

VLIV ABIOTICKÝCH FAKTORŮ NA KLÍČIVOST AGROSTIS SPECIES A POA SPECIES

P. Knot

Došlo: 4. května 2006

Abstract

KNOT, P.: *An influence of abiotic factors on the germinability of Agrostis species and Poa species*. Acta univ. agric. et silvic. Mendel. Brun., 2006, LIV, No. 5, pp. 57–64

The objective of this contribution is to interpret the impact of some abiotic factors on the germinability. Primarily was observed the stress that they cause on germinability and also on the energy of other perennial grass caryopsis' germinability. Withal there were considered differences in germinability of some perennial grass species, variances of strains and the influence of today's seeds dressing technologies, which are used to improve the germination.

The light factor has the biggest influence of all factors on germination of *Agrostis stolonifera* (*Penn G-2*, *Providence*), *Poa supina* (*Supranova*) and *Poa pratensis* (*Julius*, *Julius PreGerm*). All these species had germination evidential higher in the light, than in the dark. With species *Poa pratensis* (*Coctail*, *Coctail Headstart*) and *Poa annua* were not observed any essential variations between the dark and the light variants. Only with *Poa annua* there were reached noticeably lower values with variant in the light, where was used polyethyleneglycol, than in the dark. The analysis of variance demonstrated, that the biggest influence had the factor of stratification together with the light factor with *Agrostis capillaris* (*Bardot*) and *Agrostis stolonifera Providence*. With *Poa annua* there was established the biggest influence of the light factor together with the factor of the used medium.

The factor of stratification noticeably affected only the germination of *Agrostis capillaris Bardot*. The germination of *Agrostis stolonifera Providence*, *Poa pratensis Cocktail*, *Cocktail Headstart*, *Julius* and *Poa annua* was not noticeably affected by stratification. The reaction on the factor of stratification was with *Agrostis capillaris Bardot* in the dark adverse and in the light minimal. *Poa pratensis Julius PreGerm* germination was negative in the dark as well as in the light. With *Poa supina Supranova* it was not the most important factor, but still affected the germination significantly.

The nitrogen nutrition, as the next factor, had positive affect with all variants. This could be explained with existence of the „gap detection“ mechanism. Especially variants in the dark and with used stratification had affected theirs germination positively, when combined with H₂O and potassium nitrate. The addition of potassium nitrate positively affected also the energy of germination.

With the lack of water factor was affected amount of germinated caryopsis and their energy of germination. Especially with higher water tonus was energy of germination and germination itself decreased. The only exceptions were these variants in the dark with the stratification factor. With these conditions was achieved the same or even higher quality of germination of variants, where PEG was added than was achieved with H₂O variants.

grass species, germination, light, stratification, the lack of water, nitrogen nutrition

Úspěšnost provedení výsevu, přísevu nebo přesevu travního porostu nezáleží jen na biologických vlastnostech použitého osiva, ale je do značné míry ovlivněno termínem provedení. S termínem výsevu se totiž mění významně abiotické faktory, které ovlivňují klíčivost a následný vývoj rostliny. Jednotlivé travní druhy se liší v strategii klíčení a dormance. Každý druh klíčí jen v určitém pro něj typickém teplotním optimu. Minimální a maximální teploty klíčení druhů jsou geneticky dané, mohou být ale činností vnějších vlivů ovlivňovány a do jisté míry i měněny (THOMSON, 1974; MAYER & POLJAKOFF-MAYBER, 1982). Z řady abiotických faktorů ovlivňuje klíčivost nejvíce světlo, rozdílná teplota, popřípadě její kolísání a množství přístupné vody. V přirozených podmínkách je účinek jednotlivých faktorů a jejich kombinací velmi proměnlivý. Proto je vhodné provádět pokusy vlivů jednotlivých abiotických faktorů a jejich kombinací na klíčivost obilí v kontrolovaných laboratorních podmínkách. Cílem předkládané práce mělo být zjištění, jakou měrou ovlivňují abiotické faktory klíčivost a energii klíčení u druhů *Agrostis capillaris*, *Agrostis stolonifera*, *Poa supina*, *Poa pratensis* a *Poa annua*.

