitation of water dressing by the method of natural drying in the greenhouse in the number of 18 days. In case of high temperature (VT), the temperature in climabox Conviron E8 was set up at 25,5 °C during the day and 19,5 °C at night. Combination of both stressors (VT + SUCHO) represents combination of both previous variants. Plants of the control variant (KONTROLA) were the whole time watered in the greenhouse by 250 ml of water and the temperature regime was 21 °C during the day and 15 °C at night. All plants were monitored for weight of the dry mass of roots and overground biomass, in which base was calculated R/S ratio.

The results of the experiment show that from monitored grass species had the most sensitive reaction on water deficit *Lolium perenne* 'Korok', in which occurred a drop of average weight of dry mass of roots and overground biomass by 25 %, or more precisely 29,1 % in comparison with the control variant. On the contrary, *Lolium perenne* 'Foxtrot' appears to be tolerant with 30 % increase of value, more precisely 7,8 %, and *xFestulolium* 'Mahulena' with 14,3 %, more precisely 12,7 %.

High temperature influence was proved negatively with the variety *Poa pratensis* 'Balin', where average weight of dry mass of roots was decreased in comparison with the

control by 33,3 % and by 11,8 % with overground biomass. On the contrary *Lolium perenne* 'Foxtrot', in which occurred a rise of values by 20 %, or 3,1 % appears to be tolerant with respect to this stressor.

Combination of high temperature and drought was negatively proved with the variety *Lolium perenne* 'Foxtrot', where average weight of roots and overground biomass decreased by 50 %, or 32,8 %, in comparison to control.

Within the framework of individual stressors (in comparison with control variant) the average value of R/S ration increased in the SUCHO variant the most with the variety *Poa pratensis* 'Balin' (19 %), decreased the most with *xFestulolium* 'Felina' (20 %). In the VT variant was the average value of R/S ratio most increased with the variety *Lolium perenne* 'Foxtrot' (29,4 %) and decreased with *xFestulolium* 'Fojtan' (31,3 %). The largest decrease of average R/S value for combination VT + SUCHO was found with the variety *Poa pratensis* 'Balin' (57,2 %).

In all monitored grass species was proved impact of stress factors functioning alone and their combination on average R/S value. In shared functioning of two factors the combination of drought and high temperature showed the largest reduction of monitored characteristics (underground and overground biomass including R/S ratio) and by its functioning significantly limited growth and development of grass species. Differences in response to water stress, high temperature and their mutual combination were confirmed not only between species, but also within individual varieties.

Keywords: high temperature, water deficit, grass, drought resistance, root system, plant dry weight, R/S ratio

Obsah

1	ÚVOD	9
2	CÍL PRÁCE	10
3	LITERÁRNÍ REŠERŠE	11
3.1	MORFOLOGIE, RŮST A VÝVOJ ČELEDI LIPNICOVITÉ (<i>Poaceae</i>)	11
3.2	CHARAKTERISTIKA VYBRANÝCH DRUHŮ TRAV A TRAVNÍCH HYBRIDŮ	13
3.2.1	<i>Bojínek luční (Phleum pratense)</i>	13
3.2.2	<i>Lipnice luční (Poa pratensis)</i>	14
3.2.3	<i>Jílek vytrvalý (Lolium perenne)</i>	15
3.2.4	<i>Hybridní kříženci jílků a kostřav (xFestulolium)</i>	16
3.3	ABIOTICKÉ STRESOVÉ FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ RŮST TRAV	17
3.3.1	<i>Definice stresu a stresová reakce</i>	17
3.3.2	<i>Dělení abiotických stresových faktorů</i>	19
3.4	SUCHO A FYZIOLOGICKÁ PODSTATA SUCHOVZDORNOSTI	20
3.4.1	<i>Klimatické sucho</i>	21
3.4.2	<i>Půdní sucho</i>	21
3.4.3	<i>Hydrologické sucho</i>	22
3.5	TEPLOTA.....	22
3.6	VODNÍ DEFICIT	24
3.7	ŠLECHTĚNÍ ROSTLIN S OHLEDEM NA ZMĚNY KLIMATU	25
4	METODIKA	28
4.1	CHARAKTERISTIKA POKUSNÉHO MATERIÁLU	28
4.1.1	<i>Jílek vytrvalý 'Foxtrot' (Lolium perenne 'Foxtrot')</i>	28
4.1.2	<i>Jílek vytrvalý 'Jaran' (Lolium perenne 'Jaran')</i>	28
4.1.3	<i>Jílek vytrvalý 'Korok' (Lolium perenne 'Korok')</i>	28
4.1.4	<i>Lipnice luční 'Balin' (Poa pratensis 'Balin')</i>	29
4.1.5	<i>Bojínek luční 'Lema' (Phleum pratense 'Lema')</i>	29
4.1.6	<i>xFestulolium 'Felina'</i>	29
4.1.7	<i>xFestulolium 'Fojtan'</i>	29
4.1.8	<i>xFestulolium 'Mahulena'</i>	30
4.2	ZALOŽENÍ POKUSU	30
4.3	MĚŘENÉ CHARAKTERISTIKY	31
5	VÝSLEDKY	32
5.1	SLEDOVANÉ CHARAKTERISTIKY V RÁMCI JEDNOTLIVÝCH ODRŮD	32
5.1.1	<i>Jílek vytrvalý 'Foxtrot' (Lolium perenne 'Foxtrot')</i>	32
5.1.2	<i>Jílek vytrvalý 'Jaran' (Lolium perenne 'Jaran')</i>	34
5.1.3	<i>Jílek vytrvalý 'Korok' (Lolium perenne 'Korok')</i>	36
5.1.4	<i>Lipnice luční 'Balin' (Poa pratensis 'Balin')</i>	38
5.1.5	<i>Bojínek luční 'Lema' (Phleum pratense 'Lema')</i>	40
5.1.6	<i>xFestulolium 'Felina'</i>	42
5.1.7	<i>xFestulolium 'Fojtan'</i>	44
5.1.8	<i>xFestulolium 'Mahulena'</i>	46
5.2	SLEDOVANÉ CHARAKTERISTIKY V RÁMCI VARIANT POKUSU	48
6	DISKUZE	52
7	ZÁVĚR	54
8	LITERATURA	56
9	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ	63

1 Úvod

Travní porosty tvoří v České republice jednu ze základních složek krmivové základny. Svým charakterem jsou důležité zejména pro výživu hospodářských zvířat, především skotu. V posledních letech vzrůstá díky změně klimatických podmínek nutnost cíleného navrhování adaptačních, agrotechnických nebo šlechtitelských opatření v oblasti intenzivní produkce píce. V zemědělství se za vhodná opatření považují pozemkové úpravy, výzkumná a šlechtitelská činnost, biotechnologie, zalesňování, zatravňování, ekologické zemědělství, protierozní ochrana půdy, zachování biodiverzity aj. Mezirodové hybridy, jako je např. *xFestulolium*, jsou pro zajištění kvalitní produkce píce nepostradatelné. Vynikají vyšší odolností vůči suchu, schopností prokořenit i ztuhlou vrstvu půdy nebo lepší využitelností živin.

Změna klimatu je spojena s řadou extrémních jevů, jejichž četnost může časem narůstat. Jedná se především o periody sucha, přívalemových dešťů či extrémní výkyvy teplot, tj. faktory, které mají komplexní vliv na ostatní parametry prostředí a kvalitu vývoje rostlin.

Stále častěji se vyskytující výkyvy počasí ve střední Evropě vedou k nerovnoměrnému rozložení srážek v kombinaci s vyšší teplotou vzduchu. Do budoucna bude proto potřeba věnovat vyšší pozornost problematice suchovzdornosti rostlin. Delší období sucha povedou podle většiny prognóz k nutnosti šlechtění plodin a odrůd nových genotypů, odolnějších k různým abiotickým stresorům. Nezanedbatelnou roli v procesu šlechtění bude hrát i kořenový systém rostlin, který je jedním z faktorů zvyšujících toleranci vůči stresorům.

Abiotické stresové faktory jsou u jinak zdravých rostlin hlavní příčinou snížení produkce. V současné době to jsou především půdní sucho (nedostatek vody dostupné pro rostliny) a vysoké teploty vzduchu. Variabilita množství srážkových úhrnů a nemožnost jejich dlouhodobé předpovědi bude přinášet řadu problémů souvisejících s různými agrotechnickými operacemi. Zvyšování průměrných teplot však nemusí být jednoznačně negativním jevem. Předností by mohlo být pěstování nových druhů teplomilných plodin (C4 i C3), zelenin, ovocných dřevin a zlepšení podmínek pro celoroční pastvu. Ve vyšších nadmořských výškách dojde ke zvýšení produkce, např. pěstování teplomilnějších kulturních plodin při zachování příznivějších vlhkostních poměrů.

Šlechtění zemědělských plodin na vyšší toleranci vůči suchu bude vyžadovat metodické postupy, které umožní definovat a kvantifikovat nejen samotnou intenzitu stresového faktoru, ale i reakce rostlin na danou intenzitu a míru jejich poškození (Spáčilová et al. 2014).

2 Cíl práce

Stresové faktory výrazným způsobem ovlivňují produkci rostlin. S rostoucím počtem obyvatel, změnou klimatických podmínek a zhoršujícím se stavem životního prostředí nabývá tato problematika stále většího významu. Jedním z nejdůležitějších stresorů v celosvětovém měřítku je vodní deficit. V přírodě se však jednotlivé stresové faktory většinou nevyskytují samostatně, ale působí společně v různých kombinacích. Nedostatek vody proto může být vyvolán řadou dalších stresorů, mezi něž patří i vysoká teplota.

Cílem této bakalářské práce bylo na základě provedeného pokusu sledovat vliv vodního deficitu, vysoké teploty a jejich vzájemné kombinace na fyziologické vlastnosti vybraných odrůd trav a určit míru tolerance/citlivosti juvenilních stadií daných rostlin k těmto stresorům.

Na základě výše uvedených cílů byly stanoveny následující hypotézy:

- existují mezidruhové rozdíly v reakci na vodní stres, vysokou teplotu a jejich vzájemnou kombinaci,
- ovlivňují uvedené stresory tvorbu podzemní a nadzemní biomasy,
- je sledovanými stresory ovlivněn poměr R/S?

3 Literární rešerše

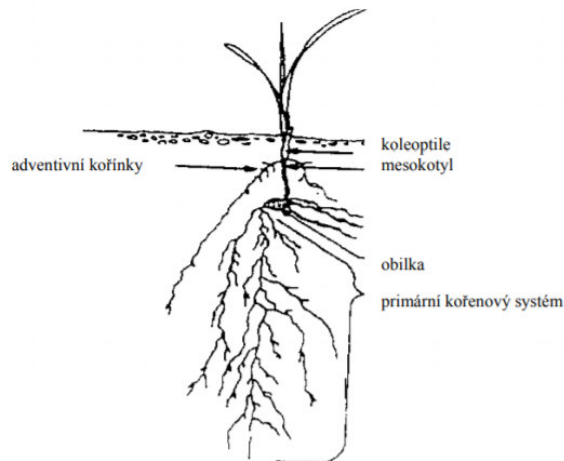
V zahradní architektuře se na území České republiky používá okolo 250 druhů travin. Trávy jsou výhradně příslušníky čeledi lipnicovitých (*Poaceae*), zatímco do širšího pojmu traviny se kromě vlastních trav zahrnují i travám morfologicky podobné, botanicky však odlišné ostřice a sítiny (Ševčíková 2003).

3.1 Morfologie, vývoj a růst čeledi lipnicovité (*Poaceae*)

Trávy patří mezi jednoděložné rostliny. Jsou řazeny do čeledi lipnicovitých (*Poaceae*), která je zastoupena více jak 10 000 druhy. Vyskytují se zde rostliny jednoleté, víceleté i vytrvalé, ozimé i jarní formy, samosprašné i cizosprašné (Cagaš et al. 2010; Hodkinson 2018). Naproti tomu Xu & Zhou (2017) čeleď *Poaceae* charakterizují jako jednoděložné, kvetoucí rostliny zahrnující přibližně 780 rodů s ca 12 000 druhy rozšířenými po celém světě.

Příznivý vliv na půdní vlastnosti má především kořenový systém trav, který obohacuje půdu o organické látky, zabraňuje erozi a omezuje vyplavování živin (nitrátů) do podzemních vod. Z hlediska vývoje trav lze dle Straky (2003) rozlišit několik charakteristických stadií, a to stadium semene, semenáčku, stadium juvenilní (trvá několik měsíců), virginální (tráva je již dospělá, ale dosud sterilní), generativní (trvá několik let), subsenilní a senilní (převažují odumírající odnože nad nově se tvořícími).

Lipnicovité mají obecně dva druhy kořenů (Míka et al. 2002), a to zárodečné (seminální) a svazčité (adventivní). Zárodečné kořeny vznikají z tzv. primordií, již viditelných na embryu. Hmotnost zárodečných kořenů (v sušině) vytrvalých trav činí v prvních měsících po vyklíčení jen 5% celkové hmotnosti kořenů. Tento údaj by mohl evokovat jejich určitou podřadnost, ve skutečnosti však jsou více rozvětvené než kořeny adventivní a rozprostírají se ve větším objemu půdy. Po několika měsících zanikají. Životnost adventivních kořenů je přibližně jeden rok (Míka et al. 2002). Souběžně s tvorbou nových kořenů dochází k odumírání a rozkladu starých. Hloubka zakořenění se mění dle stanovištních podmínek. Nejrychleji rostou kořeny v době zralosti obilek (Regal 1953). Kořenový systém trav znázorňuje Obrázek 1.



Obr. 1 Kořenový systém trav (Straková et al. 2007)

Z úžlabních pupenů na vegetačním vrcholu stébla vznikají odnože. Odnože tvořící se na hlavním výhonu se nazývají primární. Odnože vyrůstající z pupenů primárních odnoží téže rostliny se nazývají sekundární, dále terciární atd. (Míka et al. 2002). Podle charakteru odnožování se trávy dělí na trsnaté a výběžkaté (Hrouda 2010). Trsnaté trávy (*Lolium perenne*, *Phleum pratense*, *Festuca ovina* aj.) odnožují intravaginálně, tzn., že v úžlabí spodních listových pochev vyrůstají kolmo vzhůru z pupenů dceřiné odnože a pochvy listů neprorážejí. Výběžkaté druhy (*Poa pratensis*, *Festuca arundinacea*, *Poa trivialis* aj.) odnožují extravaginálně. Dceřiné odnože prorážejí na bázi příslušnou listovou pochvu a rostou zpočátku vodorovně.

Listy trav se skládají z čepele, jazýčku, oušek a pochvy (Míka et al. 2002). Listová čepel je většinou plochá, u suchomilných druhů štětinovitá. Uložení mladých čepelí v pochvě (vernace) patří k důležitým rozlišovacím znakům trav. Z tohoto hlediska lze trávy rozlišit na dvě skupiny, a to s vernací složenou nebo s vernací stočenou. Některé druhy (např. *Poa pratensis*) mají ve středu čepele listu patrnou dvojrýžku (Cagaš et al. 2010).

Mnohé trávy během roku, ve kterém byly vysety (jarní výsev) tvoří četná stébla s květenstvím. U trav rostoucích v našem podmínkách je nejčastějším typem květenství lata, dvojitý hrozen, lichoklas a klas (Míka et al. 2002). Rozkladitou latu mají např. lipnice, kostřavy aj., latu staženou v lichoklas bojínky, štíhlý, plochý, bezosinný klas jílky a pýry (Regal 1953).

Plodem trav je jednosemenná obilka. Ta může být pluchatá (plucha a pluška k obilce přiléhají nebo s ní srůstají), okoralá nebo nahá. Pluchaté obilky mají vesměs plané druhy trav (Míka et al. 2002). Dle Cagaše et al. (2010) probíhá vývoj obilek ve třech etapách. V první etapě se vlhkost obilek pohybuje mezi 75-80 %, růst je způsoben dělením buněk a rychlým zvyšováním hmotnosti obilek. Druhá etapa představuje stálý nárůst suché hmoty s poklesem vlhkosti obilek na 40 %. V poslední etapě je hmotnost suché hmoty obilek již konstantní a snižuje se vlhkost obilek.

Růst a vývoj trav zahrnuje fáze klíčení, vzcházení, objevení se prvního až třetího listu, počátek odnožování až ukončení odnožování. Prodlužování výhonů, objev prvního kolénka a sloupkování náleží do přechodné fáze. Fáze reprodukční zahrnuje vývoj a objevení se

praporcového listu, zduření listové pochvy, otevírání se pochvy praporcového listu, fázi viditelného květenství, počátek kvetení a kvetení (Cagaš et al. 2010).

Trávy ukončují reprodukční vývoj v období fyziologické zralosti, tzn. ve fázi, kdy končí dělení a pokračuje jen zvětšování buněk plodu. Semena trav jsou vyvinutá a schopná klíčení. Změny spojené s přechodem z vegetativní do generativní fáze se nazývají vernalizace nebo jarovizace. U trav probíhá vernalizace nejrychleji při teplotách 0 až 10 °C. Při nižších teplotách je již její průběh neefektivní. Travní druhy s vyhraněnými požadavky na vernalizaci (jarovizaci) musí těmito teplotními podmínkami projít každoročně, aby došlo k metání (Míka et al. 2002).

Trávy ozimého charakteru (*Poa pratensis*, *Festuca rubra*, *Lolium perenne* aj.) vyžadují působení krátkého dne a nízkých teplot. Travní druhy této skupiny metají pouze v první seči a fertilní jsou jen odnože, které vznikly na podzim. V roce výsevu nemetají. Naproti tomu období nízkých teplot k jarovizaci nepotřebují trávy jarního charakteru (*Lolium multiflorum*, *Trisetum flavescens*, *Phleum pratense*). Tyto trávy metají i v dalších sečích a diferenciaci může proběhnout během vegetačního období. U některých druhů, jako je např. *Lolium perenne*, nejsou podmínky jarovizace jednoznačně vyhraněny (Otevřel et al. 2007).

3.2 Charakteristika vybraných druhů trav a travních hybridů

3.2.1 Bojínek luční (*Phleum pratense*)

Jedná se o víceletou, volně trsnatou luční travu vyššího vzrůstu (Obrázek 2). Stébla jsou na bázi cibulkatě ztloustlá, za příznivých podmínek dosahují výšky více než 1 m (Regal & Šindelářová 1970). Stébla jsou přímá nebo krátce kolénkatě vystoupavá, hladká, 20-100 (-150) cm vysoká, s 2-6 kolénky. Listové čepele dosahují délky až 45 cm, šířky 5-8 (-10) mm, jsou ploché, zašpičatělé, po obou stranách (příp. jen na kraji) drsné. Květenstvím je úzce válcovitý lichoklas délky 6-10 (-30) cm, na obou koncích uťatý (Dostál 1989). Blanitý jazýček je dobře patrný, na okraji vystupuje ve větší zoubek. Osivo je směsí pluchatých a nahých obilek. Obilka je bělavá, velmi často vypadávající z pluch. Délka obilky dosahuje 1,4-2,2 mm, šířka 0,7-1,2 mm, HTS 0,4-0,6 g, počet obilek 2000-2500 ks/1 g, termín květu 6-8 měsíc (Straková et al. 2007).

V přirozených podmínkách bojínek roste na vlhčích stanovištích vyšších poloh. Díky své zimovzdornosti, odolnosti proti sešlapávání a časnému jarnímu vývoji byl v minulosti přidáván do hřišťových směsí. V současnosti nalézá uplatnění ve vlhčích lokalitách jako součást krajinných trávníků (Černoš & Našinec 2003) nebo v trvalých lučních a pastevních porostech včetně krátkodobých jetelotravních směsích na orné půdě (Cagaš et al. 2010). Při nedostatku vláhy výrazně klesají nejen výnosy, ale i kvalita biomasy. Stébla bojíneku po vymetání dřevnatějí rychleji než u jiných kulturních druhů trav, a proto se musí sklízet před vymetáním nebo krátce po něm. Bojínek je náročný na světlo, proto se vyskytuje jen na okrajích lesů a nedokáže proniknout do lesních podrostů (Regal & Šindelářová 1970). Patří do skupiny trav jarního charakteru s ozimými formami. Vernalizace probíhá při vyšších teplotách (Cagaš et al. 2010).



Obr. 2 Bojínek luční (Straková et al. 2007)

3.2.2 Lipnice luční (*Poa pratensis*)

Lipnice luční je nízká, výběžkatá tráva (Obrázek 3). Plného vývinu dosahuje teprve ve třetím až čtvrtém roce (Regal & Šindelářová 1970). Má velmi dlouhou dobu klíčení (až 36 dní), v roce výsevu roste velmi pomalu. Při intenzivním sečení vytváří velmi hustý porost s podzemními výběžky (Svobodová 2004). Plodná stébla jsou zakončena jehlancovitou latou. Sterilní stébelné výhony nikdy nevytváří (Regal & Šindelářová 1970). Stébla jsou přímá, hladká, 20-50 (-100) cm vysoká, oblá s 2-4 kolénky, na bázi zahalená pochvami odumřelých listů, pochvy listů hladké. Ploché listové čepele dosahují délky až 40 cm, šířky 0,8-1,5 (-2) mm (Dostál 1989). Jazyček je krátký, dobře patrný, nezašpičatělý (Regal & Šindelářová 1970). Obilka je zašpičatělá, plucha na bázi dlouze chlupatá, stopečka dosahuje do ¼ délky pluch. Délka obilky je 2,3-3,2 mm, šířka 0,6-1 mm, HTS 0,26-0,35 g, počet obilek 3300-5000 ks/1 g, termín květu 5-8 měsíc (Straková et al. 2007).

V přírodě se tento druh vyskytuje téměř ve všech klimatických podmínkách. V travních porostech roste pomalu, po dosažení plného vývoje zaplňuje mezery a poškozená místa společně s ostatními trsnatými trávami (Černochoch & Našinec 2003). Většina registrovaných odrůd je apomiktických (vývoj semen probíhá bez opylení a oplození), určených pro travníkové účely. Uplatnění nachází zejména jako základní složka zátěžových sportovních a rekreačních travníků. Dokáže přežít krátká období sucha a lze ji proto doporučit do oblastí s jejich častějším výskytem (Mastalerczuk et al. 2017). Je doplňkovým druhem pro trvalé travní porosty pícního charakteru (Cagaš et al. 2010). Je vhodná i do směsí okrasných a letištních travníků (Regal & Šindelářová 1970).



