

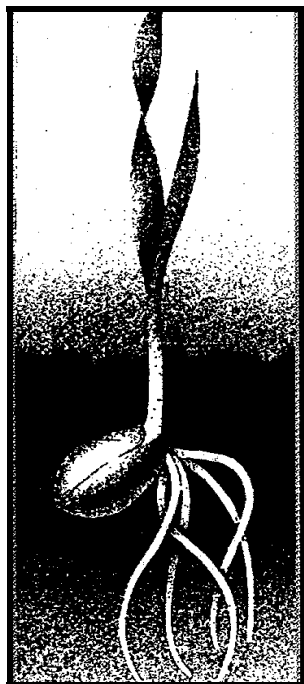


Česká zemědělská univerzita v Praze

AGRICULTURA – SCIENTIA – PROSPERITAS

OSIVO A SADBA

XV. národní odborný a vědecký seminář



Sborník referátů

4. února 2021

Česká zemědělská univerzita v Praze

AGRICULTURA – SCIENTIA – PROSPERITAS

OSIVO A SADBA

XV. národní odborný a vědecký seminář

pořádaný ČZU v Praze
ve spolupráci s Českomoravskou šlechtitelskou a semenářskou asociací
a Českou zemědělskou společností na ČZU

Sborník referátů

4. února 2021

Czech University of Life Sciences Prague

AGRICULTURA – SCIENTIA – PROSPERITAS

SEED AND SEEDLINGS

XV. Scientific and technical seminar

Organized by CULS Prague
with cooperation of Czech Seed Trade Association (ČMŠSA)
and Czech Agriculture Company at CZU in Prague

Proceedings

4th February 2021

© Česká zemědělská univerzita v Praze
Katedra agroekologie a rostlinné produkce
Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů
165 21 Praha 6 - Suchbát

ISBN 978-80-213-3080-1

OBSAH

ŠLECHTITELSKO – SEMENÁŘSKÁ PROBLEMATIKA	9
PRODLUŽOVÁNÍ VEGETAČNÍHO OBDOBÍ. FAKTA, PŘÍLEŽITOSTI, RIZIKA Tomáš Středa, Hana Středová, Ivana Jovanović	10
HISTORIE SEMENÁŘSTVÍ Ladislav Bláha	16
TECHNOLOGIE	23
VYUŽITÍ IN VITRO KULTUR PRO ZVÝŠENÍ KLÍČIVOSTI SEMEN RANÝCH ODRŮD TŘEŠNÍ Ivona Žďárská, Pavol Suran	24
MIKROSATELITOVÉ MARKERY JAKO ÚČINNÝ NÁSTROJ PRO HODNOCENÍ ČISTOTY OSIVA Eva Jozová, Andrea Rychlá, Vladislav Čurn	31
VLIV NÍZKOTEPLTNÍHO PLAZMATU NA KLÍČIVOST DLOUHODOBĚ ULOŽENÝCH SEMEN V GENOVÉ BANCE Martin Matějovič, Jana Palicová, Petra Hlásná Čepková, Ludmila Papoušková, Eva Jozová, Vladislav Čurn	38
KLÍČIVOST MOŘENÉHO OSIVA KUKUŘICE SETÉ PO OŠETŘENÍ KLOUZAVÝM OBLOUKOVÝM VÝBOJEM Božena Šerá, Michal Šerý, Eugen Hnatiuc	43
VLIV OŠETŘENÍ OSIVA PŠENICE CHLADNÝM PLAZMATEM NA KLÍČIVOST A VZCHÁZIVOST Stanislav Ježek, Vladislav Čurn, Eva Jozová, Pavel Horčíčka, Ondřej Veškna	48
PRODLEVA MEZI OŠETŘENÍM SEMEN ŘEPKY OLEJKY KLOUZAVÝM OBLOUKOVÝM VÝBOJEM A JEJICH VÝSEVEM Božena Šerá, Michal Šerý, Eugen Hnatiuc	55
ŠLECHTITELSKÝ A SEMENÁŘSKÝ VÝZKUM POLNÍCH PLODIN	60
AKTUÁLNÍ REZISTENCE ODRŮD PŠENICE K VYBRANÝM HOUBOVÝM CHOROBÁM Alena Hanzalová, Veronika Dumaslová, Jana Palicová, Jana Chrpová	61
CHARAKTERIZÁCIA HMW GLUTENÍNOVÝCH PODJEDNOTIEK V SLOVENSKÝCH ODRODÁCH PŠENICE S GÉNOM ODOLNOSTI SR3 I VOČI HRDZI TRÁVOVEJ Svetlana Šliková, Alena Hanzalová, Edita Gregová	68
VLIV NAKLÍČOVÁNÍ NA OBSAH AVENANTRAMIDŮ V SEMENECH OVSA Michal Jágr, Petra Hlásná Čepková, Václav Dvořáček, Dagmar Janovská	73
VLIV HTS A OŠETŘENÍ OSIVA STIMULÁTOREM NA KLÍČIVOST A POLNÍ VZCHÁZIVOST U ŘEPKY OZIMÉ (<i>BRASICA NAPUS</i> L.) Lucie Bečková, David Bečka, Kateřina Pazderů	79
ROZDÍLY V RYCHLOSTI KLÍČENÍ SEMEN MÁKU PODMÍNĚNÉ GENOTYPEM Andrea Rychlá, Viktor Vrbovský, Veronika Gališová	86
POROVNÁNÍ METOD ZJIŠŤOVÁNÍ VITALITY OSIVA SÓJI Pavel Procházka, Antonín Procházka	91
SUCHOVZDORNOST VYBRANÝCH GENETICKÝCH ZDROJŮ RODU LOTUS VE FÁZI KLÍČENÍ Tomáš Vymyslický, Igor Huňady, Vladěna Ondrisková, Zuzana Kubíková	99

VLIV SUCHA NA KLÍČIVOST SEMEN JETELE PLAZIVÉHO, TOLICE DĚTELOVÉ A ÚROČNÍKU BOLHOJE OŠETŘENÝCH METODOU ÚPRAVY OSIVA WASP	107
Pavel Knot, Jiri Skladanka	
PRODUKCIA OSIVA PRVÝCH SLOVENSKÝCH ODRÔD FESTULOLIUM A. ET GR. CV. LENOR A TATRAN	112
Peter Hric, Ľuboš Vozár, Peter Kovár	
VLIV OBALENÍ SEMEN VYBRANÝCH DRUHŮ TRAV NA POČÁTEČNÍ VÝVOJ V POLNÍCH PODMÍNKÁCH	118
Martin Lošák	
TOLERANCE TRAV NA SEMENO VŮČI VYBRANÝM HERBICIDŮM	125
Radek Macháč, Pavla Petřeková, Martina Cabáková	
KLÍČENÍ A POČÁTEČNÍ RŮST VYBRANÝCH DRUHŮ A ODRŮD TRAV V PODMÍNKÁCH VODNÍHO STRESU	130
Milan Kobes, Andrea Bohatá, Zdeněk Štěrbá	
VPLYV ALGINITU A EXTRAKTŮ Z NEHO NA KLÍČENIE LIPNICE LÚČNEJ (POA PRATENSIS L.)	137
Peter Kovár, Ľuboš Vozár, Peter Hric, Ján Brindza, Petra Verešová	
VLIV OŠETŘENÍ SEMENNÝCH POROSTŮ SVAZENKY SHLOUČENÉ NA KLÍČIVOST OSIVA	143
Zuzana Kubíková, Hana Smejkalová, Helena Hutýrová ¹ Daniela Knotová	
VLIV OŠETŘENÍ OSIVA LASEREM A HNOJENÍ POD PATU NA PRODUKČNÍ UKAZATELE CUKROVÉ ŘEPY	148
Josef Pulkrábek, Lucie Bečková, Perla Kuchtová	

Šlechtitelstvo – semenářská problematika

PRODLUŽOVÁNÍ VEGETAČNÍHO OBDOBÍ. FAKTA, PŘÍLEŽITOSTI, RIZIKA

Extension of the Vegetation Period. Facts, Opportunities, Risks

Tomáš Středa, Hana Středová, Ivana Jovanović

Agronomická fakulta, MENDELU v Brně

Abstract

The aim of the study was to evaluate length, onset and ending of the vegetation period in climatic condition of the Central Europe (the Czech Republic). The vegetation period is delimited by at least three days in row occurrence of the air temperature equal or higher than 5 °C. The mean prolongation of the vegetation period between 1961–1990 and 1990–2019 is 7.9 days with maximum of 10 days in the coldest part of the region. The average length of the vegetation period in 1961–1990 is 201.2 days, while in 1990–2019 is 209.2 days. Its significant prolongation is also predicted by commonly respected climatic scenarios and models. This fact causes an increasing risk of negative effect of spring frosts on plants. It can be demonstrated by course of temperature on the turn of winter and spring in 2020, which well represents the risks related to prolongation of the vegetation period and thus its earlier onset accompanied by invasion of very cold air with following frost damage.