MATERIÁL A METODY

V kontrolovaných podmínkách klimaboxů byl hodnocen vliv teploty (stratifikace), světla, vodního stresu a výživy (přídavku nitrátu) na klíčivost a energii klíčení druhů *Agrostis capillaris*, *Agrostis stolonifera*, *Poa supina*, *Poa pratensis* a *Poa annua*. Jednotlivé, čtyřmi opakováními zastoupené varianty a druhy, respektive odrůdy jsou uvedeny v Tab. I. Každá varianta zahrnuje 20 obilí uložených na filtračním papíře v Petriho misce (průměr 90 mm) a ovlhčených 2 ml příslušného roztoku. V pětidenních intervalech byl zjišťován počet vyklíčených obilí až do doby 20 dnů od zahájení. Vyklíčené obilky byly z Petriho misek odstraňovány. Varianty s chladovou stratifikací byly po ovlhčení příslušným médiem uloženy na dobu 10 dnů do tmy v chladničce s teplotou nastavenou na 3 °C a poté následovalo přemístění do klimaboxů. Varianty na světle a ve tmě se odlišovaly v tom, že v případě světla byly Petriho misky s obilkami uloženy v bednách, jejichž poklopy byly opatřeny skleněnými deskami. Vnitřní stěny beden byly pokryty reflexní fólií pro zlepšení světelných poměrů. U variant ve tmě byly tyto poklopy pro světlo nepropustné a stěny byly opatřeny černým nátěrem. Jako zdroj osvětlení byly použity zářivky (Philips TL-E 32/25 nebo Radium NL 32W/25C) a žárovky (Philips 60 W). Poměr mezi světlem červeným a tmavočerveným (R/RF) činil u světelné varianty 1,28, což přibližně odpovídá dennímu světlu (SMITH, 1982). Ke zjištění světelných poměrů v bednách bylo provedeno měření pomocí kvantového senzoru

(= Li 1000 Kvantový senzor, Firma LICOR). V bednách určených pro světelné varianty byly zjištěny hodnoty mezi 31 až 76 $\mu\text{mol s}^{-1}\text{m}^{-2}$. FRANKLAND (1981) naměřil na zemském povrchu množství světla od 1400 $\mu\text{mol s}^{-1}\text{m}^{-2}$ při slunečním svitu do 7 $\mu\text{mol s}^{-1}\text{m}^{-2}$ při obloze pokryté mraky a ve stínu. U varianty ve tmě nebyl žádný světelný tok zjištěn, což potvrzuje nepropustnost těchto beden pro světlo. Vodního stresu bylo dosaženo přidavkem polyetylenglykolu (=PEG 6000), který je podle KRETSCHMERA (1994) k takovému účelu vhodný, jelikož díky jeho velké molekulové hmotnosti nemůže vnikat do obilky a způsobovat tím toxicitu. Výpočet požadované koncentrace byl proveden dle MICHAEL & KAUFMAN (1973). Nižší varianta vodního stresu odpovídá 1000 cm vodního sloupce (= VS) nebo pF 3,0, vyšší odpovídá 2000 cm VS (pF 3,3). U variant s nitrátem byly obilky navlhčeny 0,2% roztokem KNO_3 , což je dle MAYER & POLJAKOFF-MAYBER (1982) optimální koncentrace pro stimulaci klíčení. Teplota v klimaboxech byla nastavena střídavě na 10/20 °C, přičemž 10 °C odpovídá 8 hodinám a 20 °C 16 hodinám. Časový úsek 8 hodin byl zároveň spojen s vypnutím osvětlení v klimaboxech. Toto střídání teplot a světla mělo simulovat střídání dne a noci v přirozených podmínkách. Varianty ve tmě byly počítány v temné komoře za použití slabě zeleného světla (= 30W – lampička opatřená modrou a zelenou filtrační skleněnou tabulkou a modrým a zeleným filtrem, PPFD = 0,18 $\mu\text{mol s}^{-1}\text{m}^{-2}$).