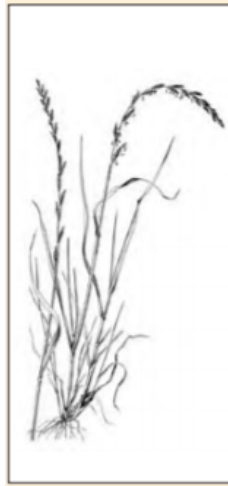
Obr. 3 Lipnice luční (Straková et al. 2007)

3.2.3 Jílek vytrvalý (*Lolium perenne*)

Jílek vytrvalý je vytrvalá, volně trsnatá pastevní tráva nižšího vzrůstu (Obrázek 4). Vytváří plodná stébla i zkrácené sterilní výhony. Na bázi stébel jsou pochvy zbarveny červenofialově (Regal & Šindelářová 1970). Stébla jsou přímá nebo na bázi krátce vystoupavá, 30-70 (10-90) cm vysoká, o 2-4 článcích. Listové čepele jsou dlouhé 5-15 (-30) cm, široké 2-4 mm, ploché, v mládí zřasené, na rubu lesklé, na líci drsné. Květenství tvoří štíhlý, řídký, převislý, bezosinný lichoklas, 3-20 cm dlouhý. Vřetenno je zprohýbané (Dostál 1989). Lichoklas se skládá z 6-10 květních klásků, které jsou uspořádány v jedné rovině. Jazyček i ouška jsou krátká. Obilka má plochou pastopečku (Regal & Šindelářová 1970). Obilka je pluchatá, nahoře tupá nebo slabě zašpičatělá, stopečka má tvar obdélníku a odspodu se stejnoměrně rozšiřuje. Plucha je slabě klenutá, bezosinná. Obilká má délku 5-7 mm, šířku 1,5-2 mm, HTS 1,6-2 (2,7) g, počet obilek 500 ks/1 g, termín květu 5-9 měsíc (Straková et al. 2007).

Jílek vytrvalý patří k nejrozšířenějším travním druhům pro pícní a travníkové účely, především ve vlhčích přímořských podmínkách s mírnou zimou. V našich klimatických poměrech se přidává do směsí s jinými druhy trav. Rychlý vývoj po zasetí, vysoká vitalita a regenerační schopnost přispívají k širokému uplatnění ve většině trávniců s výjimkou jemnolistých okrasných a speciálních trav. Z hlediska ošetřování vyžaduje dostatek živin, častější sekání a závlahu v době sucha (Černochoch & Našinec 2003).

Rané odrůdy (zejména tetraploidní) jsou významné svým využitím v dočasných jetelotravních porostech na orné půdě a krátkodobějších lučních porostech. Pozdní odrůdy (diploidní) mají nepostradatelné zastoupení v trvalých travních porostech s rovnoměrným nárůstem zelené hmoty (Cagaš et al. 2010).



Obr. 4 Jílek vytrvalý (Straková et al. 2007)

3.2.4 Hybridní kříženci jílků a kostřav (*xFestulolium*)

Pro jakékoliv křížence mezi kostřavami a jílkami se obecně vžil souhrnné označení *xFestulolium* nebo jen *Festulolium* (Obrázek 5). Jedná se o mezirodové hybridy obligátně cizosprašných druhů kostřav (*Festuca*) a jílků (*Lolium*) (Andert et al. 2014). V posledních letech význam travních kříženců vzrůstá a stávají se součástí krmivové základny v chovu hospodářských zvířat.

Festulolium je v podmínkách střední Evropy významnou trávou, která se využívá v široké paletě směsí na orné půdě, loukách a pastvinách. Cílem mezirodového křížení bylo vhodně zkombinovat vlastnosti obou rodů. Odrůdy *Festulolii* lze podle převládajícího genotypu rozdělit na typ jílkový (loloidní) a kostřavovitý (festucoidní) (Andert et al. 2014). Jílková *Festulolia* se svým charakterem blíží jílku mnohokvětému (*Lolium multiflorum*) a jiným hybridním odrůdám jílků, kostřavovitá *Festulolia* kostřavě rákosovité (*Festuca arundinacea*).

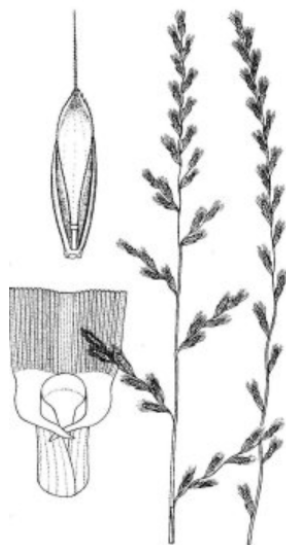
Loloidní hybridy *Festulolia* se vyznačují následujícími vlastnostmi (www.dlf.cz¹):

- vysoký výnos a rychlý vývoj po zasetí,
- velmi dobrá kvalita píce s vysokým obsahem cukrů a stravitelné vlákniny,
- lepší silážovatelnost díky vysokému obsahu vodorozpustných cukrů,
- vysoká stravitelnost organické hmoty,
- vysoká stravitelnost a obsah NDF (neutrálně detergentní vlákniny),
- jsou vhodné do krátkodobých směsí s jetelem lučním (*Trifolium pratense*) a vojtěškou setou (*Medicago sativa*),
- fungují jako doplněk pro luční a pastevní směsi za účelem zvýšení kvality píce a výnosu v prvních letech,
- jsou vhodným druhem pro přisevy luk a pastvin,
- mají lepší zimovzdornost.

Festucoidní hybridy *Festulolia* mají následující vlastnosti:

- vysoký a stabilní výnos píce,
- vytrvalost, odolnost vůči suchu i zimě,
- dobře obrůstají, avšak nemetají do dalších sečí,
- dobrá kvalita píce s vysokou stravitelností a obsahem stravitelné vlákniny,
- základní stavební prvek lučních a pastevních směsí v našich klimatických podmínkách,
- podle ročníků prodlužují pastevní období i o několik týdnů,
- jsou vhodné do krátkodobých směsí s jetelem lučním (*Trifolium pratense*) a vojtěškou setou (*Medicago sativa*).

Meziodová hybridizace mezi jílkem (*Lolium*) a kostřavou (*Festuca*), která vytváří kombinace vysokého výnosu a nutričních vlastností spojených s vytrvalostí u jílků a vysokou odolností kostřav přežívat abiotické stresové faktory (např. chlad nebo mráz), by mohla do budoucna vytvořit odrůdy schopné konkurovat rodičovským druhům. V některých vlastnostech, jako je např. schopnost reakce na měnící se klimatické podmínky, by je dokonce mohly překonat. Díky mezidruhovým a meziodovým křížencům bude možné zjednodušit skladbu směsí. Problematika suchovzdornosti nabývá stále většího významu a s postupnými změnami klimatu bude růst požadavek na nové (zejména vůči suchu odolnější) odrůdy.



Obr. 5 Hybridní kříženec x*Festulolium* (www.lfl.bayern.de)

3.3 Abiotické stresové faktory ovlivňující růst trav

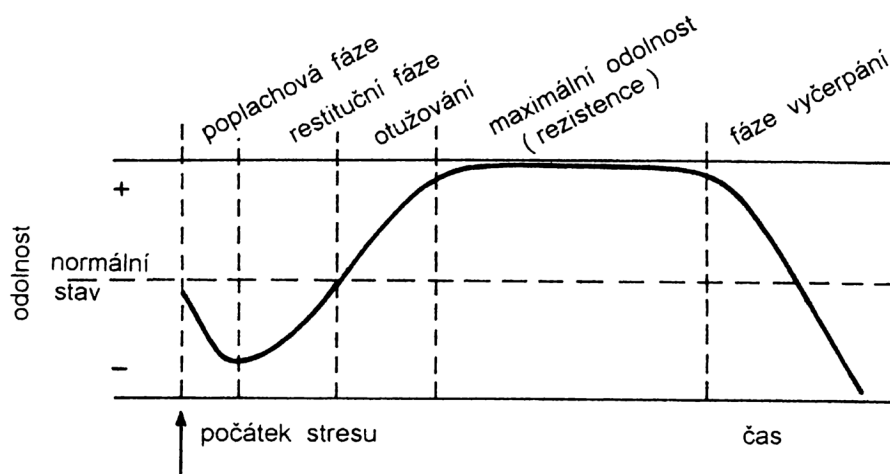
3.3.1 Definice stresu a stresová reakce

Historii vzniku slova stres popsal původem rakouský lékař Hans Selye ve své knize „*From dream to discovery*“ (Od snu k objevu) vydané v roce 1964. Selye v ní definoval stres jako „souhrn všech nespecifických změn vyvolaných poruchou funkcí nebo poškozením“ (Selye 1975). Dle Levitta (1980) znamená stres působení faktorů nepříznivých pro živý

organismus a vysvětluje jej ve dvou základních koncepcích. V první definuje stres jako faktor vnějšího prostředí, který je schopen vyvolat negativní účinek v živém organismu. Druhá koncepce vnímá biologický stres jako vnější změnu podmínek prostředí, která může nepříznivě ovlivňovat zdárný růst a vývoj rostlin. Nilsen & Orcutt (2000) charakterizují stres jako komplex mnoha dynamických reakcí, při kterém se rostlina nachází pod vlivem různých stresorů.

Problematika stresové fyziologie je u rostlin komplikovanější než u živočichů, což je dáno větší mezidruhovou variabilitou a heterogenitou vnitřního prostředí (buněk a pletiv). Rostliny patří mezi sesilní (přisedlé) organismy a jako takové nemohou migrovat za optimálními podmínkami prostředí. Za stresor je považován jakýkoliv nepříznivý faktor, který ovlivňuje či blokuje metabolismus, růst a vývoj rostliny (Lichtenthaler 1998). Následky konkrétního stresoru záleží na jeho typu, míře, rychlosti působení i na vývojové fázi rostliny. Reprodukční orgány jsou obecně citlivější na sucho, teplo, či jejich kombinaci než vegetativní. Každý z daných stresorů samostatně však ovlivňuje reprodukční procesy jiným způsobem (Barnabás et al. 2008). Odezva rostlin na mírný stres se může projevit jako aklimace (na úrovni jedince) nebo adaptace (na úrovni populace) dané rostliny (Gaspar et al. 2002). V této souvislosti se adaptací rozumí vznik vzájemné kombinace příznivě působících genů v rostlině, které postupně převládají vlivem stresových faktorů prostředí. Ve stresových podmínkách se lépe uplatňují genotypy s vhodnou kombinací genů, které se pak stávají v populaci dominantními. Silný či chronický stres působí vážná poškození, která mohou vést při špatném fyziologickém stavu či malé toleranci rostliny k danému stresoru až k jejímu úhynu (Lichtenthaler 1998). V přirozených i umělých ekosystémech se jednotlivé stresory většinou nevyskytují samostatně, ale vzájemně se ovlivňují (např. vysoká teplota, intenzita slunečního záření a vodní deficit). Kombinace stresorů může vyvolávat odlišné reakce než jejich oddělené působení (Schulze et al. 2005; Mittler 2006).

Rostliny vyvinuly různé způsoby ochrany proti stresu. U pasivní strategie se jedná o schopnost vyhnout se stresu. Tento způsob zahrnuje např. vytvoření silné kutikuly na listech, výraznou impregnaci buněčných stěn, rezervoáry vody apod. Aktivní strategie omezuje dopad stresorů až po jejich průniku do plazmatické membrány buněk a symplastu (Piterková et al. 2005). Stresové faktory vyvolávají stresovou reakci. Larcher (2003) a Atwell et al. (1999) ji dělí na několik fází (Obrázek 6). Poplachová fáze, během níž dochází k narušení buněčných struktur a funkcí, nastává ihned po začátku působení stresoru. Pokud nedojde k překročení letální úrovně organismu, následuje fáze restituční. V této fázi se mobilizují kompenzační mechanismy, které dále přecházejí do fáze rezistence, a zvyšuje se odolnost vůči danému stresoru. Při déletrvajícím stresu se rostlinný organismus vyčerpává (fáze vyčerpání) a posléze odumírá.



Obr. 6 Schéma průběhu stresové reakce (Larcher 2003)

Rostliny reagují na podnět stresového faktoru změnou exprese genů a tvorbou specifických COR/LEA proteinů. Produkce COR (Cold-regulated) proteinů je vyvolána např. při stresu chladem či mrazem (Bracale & Coraggio 2003), LEA (Late Embryogenesis Abundant) proteiny jsou spojeny s tolerancí k vodnímu stresu (Goyal et al. 2005).

LEA proteiny jsou známé také jako dehydriny. Patří do skupiny hydrofilních proteinů, které se hromadí v tělech rostlin v reakci na jakýkoliv podnět prostředí (např. nízké teploty, sucho, zasolení) spojovaný s dehydratací buněk (Close 1996; Kosová et al. 2007)). Nacházejí se v blízkosti tonoplastu a plazmatické membrány, soustřeďují se v buněčných strukturách jádra a cytoplazmy, jsou součástí cytoskeletu (Rurek 2010). Dle Hanina et al. (2011) je výskyt dehydrinů dobře zjištělný především v mladých rostlinných orgánech a pletivech, kde dochází k rychlému dělení buněk nebo dlouhivému růstu (kořenová špička, řapíky, stonky).

3.3.2 Dělení abiotických stresových faktorů

Stresové faktory (stresory), které působí na rostliny, lze dle Cerkala (2011) obecně rozdělit na biotické a abiotické. Biotické faktory zahrnují škůdce, choroby a konkurenční vztahy, mezi abiotické stresory řadí vysokou a nízkou teplotu, nadbytek a nedostatek vody, sluneční záření, mechanickou a chemickou zátěž. Vliv elektrického a magnetického pole tvoří zvláštní skupinu ostatních faktorů.

Míka et al. (2002) dělí negativní abiotické stresory ovlivňující růst a vývoj trav na:

A. Chemické vlivy:

- a) nedostatek živin (přijatelný dusík, fosfor, draslík, měď, hořčík, mangan),
- b) pesticidy (poškození herbicidy s totálním nebo gramicidním účinkem),
- c) vliv ozónu (vyšší koncentrace poškozují či ničí pyl v prašnicích).

B. Fyzikální vlivy:

- a) teplota (nízké teploty působí varhánkovatění listů, mrazové puchýře na listech),
- b) mělká půda (zasychání travního drnu u sportovních a užitkových trávníků),

c) zhutnění půdy (zátěž, vyvolaná např. přejezdy vozidel, může vést k vyskytu běloklasých stébel v semenářských porostech).

C. Mechanické vlivy:

- a) poškození porostu různým typem žacího ústrojí,
- b) poškození travního drnu při zátěži sportovních trávníků.

D. Ostatní vlivy:

- a) zelenokvětost (viviparie),
- b) četné morfézy (u metajících stébel a mladých květenství trav),
- c) albinotické rostliny ve šlechtitelských školkách (absence chlorofylu, nízká vitalita, neschopnost tvorby květenství včetně semen).

Kúdela et al. (2013) dělí abiotické stresory do následujících skupin:

A. Podle povahy a místa působení:

- a) fyzikální (nedostatek x nadbytek záření, vysoká x nízká teplota, mechanické účinky větru a těles),
- b) chemické (nedostatek x nadbytek vody a živin, nedostatek kyslíku, nadbytek iontů, toxické plyny a látky, pesticidy).

B. Podle původu a místa výskytu:

- a) kosmické (sluneční záření – fotosynteticky aktivní, ultrafialové, infračervené),
- b) atmosférické (toxické plyny a znečišťující látky v ovzduší),
- c) hydrosférické (voda v ovzduší a půdě, závlahová voda),
- d) pedosférické (soli, ionty, pH).

C. Podle ekonomického a ekologického významu:

- a) riziko ohrožení přežití rostlinných druhů a narušení rovnovážného stavu ekosystémů,
- b) riziko narušení zdraví (funkční rovnováhy) rostlin a způsobilosti limitovat produkční schopnosti užitkových rostlin,
- c) způsobilost predisponovat užitkové rostliny k původcům infekčních chorob.

3.4 Sucho a fyziologická podstata suchovzdornosti

Sucho je v meteorologii a klimatologii často užívaný pojem, který v podstatě znamená nedostatek vody v atmosféře, půdě či rostlinách. Dočasné snížení dostupného množství vody, např. nedostatkem srážek, je jedním z hlavních faktorů ovlivňujících zemědělskou produkci. Sucho bývá velmi často doprovázeno abnormálně vysokými teplotami a nižší relativní vlhkostí vzduchu, zmenšenou oblačností a vyšším počtem hodin slunečního svitu. Důsledkem těchto faktorů je vyšší výpar (evapotranspirace) a další prohlubování nedostatku vody. Sucho a koncentrace CO₂ snižuje množství biomasy (Miranda-Apodaca et al. 2015), zpomaluje růst rostlin, fotosyntetickou aktivitu, narušuje funkci průduchů, snižuje obsah chlorofylu a vyvolává přítomnost osmolytických antioxidantů (AbdElgawad et al. 2015). C3

trávy (traviny) reagují na vleklá období sucha zranitelněji, než C4 trávy (traviny) a C3 keře, které jsou odolnější (Hoover et al. 2017).

Podle Wilhiteho & Glantze (1985) existuje sucho meteorologické, hydrologické, zemědělské a socioekonomické, Sobišek et al. (1993) popisuje sucho atmosférické a hydrologické. Dle ČHMÚ (portal.chmi.cz) lze sucho rozdělit na klimatické, půdní a hydrologické.

3.4.1 Klimatické sucho

Klimatické sucho je definováno srovnáním srážkových poměrů (příp. poměrů evapotranspiračních nebo bilančních) aktuálního období k období dlouhodobému. Pod pojmem srážkový deficit se v tomto případě rozumí záporný rozdíl mezi množstvím aktuálně spadlých srážek a jejich dlouhodobým průměrem (normálem) za určité časové období (Brázdil et al. 2015). Podle Lloyd-Hughese (2013) je třeba vzít v úvahu rovněž zásoby vody v půdě, skutečnou potřebu vody a její distribuci.

3.4.2 Půdní sucho

Půdní sucho lze obecně definovat jako nedostatek vody v kořenové vrstvě půdního profilu, který narušuje vodní režim zemědělských plodin i volně rostoucích rostlin. Pokud je příčinou nedostatek vody v půdě a její nedostupnost pro rostliny, jedná se o sucho fyzikální (absolutní). Je-li v přírodě dostatečné množství vody, ale z určitého důvodu (nízká teplota, nedostatek kyslíku, zvýšený obsah CO₂) ji není kořenová soustava rostlin schopna přijmout, dochází k fyziologickému (relativnímu) suchu (Novák 2014).

Svrchní části půdního horizontu s nedostatkem vody jsou důsledkem předchozího nebo déle přetrvávajícího klimatického sucha. Účinky půdního sucha se projevují u jednotlivých druhů rostlin různě. Kromě toho vždy záleží na vývojové fázi rostliny, jejím stáří, nárocích na vodu atd. Nejdůležitějšími faktory ovlivňujícími vývoj rostlin jsou vlhkost půdy, teplota půdy a teplota vzduchu. Vlhkost půdy závisí na množství, intenzitě a časovém rozložení atmosférických srážek, výparu a vlastnostech půdy. Hraniční hodnoty vlhkosti půdy jsou v hydrologii vyjadřovány tzv. hydrolimitami.

Do základní skupiny hydrolimit patří lentokapilární bod, který leží na rozhraní těžce a lehce pohyblivé kapilární vody. Výrazně snižuje pohyblivost půdní vody, a tím i přísun vody pro kořeny rostlin. Mezi půdní hydrolimity, které naznačují nedostatek vody v půdě, patří také bod snížené dostupnosti a bod vadnutí (Štekauerová et al. 2002).

Půdní sucho je základním předpokladem sucha zemědělského, které má vliv na kvalitu a výnos pěstovaných plodin. Intenzita a dopady zemědělského sucha jsou způsobeny kromě vlastního vodního deficitu také řadou faktorů biologických (stav porostů, odolnost jednotlivých odrůd), technických (způsob zpracování půdy, úroveň zemědělských strojů) i ekonomických (využití závlah).

3.4.3 Hydrologické sucho

Hydrologické sucho vzniká nejen následkem nedostatku atmosférických srážek, ale i nevhodným využíváním vody. Jde o přírodní fenomén, který však může být ovlivněn lidskou činností. Projevuje se malou zásobou vody nejprve v povrchových, později i podzemních tocích, nízkými průtoky a hladinami vodních nádrží a vrtů, nedostatečnou vydatností pramenů (portal.chmi.cz).

Při déletrvajícím a opakujícím se suchu se pro různé druhy v rozdílných podmínkách vyvinuly odlišné životní strategie, tzn. mechanismy minimalizující poškození rostlin.

Strategie uniknutí suchu („drought escape“) je charakteristická pro rostliny, které ukončují svůj životní cyklus dříve, než nastává pravidelné období sucha. Používají ji např. jarní efemery, které využívají vodu z tajícího ledu a sněhu. Tolerance k suchu („drought tolerance“) představuje strategii vlastní rostlinám, které jsou schopné udržet buněčný tlak a chod veškerých životních funkcí i při velmi nízkém vodním potenciálu půdy (méně než -1,5 MPa) a mohou dosáhnout ještě nižších hodnot potenciálu, než má okolní vysychající půda. Jedná se např. o rostliny rostoucí na zasolených půdách (Kúdela et al. 2013). Vyhnutí se suchu („drought avoidance“) se vyskytuje u rostlin žijících v prostředí nepravidelně zásobeném vodou. Tyto rostliny efektivně udržují a využívají dostupné zásoby vody a snižují její ztráty.