Keywords: *climate, air temperature, temperature sum, frost, damage, plant, varieties*

Souhrn

Výzkumem vlivu změny klimatu na rostlinnou produkci bylo v České republice, mimo jiné, prokázáno, že se během posledních dekád výrazně prodloužilo vegetační období, což s sebou přináší i rostoucí riziko negativních dopadů pozdních vegetačních mrazů. Příkladem jsou nejen pozdní (dubnové a květnové) vegetační mrazy, kdy jsou výrazně poškozeny výsadby ovocných dřevin, ale i časnější vegetační mrazy s dopadem na polní kultury, jak bylo zaznamenáno i v roce 2020. Cílem studie je kvantifikovat změny termínu začátku a ukončení vegetačního období v různých částech ČR a v různých klimatických regionech, a přispět tak k porovnání a zhodnocení vývoje klimatických charakteristik s potenciálním výrazným dopadem na rostlinnou produkci. Konkrétní výsledky jsou prezentovány jako (i) stanovení začátku a konce vegetačního období v dlouhodobém horizontu a (ii) analýza trendů počátku vegetačního období. Analýza přispívá k optimalizaci výběru a lokalizace pěstovaných plodin a odrůd s ohledem na charakteristiky vegetačního období a doporučení a realizaci adekvátních agrotechnických opatření pro snížení dopadů rizikových abiotických stresorů pro konkrétní plodiny v podmínkách současného klimatu. Bude tak možná precizní aplikace protipatření, vedoucích ke snížení negativních dopadů na výnos a kvalitu rostlinné produkce.

Klíčová slova: *klima, teplota vzduchu, suma teplot, mráz, poškození, rostlina, odrůdy*

Úvod

Jak dokládá hodnotící zpráva IPCC (2007), teplota vzduchu se ve 20. století zvýšila o 0,74 °C a dle klimatických scénářů se předpokládá její další zvyšování. Modelové simulace klimatických podmínek předpovídají zvýšení průměrné teploty vzduchu o 2,5–5,4 °C na konci 21. století (Ciscar, 2012). Použití standardních klimatických charakteristik pro účely hodnocení vlivu klimatu na produkční potenciál zemědělských plodin však není často dostatečně vypovídající. Rostlinná produkce je limitována

klimatickými podmínkami oblasti a významně ovlivňována ročníkovými meteorologickými vlivy (Vido et al., 2016; Lukasová et al., 2020). Proto je nutné vycházet ze znalostí nejen průměrných hodnot klimatických prvků, ale také geneze a dynamiky meteorologických prvků v čase (Chuchma et al., 2016; Škvarenina et al., 2009). Dlouhodobé klimatické faktory, významné z agronomického hlediska, zohledňuje sofistikovaně například klimatická rajonizace užitá pro potřeby bonitace půdy v rámci první pozice kódu bonitovaných půdně ekologických jednotek BPEJ (Mašát et al., 1974). Ta přihlíží především k faktorům výrazně ovlivňujícím úroveň a kvalitu produkce, projevujícím se v průběhu hlavní části vegetačního období většiny zemědělských plodin (měsíce duben až září).

Fyziologické a biochemické procesy u rostlin a poikilotermních živočichů jsou úzce vázány na podmínky vnějšího prostředí, zejména průběh teploty. Pro kvantitativní vyjádření celkového tepelného množství využitelného pro vývoj organismu je používán termín suma aktivních (SAT) nebo suma efektivních teplot (SET); které udávají, do jaké míry jsou kryty teplotní potřeby rostlin a slouží jako kritérium rajonizace jejich pěstování. Aktivní teplota je experimentálně stanovená teplota, která je vyšší než tzv. biologické minimum, po jehož dosažení začínají významně probíhat metabolické pochody a vývoj druhu. Efektivní teplota je teplota zmenšená o hodnotu teploty biologického minima. Suma efektivních (aktivních) teplot je celková hodnota získaná součtem jednotlivých hodnot efektivní (aktivní) teploty od určitého termínu. Za startovací termín sumace efektivních teplot je běžně používán kalendářní údaj nebo první termín výskytu spodní prahové hodnoty vývoje (SPV). Za biologické minimum bývají voleny průměrné denní teploty vzduchu 0,5, 10 a 15 °C (Středa et al., 2013; Středa et al., 2011), které vymezují též vegetační období, v nichž jsou příznivé podmínky pro růst a vývoj rostlin. Rozlišuje se zpravidla velké vegetační období vymezené nástupem a ukončením průměrné denní teploty 5 °C a hlavní (malé) vegetační s průměrnou denní teplotou 10 °C a vyšší. Období charakterizované denní teplotou 15 °C, kdy dochází k intenzivnímu růstu, zrání a sklizni, se označuje jako vegetační léto.

Cílem studie je kvantifikovat změny začátku a ukončení vegetačního období v různých částech ČR a v různých klimatických regionech, a přispět tak k porovnání a zhodnocení vývoje klimatických charakteristik s potenciálním výrazným dopadem na rostlinnou produkci.

Metodika

Metodické vymezení „vegetačního období“

Vegetační období je definováno jako období, v němž jsou příznivé podmínky pro růst a vývoj rostlin a nepřímo celých ekosystémů (ať řízených či neřízených). V podmínkách ČR se jím zpravidla rozumí období vymezené průměrnými daty nástupu a ukončení určité průměrné denní teploty vzduchu. Kritéria pro vymezení vegetačního období nejsou jednotná, a to ani v rámci střední Evropy. Za vegetační období v prvním přiblížení považuje období bezmrazové, dále období s maximální denní teplotou vzduchu vyšší než 0 °C, 5 °C nebo 10 °C apod. Pro účely této studie bylo hodnoceno vegetační období vymezené daty nástupu a ukončení průměrné denní teploty vzduchu 5 °C a vyšší. Počátek období je stanoven jako pořadový den v daném roce, kdy teplota vystoupala nad prahovou hodnotu (5 °C) a dále už ve více jak 3 dnech za sebou neklesla pod tuto hodnotu. Konec období nastává, když teplota klesne pod 5 °C ve více jak 3 dnech za sebou.

Vstupní klimatologická data pro analýzu historických dat

Použita byla klimatologická data Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ). Pro období 1961 až 2019 byly použity tzv. technické řady klimatických dat, které jsou kontinuálně vytvářeny, s pravidelnou roční aktualizací, na ČHMÚ. Technická řada představuje plně homogenizovanou databázi denních hodnot klimatických prvků (průměrná, maximální a minimální teplota vzduchu, úhrn srážek, vlhkost vzduchu, a dalších) od roku 1961 pro 787 výpočetních bodů na celém území ČR v gridové síti 10 km. Technická řada modelovaných dat vychází z dat staniční sítě ČHMÚ a je tvořena v gridových bodech na základě výstupů regionálního klimatického modelu ALADIN-Climate/CZ.

