

Drought impact on the germination of selected energy grass species

Vliv sucha na klíčení vybraných druhů energetických trav

Marek KOPECKÝ *, Jan MOUDRÝ jr., Jaroslav BERNAS, Zuzana JELÍNKOVÁ, Jan MOUDRÝ sr., Petr KONVALINA and Martin ŠLACHTA

University of South Bohemia in České Budějovice, Faculty of Agriculture, Studentská 13, 370 05, České Budějovice, Czech Republic

*Correspondence: kopeckymarek@seznam.cz

Abstract

In order to gain a sufficient amount of phytomass for the needs of eco-energetics, there are monocultural grasslands established on the arable land. In the context of the changing climate and more frequent periods of drought, it is important to look for grass species and varieties that are able to withstand these stress conditions. Influence of droughtness on germination of four selected energy grass species is described in paper. The investigated species were tall meadow oat (*Arrhenatherum elatius* L.) - the Median variety, orchard grass (*Dactylis glomerata* L.) - the Padania variety, tall wheatgrass (*Elymus elongatus*) - the Szarvasi-1 variety and reed canary grass (*Phalaris arundinacea* L.) - the Chrastava variety. Although the species differed in the germinability ($p < 0.001$), the significant differences in their drought resistance were not found ($p > 0.05$)

Keywords: Drought resistance, energetical plants, germinability, grassland, water stress

Abstrakt

Za účelem získání dostatečného množství fytohmoty pro potřeby ekoenergetiky jsou dnes na orné půdě zakládány monokulturní porosty trav. V souvislosti s měnícím se klimatem a častějšími obdobími sucha je důležité hledat druhy a odrůdy, jež jsou schopny těmto stresovým podmínkám odolat. V článku jsou popsány výsledky vlivu sucha na klíčení semen čtyř vybraných travních druhů vhodných pro energetické využití. Zkoumanými druhy byly ovsík vyvýšený (*Arrhenatherum elatius* L.) – odrůda Median, srha laločnatá (*Dactylis glomerata* L.) – odrůda Padania, maďarská tráva

Elymus elongatus – odrůda Szarvasi-1 a lesknice rákosovitá (*Phalaris arundinacea* L.) – odrůda Chrastava. Ačkoliv se druhy mezi sebou lišily v klíčivosti ($p < 0,001$), jejich odolnost vůči suchu se nelišila ($p > 0,05$).

Klíčová slova: Energetické rostliny, klíčivost, suchovzdornost, travní porost, vodní stres

Detailed abstract

A significant part of the agricultural landscape consists of grasslands that fulfil many positive environmental functions. Their biomass is traditionally used as a source of feed for livestock. However nowadays, its alternative use in the field of eco-energetics is more and more expanding. In order to gain a sufficient amount of high-quality phytomass, there are monocultural grasslands established on the arable land. In the context of the changing climate and more frequent periods of drought, it is important to look for grass species and varieties that are able to withstand these stress conditions. This article describes the results of tests of drought resistance during the germination of seeds of four selected grass species suitable for energy recovery. The investigated species were tall meadow oat (*Arrhenatherum elatius* L.) - the Median variety, orchard grass (*Dactylis glomerata* L.) - the Padania variety, tall wheatgrass (*Elymus elongatus*) - the Szarvasi-1 variety and reed canary grass (*Phalaris arundinacea* L.) - the Chrastava variety. Experiments were realised in two moisture regimes. During the process of germination, the seeds were stored in laboratory incubator with constant temperature 21°C. The experiment was repeated 16 times. The species differed in their germinability in wet regime ($p < 0.001$). The best results were achieved with the *Elymus elongatus* seed. Under conditions of water stress, 81% of viable seeds germinated. On the other hand, the *Phalaris arundinacea* L. seed showed the least resistance against the water stress (72%). The relative drought resistance (i.e. the difference of germinability in wet and dry regime expressed relatively against the wet regime in each species and repetition) did not differ significantly between the species, however ($p = 0.07$).

Úvod

Travní porosty v krajině plní celou řadu ekologických funkcí (Nitsch a kol., 2012). Pozitivně působí například v oblasti ochrany půdy, vody nebo biodiverzity (Gaisler a kol., 2011). Tyto porosty chrání půdu před erozí díky bohatému kořenovému systému i hustému vegetačnímu krytu (Skládanka, 2007). Jsou-li využívány extenzivně, tvoří druhově velmi bohatá společenstva (Nitsch a kol., 2012). Naopak nárůst dávek minerálních hnojiv způsobí ztrátu druhové rozmanitosti (Susan a Ziliotto, 2008). Dojde-li k jejich rozorání, výrazně se sníží retenční kapacita půdy, zvýší se mineralizace, vyplavení živin a produkce skleníkových plynů (Guo a Gifford, 2002).