3.5 Teplota

Změna teploty patří mezi nejběžnější stresové faktory (Iba 2002). Limituje růst, metabolismus a produktivitu rostlin. Reakce na teplotní stres se liší podle druhu rostliny, délky trvání a intenzity stresoru. Mění se klima a podmínky prostředí mají nedozírné následky na zemědělskou produkci a vedou ke změně exprese genů v rostlinách. Jednou z nejlépe popsanych reakcí na molekulární úrovni je reakce rostlin na vysokou teplotu nebo tepelný šok. Již při změně teploty o více než 5 °C nad teplotu optimálního růstu dochází k potlačení syntézy většiny běžných proteinů. Odpovědí organismu na vysoké teploty a další stresory je syntéza HSP proteinů („heat-shock“ protein), které zprostředkovávají termotoleranci (Vierling 1991). Široké spektrum těchto proteinů (chaperonů, ubikvitinů, proteáz) pomáhá ke stabilizaci a ochraně proteinů, které byly poškozeny teplotním stresem (Feder & Hofmann 1999). Tyto proteiny mají nezastupitelnou roli i ve volné přírodě a do budoucna budou napomáhat při regulaci stresu spojeného s globální změnou klimatu. Při vzájemném porovnávání termotolerantních a termosensitivních kultivarů pšenice bylo prokázáno, že již při optimálním teplotním rozmezí exprimují termotolerantní rostliny proteiny HSP70 ve větší míře, než sensitivní kultivary. To může souviset se získanou termotolerancí rostlin přirozeně rostoucích v teplejším prostředí (Rampino et al. 2019).

U rostlin, které byly delší dobu vystaveny působení vyšších teplot, je možné sledovat získanou molekulární paměť HSP. Při opakovaném setkání se stresorem jsou tak odolnější než rostliny, které danému faktoru vystaveny nebyly (Sedaghatmehr et al. 2016).

Poznatky o vlivu vyšších teplot ve vztahu k vernalizaci rostlin přináší Hatfield & Prueger (2015). Postupně se zvyšující nejnižší potřebná teplota, která ovlivňuje vernalizaci (jarovizaci) rostlin, bude mít negativní vliv na produkci zemědělských plodin. Překročení teplot pro zdárný průběh vernalizace snižuje vitalitu a schopnost růstu rostlin. Účinky zvýšené teploty se více projeví na výnosu obilí než na vegetativním růstu tím, že urychlují stárnutí, což snižuje schopnost tvorby zrna.

Veškeré důležité funkce a chemické aktivity udržující homeostázu rostlin jsou určovány teplotou. Nezastupitelnou roli hrají i jiné faktory, např. vlhkost, světlo, výživa, jejichž vliv je však v porovnání s teplotou obecně menší.

Růst rostlin je limitován určitým teplotním intervalem a mezními tepelnými hodnotami. V průběhu vývoje rostlin se tepelné optimum mění. V závislosti na podmínkách prostředí může docházet k posunu optimální, minimální i maximální teploty (Kúdela et al. 2013). Teplotní požadavky různých skupin rostlin a hranice jejich tolerance lze posuzovat z ekologického (zabezpečení růstu, vývoje a reprodukce) a produkčního (růst, vývoj a produkce sušiny) hlediska (Kúdela et al. 2013). Optimální rozmezí teplot není zpravidla větší než 10-15 °C. Při překročení této hranice jsou rostliny stresovány (Wahid et al. 2007).

U většiny druhů dochází ke změnám fyzikálně-chemických vlastností buněčných membrán při zvýšení teploty nad 40 °C. U zvláště citlivých druhů se tyto změny projevují již při teplotách 35-40 °C (Wahid et al. 2007).

Vysoké teploty vyvolávají u rostlin stres z horka (déltrvající působení nežádoucích teplot, které má škodlivé účinky) a přehřátí (fyziologický stav po vystavení účinkům teplot nad kritickou mez), jejichž následkem je narušení funkcí a vývoje organismu. Toto poškození může být akutní nebo chronické. Stres má negativní účinky na růst buněk, teplotní syntézu buněčných stěn, rovnováhu fytohormonů, syntézu bílkovin, otvírání průduchů, procesy dýchání (Kúdela et al. 2013) a narušuje režim CO₂ a fotosyntézu (Ma et al. 2017). Přímo ovlivňuje stabilitu membrán, proteinů, strukturu cytoskeletu a RNA.

Prvotním příznakem vlivu vysokých teplot je zastavení pohybu protoplazmy, snížení rychlosti fotosyntézy a narušení propustnosti biomembrán. Membránová lipidová vrstva se mění v lamelárně kapalný stav, neposkytuje dostatečně pevnou oporu pro membránové proteiny a stává se propustnou pro ionty. Za vysoké teploty dochází u proteinů ke změnám integrity a ztátě jejich funkce (Wahid et al. 2007). Poškození membrán a denaturace bílkovin vedou k následnému odumírání organismu (Larcher 2003).

Fenotypovým projevem může být elongace hypokotylu, řapíku nebo vztyčení listů (Franklin & Wigge 2014).

Přehřátí pletiv rostlin v důsledku působení vysokých teplot je často těžké odlišit od vlivu ostatních faktorů, např. intenzivního slunečního záření, sucha, nedostatku kyslíku apod. Stres z horka (horkostní stres) je často doprovázen stresem ze sucha (suchostní stres). Odolnost vůči vysokým teplotám je pro jednotlivé druhy i odrůdy specifická. V tomto ohledu se od sebe mohou lišit i druhy v rámci téhož rodu (Larcher 2003).

Hlavním důsledkem poškození rostlin při nadlimitních teplotách je nadbytečná tvorba reaktivních forem kyslíku („reactive oxygen species“, ROS), která působí oxidativní stres.

Adaptivní ochranou proti tomuto stresu může být zvýšená produkce antioxidantních látek, jako je vitamín C a glutathionin, což bylo prokázáno u druhu *Lolium perenne* (Xu et al. 2006).

3.6 Vodní deficit

Z hlediska vodní bilance lze rostliny rozdělit na hydrostabilní (izohydrické) a hydrolabilní (anizohydrické). Hydrostabilní druhy (stromy, některé trávy, stínobytné rostliny a sukulenty) mohou udržovat příznivý obsah vody ve svých pletivech téměř po celý den. Při záporné vodní bilanci průduchy hydrostabilních trav reagují velmi citlivě (dopoledne průduchy zavírají), okolo poledne snižují rychlost transpirace. S postupujícím stárnutím listů, např. u savanových trav se jedná o začátek období sucha, ztrácejí průduchy svou pohyblivost bez schopnosti trav ovládat vodní bilanci. Pokud nemá půda dostatečnou zásobu vody, transpirují rostliny bez omezení, dokud jim neuschnou listy (Larcher 2003).

U hydrolabilních druhů (poikilohydrické rostliny a byliny slunných stanovišť) dochází naopak k velkým ztrátám vody a nadměrnému zvyšování koncentrace buněčné šťávy. Změny vyvolané nedostatkem vody se nejprve projeví narušením buněčných funkcí, dále životních funkcí a v konečném stadiu jsou poškozeny protoplazmatické struktury, především biomembrány. Schopnost rostlin přežít extrémní zátěž suchem je tím větší, čím déle je rostlina schopna oddálit nebezpečné snížení vodního potenciálu (vysušení), a čím více může protoplazma vyschnout bez poškození (Larcher 2003).

Mezi mechanismy rostlin, které zabraňují dehydrataci, patří zvýšený příjem vody z hlubších vrstev půdy díky prodlužování kořenů, snížení velikosti transpirujícího povrchu pomocí ohýbání, svinování listů, příp. částečná defoliace a zvýšení citlivosti průduchů ke ztrátě vody. Reakce rostliny, která při nástupu sucha částečně uzavírá průduchy, omezuje dýchání, nemění intenzitu fotosyntézy, mírně zvyšuje obsah kyseliny abscisové a současně zvyšuje množství kořenové biomasy, je z hlediska genotypu pro rostliny odolávající suchu žádoucí. Dle Bláhy & Vyvadilové (2010) je takový genotyp vždy odolný vůči suchu a slouží i jako model pro šlechtění suchovzdornějších typů.

Vodní deficit, tzn. nízká zásoba vody dostupné pro rostliny, patří k hlavním abiotickým faktorům výrazně omezujícím produkci hospodářských plodin na celém světě. Analýza fyziologických procesů rostlin ve vztahu k nedostatku vody může napomoci při šlechtění rostlin na vyšší výnos a stabilitu. Selektce na produkci za stresových podmínek by mohla přinést řadu nových vynikajících kultivarů v optimálních, mírně až středně silných stresových podmínkách prostředí (Araus et al. 2002).

Tolerance rostlin k abiotickým stresorům je založena geneticky (Teulat et al. 2002). Prvotním projevem stresu z nedostatku vody je zpomalení dlouhivého růstu rostlin (Hsiao 1973), zavírání stomat a inhibice fotosyntézy (Chaves 1990). Při půdním vodním deficitu dochází ke změnám v délce kořenů, počtu kořenových vrcholů a větší tvorbě kořenové biomasy (Chiatante et al. 2008). De Willigen & van Noordwijk (1987), kteří zkoumali růst kořenového systému pšenice, uvádí, že při optimálním zásobení vodou, živinami a kyslíkem, byl růst těchto kořenů nadměrný. Jejich plocha zaujímalá ca 2x větší povrch, než bylo

potřebné pro zajištění růstu nadzemních částí. Rostliny (odrůdy) s relativně velkým kořenovým systémem v poměru k nadzemní části pak mají lepší předpoklad k dosažení větších výnosů za horších podmínek, pro rostliny s menšími kořeny to platí za optimálních podmínek. Nízká koncentrace živin posouvá hodnotu poměru ve prospěch kořenů, s rostoucím množstvím živin se tento poměr vyrovnává (Kiær et al. 2013).

Jednou z obranných reakcí rostlin na vodní deficit i ostatní abiotické stresory je zvýšená produkce fytohormonu kyseliny abscisové (ABA). Ta reguluje uzavírání průduchů, což vede ke snížené výměně plynů, ovlivnění fotosyntézy, transpirace a celkového vývoje rostliny (Popova et al. 2000; Medrano et al. 2002; Seki et al. 2007). Významnou roli hraje ABA též při dormanci (Moore 1979).

Míru stresu v důsledku sucha lze obecně stanovit měřením vodního potenciálu listů (Jones 2007). Mírný stres signalizují hodnoty vodního potenciálu klesající pod $-0,5$ MPa, kdy nastává zpomalení růstu. Pokles hodnot pod $-1,5$ MPa již představuje velmi silný stres, kdy dochází ke ztrátě napětí buněk a vadnutí rostliny (Fitter & Hay 2002). Vadnutí je projevem narušeného metabolismu doprovázené zvýšeným obsahem iontů a cukrů. Dočasné vadnutí nemá obvykle za následek vážné poškození, při déletrvajícím působení stresoru jsou poškození nevratná a nastává smrt organismu (Kúdela et al. 2013).

3.7 Šlechtění rostlin s ohledem na změny klimatu

Na základě meteorologických dat a vývoje počasí v posledních letech lze v budoucnu očekávat zvýšení četnosti a intenzity extrémních povětrnostních událostí, jako je např. sucho. V oblasti pěstování kulturních plodin tento vývoj pravděpodobně přinese posun pěstebních oblastí do vyšších nadmořských výšek, kde se však bude nutné vyrovnat s podstatně horší kvalitou půdy. Vzhledem k postupující aridizaci nižších i středních poloh je jedním z perspektivních adaptačních opatření šlechtění rostlin na rezistenci k suchu. Změna klimatu a růstových podmínek bude mít vliv i na zkrácení doby mezi setím a zralostí plodiny (Žalud et al. 2006).

V současné době dochází k velké diferenciaci šlechtitelských cílů u pícních odrůd trav a jetelovin. Hlavním kritériem pro povolení nových odrůd zůstává výnos suché biomasy. Kromě šlechtění na vysoký výnos je nutné zaměřit pozornost i na jeho stabilitu, která by měla zůstat zachována i v měnících se podmínkách prostředí. To je důležité zejména pro víceleté plodiny, jako jsou pícniny, které jsou během svého životního cyklu vystaveny větší zátěži, než např. jednoleté obilniny. Kvalita vyprodukované biomasy patří k dalším kritériím šlechtění plodin. Mezi významné šlechtitelské cíle se řadí i odolnost vůči různým abiotickým stresovým faktorům, např. suchu, vysokým letním teplotám, zimním mrazům apod., a rezistence vůči chorobám a škůdcům. V popředí zájmu stojí i vysoký výnos semen. S ohledem na fakt, že výnos biomasy je s výnosem semen v negativní korelaci, není snadné vyšlechtit odrůdu s vysokými hodnotami obou parametrů. Pro zajištění krmivové základny bude hrát šlechtění i v budoucnu významnou roli. Podstatné bude i další zkoumání vlivu vodního deficitu na

fyzologii, morfologii a růst rostlin s důrazem na jejich celistvost v závislosti na měnících se podmínkách okolního prostředí (Nejdlová 2014).

Šlechtění rostlin na odolnost vůči suchu je dáno genetickým založením polygenního charakteru vyznačujícím se nízkou heritabilitou. Různé vývojové fáze rostlin vykazují jinou citlivost na stres. Selektce na znaky spojené s vyšším výnosem ve stresových podmínkách má význam pouze v takových oblastech, kde se daný stresový faktor vyskytuje pravidelně a vždy ve stejné vegetační fázi rostliny (Cattivelli et al. 2008). Mnozí autoři poukazují na skutečnost, že šlechtění na vysoký výnos v optimálních podmínkách zajišťuje vysoké výnosy i budoucím generacím dané plodiny i v případě působení stresoru, jakým je sucho (Araus et al. 2002; Slafer et al. 2005).

Haberle & Bláha (1990) uvádí, že nejdůležitějším selekčním znakem na suchovzdornost je hloubka prokořenění. Genetická tolerance trav vůči půdním stresům může výrazně ovlivnit zakořenění trávníku (Carrow 1996). Selektci je však nutné provádět pouze ve stresových podmínkách. Vhodnou obranou proti působení sucha je ovlivnění hydraulické vodivosti kořenového systému, která závisí na typu, stáří kořenů a vnějších podmínkách prostředí (Doussan et al. 1998). Příklady úspěšné selektce dle velikosti kořenového systému a jejího dalšího využití při šlechtění polních plodin na vyšší produkci nadzemní biomasy byly prokázány u kostřavy luční (*Festuca pratensis*) a jílku vytrvalého (*Lolium perenne*) (Bonos et al. 2004).

Na nedostatek vody reaguje rostlina intenzivnějším růstem kořenů na úkor nadzemní části. Při déle trvajícím a silném stresu se růst kořenů zpomaluje, neboť rostlina není schopna zajistit dostatečný přísun potřebných asimilátů. Hlubší kořenový systém dokáže lépe využívat zásoby vody v podorniční vrstvě půdy. Schopnost kořenů změnit svou morfologii v důsledku působení sucha je jedním z nejdůležitějších faktorů tolerance rostlin vůči nedostatku srážek (Haberle et al. 2008). Výzkum produkce biomasy kořenů a poměru R/S původních a introdukovaných druhů rostlin prokázal větší hodnoty ve prospěch kořenového systému domácích druhů (Wilsey & Polley 2006).

S postupujícím globálním oteplováním roste i požadavek na širokou adaptabilitu rostlin, tj. schopnost tolerovat výkyvy počasí, teplot a množství atmosférických srážek. K dosažení potřebné adaptability lze dle Bláhy (2011) využít následující prostředky:

- a) přizpůsobení metabolismu ke kolísajícímu obsahu vody v daném prostředí,
- b) schopnost růstu v prostředích s různými klimatickými charakteristikami,
- c) ranost, tj. schopnost rostlin vyhnout se prostřednictvím svého vývojového cyklu pozdějším vyšším teplotám, např. v době nalévání zrna, růstu semen atd.,
- d) úprava habitu a anatomické stavby rostliny, např. průduchů, kutikuly, listové plochy, postavení listů,
- e) znaky nadzemních částí rostlin, které je nutné posuzovat s ohledem na celistvost a vliv fyziologických procesů kořenů,
- f) rychlý nárůst biomasy zejména v počátku vegetace s cílem vytvořit rychlý rostlinný kryt a snížit výpar; rostliny s rychlejším růstem a vývojem uniknou stresovému působení sucha a tepla v letním období,

- g) celková odolnost vůči suchu, vysoké teplotě a jejich kombinaci,
- h) efektivní využívání zdrojů vody, zejména v počátcích klíčení a vzcházení porostu,
- i) využití genových zdrojů odolnosti vůči abiotickým a biotickým stresorům,
- j) zlepšení intenzity fotosyntézy, zejména s ohledem na změny biochemických reakcí, otevírání a zavírání průduchů a jejich vodivost,
- k) novošlechtění, testování nových odrůd v extrémních podmínkách na různých lokalitách,
- l) šlechtění na tzv. adaptivní znaky, tedy plasticitu plodin a jejich odrůd.

Pro šlechtění na suchovzdornost se využívá strategie úniku, vyhnutí se a tolerance k suchu, příp. regenerace po krátkém působení stresového faktoru. Existuje pozitivní korelace mezi únikem suchu a výnosem při nedostatku srážek. Ke šlechtitelským metodám patří nepřímá a přímá selekce a jejich vzájemná kombinace (Chloupek 2008).

Nedostatek vhodných metod pro výzkum kořenového systému a screening většího množství genotypů je v současné době považován za hlavní překážku pro šlechtění rostlin na kořenový systém (Gregory 2006).

4 Metodika

Předmětem pokusu bylo vyhodnocení vlivu vodního deficitu, vysoké teploty a jejich kombinace na vybrané odrůdy trav. U rostlin byla sledována hmotnost sušiny kořenů a nadzemní biomasy. Na základě získaných hodnot byl vypočten poměr R/S. V průběhu pokusu se uskutečnilo celkem 6 měření, a to v počtu 0, 1, 3, 7, 10 a 17 dnů od zahájení pokusu.

4.1 Charakteristika pokusného materiálu

Pro pokus byly vybrány následující druhy a odrůdy trav. Jílek vytrvalý (*Lolium perenne*), odrůdy Foxtrot, Jaran, Korok. Lipnice luční (*Poa pratensis*), odrůda Balin. Bojínek luční (*Phleum pratense*), odrůda Lema. Kříženec x*Festulolium*, odrůdy Felina, Fojtan a Mahulena.

4.1.1 Jílek vytrvalý 'Foxtrot' (*Lolium perenne* 'Foxtrot')

Jedná se o poměrně vysokou odrůdu vzpřímeného vzrůstu, která nabízí jednodušší sklizeň pomocí žacích strojů včetně následného uskladnění. Jde o diploidní odrůdu s dobrou vytrvalostí, velmi dobrou geografickou přizpůsobivostí při intenzivním využití, vhodnou pro pastevní i konzervační využití píce. Má vynikající rozložení růstu během roku, což napomáhá vyrovnané produkci a efektivnímu procesu řízení. Tato odrůda je doporučena i pro pěstování v nížinách (www.dlf.com⁴).

4.1.2 Jílek vytrvalý 'Jaran' (*Lolium perenne* 'Jaran')

Tato odrůda vznikla polyploidizací diploidních odrůd Aurora a Anna a jejich následným křížením s ranými tetraploidními odrůdami. Tato raná tetraploidní odrůda je ozimého charakteru, v roce zásevu nemetá, v užitkových letech metá pouze do první seče. V dalších sečích vytváří fertliní odnože pouze ojedinele. Tato odrůda byla s předstihem vyšlechtěna pro měnící se klimatické podmínky ve střední Evropě. Mezi její hlavní přednosti patří vysoký výnos, vytrvalost a vyšší obsah cukrů. Odolnost k vyzimování zvyšuje její vytrvalost, takže dokáže udržet vysoký výnos hmoty i ve druhém a třetím užitkovém roce. Uplatnění nalézá především v intenzivních porostech pěstovaných v oblastech s krátkou vegetační dobou. Pro hospodářské účely se využívá jako monokultura v silážních porostech a jetelotravních směsích, dále jako součást směsí pro intenzivní pastviny a dočasné louky (www.dlf.cz²).

4.1.3 Jílek vytrvalý 'Korok' (*Lolium perenne* 'Korok')

Jedná se o pozdní tetraploidní odrůdu. Je ozimého charakteru, v roce zásevu nemetá, v užitkových letech metá pouze do první seče. V dalších sečích vytváří fertliní odnože pouze ojedinele. Tato odrůda je vytrvalá, s vysokým výnosem a velkou odolností ke rzím a listovým chorobám. Vysoký obsah cukrů zajišťuje lepší stravitelnost a umožňuje snadnější konzervaci siláže. Hospodářské využití je obdobné jako u odrůdy Jaran (www.dlf.com⁵).

4.1.4 Lipnice luční 'Balin' (*Poa pratensis* 'Balin')

Středně raná odrůda s velmi dobrou kvalitou píce a schopností zaplňovat prázdná místa v porostu. Vysokého výnosu dosahuje i v trvalých pastvinách. Nenáročná na půdní i klimatické podmínky, lze ji pěstovat ve všech klimatických oblastech České republiky. Vhodná pro pěstování ve směsích pro intenzivní i extenzivní využití. Vyznačuje se dobrou odolností vůči padlí travnímu, střední odolností proti plísni sněžné a nižší odolností vůči travní rzi a listovým skvrnitostem. Odolnost ke klimatickým podmínkám byla prokázána v regionu Alp, kde patří k důležitým odrůdám (www.osevauni.cz).

4.1.5 Bojínek luční 'Lema' (*Phleum pratense* 'Lema')

Odrůda přechodného charakteru, která vznikla křížením typu *Poly-cross*. Vhodná do lučních směsí, kde při vícesečném hospodaření dosahuje dobrých výsledků. Vyhovují jí písčitohlinité, středně těžké i těžší půdy, které je po výsevu nutné utužit válcem. Nejvyšších výnosů dosahuje v čisté monokultuře, na jaře je možné sít i do podsevu ječmene. Dozrává v polovině srpna, v závislosti na klimatické oblasti i dříve (old.agroporadenstvo.sk).

4.1.6 *xFestulolium* 'Felina'

Typ kostřavovitý. Tato odrůda je prvním českým rodovým hybridem trav charakteru kostřavy rákosovité. Vznikla křížením jílku mnohokvětého (*Lolium multiflorum*) ($2n=2x=14$) s kostřavou rákosovitou (*Festuca arundinaceae*) ($2n=6x=42$) a následným zpětným křížením s vybranými odrůdami kostřavy rákosovité ze světového sortimentu. Odrůda Felina je vytrvalá, středně raná, odolná k vymrznání, suchu i krátkodobému zamokření. Díky časnému jarnímu růstu a dobré produkci v letním období nachází využití ve vícesečných porostech. V pastvinách se projevuje jako prvek stabilizující výnos porostu se zvýšenou vytrvalostí a odolností proti sešlapávání. Mezi hlavní přednosti uvedené odrůdy patří vysoký výnos píce, vytrvalost a dobrý zdravotní stav (Andert et al. 2014). Může být využita jako výnosnější náhrada kostřavy luční (*Festuca pratensis*). V porovnání s kostřavou luční a rákosovitou má vyšší obsah cukrů a energie, a tím lepší krmnou hodnotu. Jedná se o vhodný komponent do jetelotravních směsí s jetelem lučním (*Trifolium pratense*) a vojtěškou setou (*Medicago sativa*) (Fojtík et al. 1988).