K vyhodnocení výsledků byla použita vícefaktorová analýza rozptylu, za použití statistického programu SPSS pro Windows, verze 8,0 (ANONYMUS 1998). Protože byly výsledky klíčení ve formě relativní četnosti a zjištěné procentické hodnoty nejdou vyjádřit pomocí Gaussova rozdělení, bylo před statistickým zpracováním provedeno přepočítání pomocí Arcussinus-odmocninné transformace (GOMEZ & GOMEZ, 1984). Tím bylo dosaženo přiblížení binomického rozdělení k rozdělení Gaussovu. K testu signifikance byl použit F-test pro analýzu variance.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Stratifikace

Stratifikace je proces uložení namočených obilí na určitou dobu do podmínek s nízkou teplotou. ANDERSON (1968) a TOTTERDELL & ROBERTSE (1979) uvádějí jako optimální teplotu pro stratifikaci, zatímco BEWLEY & BLACK (1982) pokládají teplotu 2–5 °C jako optimální pro většinu druhů. Podle jejich názoru může stratifikace namočených obilí vést k přerušení jejich dormance. U spousty druhů se nutnost stratifikace v průběhu skladování snižuje a starší obilky jsou schopné vyklíčit i bez nutnosti stratifikace (SCHOPFER, 1989).

I: *Varianty pokusu*

Faktory	Stupně
1. Druh (odrůda)	1.1. <i>Agrostis capillaries Bardot</i> 1.2. <i>Agrostis stolonifera Penn G-2</i> 1.3. <i>Agrostis stolonifera Providence</i> 1.4. <i>Poa supina Supranova</i> 1.5. <i>Poa pratensis Cocktail</i> 1.6. <i>Poa pratensis Cocktail Headstart</i> 1.7. <i>Poa pratensis Julius</i> 1.8. <i>Poa pratensis Julius PreGerm</i> 1.9. <i>Poa annua</i>
2. Stratifikace	2.1. s (= 10 dnů při 3 °C) 2.2. bez
3. Světlo	3.1. světlo 3.2. tma
4. Médium	4.1. H ₂ O deionisovaná 4.2. H ₂ O s nitrátem (= 0,2 % K ₃ NO 4.3. – 0,1 MPa (= PEG1), pF 3,0 4.4. – 0,2 MPa (= PEG2), pF 3,3

Účinek stratifikace je u zde sledovaných druhů, respektive odrůd spíše nízký. U *Poa* species ovlivnila stratifikace pouze energii klíčení v prvních pěti dnech. Naproti tomu u *Agrostis* species stratifikace energii klíčení neovlivnila, anebo měla u variant uložených ve tmě vliv negativní. Z hlediska analýzy variance byla stratifikace u *Agrostis capillaris Bardot* a *Poa pratensis Julius PreGerm* nejvýznamnější faktor (Tab. II). Varianty *Agrostis capillaris Bardot* uložené na světle nebyly stratifikací ovlivněny; ve tmě bylo dosaženo u stratifikované varianty s H₂O hodnoty klíčivosti 52 %, zatímco u varianty bez stratifikace 96,5 % klíčivosti, což je rozdíl 44,5 %, u KNO₃ variant činil rozdíl 31,5 % a u PEG variant shodně 32 %. Na klíčivost *Poa pratensis (Julius PreGerm)* měla stratifikace velmi negativní vliv (Obr. 1). Na světle byly tyto rozdíly pozorovatelné jen u PEG 2 varianty, kde bylo dosaženo u stratifikace pouze 40% klíčivosti, přičemž bez stratifikace 85%. Jednoznačný byl rozdíl ve tmě, kde se rozdíly mezi stratifikovanými a nestratifikovanými variantami pohybovaly od 17,5 % u KNO₃ až po 47,5 % u varianty s vodou. To může mít souvislost s použitím metody úpravy osiva PreGerm, která je založena na bázi předklíčení obilky. *Agrostis stolonifera Providence* klíčil za použití stratifikace na světle výrazně lépe především u variant s H₂O (rozdíl 23,75 %), ale u variant s přidavkem KNO₃ byl rozdíl pouhých 1,25 %. Účinek ve tmě byl naproti tomu stejný jako u *Poa pratensis (Julius PreGerm)* opačný a rozdíly se pohybovaly od 4,25 %