Seskupování dat ze sítě gridových bodů

Pro grupování klimatologických dat z různých částí ČR a následnou regionalizaci výstupů bylo použito rozdělení území do klimatických regionů na základě bonitovaných půdně ekologických jednotek (Mašát a kol., 1974), když v návaznosti na určený počet míst kódu BPEJ bylo metodikou vyčleněno 10 klimatických regionů (KR) označených číslem 0–9 (velmi teplý, suchý až chladný, vlhký). Agroklimatickou charakteristiku jednotlivých klimatických regionů uvádí Tab. 1.

Tab. 1: Charakteristika jednotlivých klimatických regionů dle Metodiky pro vymezení klimatických regionů (Mašát a kol., 1974)

kód	symbol	charakteristika	suma teplot vzduchu nad 10 °C		prům. roční teplota vzduchu (°C)		prům. roční úhrn srážek (mm)		pravděpodobnost suchých VO		vláhová jistota	
			min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
0	VT	velmi teplý, suchý	2800	3100	9	10	500	600	30	50	0	3
1	T1	teplý, suchý	2600	2800	8	9		500	40	60	0	2
2	T2	teplý, mírně suchý	2600	2800	8	9	500	600	20	30	2	4
3	T3	teplý, mírně vlhký	2500	2800	(7) 8	9	550	650 (700)	10	20	4	7
4	MT1	mírně teplý, suchý	2400	2600	7	8,5	450	550	30	40	0	4
5	MT2	mírně teplý, mírně vlhký	2200	2500	7	8	550	650 (700)	15	30	4	10
6	MT3	mírně teplý (až teplý), vlhký	2500	2700	7,5	8,5	700	900	0	10	10	
7	MT4	mírně teplý, vlhký	2200	2400	6	7	650	750	5	15	10	
8	MCH	mírně chladný, vlhký	2000	2200	5	6	700	800	0	5	10	
9	CH	chladný, vlhký		2000		5	800		0	0	10	

Metodika monitoringu porostního mikroklimatu ve vegetačním období 2019/2020

Na experimentálních plochách Ústavu pěstování, šlechtění rostlin a rostlinolékařství Agronomické fakulty Mendelovy univerzity v Brně lokalizovaných v Žabčicích (jižní Morava; kukuřičná zemědělská výrobní oblast) je dlouhodobě realizován porostní mikroklimatický monitoring. Na podzim roku 2019 tak byly do porostu pšenice ozimé umístěny meteorologické senzory, zaznamenávající automaticky v desetiminutovém kroku hodnoty meteorologických prvků. Pro účely hodnocení byla použita průměrná hodinová data teploty vzduchu z přízemní výšky měření (5 cm nad povrchem půdy) ze senzoru umístěného v radiačním štítu.

Výsledky a diskuse

Stanovení začátku a konce vegetačního období v dlouhodobém horizontu

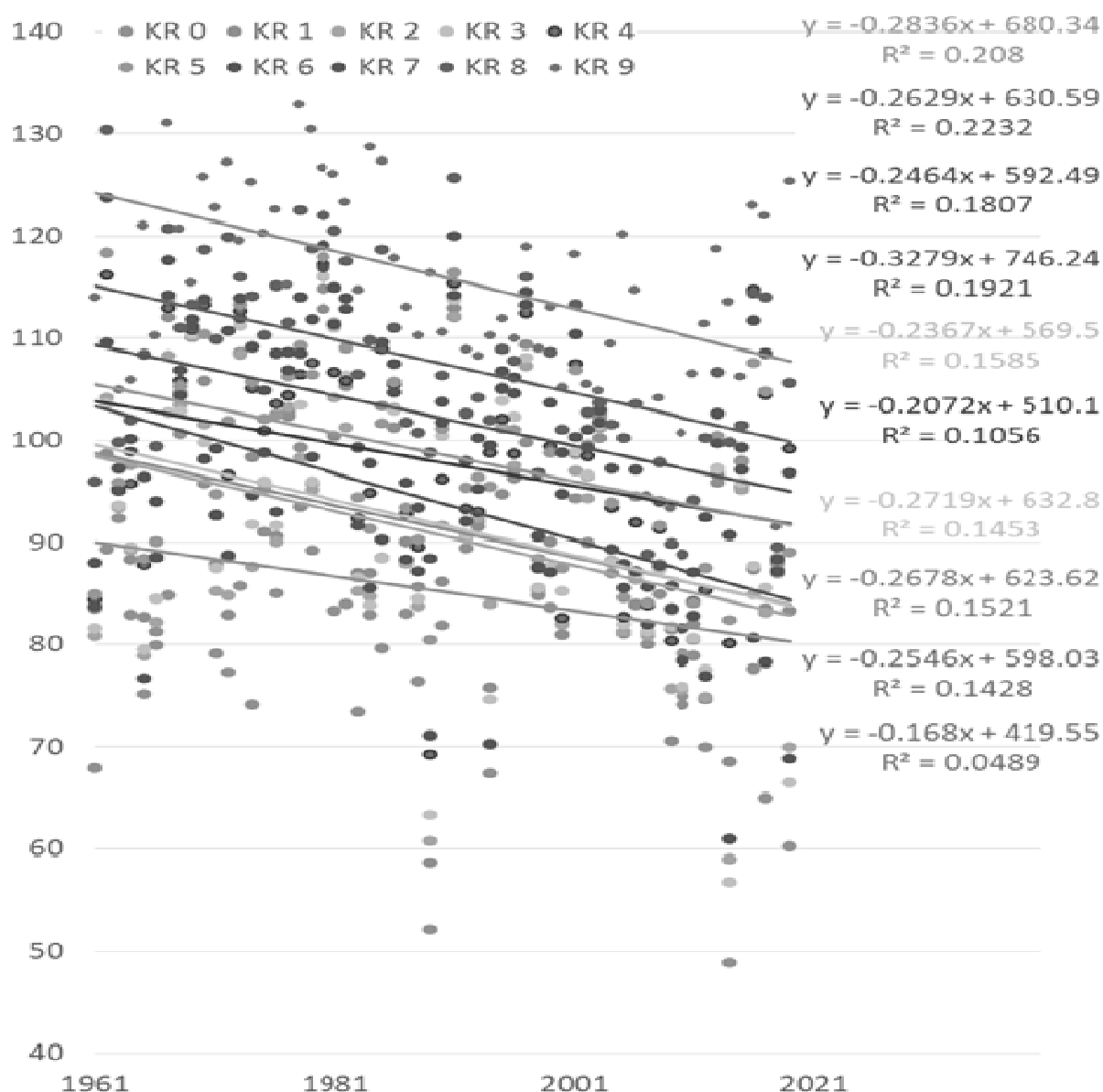
V tomto kroku byly spočteny dlouhodobé průměrné termíny počátku a konce vegetačního období za dvě třicetiletí: 1961–1990 a 1990–2019. Aktivita je zpracována v podobě tabelární (tab. 2). Srovnáním termínů počátku a konce vegetačního období ve dvou hodnocených třicetiletích bylo zjištěno, že k nástupu vegetačního období dochází až o 10 dnů dříve (KR 9) a vegetační období končí až o 4 dny později (KR 0). Průměrné prodloužení vegetačního období napříč klimatickými regiony činí 7,9 dne, s maximální hodnotou 10 dnů (KR 9).