4.1.7 *xFestulolium* 'Fojtan'

Typ kostřavovitý. Středně raná odrůda charakteru kostřavy rákosovité, která vznikla křížením diploidního jílku mnohokvětého (*Lolium multiflorum*) s hexaploidní kostřavou rákosovitou (*Festuca arundinacea*) a následným zpětným křížením s kostřavou rákosovitou. Odrůda je vytrvalá, jde o pastevní typ vhodný do trvalých travních porostů. Vyniká lepší krmnou hodnotou než kostřava rákosovitá. Mezi hlavní přednosti této odrůdy patří vysoký výnos a kvalita píce, hustota drnu a excelentní zapojení porostu, odolnost vůči stresovým

podmínkám, dobrý zdravotní stav, jemný list, tolerance k zamokření (Andert et al. 2014). V pastevních porostech zvyšuje vytrvalost a suchovzdornost.

4.1.8 *xFestulolium* 'Mahulena'

Typ kostřavovitý. Odrůda s vysokým výnosem a vytrvalostí. Díky části genomu pocházejícího z rodu jílek (*Lolium*) a absenci stébel v dalších sečích se vyznačuje lepší kvalitou píce v porovnání s kostřavou rákosovitou. Tato odrůda je odolnější než ostatní odrůdy používané pro pěstování v travních porostech. Snáší i krátkodobé zaplavení během zimního období, příp. trvalejší sucho během léta (www.dlf.cz³).

4.2 Založení pokusu

Vybrané druhy trav byly pěstovány v plastových nádobách o velikosti 11 x 11 cm. Jako pěstební médium byl použit nesléhavý, nezasolený zahradnický substrát jemného složení (max. 10 % částic větších než 10 mm), který dobře udržoval vzdušnost prostředí. Hodnota půdní reakce pH ve vodném roztoku byla v rozmezí 5,5 – 6,5. Substrát byl před použitím ošetřen propařením, aby neobsahoval zárodky patogenních organismů, škůdce nebo semena plevelů. Obsah spalitelných látek ve vysušeném vzorku substrátu představoval 55 % a podíl částic větších než 25 mm nepřesáhl 5 %.

Pokus byl založen jako nádobový, částečně řízený v podmínkách skleníku a v klimaboxem řízených podmínkách, kde světelný režim byl nastaven na 12 hodin světla a 12 hodin tmy. Do doby vzejití rostlin byla skleníková teplota ve dne 19 °C, v noci 14 °C. Po vzejití rostlin byla teplota ve skleníku nastavena na 21 °C během dne a 15 °C v noci. Schéma nádobového pokusu bylo rozvrženo na 4 pokusné varianty a jednu kontrolní, se zachováním 6 opakování od každého druhu či genotypu.

První varianta byla kontrolní (KONTROLA). U této varianty byly rostliny ve skleníku zavlažovány po celou dobu pokusu. Množství závlahy odpovídalo 70 % polní vodní kapacity, což znamená, že každá nádoba byla zalévána asi 250 ml vody. Koncepce druhé varianty (SUCHO) představovala vystavení sledovaných rostlin ve skleníku vodnímu deficitu metodou postupného vysychání substrátu. V řízených podmínkách klimaboxu Conviron E8 byl za obdobných pěstebních podmínek založen pokus na sledování vlivu vysoké teploty (VT). Teplota byla v klimaboxu nastavena na hodnotu 25,5 °C ve dne a 19,5 °C v noci. Poslední varianta pokusu byla zaměřena na kombinaci vzájemného působení vlivu vysoké teploty a vodního deficitu (VT + SUCHO).

Pokus byl zahájen v juvenilní fázi 3 pravých listů. V průběhu pokusu se uskutečnilo celkem 6 měření ve stanovených odběrových termínech, které byly označeny jako termín měření (t. m.) 0, 1, 2, 3, 4, 5 od zahájení pokusu. Jelikož t. m. 0 a 1 vykazovaly stejné hodnoty, byla obě měření ve výsledné části zahrnuta pod označení t. m. 1.

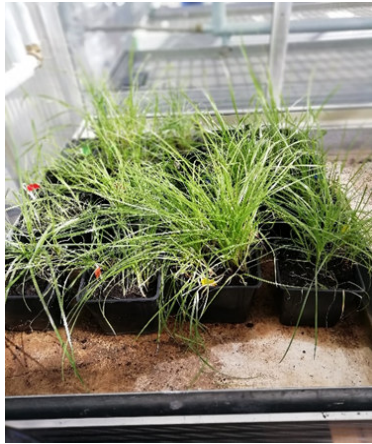


Foto 1 Zástupci trav ve skleníku, varianta KONTROLA (M. Holík)



Foto 2 Zástupci trav ve skleníku, varianta SUCHO (M. Holík)

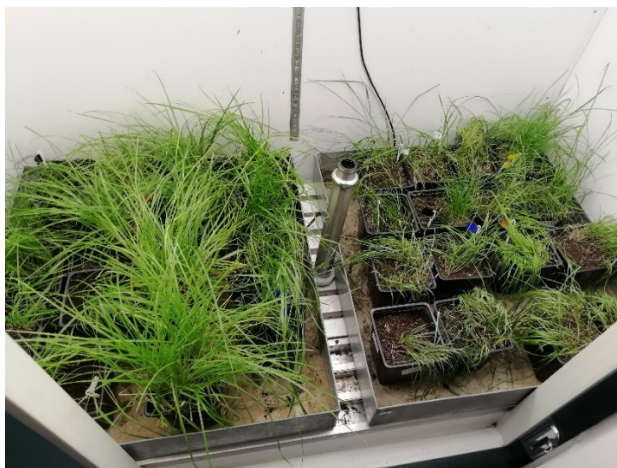


Foto 3 Zástupci trav v klimaboxu, vlevo varianta VT, vpravo VT + SUCHO (M. Holík)

4.3 Měřené charakteristiky

Stanovení hmotnosti biomasy

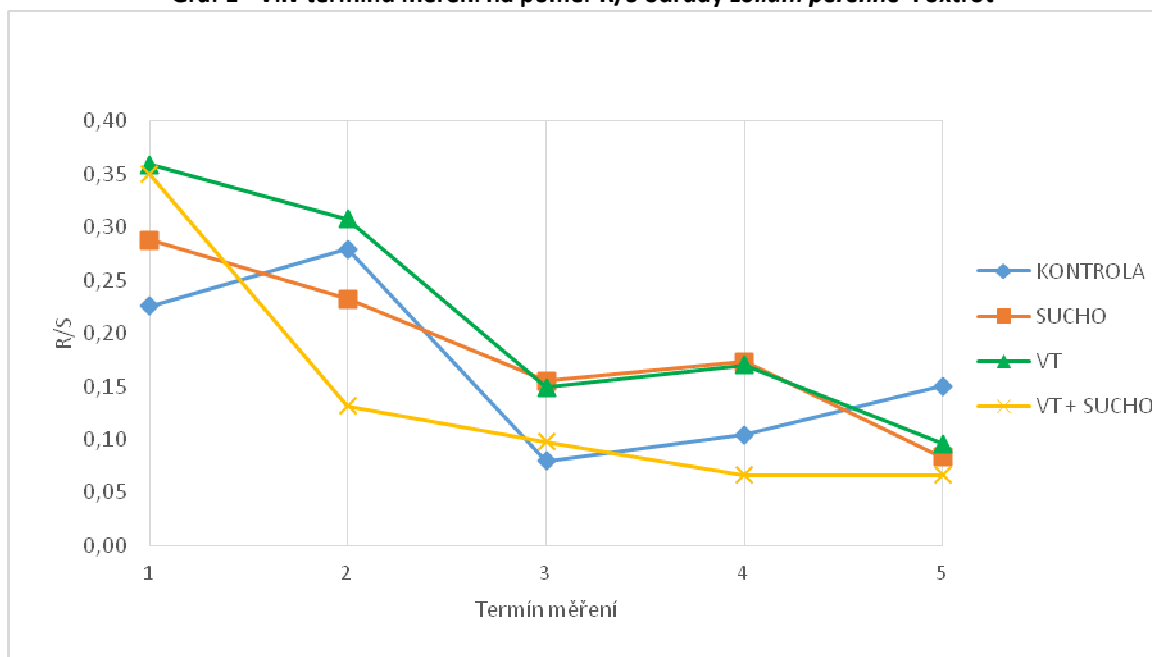
Poměr R/S

5 Výsledky

5.1 Sledované charakteristiky v rámci jednotlivých odrůd

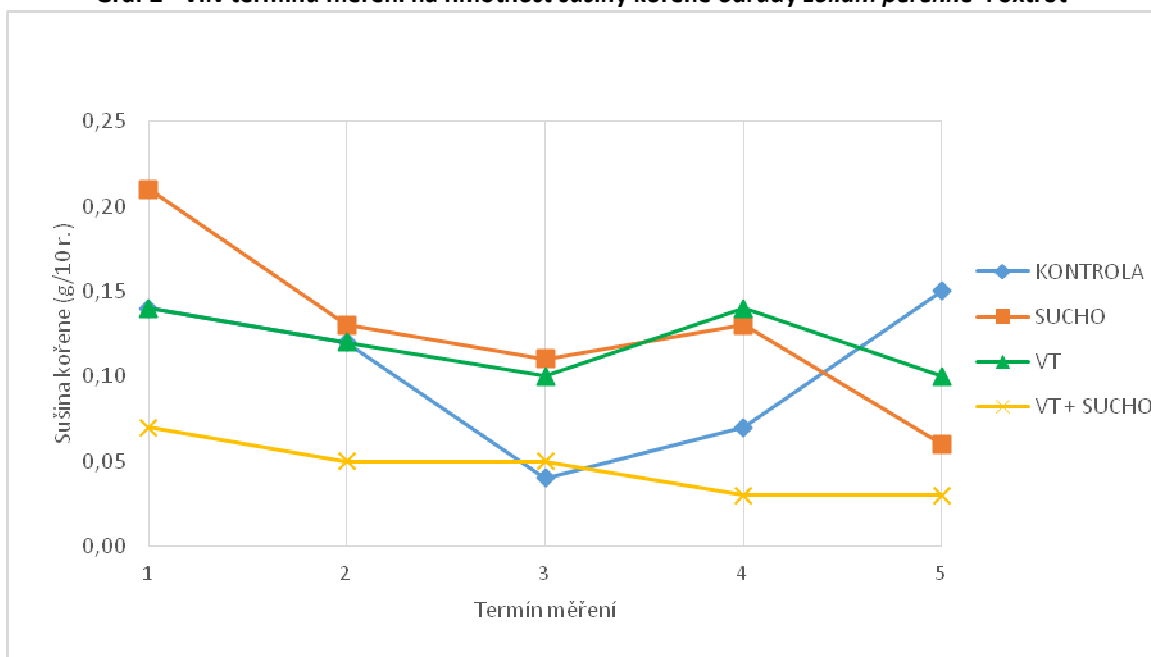
5.1.1 Jílek vytrvalý 'Foxtrot' (*Lolium perenne* 'Foxtrot')

Graf 1 - Vliv termínu měření na poměr R/S odrůdy *Lolium perenne* 'Foxtrot'



Z uvedeného grafu 1 je patrný vliv sucha a vysoké teploty na poměr R/S. Křivka kontrolní varianty měla kolísavý průběh. Od počáteční hodnoty R/S 0,23 (t. m. 1) byl nejprve zaznamenán její mírný nárůst na hodnotu 0,28 (t. m. 2), následovaný výrazným poklesem v polovině měření na 0,08 (t. m. 3) s opětovným nárůstem v závěru měření na hodnotu 0,15 (t. m. 5). Varianta SUCHO vykazovala celkově sestupný trend od počátku měření z hodnoty 0,29 (t. m. 1) až na konečnou hodnotu 0,08 (t. m. 5). U varianty VT bylo v porovnání s KONTROLOU dosaženo vyšších naměřených hodnot. Celkově měl poměr R/S u této varianty sestupnou tendenci od 0,36 na počátku měření (t. m. 1), s výrazným poklesem v závěru měření na 0,10 (t. m. 5). Kombinace VT + SUCHO měla silnou sestupnou tendenci po celou dobu měření v intervalu 0,35 (t. m.1) – 0,07 (t. m. 5).

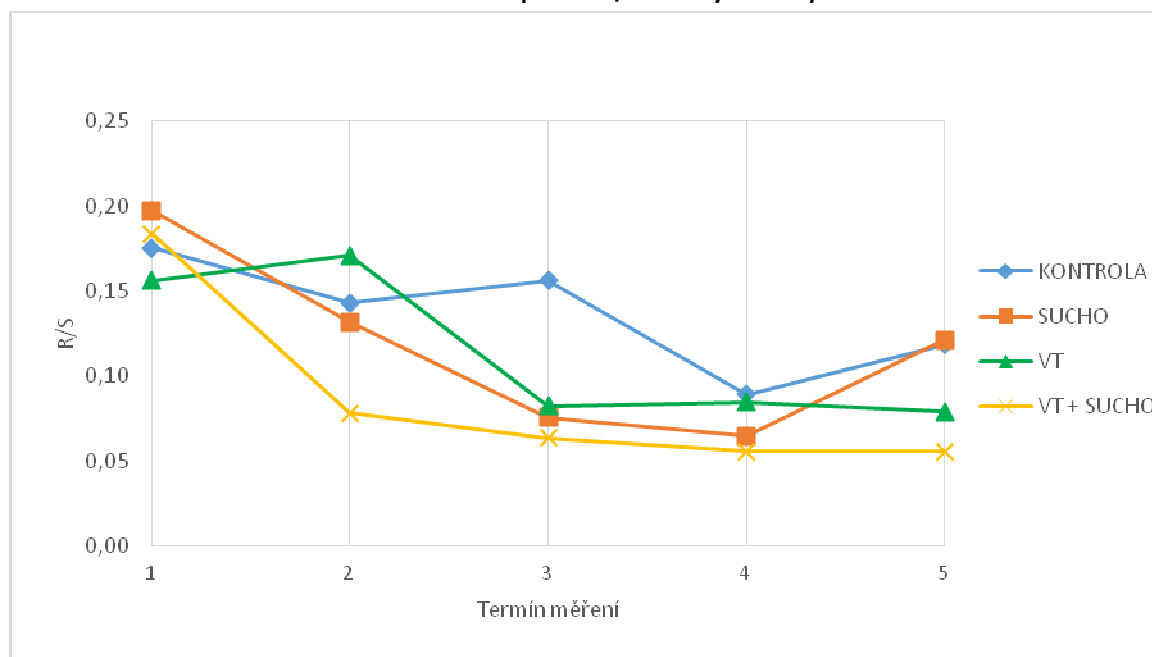
Graf 2 - Vliv termínu měření na hmotnost sušiny kořene odrůdy *Lolium perenne* 'Foxtrot'



Z grafu 2 vyplývá výrazný pokles křivky kontrolní varianty od počátku měření (t. m. 1), kdy byla hmotnost sušiny kořene 0,14 g. V polovině pokusu (0,04 g) byl pokles vystřídán nárůstem až na konečnou hodnotu 0,15 g (t. m. 5). Varianta SUCHO vykazovala zpočátku vyšší hodnoty hmotnosti sušiny kořene než KONTROLA, v závěru měření pak následoval výrazný pokles. Vliv sucha na tvorbu sušiny kořene měl sestupný trend od počátku měření (0,21 g) až na konečnou hodnotu 0,06 g (t. m. 5). Varianta VT měla podobný vývoj křivky jako SUCHO. Počáteční a konečná hmotnost sušiny kořene byla u této varianty 0,14 g (t. m. 1), resp. 0,10 g (t. m. 5). U varianty VT + SUCHO dosahovaly naměřené údaje s klesajícím trendem nejnižších hodnot hmotnosti sušiny kořene od 0,07 g (t. m. 1) do 0,03 g (t. m. 5).

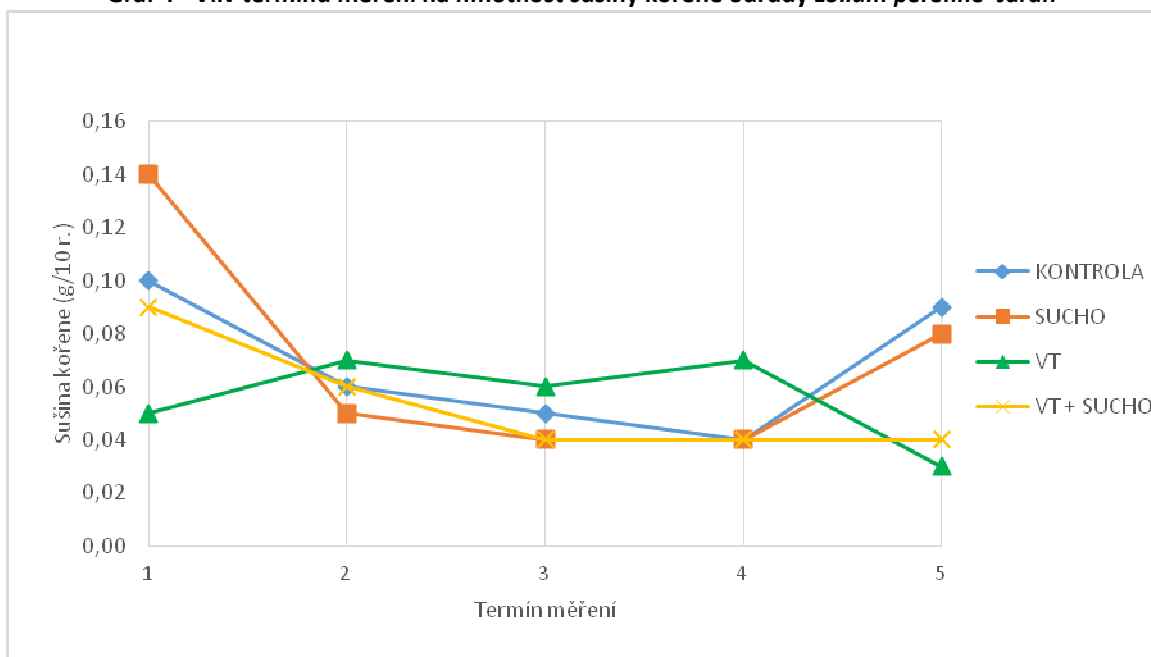
5.1.2 Jílek vytrvalý 'Jaran' (*Lolium perenne* 'Jaran')

Graf 3 - Vliv termínu měření na poměr R/S odrůdy *Lolium perenne* 'Jaran'



Z grafu 3 je patrný negativní vliv působení stresorů na danou odrůdu v porovnání s kontrolní variantou. Tento trend je možné zaznamenat téměř u všech termínů měření s výjimkou varianty SUCHA (t. m. 1) a VT (t. m. 2). Křivka varianty KONTROLA střídavě kolísala v intervalu od 0,18 (t. m. 1) do 0,12 (t. m. 5). Varianta SUCHO vykazovala sestupnou tendenci od počátku měření z hodnoty 0,20 (t. m. 1) až po 0,06 (t. m. 4), odkud následoval nárůst na konečnou hodnotu 0,12 (t. m. 5). Vliv varianty VT se projevil mírným nárůstem hodnot na počátku měření z 0,16 (t. m. 1) na 0,17 (t. m. 2). V další části pokusu došlo k poklesu na hodnotu 0,08 (t. m. 3), která již zůstala do konce měření konstantní. U rostlin ovlivněných kombinací VT + SUCHO došlo k nejvýraznějšímu poklesu poměru R/S na začátku měření z hodnoty 0,18 (t. m. 1) na 0,08 (t. m. 2). V další fázi pokusu nastalo mírné snížení hodnoty na 0,06, která již zůstala do konce měření zachována.

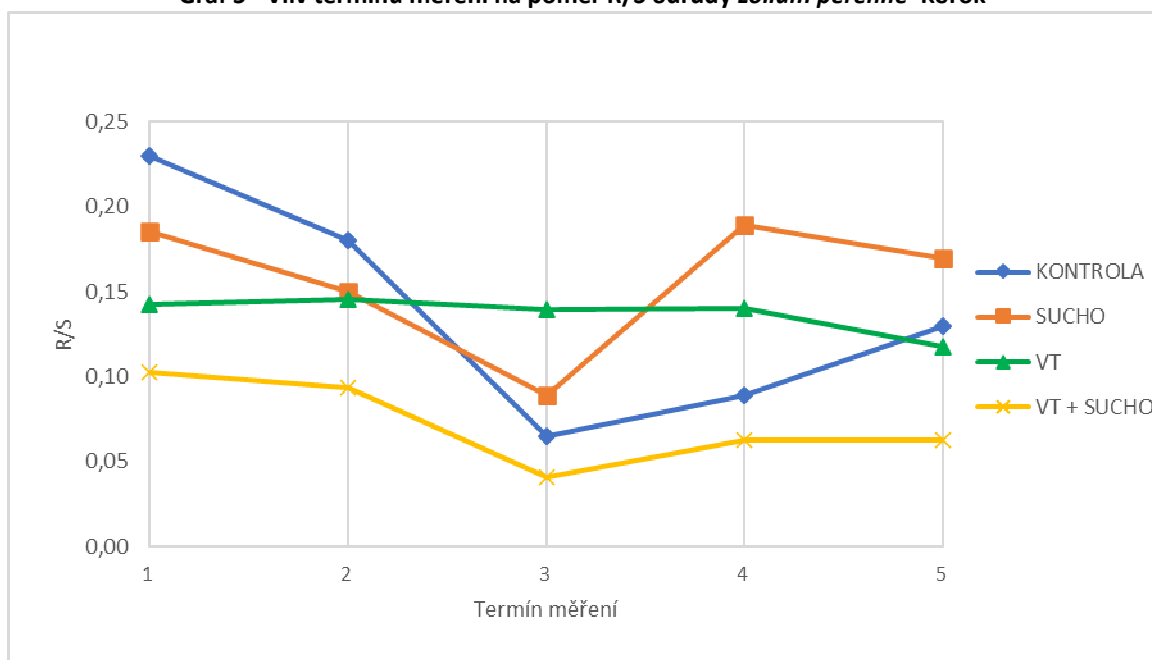
Graf 4 - Vliv termínu měření na hmotnost sušiny kořene odrůdy *Lolium perenne* 'Jaran'



Na základě grafu 4 je možné pozorovat podobný průběh křivek varianty KONTROLA, SUCHO a VT + SUCHO s výraznějším poklesem množství sušiny kořene na začátku sledování (t. m. 2), kdy po mírně klesajícím trendu během měření docházelo k nárůstu biomasy v poslední fázi pokusu. Křivka VT + SUCHO měla o něco vyrovnanější průběh a na konci měření zůstala konstantní. Interval hodnot se u varianty KONTROLA pohyboval v rozmezí od 0,10 g (t. m. 1) do 0,09 g (t. m. 5), u varianty SUCHO od 0,14 g (t. m. 1) do 0,08 g (t. m. 5). Varianta VT + SUCHO se pohybovala v rozmezí hodnot 0,09 g (t. m. 1) až 0,04 g (t. m. 5). Opačný vliv na množství sušiny kořene měla varianta VT, která vykazovala nejnižší hodnoty na začátku (0,05 g) a konci měření (0,03 g). V intervalu měření t. m. 2 až t. m. 4 (0,07 g) došlo k nárůstu hmotnosti sušiny kořene a tyto hodnoty se pohybovaly nad kontrolní variantou.