V minulosti byla produkční funkce travních porostů orientována pouze na zajištění krmivové základny hospodářských zvířat. V současnosti nabývá na významu alternativní využití travní hmoty, například v energetice (Frydrych a kol., 2010). V

tomto odvětví se biomasa využívá zejména pro výrobu bioplynu či na spalování (Jasinskas a kol., 2008). Při jejich energetickém využití je do atmosféry uvolněno pouze tolik oxidu uhličitého, kolik ho bylo předtím procesem fotosyntézy navázáno (Osadolor, 2009). Cíleně pěstovanými travními druhy využívanými v ekoenergetice jsou například *Phalaris arundinacea* L. (lesknice rákosovitá) či *Dactylis glomerata* L. (srha laločnatá) (Skládanka, 2007).

Základním faktorem, který ovlivňuje životní cykly organismů, je podnebí. U rostlin může mít vliv kupříkladu na klíčení a kvetení (El-Keblawy, 2014). Pascal (2005) uvádí, že se průměrná teplota na Zemi od roku 1861 do roku 2000 zvýšila o 0,6°C, což poukazuje na zřetelný trend vzestupu teploty, který ale není stejnoměrný. Ve skutečnosti proběhly určité periody jak ochlazování, tak oteplování (Houghton, 1995). Harmann (1994) uvádí, že se během 21. století průměrné teploty na zeměkouli zvýší o 1,5-6°C. Tato tendence se neprojeví rovnoměrně.

Odhaduje se, že dojde ke zvýšení aridity zemědělských oblastí, a to především v letních obdobích (Rožnovský, 2011). Sucho je pro ekosystémy často považováno za hlavní hrozbu při globálních změnách klimatu. Vodní stres omezuje výnosy fytomasy více než všechny ostatní biotické a abiotické faktory dohromady (Lambers, a kol., 2008). Změna klimatu rovněž změní životní podmínky zemědělským chorobám a škůdcům, kteří se budou moci z dnes teplejších oblastí rozšířit dál (Fuksa, 2011). Přesto ale nelze konstatovat, že by byl vliv změn klimatu na suchozemské ekosystémy přesně znám (Qui, 2014).

Nedostatek srážek může být pouze lokální, ale také by mohl postihnout větší územní celky (Bláha a kol., 2008). Četnost a rozsah regionálního sucha se od roku 1970 zvyšuje. V Evropě a středomořských oblastech se očekávají častější období sucha, doprovázená vlnami veder (Bláha, 2009). Ve stále se zvětšujících a častěji se vyskytujících výkyvech počasí, a zvláště při pravidelně se opakujících suchých a vlhkých obdobích, hraje velkou roli efektivní využití vody nejen rostlinami během vegetace, ale i semeny při procesu klíčení (Bláha, 2006).

K udržení stability a kvality produkce zemědělských plodin bude proto nutné využívat odrůdy odolávající těmto nepříznivým podmínkám (Bláha a kol., 2008). Odolností rostlin proti suchu se rozumí schopnost přizpůsobit se v jistých obdobích ontogeneze podmínkám trvalého nebo dočasného půdního či atmosférického sucha, a tím v těchto podmínkách přežít (Šebánek a kol., 1983). Tolerance vůči teplotnímu stresu je rozhodujícím faktorem pro klíčení a přežití klíčících rostlin (Hou a kol., 2014). Pokud totiž v prvopočátku klíčení nastane stres suchem, je negativně ovlivněna celková klíčivost daného druhu (Martinek a kol., 2009a). Pokud bude vývoj průběhu počasí pokračovat v současných trendech, stane se využití vody jak po setí, tak během vegetace zřejmě limitujícím faktorem rostlinné produkce (Bláha a kol., 2006).