Tab. 2: Průměrný počátek a konec vegetačního období (5 °C)

		KR 0	KR 1	KR 2	KR 3	KR 4	KR 5	KR 6	KR 7	KR 8	KR 9
1961 – 1990	počátek	86	94	93	95	100	102	98	106	112	121
	konec	307	305	306	306	302	302	307	300	296	289
1990 – 2019	počátek	84	88	87	89	94	95	90	99	103	111
	konec	311	307	309	308	303	302	308	300	295	289
Diference	počátek	2	6	6	6	6	7	8	7	9	10
	konec	4	2	3	2	1	0	1	0	-1	0

Analýza trendů termínu nástupu vegetačního období

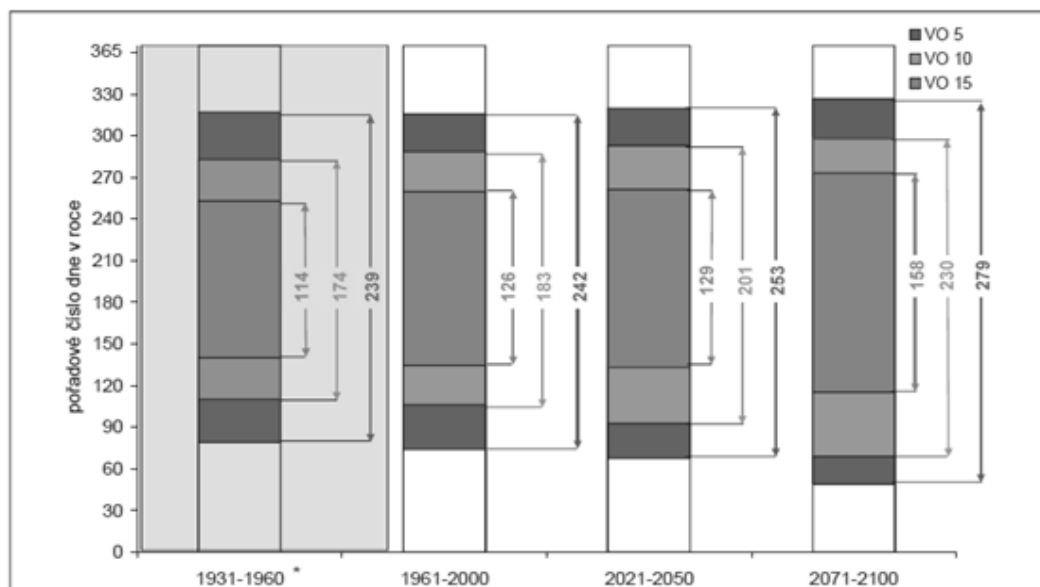
Trendová analýza termínu nástupu vegetačního období (prahová teplota 5 °C po dobu alespoň 3 dnů v řadě) byla provedena pro celé hodnocené období (1961–2019) prostřednictvím lineárního regresního modelu (obr. 1). Logická výrazná ročníková variabilita, typická pro většinu meteorologických veličin, redukuje vypovídací schopnost regresního modelu. Nicméně, směr trendu (časnější nástup vegetačního období) je zřejmý ve všech klimatických regionech a koresponduje i s výsledky jiných autorů, případně s výsledky v minulosti námi zjištěnými (Středová et al., 2016; Stehnová a Středová, 2016) i při využití klimatických scénářových dat (obr. 2). I když se metodický postup, použitý v jiných studiích, může lišit od námi použitého, je zřejmé, že časnější nástup a pozdnější konec vegetačního období jsou nesporné.



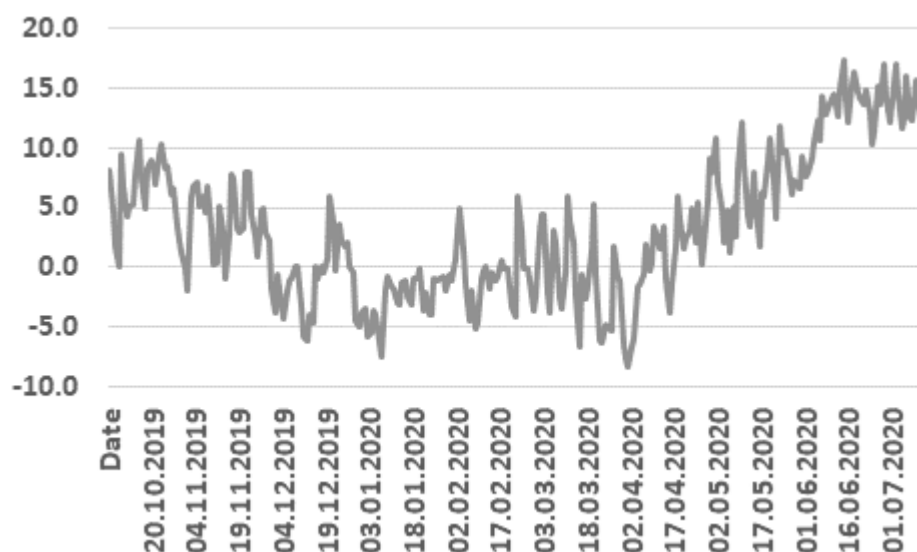
Obr. 1: Analýza trendu počátku vegetačního období (5 °C) pro jednotlivé klimatické regiony

Průběh teplot vzduchu na konci zimy a na jaře roku 2020 reprezentuje rizika související s prodloužením vegetačního období a souvisejícím časnějším zahájením vegetace rostlin, vpádem chladného vzduchu a následným mrazovým poškozením. V grafu 1 jsou uvedeny minimální přízemní

teploty vzduchu z porostního mikroklimatického monitoringu na lokalitě Žabčice, kde bylo z důvodu výskytu pozdních mrazů (na konci března a v dubnu) zaznamenáno mrazové poškození zejména terminálních klásků pšenice.



Obr. 2: Délka, nástup a konec vegetačních období ve srovnávacím období (Středová et al., 2016)



Graf 1: Minimální přízemní teploty vzduchu v porostu pšenice na lokalitě Žabčice Písky; vegetační sezóna 2019/2020

V poslední dekádě března a na počátku dubna se vyskytly v přízemní vrstvě vzduchu poměrně silné noční a ranní mrazy. Způsobily to dva vpády mrazivého vzduchu, které způsobily na experimentální lokalitě pokles teplot v přízemní vrstvě až na teplotu okolo -9°C . Charakteristické pro toto období bylo, že šlo o noční a ranní mrazy radičního charakteru, které byly střídány slunečným počasím v průběhu dne s výrazným oteplením. Následující dny, až do druhé dekády dubna, byly doprovázeny ranními mrazíky kolem -5°C . Již během březnových mrazů došlo k fotooxidačnímu poškození rostlin (kombinace mrazu a intenzivního slunečního svitu v ranních hodinách) a k zežloutnutí a zasychání fotosyntetického aparátu. Během teplé zimy také došlo, zejména u odrůd ozimých obilnin necitlivých k fotoperiodě, k diferenciaci květních základů již na přelomu března a dubna. Mrazíky vrcholy v takové

fázi poškodily a u obilnin se přestalo dále vyvíjet hlavní stéblo. U ozimé řepky došlo během dubnových mrazů k poškození a usychání listů a rozpraskání lodyh, stejně jako k poškození již vyvinutých poupat. Lokálně, z důvodu výskytu květnových mrazů (zejména Čechy), došlo potom k poškození květenství a redukci vývoje šešulí.

Závěr

Pro účely této studie bylo hodnoceno vegetační období, vymezené daty nástupu a ukončení průměrné denní teploty vzduchu 5 °C a vyšší, která trvala alespoň 3 dny v řadě. Průměrné prodloužení vegetačního období při porovnání dvou třicetiletí (1961–1990 a 1990–2019) napříč klimatickými regiony činí 7,9 dne, s maximální hodnotou 10 dnů (nejchladnější části ČR). Průměrná délka vegetačního období je 201,2 dne v prvním období a 209,2 dne ve druhém období. Výrazné prodloužení vegetačního období s sebou přináší rostoucí riziko negativních dopadů pozdních vegetačních mrazů na rostliny. To je demonstrováno na příkladu analýzy průběhu teplot vzduchu na konci zimy a na jaře roku 2020. Tento příklad optimálně reprezentuje rizika související s prodlužováním vegetačního období a souvisejícím časnějším zahájením vegetace rostlin, vpádem chladného vzduchu a následným mrazovým poškozením.

Poděkování

Práce vznikla s finanční podporou výzkumných projektů NAZV QK1910269 a QK1920280.