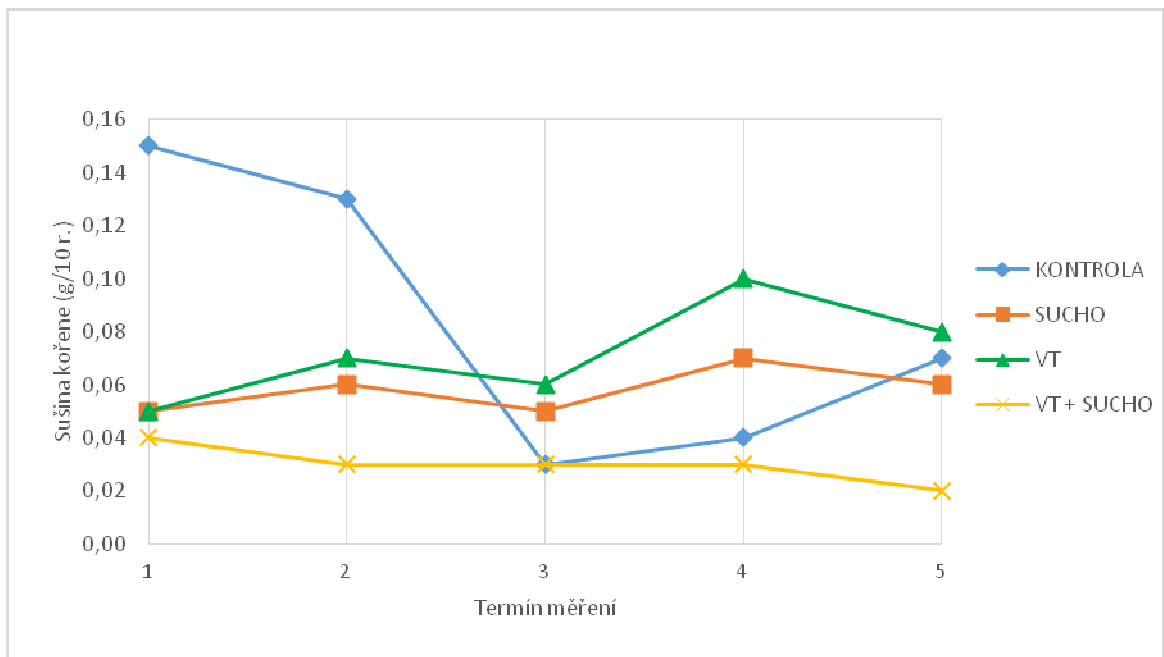
5.1.3 Jílek vytrvalý 'Korok' (*Lolium perenne* 'Korok')

Graf 5 - Vliv termínu měření na poměr R/S odrůdy *Lolium perenne* 'Korok'



Vliv termínu měření na hodnotu průměru R/S se u jílků vytrvalých, odrůdy Korok, na základě grafu 5 výrazně projevilo u varianty KONTROLA. Hodnoty R/S se zde pohybovaly v intervalu od 0,23 (t. m. 1) do 0,13 (t. m. 5) s výrazným poklesem v polovině měření na 0,07 (t. m. 3). Varianta SUCHO sestupně klesala od počáteční hodnoty 0,19 (t. m. 1) až po 0,09 (t. m. 3), kdy došlo k opětovnému nárůstu na 0,19 (t. m. 4) a mírnému poklesu v závěru měření na 0,17 (t. m. 5). Křivka varianty VT měla vyrovnaný průběh po celou dobu měření, kdy byly zaznamenány jen nepatrné výkyvy s mírným poklesem v závěru. Poměr R/S dosahoval hodnot od 0,14 (t. m. 1) do 0,12 (t. m. 5). Jednoznačně nejnižších hodnot R/S dosahovala varianta VT + SUCHO, a to 0,10 (t. m. 1) až 0,06 (t. m. 5).

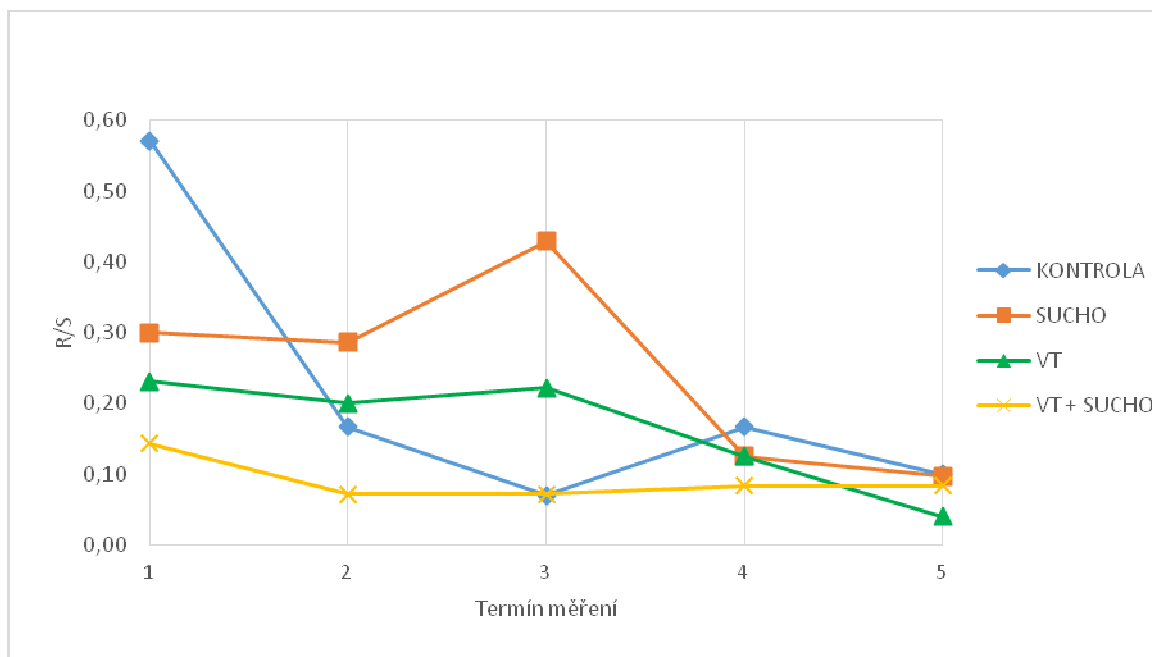
Graf 6 - Vliv termínu měření na hmotnost sušiny kořene odrůdy *Lolium perenne* 'Korok'



U grafu 6 můžeme zaznamenat výrazné změny hmotnosti sušiny kořene v reakci na působení vysoké teploty a sucha u jílku vytrvalého, odrůdy Korok, v porovnání s variantou KONTROLA. Na počátku měření byla hmotnost sušiny kořene u kontrolní varianty 0,15 g (t. m. 1), v t. m. 2 došlo ke snížení na hodnotu 0,13 g a dále až na 0,03 g (t. m. 3). Do konce měření již hmotnost sušiny kořene stoupala až na 0,07 g (t. m. 5). Reakce na varianty SUCHO a VT se projevila rostoucím trendem obou křivek, kdy na počátku měření obě varianty dosahovaly hmotnosti sušiny kořene 0,05 g (t. m. 1). Na konci sledovaného období byla hodnota hmotnosti sušiny kořene u varianty SUCHO 0,06 g (t. m. 5) a u varianty VT 0,08 g (t. m. 5). Na kombinaci stresorů VT + SUCHO reagovala výše uvedená odrůda opět nízkými hodnotami vykazujícími mírně sestupný trend od počátku měření 0,04 g (t. m. 1) po 0,02 g (t. m. 5).

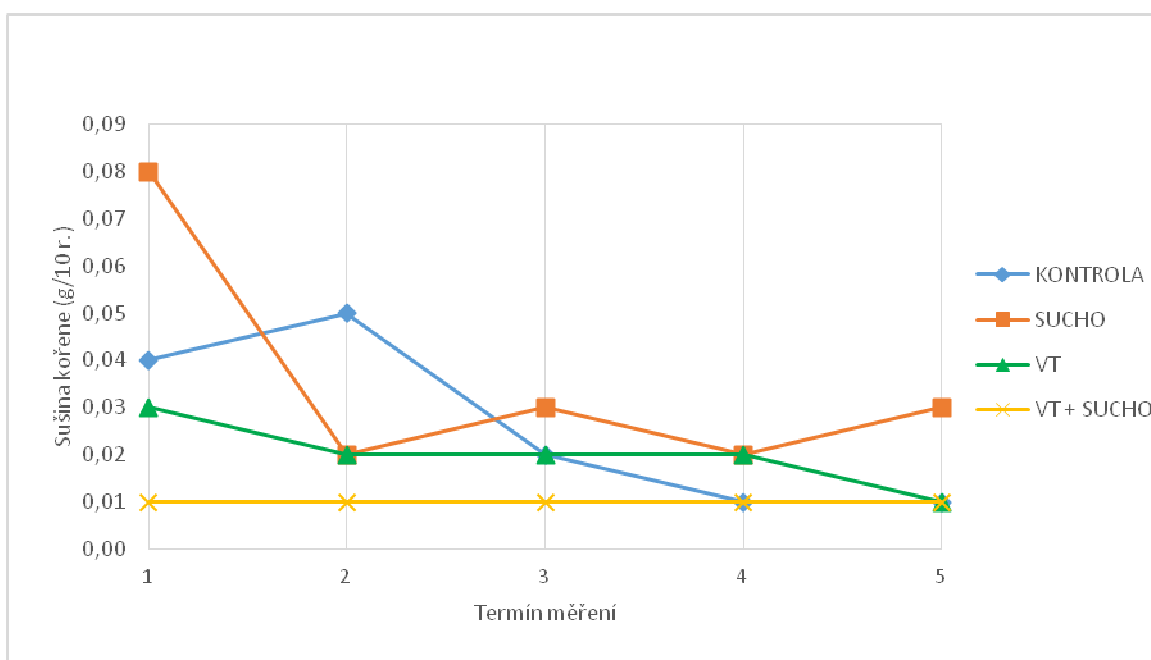
5.1.4 Lipnice luční 'Balin' (*Poa pratensis* 'Balin')

Graf 7 - Vliv termínu měření na poměr R/S odrůdy *Poa pratensis* 'Balin'



Vliv stresorů na poměr R/S se u lipnice luční, odrůdy Balin, projevil u všech variant (graf 7). U kontrolní varianty docházelo od počátku měření, kdy byla hodnota poměru R/S 0,57 (t. m. 1), k poklesu tohoto poměru až do t. m. 3 (0,07), kdy následoval nárůst na hodnotu 0,17 (t. m. 4), s opětovným mírným poklesem v závěru měření na 0,10 (t. m. 5). V porovnání s variantou KONTROLA reagovala odrůda Balin na stresory SUCHO a VT mezi t. m. 2 až t. m. 4 zvýšenou hodnotou poměru R/S, kdy se získané údaje pohybovaly v intervalu od 0,29, resp. 0,20 do 0,13 u obou variant. Kombinace VT + SUCHO vykazovala celkově nízké, poměrně vyrovnané hodnoty R/S, a to od 0,14 (t. m. 1) po 0,08 (t. m. 5).

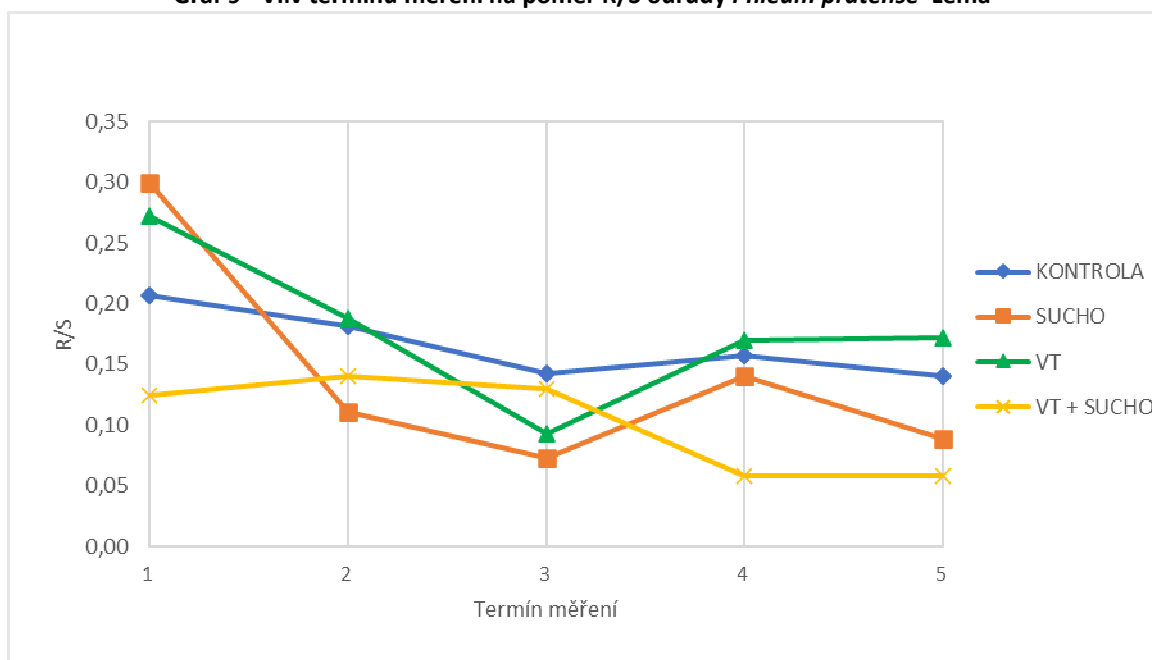
Graf 8 - Vliv termínu měření na hmotnost sušiny kořene odrůdy *Poa pratensis* 'Balin'



Z grafu 8 je patrné, že křivka hmotnosti sušiny kořene varianty KONTROLA po počátečním mírném nárůstu z hodnoty 0,04 g (t. m. 1) na 0,05 g (t. m. 2), soustavně klesala až do samého závěru, kdy byla naměřeno jen 0,01 g (t. m. 5). Vliv stresoru SUCHA se nejvíce projevil na začátku pokusu, kdy byl zaznamenán výrazný pokles hmotnosti sušiny kořene z hodnoty 0,08 g (t. m. 1) na 0,02 g (t. m. 2). Další průběh křivky už byl poměrně vyrovnaný, kdy v posledním termínu měření byla získána hodnota 0,03 g (t. m. 5). Varianta VT vykazovala soustavný nevýrazný pokles po celou dobu měření v intervalu od 0,03 g (t. m. 1) po 0,01 g (t. m. 5). Na kombinaci stresoru VT + SUCHO reagovala odrůda Balin vyrovnanými hodnotami sušiny kořene, které u všech termínů měření dosahovaly 0,01 g. V rámci všech variant a měření v porovnání s kontrolou byly tyto údaje nejvyrovnanější, a zároveň nejnižší.

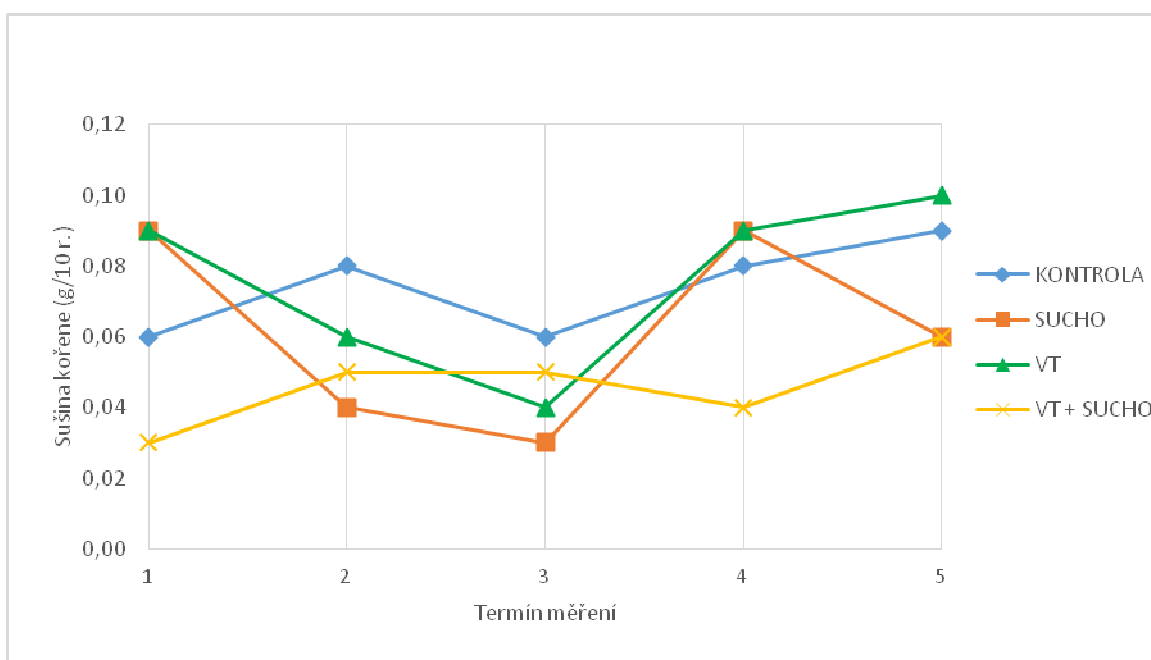
5.1.5 Bojínek luční 'Lema' (*Phleum pratense* 'Lema')

Graf 9 - Vliv termínu měření na poměr R/S odrůdy *Phleum pratense* 'Lema'



Z grafu 9 vyplývá negativní vliv stresorů u bojínku lučního (*Phleum pratense*), odrůdy Lema, na poměr R/S v porovnání s kontrolní variantou. Poměr R/S se u varianty KONTROLA pohyboval v intervalu 0,21 (t. m. 1) do 0,14 (t. m. 5). Varianta SUCHO vykazovala výrazný pokles poměru R/S z počáteční hodnoty 0,30 (t. m. 1) na 0,07 (t. m. 3), kdy došlo ke vzestupu hodnoty na 0,14 (t. m. 4) a následnému opětovnému poklesu na hodnotu 0,09 (t. m. 5). U varianty VT můžeme sledovat obdobný sestupný trend z hodnoty 0,27 (t. m. 1) až na 0,09 (t. m. 3). Do konce měření došlo u této varianty k nárůstu poměru R/S až na hodnotu 0,17 (t. m. 5). U rostlin ovlivněných variantou VT + SUCHO došlo v t. m. 2 k mírnému nárůstu o 0,01 bodu oproti počátku měření, kdy byla hodnota na 0,13 (t. m. 1). Do konce měření pak docházelo k sestupnému trendu uvedeného poměru až na 0,06 (t. m. 5). Celkový vývoj křivky R/S u varianty VT + SUCHO se nacházel pod úrovní hodnot kontrolní varianty.

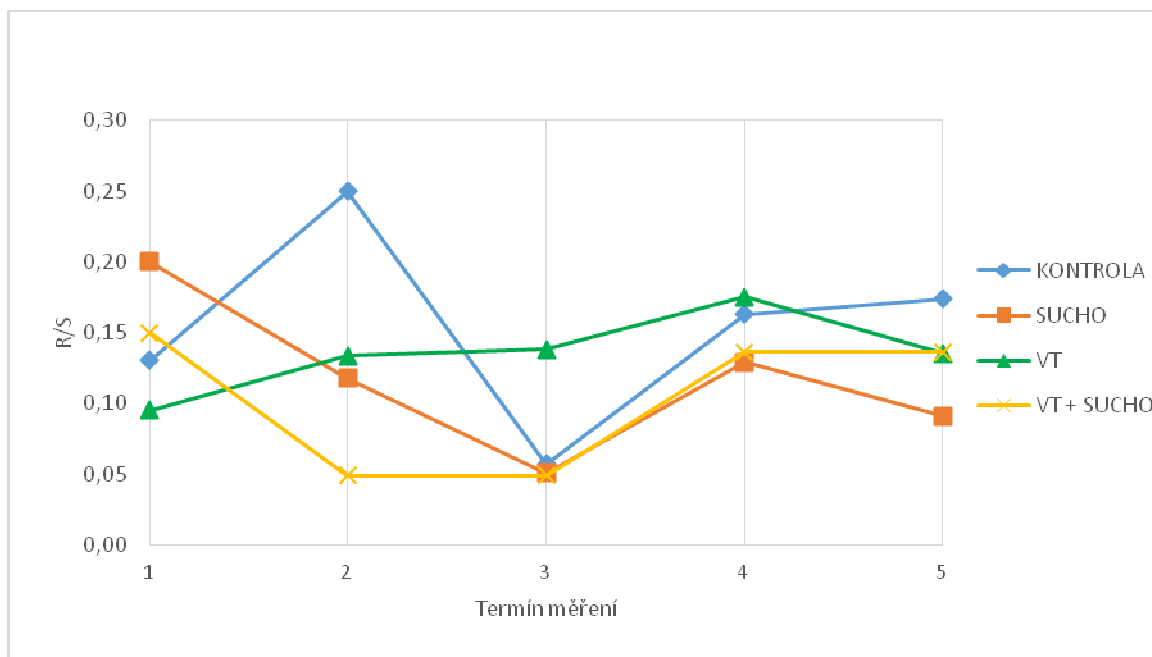
Graf 10 - Vliv termínu měření na hmotnost sušiny kořene odrůdy *Phleum pratense* 'Lema'



Z grafu 10 vyplývá negativní vliv působení sucha na hmotnost sušiny kořene. U varianty KONTROLA se hmotnost sušiny kořene pohybovala v intervalu od 0,06 g (t. m. 1) do 0,09 g (t. m. 5). Po mírném nárůstu o 0,02 bodu v t. m. 2 (0,08 g) došlo k poklesu hodnoty v t. m. 3 (0,06 g) a opětovnému zvýšení hodnot v závěru měření. Varianta SUCHO se projevila výrazným poklesem hodnot v polovině měření, kdy došlo ke snížení z počáteční hodnoty 0,09 g (t. m. 1) až na 0,03 g (t. m. 3). Do konce měření se hodnota hmotnosti sušiny nejprve opět zvýšila na 0,09 g (t. m. 4), poté znovu mírně klesla na 0,06 g (t. m. 5). Varianta VT měla podobný vývojový trend jako SUCHO. Interval naměřených hodnot se pohyboval v intervalu od 0,09 g (t. m. 1) do 0,10 g (t. m. 5). Křivka VT + SUCHO se nacházela pod úrovní kontrolní varianty a celkově vykazovala mírný nárůst z počáteční hodnoty 0,03 g (t. m. 1) na 0,06 g (t. m. 5).