Materiál a metody

V práci byla sledována klíčivost semen čtyř druhů trav, potenciálně vhodných pro energetické využití, ve dvou stupních vláhového režimu (tzv. mokrá a suchá varianta). Jednalo se o ovsík vyvýšený (*Arrhenatherum elatius* L.) – odrůda Median, srhu laločnatou (*Dactylis glomerata* L.) – odrůda Padania, maďarskou travu *Elymus elongatus* – odrůda Szarvasi-1 a lesknici rákosovitou (*Phalaris arundinacea* L.) –

odrůda Chrastava. Osivo pocházelo z roku 2012. Jednotlivé pokusy byly uskutečněny vždy s 50 ks semen daného druhu v obou variantách. Během jednoho pokusu bylo tedy založeno vždy 8 vzorků (celkem 400 semen). Petriho misky se semeny byly umístěny v laboratorním inkubátoru s konstantní teplotou 21°C a střídavým světelným režimem (12 h světlo/12 h tma). Během pokusu nebyly použity žádné chemické látky ovlivňující klíčivost semen. Pokus měl celkem 16 opakování v průběhu března až září 2013.

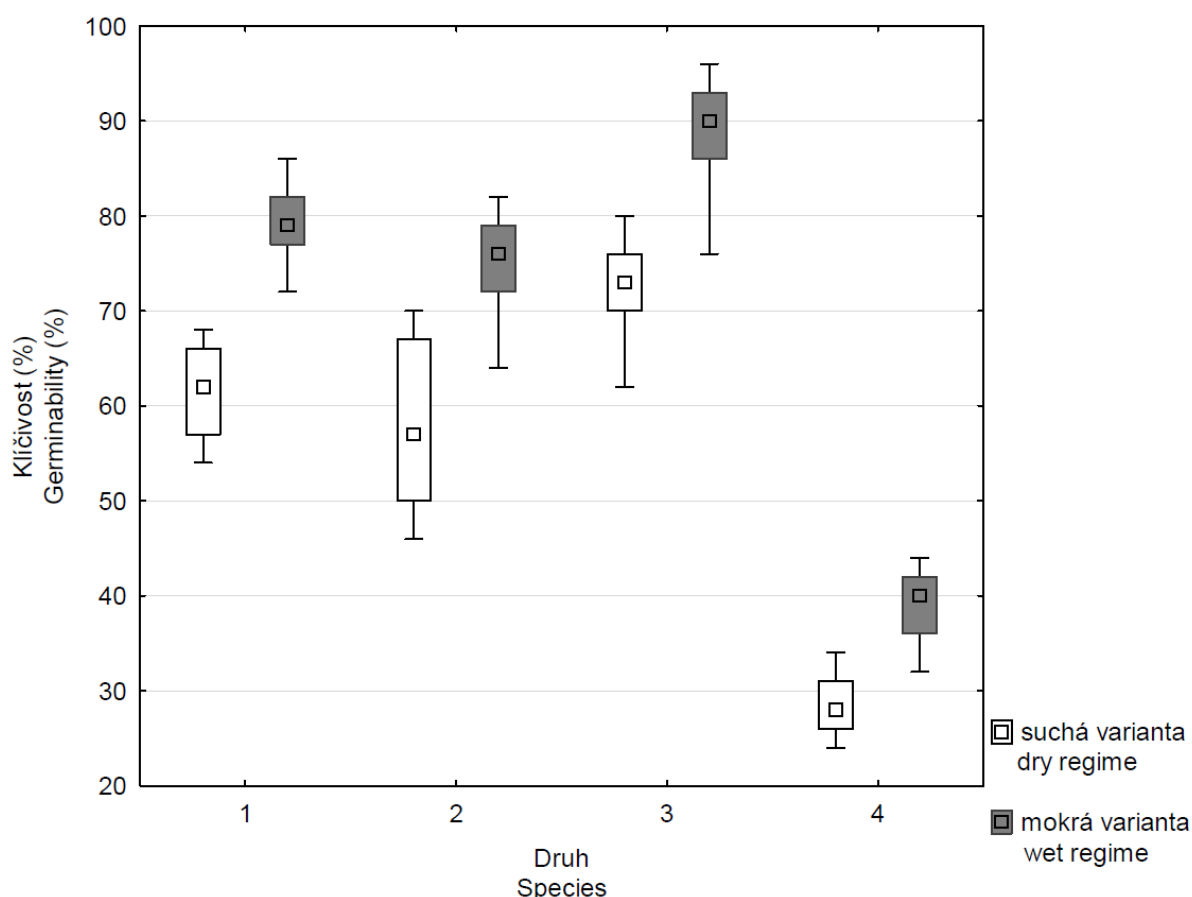
Při pokusu byla semena rozložena na navlhčený filtrační papír, jenž byl umístěn v Petriho misce, která se následně přiklopila víčkem. Filtrační papír v mokré variantě byl po celý průběh pokusu v pravidelných intervalech (24 hodin) zvlhčován pomocí jemného rozprašovače tak, aby semena měla dostatek vláhy. V suché variantě byla zálivka přerušena v okamžiku, kdy se na semenech začaly objevovat klíčky, jež se daly pozorovat pouhým okem. V tento moment se misky také odklopily, což umožnilo rychlé vyschnutí filtračního papíru. K obnovení zálivky a přiklopení víček došlo po 48 hodinách od odklopení. Tento interval simuloval podmínky vodního stresu v polních podmínkách. Vlhčení filtračního papíru v obou variantách trvalo až do doby, kdy vzešlé a životaschopné rostlinky dosahovaly délky cca 4-5 cm (většinou do 20 dnů v závislosti na druhu a variantě). Poté byly tyto rostlinky spočítány a následně byla zapsána procentuální klíčivost. Zaznamenáván byl rovněž počet dnů od založení pokusu po objevení klíčku na semenech.