Literatura

- CISCAR J. C. (2012). The impacts of climate change in Europe (the PESETA research project). *Climatic Change*, 112, 1-6, doi.org/10.1007/s10584-011-0336-x.
- IPCC (2007). Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Core Writing Team. IPCC, Geneva, Switzerland, 104 s.
- CHUCHMA F., STŘEDOVÁ H., STŘEDA T. (2016). Bioindication of climate development on the basis of long-term phenological observation. In *MendelNet 2016: Proceedings of International PhD Students Conference*. Brno, Mendel University in Brno, 380-383.
- LUKASOVÁ V., VIDO J., ŠKVARENINOVÁ J., BIČÁROVÁ S., HLAVATÁ H., BORSÁNYI P., ŠKVARENINA J. (2020). Autumn phenological response of European Beech to summer drought and heat. *Water*, 12, 2610.
- MAŠÁT K. et al. (1974). Metodika vymezení a mapování bonitovaných půdně ekologických jednotek, Ústav pro zemědělský průzkum půd, Praha, 113 s.
- STEHNOVÁ E., STŘEDOVÁ H. (2016). Phenology of sugar beet in the context of the water erosion risk. *Listy cukrovarnické a řepařské*, 132, 12, 380-386.
- STŘEDA T., STŘEDOVÁ H., ROŽNOVSKÝ J. (2011). Orchards microclimatic specifics. In *Bioclimate: Source and Limit of Social Development*. Slovak Agricultural University, Nitra, 132-133.
- STŘEDA T., VAHALA O., STŘEDOVÁ H. (2013). Prediction of adult western corn rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) emergence. *Plant Protection Science*, 49, 89-97.
- STŘEDOVÁ H., STŘEDA T. (2015). Agroclimatic conditions of the Czech Republic – development and influence on agricultural production. In *Seed and seedlings*. ČZU Prague, 22-27.
- STŘEDOVÁ H. et al. (2016). Krajina a klima ve vzájemných souvislostech. Brno, Mendelova univerzita v Brně, 184 s.
- ŠKVARENINA J., TOMLAIN J., HRVOJ J., ŠKVARENINOVÁ J., NEJEDLÍK P. (2009). Progress in dryness and wetness parameters in altitudinal vegetation stages of West Carpathians: Time-series analysis 1951-2007. *Időjárás*, 113, 47-54.
- VIDO J., STŘELCOVÁ K., NALÉVANKOVÁ P., LEŠTIANSKA, A., KANDRÍK R., PÁSTOROVÁ A., ŠKVARENINA J., TADESSE T. (2016). Identifying the relationships of climate and physiological responses of a beech forest using the Standardised Precipitation Index: A case study for Slovakia. *Journal of Hydrology and Hydromechanics*, 64, 246-251.

Contact address: Tomáš Středa, Ph.D., Ústav pěstování, šlechtění rostlin a rostlinolékařství, MENDELU, Zemědělská 1665/1, 613 00 Brno – Černá Pole, E-mail: streda@mendelu.cz

HISTORIE SEMENÁŘSTVÍ

History of Seed Production (a review)

Ladislav Bláha
Crop Research Institute Prague - Ruzyně

Abstract

If we start from the idea, that the development of seed production begins at a time, when crops began to be "bred" by selecting and sowing seeds (Holocene or Anthropocene), it is necessary to turn to the world's centers of crop production and look for the history of the seed production. This is the initial collection and sowing of seeds, domestication, so it is already a targeted cultivation and manipulation. At this time we can also meet the separation of seeds of the desired "crop" from weeds, in the territory of present-day Israel, which is key verifiable information for the beginning of seed production. The basis of contemporary methods for seed production can be laid in the 18th century, and at the beginning of 19. century. At present, the influence of climate change on the importance of the seed properties seems to be significant in plant breeding. Direct selection for seed properties involves a significantly smaller amount of scientific works than at whole plant, even if we include a number of new traits based on metabolism, morphological and biochemical properties, which have a direct effect on both yield and seed properties.

Keywords: *seed, seed production, history, future*

Souhrn

Vyjdeme-li z představy, že rozvoj semenářství začíná již v době, kdy se začaly „šlechtit“ plodiny výběrem a přeséváním semen (holocén, popřípadě antropocén), tak je nutno se obrátit na světová centra vzniku plodin a zde hledat historii oboru.

Jedná se zde o prvotní sběr a později i setí semen, probíhá domestikace, organismus se rozmnožuje pod kontrolou člověka, jedná se tedy o cílenou pěstitelskou manipulaci. V této době se můžeme již setkat s oddělováním semen požadované „plodiny“ od plevelů na území dnešního Izraele, o čemž svědčí nálezy semen plevelů kolem místa, kde se zpracovávala sklizená plodina, což je zřejmě jedna z klíčových a doložitelných informací signalizující počátek semenářství. Základ současného semenářství tak, jak jej známe, lze však klást do 18. století. Hlavní vědecké základy tohoto oboru byly položeny začátkem 19. století. V naší současnosti se jako významný jeví problém vlivu změny klimatu a průběhu počasí na význam vlastností semen pro produkci.

Ve šlechtění však přímá selekce na vlastnosti semen zahrnuje podstatně menší množství prací, a to i když zde započteme řadu nových znaků vycházejících z metabolismu, z morfologických a biochemických vlastností rostlin, které mají přímý vliv současně na výnos a vlastnosti semen.

Klíčová slova: *semena, produkce semen, historie semenářství, budoucnost*

Úvod

Kvalitní osivo, které bývá považováno za nejlevnější agrotechnický zásah, by většinou mělo dokázat klíčit s menším množstvím přijaté vody, mělo by mít urychlenou počáteční fázi klíčení. V dnešní době je možno vyhledat mnoho kvalitních publikací týkajících se produkce semen a šlechtění (Graman a kol., 1999; Houba, Hosnedl, 2002; Chloupek, 2008; Graman a Čurn, 1998 a řada dalších).

V současném období zvyšující se variabilita počasí, vliv měnícího se klimatu, způsobují problém v průběhu růstu a vývoje semen. Projevuje se zde vliv na chemické složení, anatomickou stavbu, tvorbu rostlinných hormonů, většinu fyziologických vlastností osiva, skladovatelnost semen. U některých plodin řada odrůd již nedokáže například s omezeným množstvím vody v povrchové vrstvě dosáhnout v době klíčení a vzcházení svých možností již na počátku vegetace (vzcházení). Z uvedeného vyplynula potřeba řešit vliv prostředí na jednotlivé metabolické procesy v rostlině, které vedou k růstu a vývoji semene požadovaných vlastností (Pazderů, 2015; Bláha, 2017).

Vlastnosti semene ovlivňují vlastnosti kořenového systému na počátku vegetačního období (délku, povrch, hloubku pronikání) a hmotnost kořenů. V biologii semen, kořenů, tvorby výnosu, toleranci vůči stresům atd. je třeba věnovat pozornost integritě a adaptabilitě rostlin v různých podmínkách prostředí.

V současnosti je vývoj lidské populace v kontrastu s relativně malým spektrem plodin využívaných ke stravě. Z hlediska ekonomického se jedná o logicky vzniklý proces, který však vytváří velké nebezpečí v případě „výpadku“ úrody některých plodin z jakýchkoliv příčin. Vzhledem k dlouhodobé genetické erozi a rostoucí podobnosti odrůd je nutné využít příležitostí, které nabízejí národní parky a další lokality, tj. hledat nové genotypy pro šlechtění rostlin nebo i nové plodiny. Biodiverzita plodin, jejich odrůda semen těchto genotypů je základem stability výkonu zemědělství. Z historického pohledu je počátek této genetické eroze stará záležitost. Dosud však není prozkoumáno velké množství planě rostoucích rodů a druhů, které rostou v extrémních lokalitách, a mají tak pravděpodobně požadované vlastnosti pro nové klimatické a půdní podmínky.

Vydeme-li z představy, že semenářství začíná v době, kdy se začaly šlechtit plodiny výběrem a přeséváním semen (období holocénu popřípadě antropocénu), tak je nutno se při popisu historie obrátit na světová centra vzniku plodin, kdy často kromě poměrně vyspělých šlechtitelských metod se spoléhalo zejména na výběr spojený s přesevem pro dané lokality.