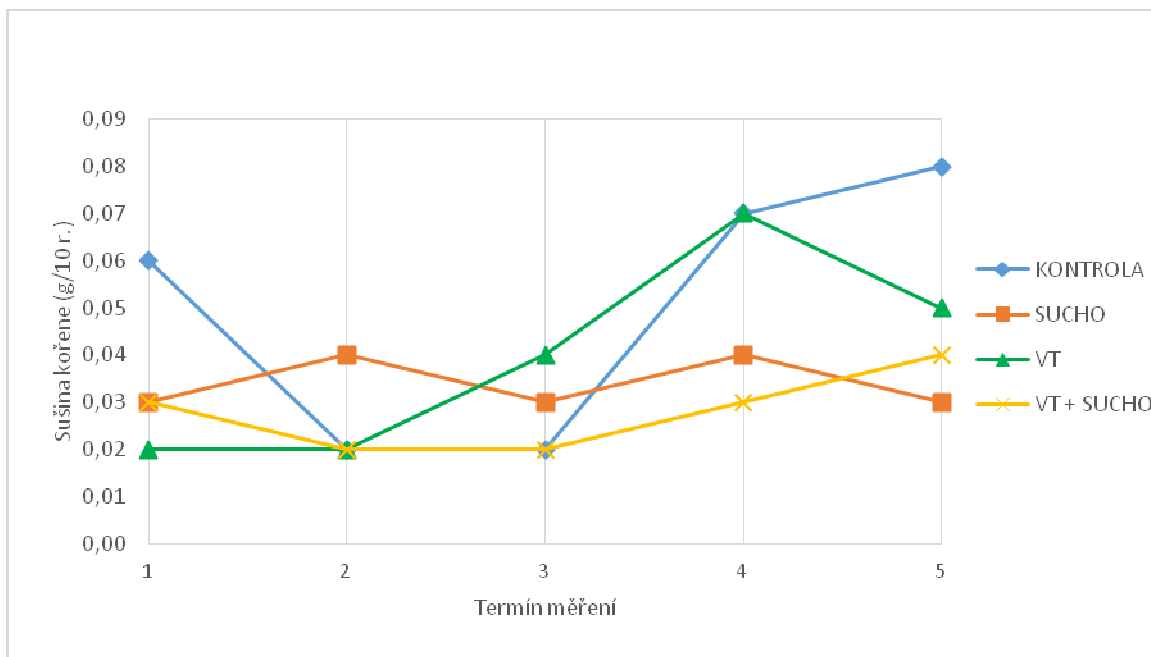
5.1.6 xFestulolium 'Felina'

Graf 11 - Vliv termínu měření na poměr R/S odrůdy xFestulolium 'Felina'



Z grafu 11 je patrný rozdílný průběh vlivu jednotlivých stresorů na poměr R/S v porovnání s kontrolní variantou. U varianty KONTROLA byla počáteční hodnota R/S 0,13 (t. m. 1), v následujícím měření došlo k výraznému nárůstu na 0,25 (t. m. 2) a posléze k poklesu na 0,06 (t. m. 3). Do konce pokusu hodnoty stoupaly až na 0,17 (t. m. 5). Varianty SUCHO a VT + SUCHO se kromě výchozích hodnot R/S nacházely pod úrovní kontrolní varianty. Od počátku měly obě varianty sestupný trend až do poloviny měření (t. m. 3), kdy začaly naměřené údaje stoupat. Interval hodnot R/S se u varianty SUCHO pohyboval v rozmezí od 0,20 (t. m. 1) do 0,09 (t. m. 5), u varianty VT + SUCHO od 0,15 (t. m. 1) do 0,14 (t. m. 5). Vliv vysoké teploty se projevilo zvyšováním poměru R/S od začátku měření, kdy byla výchozí hodnota 0,10 (t. m. 1), po 0,18 (t. m. 4). V závěru pokusu došlo ke snížení hodnoty na 0,14.

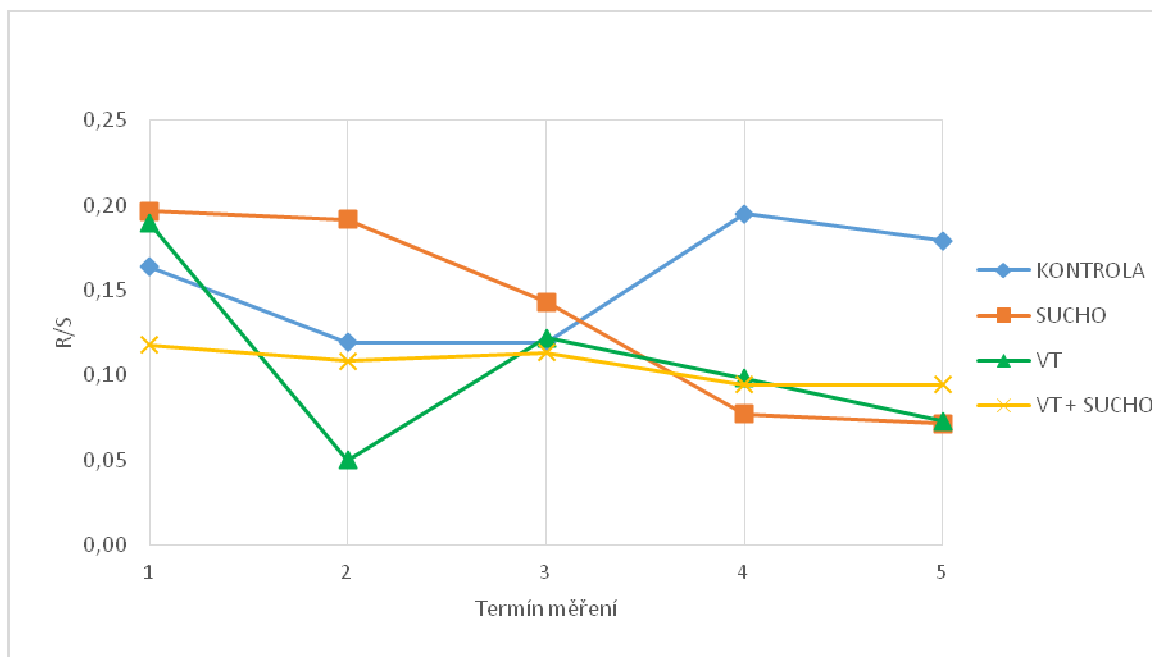
Graf 12 - Vliv termínu měření na hmotnost sušiny kořene odrůdy xFestulolium 'Felina'



Z grafu 12 vyplývají významné změny vlivu stresorů vysoké teploty a sucha na hmotnost sušiny kořene xFestulolia, odrůdy Felina v porovnání s kontrolní variantou. Na počátku měření kontrolní varianty byla hmotnost sušiny kořene 0,06 g (t. m. 1), v následujících měřeních došlo ke snížení na hodnotu 0,02 (t. m. 2 a t. m. 3). Výrazný vzestup hodnot byl zaznamenán v t. m. 4 (0,07 g) a t. m. 5 (0,08 g). Varianta SUCHO měla mírně kolísavý průběh během všech měření, kdy se pravidelně střídaly hodnoty sušiny 0,03 g a 0,04 g. Vliv varianty VT se projevil rostoucím trendem hodnot od t. m. 2 (0,02 g) do t. m. 4 (0,07 g). V závěru pokusu došlo k mírnému poklesu na hodnotu 0,05 g. Kombinace stresorů VT + SUCHO se pohybovala v intervalu od 0,03 g (t. m. 1) do 0,04 g (t. m. 5).

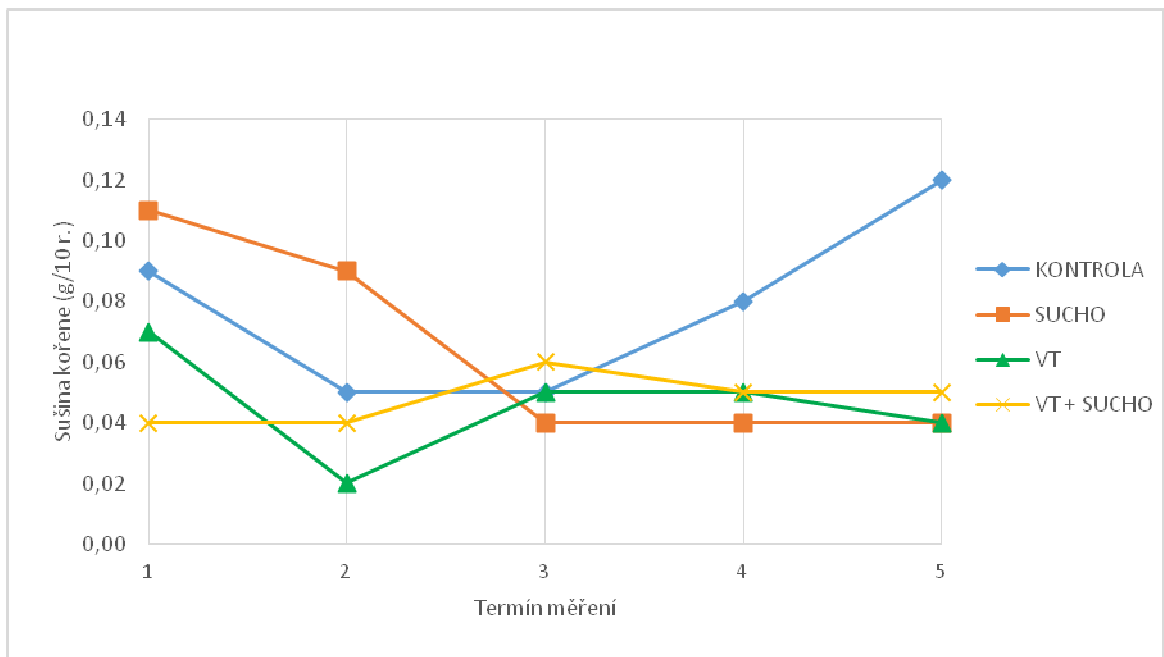
5.1.7 xFestulolium 'Fojtan'

Graf 13 - Vliv termínu měření na poměr R/S odrůdy xFestulolium 'Fojtan'



Z hodnot grafu 13 lze sledovat pozitivní vliv stresu suchem na poměr R/S v porovnání s kontrolou. Křivka kontrolní varianty R/S od počátku měření 0,16 (t. m. 1) vykazovala zprvu klesající tendenci až na hodnotu 0,12 (t. m. 3), s následným výrazným vzestupem na hodnotu 0,20 (t. m. 4), po němž došlo k poklesu na 0,18 v závěru měření. U varianty SUCHA v porovnání s KONTROLOU byly naměřené hodnoty R/S vyšší až do t. m. 3 (0,14). Poté došlo k poklesu hodnot až na 0,07 (t. m. 5). Stresor vysoké teploty se negativně projevil na vývoji křivky R/S, která v porovnání s variantou KONTROLA dosahovala vyjma začátku měření nižších hodnot v intervalu od 0,19 (t. m. 1) do 0,07 (t. m. 5). Křivka varianty VT + SUCHO se opět nacházela pod úrovní kontrolní varianty. Naměřené hodnoty R/S se nacházely v intervalu od 0,12 (t. m. 1) do 0,09 (t. m. 5).

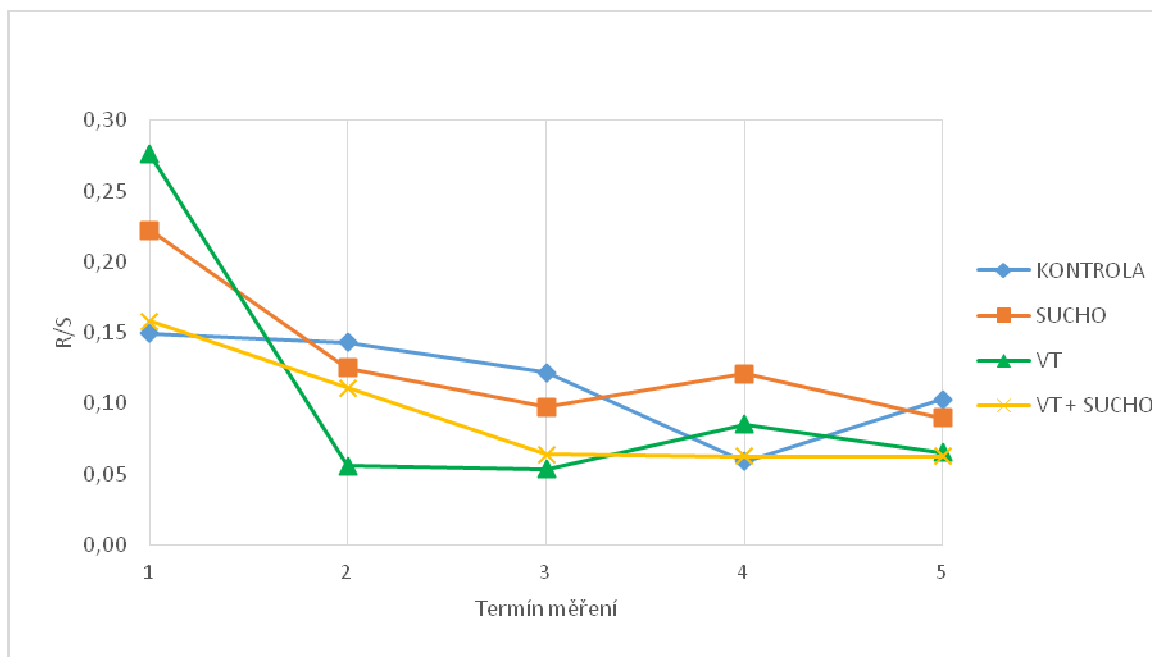
Graf 14 - Vliv termínu měření na hmotnost sušiny kořene odrůdy *xFestulolium* 'Fojtan'



Hmotnost sušiny kořene se u varianty KONTROLA pohybovala v intervalu hodnot od 0,09 g (t. m. 1) do 0,12 g (t. m. 5), kdy se po počátečním poklesu hmotnost kořene výrazněji zvýšila v závěru měření. Z grafu 14 rovněž vyplývá pozitivní vliv stresoru sucha na hmotnost sušiny kořenů odrůdy *xFestulolium* 'Fojtan' v porovnání s kontrolní variantou (t. m. 1 a t. m. 2). V případě varianty SUCHO se hmotnost sušiny kořene snižovala od začátku pokusu z 0,11 g (t. m. 1) na 0,04 g (t. m. 3). V následujících termínech měření již zůstala tato hodnota konstantní. Rostliny rostoucí ve variantě pokusu VT dosahovaly po celou dobu měření nižších hodnot hmotnosti sušiny kořene než kontrolní varianta, a to v intervalu od 0,07 g (t. m. 1) do 0,04 (t. m. 5). U kombinace stresorů VT + SUCHO se hmotnost sušiny kořenů na počátku pokusu pohybovala na úrovni 0,04 g (t. m. 1). Ke zvýšení této hodnoty o 0,02 bodu došlo v t. m. 3 (0,06 g). Mírný pokles nastal v t. m. 4 (0,05 g), kdy tato hodnota setrvala až do závěru měření.

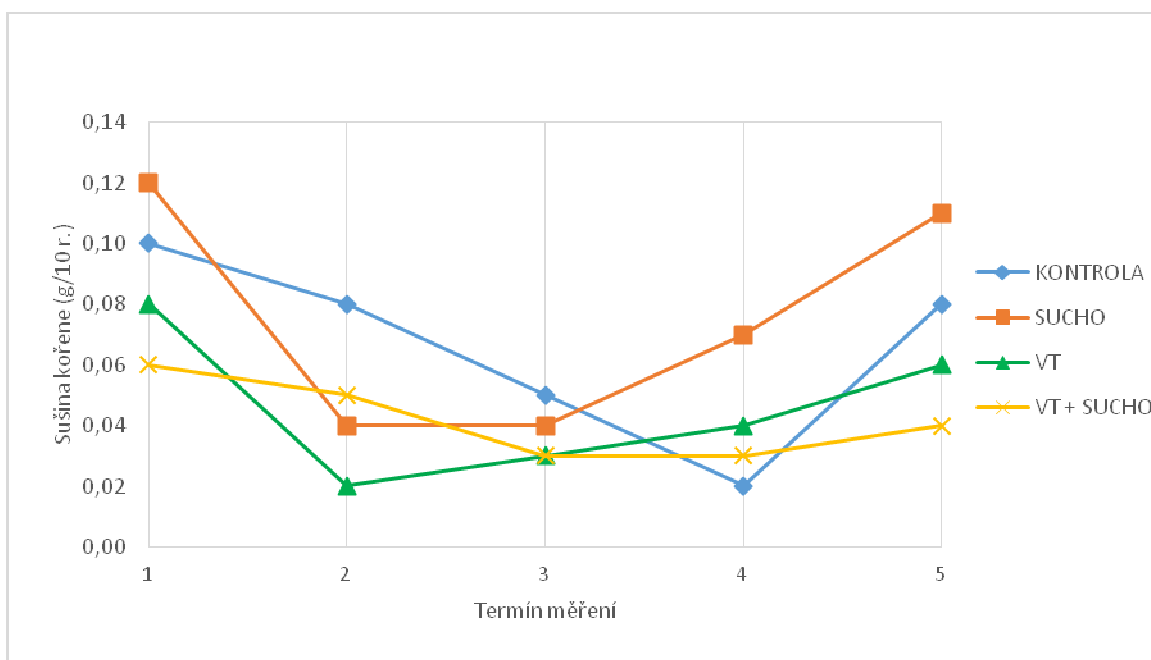
5.1.8 *xFestulolium* 'Mahulena'

Graf 15 - Vliv termínu měření na poměr R/S odrůdy *xFestulolium* 'Mahulena'



Průběh křivky kontrolní varianty měl klesající trend v mírným nárůstem hodnoty R/S v závěru měření (graf 15). Interval hodnot se pohyboval od 0,15 (t. m. 1) do 0,10 (t. m. 5). V případě stresu suchem (SUCHO) se poměr R/S snižoval od začátku měření (0,22) na hodnotu 0,10 (t. m. 3). Dále došlo ke zvýšení této hodnoty na 0,12 (t. m. 4), s mírným poklesem v závěru měření na 0,09 (t. m. 5). Vliv vysoké teploty (VT) se projevil výrazným poklesem hodnoty R/S na začátku měření z 0,28 (t. m. 1) na 0,06 (t. m. 2). V další části pokusu následoval mírný pokles na 0,05 (t. m. 3). Nárůst hodnoty o 0,04 bodu se projevil v (t. m. 4), kde dosáhl hodnoty 0,09. V závěru měření došlo k poklesu na konečnou hodnotu 0,07 (t. m. 5). U rostlin ovlivněných kombinací stresorů (VT + SUCHO) se hodnoty poměru R/S od začátku pokusu výrazněji snižovaly oproti kontrolní variantě. Poměr R/S se během měření pohyboval v rozmezí od 0,16 (t. m. 1) do 0,06 (t. m. 5).