Pro statistické vyhodnocení rozdílů v klíčivosti druhů byl použit neparametrický test závislých hodnot Friedmanova ANOVA. Pro vyhodnocení odolnosti vůči suchu byly použity hodnoty rozdílů klíčivosti suché a mokré varianty u každého druhu v každém opakování. Tyto rozdíly charakterizovaly odolnost semen daného druhu vůči suchu. Pro mezidruhové porovnání byly rozdíly mezi mokrou a suchou variantou vyjádřeny jako procento z hodnoty klíčivosti mokré varianty (100%) druhu v daném opakování, tedy jako relativní odolnost vůči suchu. Vzhledem k tomu, že hodnoty relativní odolnosti měly normální rozdělení ($\chi^2 = 3,54$; $p = 0,17$), byl pro mezidruhové porovnání použit parametrický test jednofaktorová ANOVA, vše v programu STATISTICA Cz (StatSoft, Inc. 2013).

Výsledky a diskuse

Cílem práce bylo vyhodnotit a porovnat klíčivost semen vybraných druhů energetických trav, a to jak v podmínkách bez vodního stresu v době klíčení, tak i za jeho působení. Klíčivost semen v mokré variantě se lišila mezi jednotlivými druhy (Obrázek 1; $p < 0,001$). Hodnoty laboratorní klíčivosti definují kvalitu osiva, která je základním předpokladem pro založení kvalitního porostu (Pazderů, 2009). Martinek (2011) ale upozorňuje, že laboratorní klíčivost je nedostatečným vyjádřením semenářské hodnoty osiva. V běžných podmínkách totiž dochází k rozdílným hodnotám polní vzcházivosti. V mokré variantě byla nejvyšší průměrná klíčivost (89%) zaznamenána u osiva *Elymus elongatus*, přičemž v jednotlivých opakováních byla zaznamenána nejnižší hodnota 76%, nejvyšší 96%. Druh *Arrhenatherum elatius* L. měl průměrnou klíčivost 79%. Nejnižší klíčivost zde byla 72%, maximální pak 86%. Poměrně vysokou klíčivost semen tohoto druhu uvádí například Stanisavljević, a kol. (2010), v jehož pokusu byla zjištěna klíčivost >75% u semen starých 420 dní od sklizně. Haslgrübler, a kol. (2013) uvádí 70% klíčivost u osiva starého 3 roky, tuto

hodnotu jako obvyklou prezentují i Wills a Begg (1994). Málková a Matějka (2004) upozorňují, že klíčivost semen *Arrhenatherum elatius* L. klesá s pozdním termínem sklizně. Obilík *Dactylis glomerata* L. vyklíčilo v mokré variantě průměrně 75% (minimum 64%, maximum 82%). Nejhorší klíčivost byla zjištěna u *Phalaris arundinacea* L., a to v průměru 39%, přičemž jako nejnižší byla zaznamenána klíčivost 32%, nejvyšší 44%. Na problémy s často i extrémně nízkou klíčivostí semen této trávy upozorňuje například Wheaton (1993). Sahramaa a Hömmö (2000) odůvodňují nízkou klíčivost nerovnoměrným dozráváním semen této trávy či špatně zvoleným termínem sklizně.