Podstatné je to, že zde jde o prvotní sběr a setí semen, tedy o první cílenou pěstitelskou manipulaci přežívající logicky dodnes. Také se můžeme setkat s oddělováním semen požadované „plodiny“ od plevelů, tedy se jedná o první produkci osiva, kterou archeologové našli na území dnešního Izraele, což je zřejmě klíčová doložitelná informace pro určení počátku semenářství. Staré je tedy několik tisíc let, což je mimořádně důležité zjištění. Informace o původu polních plodin je možné nalézt v publikaci Hancock (2004). Další doplňkové informace je možno nalézt také v práci Poonia (2013) nebo v citačních zdrojích Wikipedie, heslo Historie zemědělství.

Světová historická centra

Nejméně 20 000 let před naším letopočtem lidé sbírali semena planě rostoucích obilovin a dalších druhů. Později v holocénu, v mladších čtvrtohorách, což bylo nejmladší geologické období spojené s koncem poslední doby ledové přibližně před 11 700 let (kolem roku 9 700 př. n. l.) je možno spatřit počátky rozvoje zemědělství. Konec doby ledové je spojen s rozsáhlým oteplením. Tyto změny umožnily vznik základů pěstování rostlin. I když se údaje v literatuře liší jak u letopočtů, tak u výčtu pěstovaných druhů, tak lze říci, že „start“ šlechtění plodin a semenářství má přibližně stejný čas. Množství literatury, které se týká dané problematiky je enormní, spíše mající základní směr zaměřený na historii, údaje se často liší (plodiny, letopočty).

Z uvedených důvodů zde dále nejsou citace, ale je zde jakýsi „průnik informací“ - tedy těch, které se nejvíce opakují u uvedené literatury a u dále uváděných plodin. Jedná se hlavně o plodiny, u kterých byl díky archeologii zjištěn nějaký ověřený způsob uchovávání semen.

Sumerská říše

Poměrně velká shoda je v tom, že hlavní roli (nikoliv prvenství) v rozvoji zemědělství a logicky i v produkci semen měla starověká Sumerská říše obývaná Sumeřany a později Akkady. Tomuto rozvoji napomohly přírodní podmínky mezi Eufratem a Tygrisem. Sumerští zemědělci pěstovali zejména obiloviny ječmen a pšenici a řadu dalších plodin.

Zavlažovací kanály řek Tigris a Eufrat, vedoucí z řek, umožnily efektivní pěstování obilovin pro uživení měst (*bohužel, co tato civilizace netušila, bylo budoucí zasolení půd dané způsobem závlahy*).: Objevují se zde secí stroje 3 000 až 2 300 př. n. l. Velice významné jsou vykopávky prehistorických osad Zauí, Čemia, Karím, Šahír v údolí řeky Velkého Zábu z 1. poloviny 9. tisíciletí př. n. l.

Oblast Levanty (Východní Středomoří)

Předpokládá se, že brzy po domestikaci prvních plodin lidé dokázali na svých polích kvalitu a vybírali semena pro pěstování a tvorbu nových plodin (Náhodně? Cíleně?). Tedy zhruba 9 500 let př. n. l. bylo v oblasti Levanty kultivováno osm základních neolitických plodin – pšenice dvouzrnka, pšenice jednozrnka, ječmen, hrách, čočka, vikev, cizrna a len.

Egypt

Zde pšenice, ječmen a len představovali základní složku potravy a technické plodiny starověkých Egyptanů. Obilniny se do Egypta údajně dostaly v období neolitu z Malé Asie a z oblastí jižně od Kavkazu a Kaspického moře. Zemědělské obrazy ze starověkého Egypta, zobrazují výmlat obilí, sýpku, sklizení se srpy, kopání, řezání stromů a orbu. 15. století před naším letopočtem. Čirok, který se údajně do některých oblastí zde dostal, byl domestikován v oblasti Sahelu v Africe asi 5 000 let před naším letopočtem.

Starověká Čína

Jedná se o větší množství plodin. U těch známějších plodin je možno uvést, že rýže zdomácněla v Číně v období mezi 11 500 a 6 200 let př. n. l., pak to bylo i mungo, sója a azuki (červené fazole). Asijská rýže byla domestikována před 13 500 až 8 200 lety v Číně, a to z jediného genetického předka, divoké rýže *Oryza rufipogon*. Počátky rozvinutého čínského zemědělství však spadají až do období 5. století př. n. l. do 2. století n. l., v té době zde byl již celostátní systém sýpek. Produkce semen pro stravu, ale i pro setí, byla „v plném proudu“. Vznikl zde i hamr, řetězová čerpadla atd.

Údolí řeky Indus

Pšenice, ječmen, ale také jujube, čili cicimek čínský datlový byly domestikovány na indickém subkontinentu do roku 9 000 př. n. l. Bavlna se začala pěstovat v 5. až 4. tisíciletí př. n. l. Do 5. tisíciletí př. n. l. se zemědělské komunity rozšířily i v Kašmíru. Vyvinulo se zde zavlažování cca 4 500 př. n. l. Údajně zde mají původ pluhy vybavené železnou radlicí a odhrnovací deskou (radličkou), které se pak uplatnily i v Evropě. Někteří historici tvrdí, že se naopak pluh rozšířil z Evropy do Indie.

Nová Guinea

Cukrová třtina, banány a některé druhy kořenové zeleniny byly kultivovány na Nové Guineji zhruba 7 000 let př. n. l.

Starý Řím, Evropa

Hlavními obilninami v oblasti starověkého Středomoří byly pšenice setá, pšenice dvojitá, ječmen, žito a oves. Běžně pěstovanou zeleninou byl bob a brokolice a také se pěstovaly olivy. Evropa na 90 % převzala plodiny a způsob pěstování!! Má však i jiné úspěchy (*trojpolní systém, vylepšila koňské postroje a vodní mlýny, které zavedli v Evropě Římané*). Od 13. století se zde rozšířilo pěstování hrachu, vikev. Výnosy plodin se od 13. století až do 18. – 19. století téměř neměnily.

Významné období představuje doba laténská, období Keltů, přibližně okolo 400 let př. n. l., kdy se pěstovaly následující plodiny: pšenice dvouzrnka, obecná, jednozrnka i špalda. Také ječmen obecný, žito obecné, oves setý, čočka jedlá, bob obecný, hrachor setý, vikev setá, ale i mák, len a konopí.

Archeologické nálezy svědčí o velmi dobré manipulaci s osivy (skladování na jarní setí). Na skladování byly využívány důmyslně vymyšlené keltské jámy a keramika. Keltové používali rotační mlýnek - žernov, z jižní Evropy převzali vallus (minikombajn).

Kontinenty Ameriky

Zemědělství vzniklo samostatně v Severní i Jižní Americe, a to přibližně před 10 000 roky.

Severní Amerika

Zde indiánské obyvatelstvo aplikovalo polykulturní zahradničení a znalo následující plodiny: slunečnice, tabák, různé odrůdy tykví a merlíku, stejně jako plodiny, které se již běžně nepěstují, včetně pouvy (*Iva annua*) a ječmene malého (*Hordeum pusillum*). Sklízely se plané plodiny včetně plané rýže. Z východní části Severní Ameriky pochází jahody. Pekan a vinná réva zřejmě nebyly až do 19. století domestikovány. Metody šlechtění u starých indiánů byly velmi propracované a částečně v základech stejné jako v současnosti. Využívány zde byly tři posvátné plodiny označované v mytologii Čerokézů, jako „tři sestry“: *kukuřice, fazole a tykve*. Kombinací těchto plodin si indiáni zajistili základní zdroj kalorií a základních látek pro organismus.

Střední Amerika

Ve střední Americe byla divoká tráva teosinte domestikována a přeměněna díky šlechtění na kukuřici již 4 000 př. n. l. Bavlna zdomácněla v oblasti Peru nejméně 3 600 let př. n. l. Jiné plodiny zahrnují stovky „odrůd“ místně domestikovaných tykví a fazolí. Aztékové rozvinuli zavlažovací systémy, vytvořili terasovité svahy, hnojili půdu a vyvinuli chinampa, neboli umělé ostrovy, též známé jako „plovoucí zahrady“. Mayové mezi 400 př. n. l. až 900 n. l. používali rozsáhlé systémy kanálů a vyvýšených polí pro obhospodařování močálovité půdy na poloostrově Yucatán. Podle archeologů měly tyto národy velmi dobře propracované šlechtitelské metody.