u PEG 2 varianty až po 42,5 % u H₂O varianty. Podle analýzy variance byla stratifikace u *Poa supina Supranova* vysoce významná a obilky na ni reagovaly převážně pozitivně. Pozitivně byla ovlivněna též energie klíčení, kdy především u varianty s KNO₃ bylo po pěti dnech dosaženo 45% klíčivosti, přičemž bez stratifikace byla klíčivost ještě nulová. U druhů *Poa pratensis Cocktail*, *Cocktail Headstart*, *Julius* a *Poa annua* neprokázala analýza variance průkazný vliv. U odrůd lipnice luční *Cocktail* a *Cocktail Headstart* byl vliv stratifikace na světle proměnlivý, v závislosti na použitém médiu; ve tmě stratifikace ovlivnila klíčivost negativně. U obou byla ale podpořena energie klíčení především ve spojení s KNO₃ (rozdíl 20 %). *Poa annua* reagovala na stratifikaci zvýšením klíčivosti i lepší energií klíčivosti, t.j. stejně jako u ZIRON (2000). Analýza variance dále prokázala, že ve vztahu ke kombinaci faktorů bylo u druhů *Agrostis*, kromě *Penn G-2*, dosaženo největšího vlivu u kombinace stratifikace x světlo, zatímco u druhů *Poa* neměla tato kombinace žádný vliv. Pouze u *Poa pratensis (Cocktail, Julius PreGerm)* bylo dosaženo signifikantního efektu.

Světlo

Ve vztahu ke světlu mohou být obilky trav rozděleny do tří skupin. První skupinu tvoří obilky, u kterých světlo klíčivost indukuje nebo podporuje (fotosynteticky pozitivní), u druhé naopak světlo klíčivost brzdí nebo znemožňuje (fotosynteticky negativní) a třetí

(neutrální) skupinu (BRADBEER, 1988; GRIME et al., 1981; OPITZ VON BOBERFELD et al., 1997). Podle MILBERG et al. (2000) existuje vztah mezi hmotností semen a světlem. Se vzrůstající velikostí semen se snižuje nutnost světelného požitku. Také podle GRIME (1981) je světlo důležité pro klíčivost u druhů s nízkou hmotností semen a nedostatečným množstvím zásobních látek. Potřeba světla se může měnit v závislosti na dalších faktorech; např. vzrůstající stáří osiva snižuje potřebu světla (EVENARI, 1965). Stratifikace osiva může vést rovněž ke snížení potřeby světla (TOOLE, 1963) stejně jako delší doba uskladnění osiva (MAYER & POLJAKOFF-MAYBER, 1982).

Světlo mělo na klíčivost největší vliv u *Agrostis stolonifera* (*Penn G-2*, *Providence*), *Poa supina* (*Supranova*) a *Poa pratensis* (*Julius*, *Julius PreGerm*). U všech těchto druhů a odrůd bylo dosaženo na světle průkazně lepších hodnot klíčivosti. Také u *Agrostis capillaris Bardot* bylo z hlediska analýzy variance dosaženo nejvyššího účinku světla na klíčivost (vysoce signifikantní); především v kombinaci se stratifikací bylo dosaženo vyššího počtu vyklíčených jedinců. U obou druhů *Agrostis* byla klíčivost na světle výrazně vyšší jak v kombinaci se stratifikací, tak i bez ní; to potvrzuje i GRIME et al. (1988). Naopak OPITZ VON BOBERFELD et al. (1997) došli k názoru, že je *Agrostis stolonifera* ke světlu neutrální. Na klíčivost *Poa pratensis Cocktail* a *Cocktail Headstart* nemělo světlo žádný průkazný vliv. Rovněž klíčivost u druhu *Poa annua* nebyla světlem podstatně ovlivněna, přesto bylo dosaženo v interakci s KNO_3 a H_2O vyššího počtu vyklíčených jedinců. Naopak u kombinací s PEG 2 byla klíčivost na světle výrazně nižší (o 23,8 % se stratifikací a o 20 % bez stratifikace). Tuto skutečnost potvrzuje i analýza variance, kde se kombinace faktorů světlo x médium ukázala jako vysoce signifikantní. Pro *Agrostis capillaris Bardot* a *Agrostis stolonifera Providence* je vysoce signifikantní kombinace faktorů stratifikace x světlo.