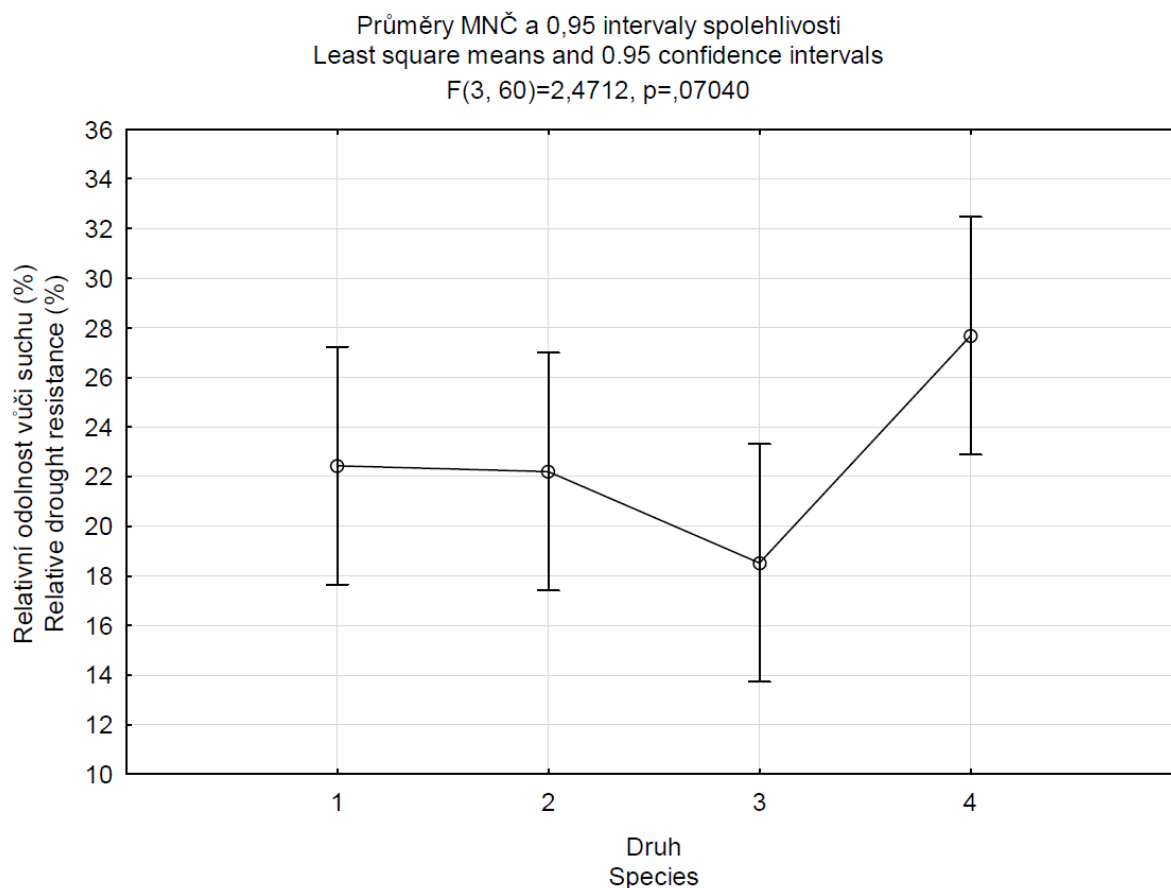
Obrázek 1: Klíčivost druhů v mokré a suché variantě (mediány, 0,25 a 0,75 kvartily, rozsah hodnot); druh 1: *Arrhenatherum elatius* L., druh 2: *Dactylis glomerata* L.; druh 3: *Elymus elongatus*, druh 4: *Phalaris arundinacea* L.

Figure 1: Germinability of species in wet and dry conditions (medians, 0.25 and 0.75 quartils, limits of values); species 1: *Arrhenatherum elatius* L., species 2: *Dactylis glomerata* L.; species 3: *Elymus elongatus*, species 4: *Phalaris arundinacea* L.

V suché variantě bylo osivo na určitou dobu vystaveno vodnímu stresu v době klíčení, což má dle Fay a Schultz (2009) podobný efekt jako střídání suchých a mokrých podmínek prostředí, které jsou v přírodě běžné. Martinek a kol. (2009b), se domnívá, že období sucha na počátku klíčení osiva může významně ovlivnit

celkovou klíčivost. To se prokázalo i v tomto pokusu. V suché variantě byla u všech druhů klíčivost nižší než ve variantě bez vodního stresu. Pořadí druhů podle průměru vyklíčených obilek však zůstalo stejné jako v mokré variantě - *Elymus elongatus* 72% (rozpětí 62%-80%), *Arrhenatherum elatius* L. 62% (rozpětí 54%-68%), *Dactylis glomerata* L. 58% (rozpětí 46%-70%), *Phalaris arundinacea* L. 28% (rozpětí 24%-34%). Pod vlivem stresu dokážou podle Bláhy (2009) semena vodu rychle nejen přijímat, ale také ztrácet. Příčinou toho je snížení vzcházivosti v době sucha. Martinek a kol. (2009b) se domnívá, že nastane-li nedostatek vody ve fázi klíčení, dochází k porušení klíčku a při velkých ztrátách vody může dojít k prodýchání zásobních látek a zaschnutí klíčnicích rostlin. Relativní odolnost vůči suchu se však mezi druhy statisticky průkazně nelišila (Obrázek 2, $p = 0,07$).