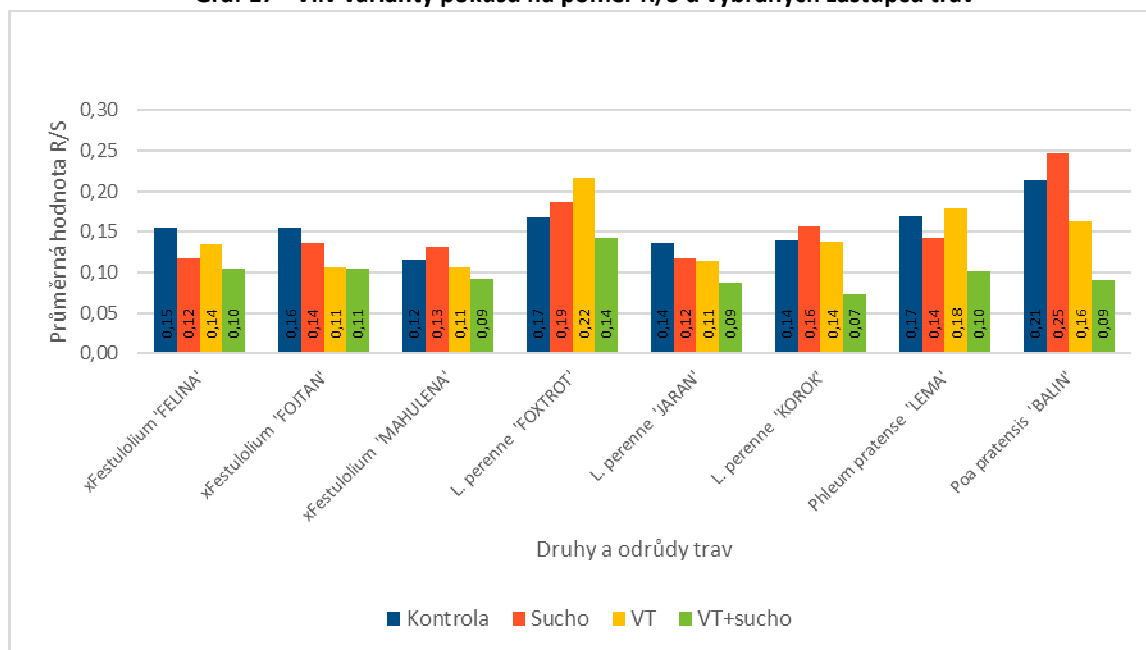
Graf 16 - Vliv termínu měření na hmotnost sušiny kořene odrůdy xFestulolium 'Mahulena'



Z grafu 16 je patrné, že křivka hmotnosti sušiny kořene varianty KONTROLA vykazovala od počátku měření (0,10 g) sestupný trend až do t. m. 4 (0,02 g), kdy došlo k výraznějšímu růstu na hodnotu 0,08 g (t. m. 5). Křivky variant SUCHO a VT měly podobný průběh, s výraznějším poklesem hodnot na začátku pokusu oproti kontrolní variantě. V případě stresu suchem se sušina kořene snižovala od začátku měření (t. m. 1) z hodnoty 0,12 na 0,04 g (t. m. 2 a t. m. 3). V následním měření došlo ke zvýšení na 0,07 g (t.m. 4) a 0,11 g. (t. m. 5). V případě rostlin stresovaných vysokou teplotou (VT) se interval hodnot pohyboval od 0,08g (t. m. 1) do 0,06 g (t. m. 5). Varianta VT + SUCHO ve srovnání s KONTROLOU dosáhla vyšší hodnoty jen v t. m. 4 (0,03 g). Rozmezí hodnot bylo u této varianty 0,06 g (t. m. 1) až 0,04 g (t. m. 5).

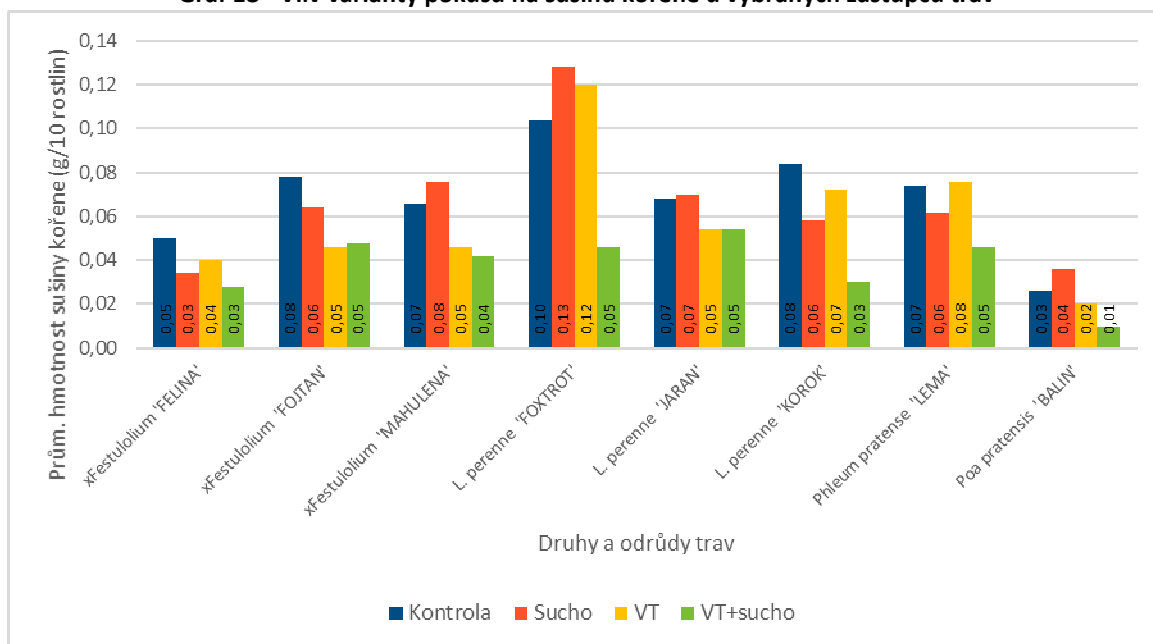
5.2 Sledované charakteristiky v rámci variant pokusu

Graf 17 - Vliv varianty pokusu na poměr R/S u vybraných zástupců trav



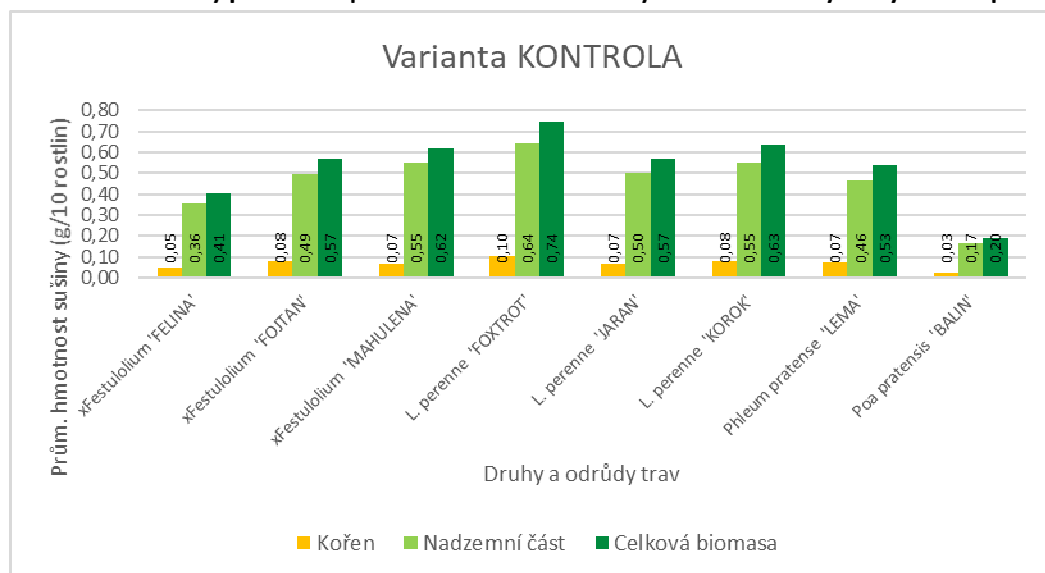
Z uvedeného grafu vyplývá, že stresový faktor SUCHO měl pozitivní vliv na zástupce *Poa pratensis* 'Balin', *Lolium perenne* 'Foxtrot', *Lolium perenne* 'Korok' a *xFestulolium* 'Mahulena', u nichž byly průměrné hodnoty R/S v porovnání s KONTROLOU vyšší. Vysoká hodnota R/S u *Poa pratensis* 'Balin' (0,25) byla dána jejím pomalým vývojem. U varianty VT byly vyšší průměrné hodnoty R/S v porovnání s kontrolou zjištěny u odrůd *Lolium perenne* 'Foxtrot' (0,22) a *Phleum pratense* 'Lema' (0,18). Kombinace VT + SUCHO vždy ovlivnila průměrnou hodnotu R/S, která byla u všech zástupců nižší v porovnání s kontrolní variantou.

Graf 18 - Vliv varianty pokusu na sušinu kořene u vybraných zástupců trav



Porovnáním průměrné hmotnosti sušiny kořene testovaných zástupců trav na základě všech variant je z grafu 18 patrné, že nejvyšších hodnot dosahuje *Lolium perenne* 'Foxtrot'. U kontrolní varianty má sušina kořene této odrůdy 0,10 g, u varianty SUCHO 0,13 g a u varianty VT 0,12 g. U varianty SUCHO dosahovaly vyšších prům. hodnot sušiny kořene v porovnání s variantou KONTROLA zástupci odrůd *xFestulolium* 'Mahulena', *Lolium perenne* 'Foxtrot', *Lolium perenne* 'Jaran' a *Poa pratensis* 'Balin'.

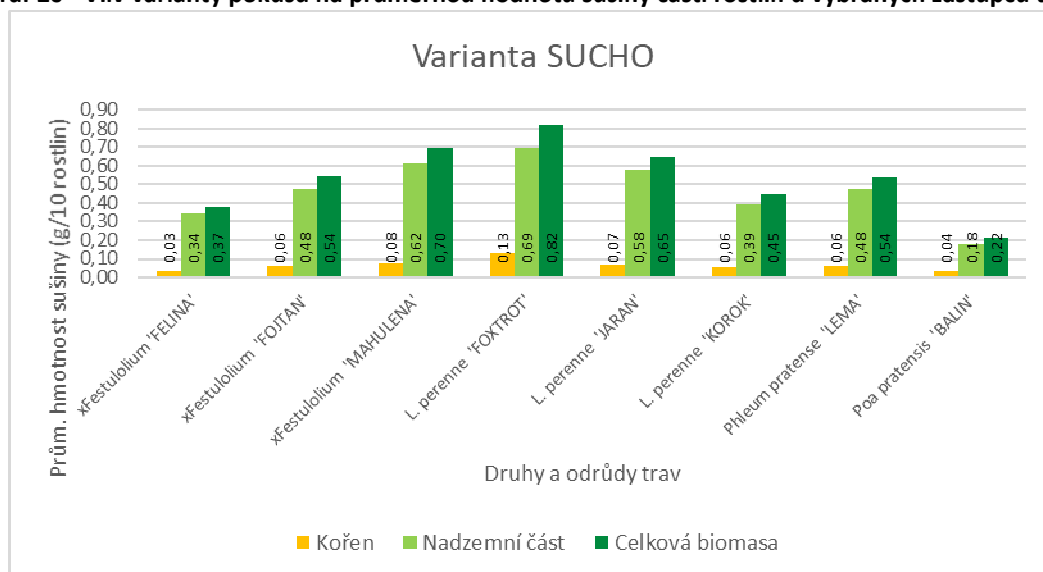
Graf 19 - Vliv varianty pokusu na průměrnou hodnotu sušiny částí rostlin u vybraných zástupců trav



Na základě grafu 19 vykazuje nejvyšší průměrnou hmotnost sušiny nadzemních i podzemních (kořen) vegetativních orgánů *Lolium perenne* 'Foxtrot' (0,74 g), u kterého byla naměřena hmotnost sušiny kořene 0,10 g a nadzemní části 0,64 g. Mezi kříženci *xFestulolii* měla nejvyšší prům. hmotnost sušiny kořene (0,07 g) a nadzemní části (0,55 g) odrůda

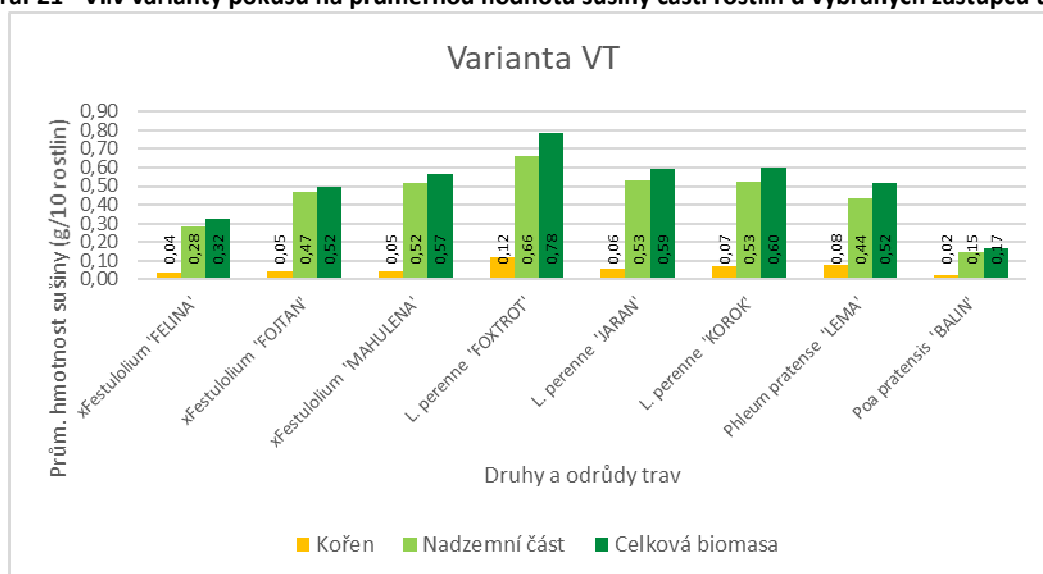
Mahulena. Nejnižší celková prům. hmotnost sušiny byla zjištěna u odrůdy *Poa pratensis* 'Balin', u které hmotnost sušiny kořene činila 0,03 g a nadzemní části 0,17 g.

Graf 20 - Vliv varianty pokusu na průměrnou hodnotu sušiny částí rostlin u vybraných zástupců trav



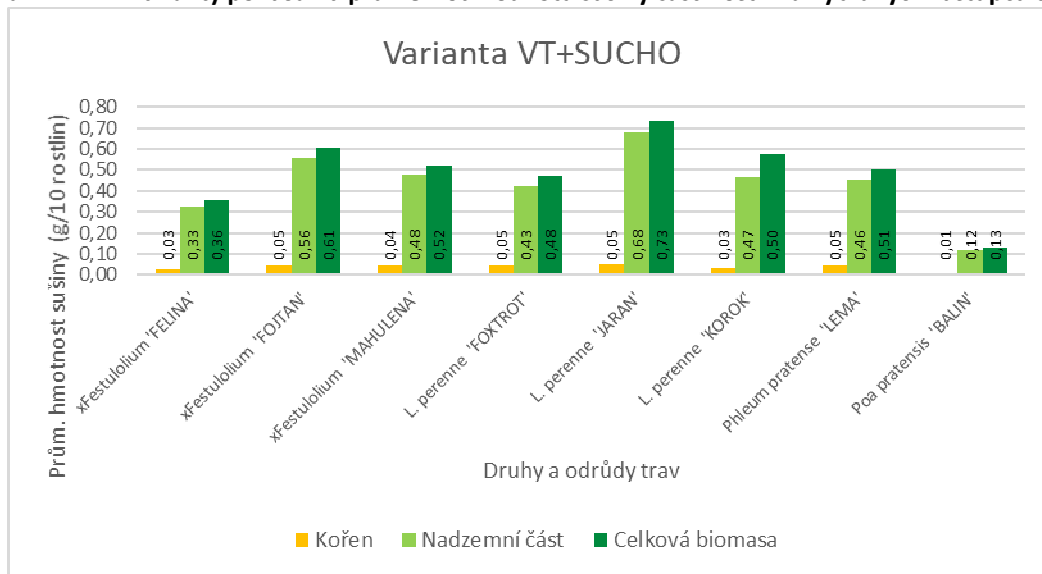
Na základě grafu 20 je možné konstatovat, že ve variantě SUCHO dosáhl nejvyšších prům. hmotností sušiny *Lolium perenne* 'Foxtrot', a to 0,69 g u nadzemní části a 0,13 g v případě kořenů. Druhých nejvyšších hodnot dosáhla odrůda *xFestulolium* 'Mahulena', a to 0,62 g u nadzemní části a 0,08 g u kořenů. Třetí v pořadí významnosti hodnocení sledovaných charakteristik byl *Lolium perenne* 'Jaran' s hodnotami 0,58 g (nadzemní část) a 0,07 g (kořen). Nejnižší hodnoty prům. hodnoty sušiny nadzemní části (0,18) a kořene (0,04) v této variantě vykazovala *Poa pratensis* 'Balin'.

Graf 21 - Vliv varianty pokusu na průměrnou hodnotu sušiny částí rostlin u vybraných zástupců trav



Z grafu 21 je patrné, že nejvyšší prům. hmotnosti sušiny dosáhla ve variantě VT odrůda *Lolium perenne* 'Foxtrot', a to 0,66 g u nadzemní a 0,12 g u podzemní části rostliny. V pořadí druhá nejvyšší prům. hmotnost sušiny byla pozorována u odrůdy *Lolium perenne* 'Korok', kde prům. hmotnost sušiny nadzemní části dosahovala 0,53 g a kořene 0,07 g. Obdobné hodnoty byly naměřeny i u odrůdy *Lolium perenne* 'Jaran', a to 0,53 g, resp. 0,06 g. Odrůda *Poa pratensis* 'Balin' se opět v této variantě projevila jako nejpomaleji rostoucí, získané údaje pro prům. hmotnost sušiny byly 0,15 g (nadzemní část) a 0,02 g (kořen).

Graf 22 - Vliv varianty pokusu na průměrnou hodnotu sušiny částí rostlin u vybraných zástupců trav



Nejvyšší prům. hmotnost sušiny nadzemní části (0,68 g) byla ve variantě VT + SUCHO zaznamenána u odrůdy *Lolium perenne* 'Jaran' (graf 22). Prům. hodnota hmotnosti sušiny kořene byla u této odrůdy 0,05 g. Druhá nejvyšší prům. hmotnost sušiny nadzemní části (0,58 g) byla zjištěna u odrůdy *xFestulolium* 'Fojtan'. Nejnižší prům. hodnoty hmotnosti sušiny nadzemní části (0,12 g) a kořene (0,01 g) byly doloženy u odrůdy *Poa pratensis* 'Balin'.

6 Diskuze

V polních podmínkách působí na vybrané druhy trav mnohem vyšší počet abiotických a biotických stresových faktorů, než je uvedeno v této práci. Tyto stresory se pak vzájemně ovlivňují. V rámci pokusu byla sledována hmotnost sušiny kořenového systému, nadzemní části a poměr R/S v závislosti na stresových faktorech (vodní deficit, vysoká teplota a jejich kombinace). Bláha (2009) zmiňuje význam kořenových znaků a jejich využití při šlechtění. Velikost kořenového systému je silně ovlivněna řadou faktorů, jako je druh, odrůda, teplota a vlhkost půdy, obsah živin a technologie zpracování půdy. V současné době dochází k častějšímu využívání mezirodového křížení, za účelem získání vhodné kombinace vlastností daných druhů. V měnících se klimatických podmínkách nabývá stále většího významu výzkum a šlechtění na bázi *xFestulolií*. Zatímco jílký (*Lolium*), chovateli využívané jako krmivo pro dobytek, se obecně špatně vyrovnávají se suchem, horkem a mrazem, nutričně méně hodnotné kostřavy (*Festuca*) jsou k suchu odolné. Využití rychlého růstu a kvalitní stabilní píče jílků, v kombinaci se zvýšenou odolností a hloubkou kořenového systému kostřav, se jeví jako dobrý trend ve šlechtitelství trav.

Velikost kořenové soustavy souvisí s poměrem kořenů a nadzemní části. Odrůdy trav *Lolium perenne* 'Foxtrot', *Lolium perenne* 'Jaran' a *xFestulolium* 'Mahulena' měly v podmínkách vodního deficitu nejvyšší průměrnou hmotnost sušiny nadzemní biomasy i kořene. Poměr hmotnosti kořenů a nadzemní části (R/S) je ovlivněn parametrem hmotnosti kořenů. S vyšší hmotností kořenů se tento poměr rovněž zvyšuje. Nejvyšší průměrné hodnoty R/S byly v porovnání s kontrolní variantou v podmínkách vodního deficitu zjištěny u odrůd *Lolium perenne* 'Foxtrot', *Lolium perenne* 'Korok', *Poa pratensis* 'Balin', *xFestulolium* 'Mahulena'. Obdobné závěry pro hodnoty poměru R/S u druhu jílek vytrvalý (*Lolium perenne*) ve stresových podmínkách vodního deficitu publikoval ve své práci Bláha (2009).

Kombinace dvou faktorů sucha a vysoké teploty vykazovala při společném působení nejvyšší redukci sledovaných charakteristik a podstatně omezovala růst a vývoj hodnocených travních druhů. U odrůdy *Phleum pratense* 'Lema' bylo zaznamenáno zvýšení poměru R/S srovnatelné s hodnotami *xFestulolium* 'Felina'. Důvodem tohoto zvýšení byla výraznější redukce nadzemní hmoty oproti kořenům. Redukci nadzemní hmoty a její poškození u druhu bojínky luční (*Phleum pratense*) za spolupůsobení vysoké teploty a sucha dokládá také Našinec (2009).

Pícní trávy jsou obecně náročné na přísun vody. Přesto se v nabídkách osivářských firem objevují druhy, které jsou schopné se s nedostatkem vody vyrovnat. Jedná se např. o festucoidní hybridy. Tyto hybridy jsou, na rozdíl od hybridů loloidních, vhodnější do suchých oblastí, neboť lépe snáší vodní deficit. Použití festucoidních hybridů pro pěstování v sušších a teplejších oblastech doporučují i závěry šlechtitelských firem (Lang 2018). Toleranci k vodnímu stresu vykazuje i odrůda *xFestulolium* 'Mahulena', u které byl zaznamenán nárůst průměrné hmotnosti sušiny kořenů i nadzemní biomasy v porovnání s kontrolní variantou.

Reakce trav způsobená vodním deficitem byla závislá na druhu i odrůdě. Hybrid *xFestulolium* 'Mahulena' vykazoval vysokou toleranci, zatímco u odrůd *xFestulolium* 'Felina' a

'Fojtan' byla odolnost vůči suchu nižší. Odlišnost jednotlivých odrůd hybridu *xFestulolium* ve vztahu k působení sucha potvrzuje i Staniak (2016).

Vlivem kombinace sucha a tepelného stresu na vývoj a produktivitu rostlin se zabývalo několik studií. Podle nich má tato stresová kombinace za následek nepřiměřené ztráty v porovnání se samostatným působením jednotlivých faktorů (Keleş & Öncel 2002; Rizhsky et al. 2002; Barnabás et al. 2008). Závěry těchto studií potvrzují i grafy 17 a 18, kde je patrný negativní vliv společného působení vysoké teploty a sucha na průměrnou hodnotu R/S a průměrnou hodnotu sušiny kořene.

Kořenový systém s velkou pravděpodobností přispívá svými vlastnostmi k odolnosti vůči suchu. Za jeden z nejdůležitějších faktorů tolerance rostlin vůči nedostatku srážek jsou často považovány morfologické změny kořenů. Po nástupu sucha se mění poměr kořenů a nadzemní části ve prospěch kořenů (Gregory 2006). Tyto závěry byly potvrzeny i odrůdy *Lolium perenne* 'Foxtrot', kde byl u varianty SUCHO zjištěn nárůst průměrné hmotnosti sušiny kořenů ve srovnání s kontrolou o 30 %. Vliv této varianty se u stejné odrůdy projevil i na velikosti poměru R/S.