Jižní Amerika

V oblasti jihoamerických And došlo před 8 000 až 5 000 lety př. n. l. k domestikaci brambor, spolu s fazolemi a kokou.

První důkazy o existenci zemědělských šlechtitelských postupů zde sahají přibližně do roku 6 500 př. n. l., kdy se v Amazonské kotlině začaly pěstovat brambory, chilli a fazole a maniok. Ananas, který dodnes zůstává základní potravinou, se zde pěstoval již před 4 000 lety.

(Kolumbův příchod do Ameriky v roce 1492 spustil bezprecedentní převod rostlinných zdrojů mezi Evropou a Novým světem. Po roce 1492 došlo k celosvětové výměně dříve místních plodin a plemen zvířat. Kukuřice, brambory, sladké brambory a maniok byly klíčovými plodinami, které se rozšířily z Nového světa do Starého, zatímco ze Starého světa do Nového putovaly odrůdy pšenice, ječmene, rýže a vodnice. V Novém světě se nacházelo jen málo druhů hospodářských zvířat, přičemž koně, skot, ovce a kozy zde až do příchodu evropských osadníků byly zcela neznámé. Obousměrná výměna plodin přes Atlantský oceán způsobila celosvětový růst populace a natrvalo ovlivnila mnoho kultur).

Austrálie

Domácí variantu prosa (*Panicum decompositum*) pěstovali domorodí Australané ve východní části střední Austrálie. Kmeny Nhanda a Amangu z centrálního západního pobřeží pěstovaly jamy (*Dioscorea hastifolia*), zatímco domorodci ve východní centrální Austrálii (oblast Corners) vysazovali a sklízeli planou cibuli yaua (*Cyperus bulbosus*), domorodé proso (*Panicum decompositum*) a další druhy, například *Marsilea drummondii*.

Islámský svět

Jedná se o intenzivní dokonalé zemědělství (v dané době), ale je zajímavé, že téměř vše přejali. Mezi hlavní plodiny patřily cukrová třtina, rýže a bavlna, spolu s citrusy a dalšími ovocnými stromy, ořechy, zeleninou, jako lilek, špenát, mangold, a také koření, jako je kmín, koriandr, muškátový oříšek a skořice.

Období před naším letopočtem, středověk a objevy během dobývání starého světa

Po roce 1492, kdy Evropané začali okupovat amazonskou oblast, indiánské populace (národy) používaly 138 nebo více druhů (plodin) zřejmě ve vysokém stavu domestikace, ale i na určitém stupni aplikovaného šlechtění. Pokles počtu jejich populací kvůli známým událostem i počtu lidí v rámci jednotlivých populací měl za následek snížení počtu využívaných plodin, což trvá prakticky dodnes. Druhým nepříznivým trendem v historii byl růst podobnosti kultivarů jednotlivých plodin ve 20. století. Šlechtění ke zvýšení výnosu, kvality a odolnosti proti škůdcům a chorobám vedlo k zúžení genofondu a genetické rozmanitosti. Z tohoto pohledu je to nevýhodný proces.

Omezení počtu plodin, navíc s poměrně uniformními vlastnostmi semen u jejich odrůd, je velmi nepříznivá situace pro výživu světové populace. V současnosti by stačilo, aby výbuch sopky na rok až dva snížil intenzitu světla a teplotu (viz výbuch sopky Sv. Helena v 80. letech minulého století) a omezil výkonost několika plodin, a byla by zde obrovská potravinová krize (Bláha, 2019).

Vezme-li se fiktivní průměr přes současné hlavní plodiny, porovnáním desítek prací, tak lze říci, že práce z výzkumu využitelné v praxi či přímo ve šlechtění, se nejčastěji věnují velkému množství znaků, které se týkají nadzemní části rostlin, relativně málo pak semenům.

Přímá selekce na vlastnosti semen čítá podstatně menší množství prací, a to i když zde započteme řadu nových znaků vycházejících z metabolismu, z morfologických a biochemických vlastností, které mají přímý vliv současně na výnos a vlastnosti semen.

Při porovnání s ostatními znaky nadzemní části jsou semena „popelkou“. S trochou odvahy a drзости lze říci, že semena jsou méně prošlechtěná část rostlin. Celistvost rostlin, ale i jejich plasticita ve variabilních podmínkách se evidentně zanedbává (Bláha, Hermuth, Salava, 2017). Obdobná je situace i u kořenového systému.

Historie semenářství v současné době (poslední dvě století)

Jak uvádí například Čurn ve svých přednáškách, a jak již bylo uvedeno, podle řady historiků a zemědělských pracovníků, vědecké základy semenářství byly položeny začátkem 19. století. Prací je na toto téma mnoho. Zmíněný autor uvádí, že v 1857 Gallet v Anglii prováděl u obilovin soustavný výběr nejlepších jedinců či klasů, který nazval genealogickým výběrem. V Německu v tomtéž období Heine, Draxler a Rimpau prováděli hromadný výběr klasů nebo jedinců a semena vysévali společně. Na nutnost rozlišování v produkci semen mezi plodinami samosprašnými a cizosprašnými upozorňoval koncem 19. stol. profesor vídeňské university Fruwirth.

Za zakladatele semenářské kontroly je celosvětově uznáván Friedrich Nobe, který založil v roce 1869 první stanici semenářské kontroly na světě. V roce 1876 vydal také základní příručku semenářské kontroly „*Handbuch der Samenkunde*“ (Nobe, 1869).

Za zmínku stojí i to, že tato problematika se rozvíjela poměrně intenzivně i v Rusku, což tak známo není. V Rusku vyšla první monografie v roce 1882 (*Tsabel*, 1882, Strona, 1972).

Převážně v 19. století, v jeho první polovině vznikaly první semenářské závody, ale bylo tomu ojediněle i dříve, například nejstarší luštitrna byla založena již v roce 1789 Conradem Applem v německém Darmstadtu. Na našem území byl první semenářský závod (Pošumavská luštitrna) založen v roce 1910.

Při pohledu historií zpět, v Čechách zemědělské spolky se poměrně intenzivně zabývaly problémem zvýšení kvality osiva. Je známo, že „*Zemědělská rada pro Království české*“ v roce 1877 zřídila v Praze výnosem c. k. ministerstva orby ústav pro zkoumání semen, který byl první v bývalém Rakousko-Uhersku a devátý v Evropě. Takovéto ústavy vznikaly v Dánsku a Itálii (1871), ve Švýcarsku (1874), v Polsku a ve Švédsku (1876), v Holandsku a v Rusku (1877). Na Moravě vznikla semenářská kontrola v roce 1899 jako součást stanice pro pěstování rostlin v Brně. Od přelomu století začínají u nás vznikat první semenářské a šlechtitelské firmy (například: Dregerova firma v Chlumci nad Cidlinou,

Nolčova v Horních Počernicích, Wohankova v Ouholičkách). Dále to byla například společnost pro pěstování řepného semene v Dobrovicích atd. V době mezi oběma světovými válkami naše semenářské firmy patřily mezi nejlepší v Evropě (Selekta, Sativa, Elita aj.). V tomto období se vytvořila poměrně účinná vzájemná vazba semenářství a šlechtění plodin. V roce 1936 vznikl Spolek československých podniků šlechtitelských v Praze. Jako příklad mimořádně úspěšné a zřejmě v minulosti nejlepší firmy v tomto období je nutno uvést firmu „Semena Vaněk“. Tato firma produkovala semena polních plodin, jetele, vojtěšky, obiloviny, luskoviny, zeleninu, květiny, cibuloviny, léčivé rostliny. Závod byl v provozu přes 45 let, měl 100 zaměstnanců a všestrannou kvalitou patřil k nejlepším v Evropě.