Podobně jako klíčivost, i průměrná hodnota odolnosti vůči suchu byla nejnižší u druhu *Phalaris arundinacea* (Obrázek 2). Sucho vedlo k 28 % poklesu klíčivosti u tohoto druhu oproti 19–22% u ostatních druhů. Podle dosažených výsledků u tohoto druhu se zřejmě jednalo o nekvalitní osivo, což dokládají i údaje Bláhy, a kol. (2006), jenž uvádí, že méně kvalitní osivo rychle přijímá i ztrácí vodu. Tento proces má následně vliv na celkovou vzcházivost osiva v podmínkách přechodného sucha. K zajímavým výsledkům s osivem *Dactylis glomerata* L. dospěl ve svém pokusu Hrda (2014), který zjistil, že při déletrvajícím stresu suchem (7 dní) vyklíčilo více obilek než při stresu dlouhém 3 či 5 dní.



Obrázek 2: Relativní odolnost druhů vůči suchu (průměry nejmenších čtverců a 0,95 konfidenční intervaly). druh 1: *Arrhenatherum elatius* L., druh2: *Dactylis glomerata* L.; druh 3: *Elymus elongatus*, druh 4: *Phalaris arundinacea* L.

Figure 2: Relative drought tolerance of species (least square means and 0.95 confidence intervals). species 1: *Arrhenatherum elatius* L., species 2: *Dactylis glomerata* L.; species 3: *Elymus elongatus*, druh 4: *Phalaris arundinacea* L.

V rychlosti klíčení vynikal druh *Elymus elongatus*, jehož semena začala klíčit vždy po 3 dnech od založení pokusu. U semen ostatních druhů bylo možné začít pozorovat klíček po 4 dnech, v některých opakováních dokonce až po 5 dnech od prvního navlhčení.

Celkové výsledky mohou být částečně zkresleny tím, že u většiny rostlinných druhů existují období, kdy semena klíčí s odlišnou rychlostí a vykazují i odlišnou klíčivost, jak uvádějí Gottwaldová a Bláha (2009). Tyto vlivy byly mírně rozložením jednotlivých opakování do období měsíců března až září. Autoři dále upozorňují na riziko ovlivnění výsledků klíčivosti dormancí či retardačními látkami po sklizni. U osiva z předešlého roku by však tyto vlivy neměly být významné. Například *Dactylis glomerata* L. podle Míky (2002) plně klíčí již po 2-4 týdnech. Semena *Arrhenatherum elatius* L. jsou dle údajů Wills a Begg (1994) schopna klíčit ihned po dozrání.

Thompson a Ooi (2010) uvádí, že na celkovou klíčivost může mít vliv i teplota. V pokusu semena klíčila při teplotě, jež spadá do teplotního optima. To se u trav

pohybuje v rozmezí 15-35°C (DiPaola a Beard, 1992). Fener (1985) se domnívá, že pokud dochází ke střídání teplot, klíčení probíhá rychleji. Na proces klíčení může mít vliv také světlo, jehož účinky ale nejsou zcela objasněny (Martinek, a kol., 2009a). Například Houba a Hosnedl (2002) píší, že světlo není nezbytnou podmínkou klíčení, přesto jeho intenzita klíčivost ovlivňuje. Dostál a Dykyjová (1962) uvádějí, že podstatná je i kombinace intenzity světla a teploty.

Závěr

Jednou z podmínek založení kvalitního travního porostu je správný výběr osiva. Travní druh i jeho odrůda by se měla vybírat nejen podle zamýšleného využití získané hmoty, ale i místních půdně-klimatických podmínek. S nadcházejícími změnami klimatu, kdy se očekávají delší a častější období sucha, je třeba věnovat vyšší pozornost volbě osiva s ohledem na jeho schopnost překonat tato nepříznivá období, a to už v době, kdy jsou porosty zakládány. Ze zkoumaných travních druhů projevil nejmenší schopnost klíčivosti *Phalaris arundinacea* L. Pokles klíčivosti vlivem sucha byl u tohoto druhu průměrně 28%, oproti 19–22% u ostatních druhů nebyl však statisticky průkazný ($p > 0,05$).