Médium

Médium mělo na klíčivost některých druhů (*Poa pratensis Cocktail*, *Cocktail Headstart*, *Poa annua*) největší vliv ze všech sledovaných faktorů. Rovněž u ostatních druhů, kromě *Poa pratensis Julius*, bylo médium vysoce signifikantním faktorem. Z hlediska kombinace faktorů byla vysoce signifikantní pouze kombinace světlo x médium u *Poa annua* a rovněž vysoce signifikantní kombinace stratifikace x médium u *Poa pratensis Julius PreGerm*.

Přídavek KNO_3 do vodního roztoku je používán k přerušení dormance většiny užitkových rostlin. Stimulující účinek dusičnanu (NO_3) závisí většinou na přítomnosti dalších stimulujících faktorů, jako jsou

světlo nebo střídavá teplota (BEWLEY & BLACK, 1982; FENNER, 1985). Také předpisy ISTA (ANONYMUS, 1999) předepisují při stanovování klíčivosti u všech zkoušených druhů použití KNO_3 . Dle MAYER & POLJAKOFF-MAYBER (1982) je optimální koncentrace ke stimulaci klíčení 0,2 % KNO_3 . V přirozených podmínkách se koncentrace dusičnanu v půdním roztoku díky aktivitě mikroorganismů neustále mění a kolísá v závislosti na ročním období FENNER (1985).

Přídavek KNO_3 měl u všech travních druhů pozitivní efekt. Všechny druhy a jejich odrůdy dosáhly nejlepších hodnot klíčivosti u variant s přídavkem KNO_3 (Tab. III). Dusičnan neovlivnil pozitivně pouze hodnoty klíčivosti, ale rovněž i počáteční energii klíčení. Především u *Poa species* je účinek KNO_3 na energii klíčení velmi výrazný a varianty s přídavkem dusičnanu dosahovaly t_{50} (50 % vyklíčených obilek) v průměru o 1–3 dny dříve než varianty bez KNO_3 . U většiny druhů byl rozdíl v klíčivosti mezi KNO_3 a H_2O variantami průměrně o 5–15 % ve prospěch KNO_3 . Zvláště u *Poa supina Supranova* byly na světle dosaženy hodnoty klíčivosti o 20 % a ve tmě dokonce o 30 % vyšší, rovněž ve prospěch KNO_3 .

Vzrůstající nedostatek vody, navozený přídavkem PEG, způsobil u téměř všech druhů a odrůd snížení energie klíčení i hodnot klíčivosti. Především u PEG 2 variant je klíčivost obilek silně redukována. Vodu potřebují obilky k bobtnání a následnému klíčení. Teprve při dostatečném množství přístupné vody totiž dochází k optimálnímu klíčení většiny druhů (BRADBEER, 1988). Nedostatečné množství vody má za následek zpomalení klíčivosti. Při velkém deficitu vody dokonce proces klíčení vůbec nezačne (BEWLEY & BLACK, 1982). HEGARTY (1978) stejně jako BRADFORD (1995) popsali zpomalení procesu bobtnání při vzrůstajícím nedostatku vody. Především u druhů s pomalým klíčením hraje vodní stres velkou roli. KÄDING (1982) pozoroval u lipnice luční nízkou schopnost přijímat vodu do obilky a její citlivou reakci na vodní stres v průběhu klíčení. U *Agrostis species* byly rozdíly mezi variantou s H_2O a PEG 2 největší ve tmě bez stratifikace. Odrůda A. c. *Bardot* dosáhla u H_2O varianty o 13,5 % vyššího počtu vyklíčených obilek, zatímco *Penn G 2* a *Providence* dosáhly u stejné varianty o 43,8 %, respektive 32,5 % vyšší klíčivosti než u varianty s PEG2. U *Poa species* se ukázalo největší snížení klíčivosti u *Poa annua*, kde byly na světle významné rozdíly mezi variantou s H_2O a PEG 2 (30–40 %), zatímco ve tmě byla klíčivost u varianty s PEG 2 naopak o 10 % vyšší než u varianty s H_2O . Nižších hodnot klíčivosti ve tmě u variant s H_2O oproti variantám s PEG 2 použitím stratifikace bylo dosaženo rovněž u většiny dalších v pokusu zkoumaných druhů, respektive odrůd.