7 Závěr

Cílem práce bylo sledovat vliv vodního deficitu, vysoké teploty a jejich vzájemné kombinace na fyziologické parametry u vybraných zástupců (druhů) trav. Ze získaných výsledků vyplývají následující závěry:

- Ze sledovaných druhů trav na vodní deficit nejcitlivěji reagoval *Lolium perenne* 'Korok', u něhož byl zaznamenán pokles průměrné hmotnosti sušiny kořenů a nadzemní biomasy o 25 %, resp. 29,1 % v porovnání s kontrolní variantou.
- Jako tolerantní k vodnímu deficitu se jeví *Lolium perenne* 'Foxtrot'. U tohoto druhu se průměrná hmotnost sušiny kořenů a nadzemní biomasy v porovnání s kontrolou zvýšila o 30 %, resp. 7,8 %. Toleranci k vodnímu deficitu vykazuje také *xFestulolium* 'Mahulena', kde bylo zjištěno zvýšení o 14,3 %, resp. 12,7 %.
- Vliv vysoké teploty se negativně projevil u druhu *Poa pratensis* 'Balin', kdy se průměrná hmotnost sušiny kořenů a nadzemní biomasy v porovnání s kontrolou snížila o 33,3 %, resp. 11,8 %. Naopak *Lolium perenne* 'Foxtrot' se vůči tomuto stresoru jeví jako tolerantní, neboť se uvedené hodnoty zvýšily o 20 %, resp. 3,1 %.
- Kombinace vysoké teploty a sucha se negativně projevila u druhu *Lolium perenne* 'Foxtrot', kdy se průměrná hmotnost sušiny kořenů a nadzemní biomasy v porovnání s kontrolou snížila o 50 %, resp. 32,8 %.
- Průměrnou hodnotu R/S v porovnání s kontrolou nejvíce zvýšil (tzn. větší množství kořenů na úkor nadzemní hmoty) stresový faktor vysoká teplota u druhu *Lolium perenne* 'Foxtrot' o 29,4 %.
- V rámci jednotlivých stresorů (v porovnání s kontrolní variantou) se průměrná hodnota R/S u varianty SUCHO nejvíce zvýšila u druhu *Poa pratensis* 'Balin' (19 %) a snížila u druhu *xFestulolium* 'Felina' (20 %). Pro variantu VT došlo k největšímu snížení u druhu *xFestulolium* 'Fojtan' (31,3 %). U kombinace VT + SUCHO byl zaznamenán největší pokles u druhu *Poa pratensis* 'Balin' (57,2 %). U všech zástupců sledovaných druhů trav byl prokázán negativní vliv společného působení faktorů vysoké teploty a sucha na průměrnou hodnotu R/S.
- Navrhované hypotézy byly potvrzeny.
Byly prokázány mezidruhové rozdíly sledovaných zástupců trav v reakci na vodní stres, vysokou teplotu a jejich vzájemnou kombinaci. Byly potvrzeny rozdíly nejen mezi druhy, ale i mezi jednotlivými odrůdami. Uvedené stresory v různých časových periodách vývoje ovlivňovaly pozitivně i negativně tvorbu nadzemní i podzemní biomasy trav. Poměr R/S byl ovlivněn jak při samostatném působení faktorů, tak při jejich kombinaci. Kombinace sucha a vysoké teploty vykazovala největší redukci sledovaných charakteristik a podstatně omezovala růst a vývoj trav.
- Uvedené výsledky potvrzují význam kořenové soustavy a poměru R/S ve prospěch kořenového systému pro toleranci vůči suchu. S postupnými změnami klimatu bude stoupat potřeba nových, odolnějších odrůd. Šlechtění kořenového systému může

příspěť k lepšímu získání živin a vody z půdy, i ke stabilizaci výnosů v proměnlivých podmínkách. Cíleným šlechtěním rostlin by mohla v budoucnu vzniknout nová generace odrůd s důrazem na kvalitní semenářství, které bude zajišťovat kvalitativní i kvantitativní výnosové charakteristiky. Tvorba kořenového systému různých typů travních porostů má zásadní význam při zatravňování ohrožených stanovišť, krajinných a užitkových trávníků. Rozsáhlejší výzkum kořenové soustavy trav by mohl přispět k jejich lepšímu využití v krajině a urbanistických celcích měst a obcí. Přesto je právě problematika tvorby, velikosti a morfologie kořenového aparátu rostlin poněkud podceňována.

8 Literatura

- AbdElgawad H, Farfan-Vignolo ER, De Vos D, Asard H. 2015. Elevated CO₂ mitigates drought and temperature-induced oxidative stress differently in grasses and legumes. *Plant Science* **231**:1-10.
- Andert D, Frydrych J, Abrham Z, Gerndtová I, Herout M. 2014. Energetické využití trav. Výzkumný ústav zemědělské techniky, v Praha.
- Araus JL, Slafer GA, Reynolds MP, Royo C. 2002. Plant breeding and drought in C₃ cereals: what should we breed for? *Annals of Botany* **89**:925-940.
- Atwell BJ, Kriedemann PE, Turnbull CGN. 1999. *Plants in action: adaptation in nature, performance in cultivation*. Macmillan Publishers Australia PTY LTD, South Yarra.
- Barnabás B, Jäger K, Fehér A. 2008. The effect of drought and heat stress on reproductive processes in cereals. *Plant, cell & environment* **31**:11-38.
- Bracale M, Coraggio I. 2003. Cellular Responses and Molecular Strategie for Adaptation. Pages 23-51 in Di Toppi LS, Pawlik-Skowronska B, editors. *Stresses in Plants*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Bláha L. 2009. Kořeny trav a suchovzdornost. *Úroda* **56**:68-70.
- Bláha L, Vyvadilová M. 2010. Současné možnosti využití hodnocení kořenového systému při pěstování a šlechtění rostlin. Pages 276-296 in Bláha L, Hnilička F, Martinková J, editors. *Současné možnosti fyziologie a zemědělského výzkumu přispět k produkci rostlin (vybrané kapitoly)*. Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha.
- Bláha L. 2011. Znaky adaptability k podmínkám stresu u zemědělských plodin. Pages 726–735 in: Salaš P, editor. *Rostliny v podmínkách měnícího se klimatu*. Lednice 20. – 21. 10. 2011, *Úroda, vědecká příloha*. Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha.
- Bonos SA, Rush D, Hignight K. 2004. Selection for deep root production in tall fescue and perennial ryegrass. *Crop Science* **44**:1770-1775.
- Brázdil R, Trnka M a kol. 2015. *Historie počasí a podnebí v českých zemích. Svazek XI. Sucho v českých zemích: minulost, současnost, budoucnost*. Centrum výzkumu globální změny Akademie věd České republiky, Brno.
- Cagaš B, Macháč J, Macháč R, Ševčíková M, Šrámek P. 2010. *Trávy pěstované na semeno*. Vydavatelství Petr Baštan, Olomouc.
- Carrow RN. 1996. Drought resistance aspects of turfgrasses in the southeast: Root-shoot responses. *Crop Science* **36**:687-694.
- Cattivelli L, Rizza F, Badeck FW, Mazzucotelli E, Mastrangelo AM, Francia E, Mare C, Tondelli A, Stanca AM. 2008. Drought tolerance improvement in crop plants: an integrated view from breeding to genomics. *Field Crops Research* **105**:1-14.

- Cerkal R. 2011. Stresy a produkční výkonnost polních plodin. Habilitační přednáška. Available from:
http://web2.mendelu.cz/af_291_sklad/habilitacni_prednasky/habilitacni_prednaska_cerkal.pdf (accessed March 2020).
- Close TJ. 1996. Dehydrins: emergence of a biochemical role of a family of plant dehydration proteins. *Physiologia Plantarum* **97**:795-803.
- Černocho V, Našinec I. 2003. Trávníkové druhy a odrůdy. Page 27-42 in Hrabě F a kol. Trávy a trávníky: Co o nich ještě nevíte. Vydavatelství ing. Petr Baštan, Olomouc.
- de Willigen P, van Noordwijk M. 1987. Roots, plant production and nutrient use efficiency [PhD thesis]. Agricultural University Wageningen, Wageningen.
- Český hydrometeorologický ústav. 2020. Dostupné z: <http://portal.chmi.cz/aktualni-situace/sucho#> (accessed April 2020).
- DLF¹. 2019. Available from <https://www.dlf.cz/picniny/travy/picni-druhy/travy/festulolilum> (accessed November 2019).
- DLF². 2020. Available from: www.dlf.cz/picniny/travy/picni-druhy/travy/jilek-vytrvaly/jaran-prod1626 (accessed June 2020).
- DLF³. 2020. Available from: www.dlf.cz/picniny/travy/mahulena-prod1632?groupid=GROUP825,GROUP574&LanguageID=LANG1 (accessed June 2020).
- DLF⁴. 2020. Available from: www.dlf.com/forage/species/forage/perennial-ryegrass-2n/foxtrot-20124301 (accessed April 2020).
- DLF⁵. 2020. Available from: www.dlf.com/products/forage/perennial-ryegrass-4n/korok-importedpro86 (accessed June 2020).
- Dostál J. 1989. Nová květena ČSSR 2. Academia, Praha.
- Doussan C, Vercambre G, Pages L. 1998. Modelling of the hydraulic architecture of root systems: an integrated approach to water absorption: distribution of axial and radial conductances in maize. *Annals of Botany* **81**:225-232.
- Feder ME, Hofmann GE. 1999. Heat-shock proteins, molecular chaperones, and the stress response: evolutionary and ecological physiology **61**:243-282.
- Fitter AH, Hay RKM. 2002. *Environmental Physiology of Plants*. Academic Press, Londýn, San Diego.
- Fojtík A, Horák A, Světlík V, Orálek J, Bajer K. 1988. Rodový hybrid Felina. Propagační materiál Šlechtitelské stanice Hladké Životice, Hladké Životice.
- Franklin KA, Wigge PA. 2014. *Temperature and Plant Development*. John Wiley & Sons, Inc., New Jersey.

- Gaspar T, Franck T, Bisbis B, Kevers C, Jouve L, Hausman JF, Dommes J. 2002. Concepts in plant stress physiology. Application to plant tissue cultures. *Plant Growth Regulation* **37**:263-285.
- Goyal K, Walton LJ, Tunnacliffe A. 2005. LEA proteins prevent protein aggregation due to water stress. *Biochemical journal* **388**:151-157.
- Gregory PJ. 2006. *Plant roots. Growth, activity and interaction with soils.* Blackwell Publishing Ltd., Oxford.
- Haberle J, Bláha L. 1990. Kořenový systém zemědělských plodin – šlechtitelské a agrotechnické cíle. Ústav vědeckotechnických informací pro zemědělství, Praha.
- Haberle J, Trčková M, Růžek P. 2008. Příčiny nepříznivého vlivu působení sucha a dalších abiotických faktorů na příjem a využití živin obilninami a možnosti jeho omezení. *Metodika pro praxi. Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha.*
- Hanin M, Brini F, Ebel C, Toda Y, Takeda S, Masmoudi K. 2011. Plant dehydrins and stress tolerance. *Plant signaling & behavior* **6**:1503-1509.
- Hatfield JL, Prueger JH. 2015. Temperature extremes: Effect on plant growth and development. *Weather and climate extremes* **10**:4-10.
- Hodkinson TR. 2018. Evolution and Taxonomy of the Grasses (*Poaceae*): A Model Family for the Study of Species-Rich Groups. *Annual Plant Reviews Online* 1 (e0622) DOI: 10.1002/9781119312994.apr0622.
- Hoover DL, Duniway MC, Belnap J. 2017. Testing the apparent resistance of three dominant plants to chronic drought on the Colorado Plateau. *Journal of Ecology* **105**:152-162.
- Hrouda L. 2010. Trávy a jejich příbuzní napříč biotopy I. *Systematika, fylogeneze, morfologie (Úvod).* *Živa* **1**:12-16.
- Hsiao TC. 1973. Plant responses to water stress. *Annual Review of Plant Biology* **24**:519-570.
- Chaves MM. 1991. Effects of water deficits on carbon assimilation. *Journal of Experimental Botany* **42**:1-16.
- Chiatante D, Iorio AD, Scippa GS. 2005. Root response of *Quercus ilex* L. seedlings to drought and fire. *Plant Biosystems* **139**:198-208.
- Chloupek O. 2008. *Genetická diverzita, šlechtění a semenářství.* Academia, Praha.
- Iba K. 2002. Acclimative response to temperature stress in higher plants: Approaches of gene engineering for temperature tolerance. *Annual Review of Plant Biology* **53**:225-245.
- Jones HG. 2007. Monitoring plant and soil water status: established and novel methods revisited and their relevance to studies of drought tolerance. *Journal of Experimental Botany* **58**:119-130.

- Keleş Y, Öncel I. 2002. Response of antioxidative defence system to temperature and water stress combinations in wheat seedlings. *Plant Science* **163**:783-790.
- Kiær LP, Weisbach AN, Weiner J. 2013. Root and shoot competition: a meta-analysis. *Journal of Ecology* **101**:1298-1312.
- Kosová K, Vítámvás P, Prášil IT. 2007. The role of dehydrins in plant response to cold. *Biologia Plantarum* **51**:601-617.
- Kůdela V, Ackerman P, Prášil IT, Rod J, Veverka K. 2013. Abiotikózy rostlin: poruchy, poškození a poranění. Academia, Praha.
- Lang J. 2018. Výroba kvalitní píce v podmínkách sucha. Jaké máme možnosti? Pages 25-29 in Hnilička F, editor. Vliv abiotických a biotických stresorů na vlastnosti rostlin 2018. Česká zemědělská univerzita v Praze, Ústav ekologie lesa Slovenskej akadémie vied, Praha.
- Larcher W. 2003. *Physiological Plant Ecology. Ecophysiology and Stress Physiology of Functional Groups*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Levitt J. 1980. Responses of plants to environmental stresses: water, radiation, salt and other stresses. Academic Press, New York.
- LfL Pflanzenbau. 2020. Available from: <https://www.lfl.bayern.de/ipz/gruenland/027599/index.php> (accessed June 2020).
- Lichtenthaler HK. 1998. The Stress Concept in Plants. An Introduction. *Annals of the New York Academy of the Sciences* **851**:187-198.
- Lloyd-Hughes B. 2013. The impracticality of a universal drought definition. *Theoretical and Applied Climatology* **117**:607-611.
- Ma S, Osuna JL, Verfaillie J, Baldocchi DD. 2017. Photosynthetic responses to temperature across leaf-canopy-ecosystem scales: a 15-year study in a Californian oak-grass savana. *Photosynthesis research* **132**:277-291.
- Mastalerczuk G, Borawska-Jarmułowicz B, Kalaji HM. 2017. Response of Kentucky bluegrass lawn plants to drought stress at early growth stages. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences* **54**:791-797.
- Medrano H, Escalona JM, Bota J, Gulías J, Flexas J. 2002. Regulation of photosynthesis of C₃ plants in response to progressive drought: stomatal conductance as a reference parameter. *Annals of Botany* **89**:895-905.
- Miranda-Apodaca J, Pérez-López U, Lacuesta M, Mena-Petite A, Muñoz-Rueda A. 2015. The type of competition modulates the ecophysiological response of grassland species to elevated CO₂ and drought. *Plant Biology* **17**:298-310.
- Mittler R. 2006. Abiotic stress, the field environment and stress combination. *Trends in Plant Science* **11**:15-19.

- Míka V, Cagaš B, Fiala J, Kohoutek A, Komárek P, Nerušil P, Odstrčilová V. 2002. Morfogeneze trav. Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha.
- Moore TC. 1979. Biochemistry and physiology of plant hormones. Springer Netherlands, New York.
- Našinec I. 2009. Problematika testování suchovzdornosti trav. Pages 86-87 in Bláha L, editor. Vliv abiotických stresorů na vlastnosti rostlin. Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha.
- Nejdlová L. 2014. Hlavní směry šlechtění pícních trav a jetelovin. Chov skotu **11**:18-20.
- Nilsen ET, Orcutt DM. 2000. Physiology of plants under stress. Soil and biotic factors. John Wiley and Sons, Inc., New York.
- Novák V. 2014. Kvantitativne vyjadrenie fyziologického sucha. Česká bioklimatologická společnost. Available from www.avkcr.cz/articles/2014_03_01/18.pdf (accessed June 2020).
- OSEVA UNI, a. s. 2020. Available from <http://osevauni.cz/osiva/lipnice-lucni.php> (accessed June 2020).
- Otevřel R, Straka J, Příbyl M. 2007. Trávníky. Vydavatelství ERA, Brno.
- Piterková J, Tománková K, Luhová L, Petřivalský M, Peč P. 2005. Oxidativní stres: Lokalizace tvorby aktivních forem kyslíku a jejich degradace v rostlinném organismu. Chemické listy **99**:455-466.
- Popova LP, Outlaw WH, Aghoram K, Hite DRC. 2000. Abscisic acid – an intraleaf water-stress signal. Physiologia Plantarum **108**:376-381.
- Pôdohospodársky poradenský systém. 2020. Available from chyba! Odkaz není platný.old.agroporadenstvo.sk/rv/rvdets.php?tbl=levocke_luky&offset=0&id=20name=&start (accessed July 2020).
- Rampino P, Gulli M, De Pascali M, De Caroli M, Marmioli M, Perrotta C. 2019. Wild and cultivated *Triticum* species differ in thermotolerant habit and HSP gene expression. Plant Biosystems-An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology **153**:337-343.
- Regal V. 1953. Pícní a plevelné trávy. Státní zemědělské nakladatelství, Praha.
- Regal V, Šindelářová J. 1970. Atlas nejdůležitějších trav. Státní zemědělské nakladatelství, Praha.
- Rizhsky L, Liang H, Mittler R. 2002. The combined effect of drought stress and heat shock on gene expression in tobacco. Plant Physiology **130**:1143-1151.
- Rurek M. 2010. Diverse accumulation of several dehydrin-like proteins in cauliflower (*Brassica oleracea* var. *botrytis*), *Arabidopsis thaliana* and yellow lupin (*Lupinus luteus*) mitochondria under cold and heat stress. BMC Plant Biology **10**:181. DOI: 10.1186/1471-2229-10-181.

- Selye H. 1975. K záhadám vědy. Orbis, Praha.
- Schulze E, Beck E, Müller-Hohenstein K. 2005. Plant Ecology. Springer, Berlin, Heidelberg.
- Sedaghatmehr M, Müller-Röber B, Balazadeh S. 2016. The plastid metalloprotease FtsH6 and small heat shock protein HSP21 jointly regulate thermomemory in *Arabidopsis*. Nature Communications 7 (e12439). DOI: 10.1038/ncomms12439.
- Seki M, Umezawa T, Urano K, Shinozaki K. 2007. Regulatory metabolic networks in drought stress responses. Current Opinion in Plant Biology **10**:296-302.
- Slafer GA, Araus JL, Royo C, Del Moral LFG. 2005. Promising eco-physiological traits for genetic improvement of cereal yields in Mediterranean environments. Annals of Applied Biology **146**:61-70.
- Sobíšek B, Munzar J, Krška K. 1993. Meteorologický slovník výkladový & terminologický. Academia, Ministerstvo zemědělství České republiky, Praha.
- Spáčilová B, Středová H, Středa T. 2014. Dopady měnícího se klimatu na zemědělskou produkci. Mendelova univerzita v Brně, Brno.
- Staniak M. 2016. The impact of drought stress on the yields and food value of selected forage grasses. Acta Agrobotanica (e1663) DOI: 10.5586/aa.1663.
- Straka J. 2003. Tráva, travina, trávnick. Vývoj a růst trav. Page 9 in Hrabě F a kol. Trávy a trávnicky: Co o nich ještě nevíte. Vydavatelství ing. Petr Baštan, Olomouc.
- Straková M, Straka J, Michalíková L, Plevová K. 2007. Kapesní atlas trav. Agrostis Trávnicky, Rousínov.
- Svobodová M. 2004. Trávnick. Grada Publishing, Praha.
- Ševčíková M. 2003. Okrasné traviny. Pages 131-148 in Hrabě F, et al. Trávy a trávnicky co o nich ještě nevíte. Vydavatelství Petr Baštan - Hanácká reklamní, Olomouc.
- Štekauerová V, Skalová J, Šútor J. 2002. Rostlinná výroba **48**:407-412.
- Teulat B, Merah O, Sirault X, Borries C, Waugh R, This D. 2002. QTLs for grain carbon isotope discrimination in field-grown barley. Theoretical and applied genetics 106:118-126.
- Vierling E. 1991. The Roles of Heat Shock Proteins in Plants. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology **42**:579-620.
- Wahid A, Gelani S, Ashraf M, Foolad MR. 2007. Heat tolerance in plants: An overview. Environmental and Experimental botany **61**:199-223.
- Wilhite DA, Glantz MH. 1985. Understanding: the Drought Phenomenon: The Role of Definitions. Water international **10**:111-120.
- Wilsey BJ, Polley HW. 2006. Aboveground productivity and root-shoot allocation differ between native and introduced grass species. Oecologia **150**:300-309.

- Xu S, Li J, Zhang X, Wei H, Cui L. 2006. Effects of heat acclimation pretreatment on changes of membrane lipid peroxidation, antioxidant metabolites, and ultrastructure of chloroplasts in two cool-season turfgrass species under heat stress. *Environmental and Experimental Botany* **56**:274-285.
- Xu Z, Zhou G. 2017. *Graminae*. Pages 3-364 in Xu Z, Zhou G, editors. *Identification and Control of Common Weeds: Volume 1*. Springer, Dordrecht.
- Žalud Z, Trnka M, Dubrovský M, Hlavinka P, Semerádová D, Kocmánková E. 2006. Očekávané dopady změny klimatu na zemědělskou produkci. Available from http://www.ufa.cas.cz/dub/crop/2009-kukurice_v_praxi-zdenek.pdf (accessed June 2020).

9 Seznam použitých zkratk a symbolů

KONTROLA	– varianta kontrolní
SUCHO	– varianta sucho
VT	– varianta vysoká teplota
VT+SUCHO	– varianta vysoká teplota a sucho
R/S	– poměr sušiny kořenů a sušiny nadzemní biomasy
t. m.	– termín měření