Dedikace

Tato práce vznikla s podporou projektu GAJU 063/2013/Z - Multifunkční zemědělství – nové přístupy a techniky ve využívání genetických zdrojů, ochraně biodiverzity, harmonizaci produkčních a mimoprodukčních funkcí.

References

- Bláha, L. (2006) Současné změny klimatu ovlivní zemědělskou produkci. Úroda. 2006, vol. 54, issue. 1, s. 36-38.
- Bláha, L. (2009) Hodnocení vybraných vlastností semen trav a jejich význam pro hodnocení suchovzdornosti. In Osivo a sadba 2009, Česká zemědělská univerzita v Praze, p. 143 – 148. ISBN 978-80-213-1891-5
- Bláha, L. a kol. (2006) Využití vody v době klíčení – jedna z možných příčin rozdílu mezi laboratorní klíčivostí a polní vzcházivostí. In Vliv abiotických a biotických stresorů na vlastnosti rostlin 2006 [online]. [cit. 2014-08-01]. Dostupné z WWW: <http://www.vurv.cz/files/publications/isbn80-86555-85-2.pdf>
- Bláha, L. a kol. (2008) Biologické metody boje se suchem. In: Sborník příspěvků ze semináře ke světovému dni výživy, p. 1-10.
- DiPaola, J. M., Beard, J. B. (1992). Physiological effects of temperature stress. In: Turf grass, American Society of Agronomy, p. 231 – 261.
- Dostál, R., Dykyjová, D. (1962) Zemědělská botanika II: Fyziologie rostlin. Praha: Československá akademie věd, 362 p.

- El-Keblawy, A. (2014) Impact of Climate Change on Biodiversity Loss and Extinction of Endemic plants of Arid Land Mountains. *Journal of Biodiversity*, vol. 02, issue 01, p. 1-3. DOI: 10.4172/2332-2543.1000120
- Fay, P. A., Schultz, M. J. (2009) Germination, survival, and growth of grass and forb seedlings: Effects of soil moisture variability, *Acta Oecologica*, vol. 35, p. 679-684.
- Fener, M. (1985) *Seed Ecology*. London: Chapman and Hall. 146 p.
- Frydrych, J. a kol. (2010) *Biom.cz* [online], [cit. 2014-08-04]. Hospodaření na půdě ve zranitelných oblastech se zřetelem na trvalé travní porosty. Dostupné z WWW: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/hospodareni-na-pude-ve-zranitelnych-oblastech-se-zretelem-na-trvale-travni-porosty>
- Fuksa, I. a kol. (2011) *Zemědělství a změna klimatu*. Praha: Ministerstvo zemědělství, 2011, 26 p. ISBN 978-80-7084-932-3
- Gaisler, J. a kol. (2011) *Obhospodařování travních porostů ve vztahu k agro-environmentálním opatřením: (otázky a odpovědi)*. Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby, 24 p. ISBN 978-807-4270-840
- Gottwaldová, P., Bláha, L. (2009) Klíčivost semen – změny v průběhu roku. In *Osivo a sadba 2009*. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 85-88 p. ISBN 978-80-213-1891-5
- Guo, L. B., Gifford, R. M. (2002) Soil carbon stocks and land use change: a meta analysis. *Global Change Biology*, vol. 8, issue 4, p. 345–360. DOI: 10.1046/j.1354-1013.2002.00486.x
- Hartmann, D. (1994) *Global Physical Climatology*. San Diego: Academic press, 411 p
- Haslgrübler, P. a kol. (2013) Quality characteristics of seed material from selected species of a nutrient. *Grassland Science in Europe*. vol. 18, p. 442-444. DOI: 978-9979-881-20-9
- Hou, Q., (2014). Effects of extreme temperature on seedling establishment of nonnative invasive plants. *Biological Invasions*. DOI: 10.1007/s10530-014-0647-8
- Houba, M., Hosnedl, V. (2002) *Osivo a sadba: praktické semenářství*. Praha: Martin Sedláček, 186 p. ISBN 80-902-4136-0
- Houghton, J. (1995) *Global Warming*. Oxford: Lion Publishing, 340 p. ISBN 0-521-81762-5
- Hrda, L., (2014) *Vliv vodního stresu na klíčení a růst trav a jetelovin*. České Budějovice. Diplomová práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta.
- Jasinskas, A., Zaltauskas, A., Kryzeviciene, A. (2008) The investigation of growing and using of tall perennial grasses as energy crops. *Biomass and Bioenergy*. vol. 32, issue 11, p. 981-987. DOI: 10.1016/j.biombioe.2008.01.025
- Lambers, H., Chapin, S., Pons, T. (2008) *Plant physiological ecology*. New York, Springer Science+Business Media, 604 p., ISBN 978-0-387-78340-6