II: Statistické vyhodnocení účinků jednotlivých faktorů a jejich kombinací na sledované druhy, respective odrůdy

		A.c. (Bar.)	A.s. (Penn.)	A.s. (Pro.)	P.s. (Supra.)	P.p. (Coc.)	P.p. (Coc.H.)	P.p. (Ju.)	P.p. (Ju.P.)	P.an.
Faktor	SV	MQ/F-Test	MQ/F-Test	MQ/F-Test	MQ/F-Test	MQ/F-Test	MQ/F-Test	MQ/F-Test	MQ/F-Test	MQ/F-Test
S (= Stratifikace)	1	3105**	457*	71	647**	251	226	38	4040**	206
T (= Světlo)	1	1266**	9289**	9903**	2714**	12	3	1098**	11132**	265
M (=Médium)	3	577**	533**	1141**	1738**	664**	1167**	87	1097**	968**
V * M	3	65	137	167	191*	126	152	161*	357**	21
V * T	1	2748*	243	3655**	53	520*	32	183	600*	17
T * M	3	81	162	77	176*	210	196	65	282*	604**
V * T * M	3	36	379**	263*	120	20	41	170*	256*	64
Chyba	48	76	88	72	50	90	81	50	85	68
Celkem	64									

(Bar.) – Bardot, (Penn.) – Penn G-2, (Pro.) – Providence, (Supra.) – Supranova, (Coc.) – Cocktail, (Coc.H.) – Cocktail Headstart, (Ju.) – Julius, (Ju.P.) – Julius PreGerm