- Málková J., Matějka K. (2004) Klíčivost vybraných travních dominant Krkonoš. In: Geoekologické problémy Krkonoš. Vrchlabí: Správa Krkonošského národního parku, p. 250–255. ISSN 0139-925X
- Martinek, J. (2011) Konkurenční schopnosti metlice trsnaté *Deschampsia caespitosa* /L./Beauv. ve směsích s vybranými travníkovými druhy. Disertační práce, Česká zemědělská univerzita v Praze, 181 p.
- Martinek, J., Svobodová, L., Králíčková, T. (2009a) Dynamika klíčení travníkových druhů trav při vodním stresu. Vědecká příloha časopisu Úroda, vol. 57, issue 12, p. 85 - 88.
- Martinek, J, Svobodová, M, Králíčková, T. (2009b) Vliv vodního stresu na klíčení vybraných druhů trav. In: Vliv abiotických a biotických stresorů na vlastnosti rostlin, Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby v.v.i. Praha-Ruzyně, p. 245-248. ISBN 978-80-87011-91-1
- Míka, V., (2002) Morfogeneze trav. Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby , 200 p., ISBN 80-865-5520-8
- Nitsch, H. a kol. (2012) Cross compliance and the protection of grassland – Illustrative analyses of land use transitions between permanent grassland and arable land in German regions. Land Use Policy. vol. 29, issue 2, p. 440-448. DOI: 10.1016/j.landusepol.2011.09.001
- Osadolor, O. O. (2009) Availability of grasses, weeds and leaves as energy resource. Renewable Energy. vol. 34, issue 3, p. 486-491. DOI: 10.1016/j.renene.2008.05.045
- Pascal, A. (2005) Historie a změny klimatu. Praha: Univerzita Karlova. 237 p. ISBN 80-246-0869-3
- Pazderů, K. (2009) Význam energie klíčení pro hodnocení kvality osiva, In: Osivo a sadba: IX. odborný a vědecký seminář. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, p. 56-60. ISBN 978-80-213-1891-5
- Qiu, J. (2014) Land models put to climate test. Nature. vol. 510, issue 7503, p. 16-17. DOI: 10.1038/510016a
- Rožnovský, J. (2011) Možné dopady měnícího se klimatu na zemědělství v ČR. In: Bio., vol. 2, p. 19-20.
- Sahramaa, M. K., Hömmö, L. (2000) Seed production characters and germination performance of reed canary grass in Finland. Agricultural and food science in finland, vol. 9, issue 3, p. 239-251. DOI: 1795-1895
- Skládanka, J. (2007) Druhová diverzita travních porostů a její vztah k produkčním a mimoprodukčním funkcím. In: Travní porost jako krajnotvorný prvek. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, p. 24-32. ISBN 978-80-7375-045-9.
- Stanisavljević, R. a kol. (2010) Desiccation, postharvest maturity and seed aging of tall oat-grass. Pesquisa Agropecuária Brasileira, vol. 45, issue 11. p. 1297-1302, DOI: 0100-204X

- StatSoft, Inc. (2013) STATISTICA (data analysis software system), version 12.
www.statsoft.com.
- Susan, F., Ziliotto, U. (2008) Long-term effects of N, P and K fertilization on specific biodiversity in a permanent mountain meadow. Grassland Science in Europe, vol. 13, p. 943 – 945, ISBN 978-91-85911-47-9
- Šebánek, J. a kol. (1983) Fyziologie rostlin. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 588 p.
- Thompson K., Ooi M. K. J. (2010) To germinate or not to germinate: more than just a question of dormancy. Seed Science Research, vol. 20, issue 04, p. 209-211. DOI: 10.1017/S0960258510000267
- Wheaton, H. N. (1993) University of Missouri Extension. Reed Canarygrass, Ryegrass and Garrison Creeping Foxtail [online]. [cit. 2014-08-02]. Dostupné z: <http://extension.missouri.edu/p/g4649>
- Wills, B. J., Begg, J. S. C. (1994) Arrhenatherum elatius (L.) Beauv. - a review, and evaluation of tall oat grass for dryland and hawkweed-affected country in the South Island. In: Proceedings of the conference - New Zealand grassland association. Alexandra: Landcare, s. 121-126. ISSN 0369-3902