* $P \leq 0,05$

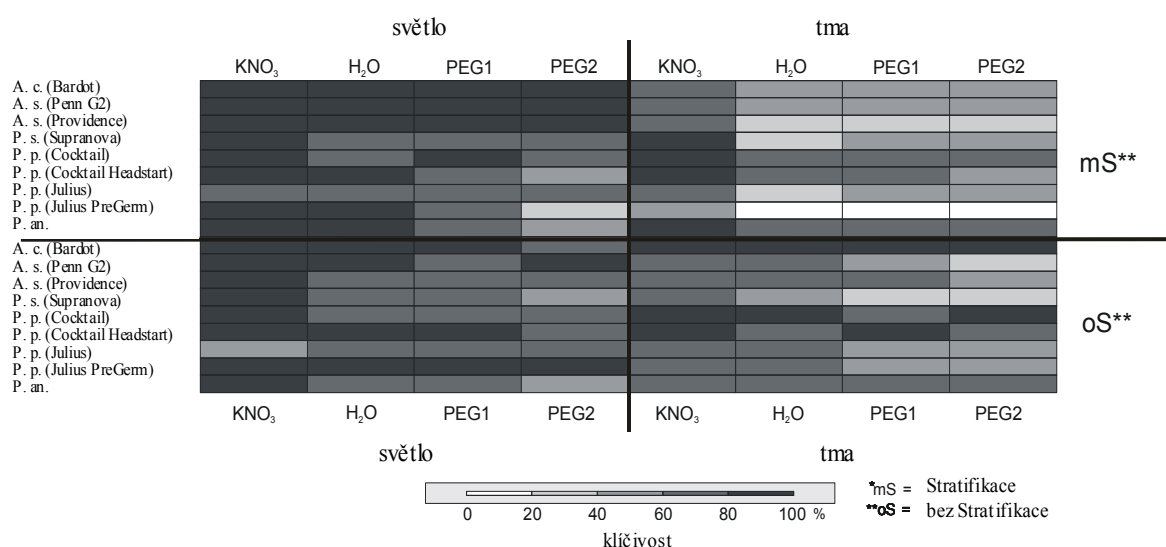
** $P \leq 0,01$

III: Jednotlivé druhy a jejich varianty s nejvyššími dosaženými hodnotami klíčivosti

Druh (odrůda)	Nejlepší varianta	Klíčivost (%)
<i>Agrostis capillaris</i> (Bardot)	10/20 °C oS, T, KNO ₃	98
<i>Agrostis stolonifera</i> (Penn G-2)	10/20 °C mS, S, KNO ₃	98
<i>Agrostis stolonifera</i> (Providence)	10/20 °C mS, S, KNO ₃ a H ₂ O	99
<i>Poa supina</i> (Supranova)	10/20 °C mS, S, KNO ₃	91
<i>Poa pratensis</i> (Cocktail)	10/20 °C mS, S, KNO ₃	95
<i>Poa pratensis</i> (Cocktail Headstart)	10/20 °C mS, T, KNO ₃	95
<i>Poa pratensis</i> (Julius)	10/20 °C mS, S, KNO ₃	79
<i>Poa pratensis</i> (Julius PreGerm)	10/20 °C oS, S, KNO ₃	90
<i>Poa annua</i>	10/20 °C mS, S, KNO ₃	94

S – světlo, T – tma

mS – stratifikace, oS – bez stratifikace



1: Dosažené hodnoty klíčivosti obiliek trávnickových druhů a odrůd

SOUHRN

Byl prokázán vliv abiotických faktorů (světla, teploty, vodního režimu) na hodnoty klíčivosti travních druhů a jejich odrůd. Stratifikace měla pozitivní vliv na klíčivost *Poa supina* odrůda Supanova. V případě *Poa pratensis* odrůdy Julius Pregerm byl vliv stratifikace na klíčivost průkazně negativní. U species *Agrostis* byl průkazně pozitivní vliv stratifikace v interakci se světlem; ve tmě byla klíčivost nižší.

Vysoce průkazně pozitivní vliv světla na klíčivost byl prokázán u odrůd *Agrostis stolonifera*, dále *Poa supina* a *Poa pratensis* (*Julius*, *Julius PreGerm*); u *Agrostis capillaris* byl pozitivní vliv světla na klíčivost jen v interakci se stratifikací. U odrůd *Poa pratensis* (*Cocktail*, *Cocktail Headstart*) a *Poa annua* byl vliv světla na klíčivost statisticky neprůkazný. Výživa dusíkem měla jak na energii klíčivosti, tak i klíčivost všech travních druhů a jejich odrůd, s výjimkou *Poa pratensis* (*Julius*), průkazně pozitivní vliv. Vodní stres obecně snižoval energii klíčení i klíčivost obilí.

travní druhy, klíčivost, světlo, stratifikace, nedostatek vody, dusíkatá výživa

Uvedená práce je výsledkem řešení dílčí části rozvojového projektu FRVŠ č. 213.

LITERATURA

- ANDERSEN, R. N.: Germination and establishment of weeds for experimental purposes. W. F. Humphrey Press, Inc., Geneva, N. Y., 1968.
- ANONYMUS: SPSS für Windows. Version 8.0. SPSS Software, München, 1998.
- ANONYMUS: International rules for seed testing. Seed Sci. Technol. 27, Supplement. 1999, 175–180.
- BEWLEY, J. D. & BLACK, M.: Physiology and biochemistry of seeds in relation to germination. 1982, Vol. 2. Verl. Springer, Berlin, Heidelberg, New York.
- BRADBEER, J. W.: Seed dormancy and germination. Chapman & Hall, New York, 1988.
- BRADFORD, K. J.: Water relations in seed germination. In: KIGEL, J. & G. GALILI (eds.): Seed development and germination. Dekker, New York, 1995, 351–396.
- EVENARI, M.: Light and seed dormancy. In: RUHLAND, W. (Hrsg.): Handbuch der Pflanzenphysiologie. 1965, Bd. 15, Teil 2, 804–841.
- FENNER, M.: Seed ecology. Chapman & Hall, London, New York, 1985.
- FRANKLAND, B.: Germination in shade. In: SMITH, H.: Plants and the Daylight. Acad. Press, London, 1981, 187–204.
- GOMEZ, K. A. & GOMEZ, A. A.: Statistical procedures for agricultural research. 2nd ed. J. Wiley & Sons, New York, Chichester, Brisbane, Toronto, 1984.
- GRIME, J. P.: Plant strategies in shade. In: H. SMITH (ed.): Plants and the daylight. Acad. Press London, 1981, 159–186.
- HEGARTY, H. W.: The physiology of seed hydration and dehydration, and the relation between water stress and control of germination: a review. Plant Cell Environ. 1, 1978, 101–119.
- CHIPPINDALE, H. G.: Environment and germination in grass seeds. J. Brit. Grass. Soc. 1, 1949, 1–10.
- KÄDING H.: Hinweise für das sichere Gelingen von Graslandsaaten. Feldwirtschaft 23, 1982, 57–60.
- KRETSCHMER, M.: Möglichkeiten und Grenzen physiologischer Vorbehandlungen von gärtnerischem Saatgut. VDLUFA-Schriftenreihe 38, Kongressband 1994, 345–348.
- MAYER, A. M. & POLJAKOFF-MAYBER, A.: The germination of seeds. 3rd ed., Pergamon Press, London, 1982.
- MICHAEL, B. E. & KAUFMANN, M. R.: The osmotic potential of Polyethylene Glycol 6000. Plant Physiol. 1973, 51, 914–916.
- MILBERG, P., L. ANDERSON & THOMSON, K.: Large-seeded species are less dependent on light for germination than small-seeded ones. Seed Sci. Res., 2000, 10, 99–104.
- OPITZ VON BOBERFELD, W., STEINLE, C. & JUCKEN, E.: Sind ansaatwürdige Gräser Lichtkeimer? Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 1997, 10, 221–222.
- OPITZ VON BOBERFELD, W., NEUHAUS, K. & STERNZENBACH, M.: Keimungsdynamik verschiedener Gräserökotypen. Arbeitsgem. Grünland u. Futterbau d. Ges. Pflanzenbauwiss. Bericht 43. Jahrestagung Bremen, 1999, 204–206.
- SCHOPFER, P.: Experimentelle Pflanzenphysiologie, Einführung in die Anwendung. Verl. Springer, Berlin, Heidelberg, New York, 1989.
- SMITH, H.: Light quality, photoperception and plant strategy. Annu. Rev. Plant Physiol., 1989, 33, 481–518.
- THOMSON, P. A.: Effects of fluctuating temperatures on germination. J. Exp. Bot., 1974, 25, 164–175.
- TOOLE, V. K.: Light control of seed germination. Proc. Ass. Off. Seed Anal., 1963, 53, 124–143.
- TOTTERDELL, S. & ROBERTS, E. H.: Effects of

low temperatures on the loss of innate dormancy in seeds of *Rumex obtusifolius* and *Rumex crispus* (L.). Plant Cell Environ., 1979, 2, 131–137.

ZIRON, C.: Zum Keimverhalten ausgewählter *Plantaginetea majoris*- und *Molinio-Arrhenatheretea*-Arten. Diss. Gießen, 2000.

Adresa

Ing. Pavel Knot, Ústav výživy zvířat a picinářství, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Zemědělská 1, 613 00 Brno, Česká republika