Firma dodávala semena i do zahraničí, kde měla vynikající renomé, vydávala i katalogy semen v několika jazycích. Jejím majiteli, Václavu Vaňkovi, který byl synem srbského přistěhovalce, po únoru 1948 firmu znárodnili, následně pak v březnu téhož roku spáchal kvůli politickému tlaku sebevraždu.

U nás se rozvíjelo i travní semenářství (Kulovaná, 2001). Velkým pěstitelem travního semene v českých zemích byl prof. dr. Karel Holý, který travní semena pěstoval ve Štěpánovicích a Vicenicích u Klatov, na vlastním statku Švamberk u Českých Budějovic. Obdobně v této době se rozvíjí semenářství lesních dřevin. Semena se u nás sbírala již od 16. století, ale jen za účelem množení do parků atd. (blíže viz: <http://www.tkv.cz/pdf/Neperiodika/LesyCR/SemenarskyZavod.pdf>).

Historie semenářství - její „nejbouřlivější“ vývoj v Evropě vrcholí založením Mezinárodní asociace pro testování semen – ISTA: www.seedtest.org Společnost ISTA, která byla založena v roce 1924 s cílem vyvinout a publikovat standardní postupy v oblasti testování osiva, je neododdělitelně spjata s historií testování osiva.

Závěrečné poznámky

Těžko zodpověditelná otázka je, kdy vlastně začíná počátek semenářství (semenářských společností) jako oboru. Nepomůže ani studium literatury (Dějiny zemědělství, History of plant breeding, Allard 1999, atd.). Texty jsou dosti obecné z hlediska určení počátků semenářství jako oboru. Názory oslovených odborníků v zemědělství se velmi lišily.

Jedná se o pokus utřídit historii oboru, nikoliv o vlastní výzkumnou práci. Proto si autor dovoil použít některé části textů z jednotlivých citovaných prací. Navíc literatura takto zaměřená, tj. s pohledem na historii, je vždy jinak modifikovaná. Přesto lze snad učinit určitý souhrn.

Z obecného hlediska za domestikovaný organismus je považován takový druh nebo poddruh, který se rozmnožuje pod kontrolou člověka, probíhá pak postupně i určitá forma šlechtění, nejen přesevy. Zajímavý je pohled současné genetiky na domestikaci (Smýkal, 2009).

Stručně snad v souhrnu vzato:

a/ Vývoj semenářství je možno počítat od mladších čtvrtohor (holocén).

b/ Klasická semenářská produkce, jak ji známe dnes, má své počátky v 18. a hlavně v 19. století.

c/ V současnosti je významný problém vlivu změny klimatu a průběhu počasí na význam vlastností semen pro produkci, což bude vyžadovat značné pěstitelské a šlechtitelské úsilí (Pazderů, 2015).

d/ Jiné řešení této situace, nikoliv však optimální z hlediska samostatnosti zemědělství, zde představuje to, že se některé druhy pro produkci semen pěstují v Itálii, Španělsku, v Maďarsku, ale i v Jižní Americe. Velmi dobrá vyžralost semen po všech požadovaných stránkách se *ekonomicky* vyplatí pro založení a vývoj porostu.

Současný systém uznávání odrůd hodnotí zejména klasické znaky u nadzemní části, včetně ekostability výnosu a základních vlastností semen, jako je HTS atd. O odolnosti semen dané nové odrůdy k vnějšímu prostředí po vysetí se však dozvíme málo (obdobně i u kořenového systému). Vlastnosti kořenů a semen musí být logicky díky šlechtitelskému procesu paralelně změněné, vzhledem k novým vlastnostem odrůdy tak, aby podávala v daných podmínkách požadovaný výkon, ale provádí-li se navíc výběr na vlastnosti kořenů, semen „separé“, získá se daleko lepší genotyp pro zamýšlené

prostředí, je zde celá řada vlastností, které má mít „úspěšné“ semeno. Současné klimatické změny a rostoucí variabilita počasí nutně povedou ke změnám ve šlechtění a produkci osiv (Pazderů, 2015; Bláha, 2017).

Často chválíme současný pokrok v oboru, tedy v semenářství, ale s překvapením lze zjistit, že již v antice byly známy vlastnosti semen jako ze současných učebnic s mírnými změnami opsané. Například jak uvádí Čurn, ve 4. století před př. n. l. Theophrastus poukázal na vztah mezi rostlinami a prostředím a uvádí, že sklizená semena budou mít hodnotu odvislou od bonity půdy a kvality jejího zpracování. Ve spisech Columella, Demokrita a Plinia včetně dalších autorů, kteří již zdůrazňovali význam klasového výběru, izolovaného setí osiva různého původu, opatrnost při sklizni před pomísením semen. V Byzantské zemědělské encyklopedii z 10. stol. je doporučováno používat k setí velká, tvrdá a hladká semena, která jedině mohou poskytnout dobrý výnos.

Jako zajímavost je možno uvést, že i přes současné vědecké metody zachování životnosti semen v moderních genobankách, nám příroda naděluje K. O., realizované například silenou úzkolistou (*Silene stenophylla*), jejíž semena přežila ve zmrzlém permafrostu 32 tisíc let. Takovýchto objevů je více u více druhů, ale jedná se o kratší časové úseky. Genotyp silenky a vnější prostředí, které představuje kromě mrazu i koncentrace humusu, jsou asi (?) původem tohoto jevu.

Literatura

- ALLARD R.W. (1999). History of plant breeding. Dostupné z <https://www.britannica.com/science/plant-breeding>.
- BLÁHA L. (2017). Influence of Growing Weather Variability and Climatic Change on the Change of Seed Traits Importance, In: Seed and Seedlings, XIII. CZU Prague, 67-72.
- BLÁHA L. (2019). Importance of World Plant Reservations for the Preservation of Crop Germplasm (A Review), J. Agron Agri Sci 2019, 2: 006, HSOA Journal of Agronomy and Agricultural Science.
- BLÁHA L., HERMUTH J., SALAVA J. (2017). Význam celistvosti rostlin pro šlechtění. In Osivo a sadba, Agromanuál, 2017, 12 (3): 122–125.
- ČURN V. Semenářství, dostupné z http://biocentrum.zf.jcu.cz/docs/ruzne/ruz-SEM_pr-a4cb53c2fe.pdf
- GRAMAN J., ČURN V. (1998). Šlechtění zemědělských plodin: (obiloviny, luskoviny), dostupné: http://biocentrum.zf.jcu.cz/docs/ruzne/ruz-SL_zem-cf872dc160.pdf
- HANCOCK J.F. (2004). Plant Evolution and Origin of Crop Species. CABI Publishing, 313 s.
- HOUBA M., HOSNEDL V. (2002). Osivo a sadba. Praha, 2002.
- CHLOUPEK O. (2008): Genetická diverzita, šlechtění a semenářství. Academia, 312 s., ISBN 978-80-200-1566-2.
- KULOVANÁ E. (2001). První krůčky travního semenářství u nás. Dostupné: <https://www.uroda.cz/prvni-krucky-travniho-semenarstvi-u-nas/>. Úroda 2001.
- NOBBE F. (1876). Handbuch der Samenkunde. Physiologisch- statistische Untersuchungen uber den wirtschaftlichen Gebrauchswerth der land- und forstwirtschaftlichen, sowie garnerischen Samenwaaren, Published by Verlag von Wiegandt, Hempel & Parey.
- PAZDERŮ K. (2015). Semenářský výzkum a produkce osiv v ČR a ve světě. Seed research and seed production in the Czech reoublic and in the World. In Seed and Seedlings XII, ČZU Prague, 51-55.
- PAZDERŮ K. (2019). Testování vitality osiv jako řešení zlepšení odolnosti porostů vůči suchu. Seed Vigour Testing as a Solution to Improve the Resistance to Drought. In Seed and Seedlings XIV, ČZU Prague, 19-23.
- POONIA T.C. (2013). History of the seed production an itds key issues. International Journal of Food, Agriculture and Veterinary Sciences ISSN: 2277-209X Vol. 3 (1) January-April, pp. 148-154. Available at: <http://www.cibtech.org/jfav.htm> 2013.
- SMÝKAL (2009). Domestikace rostlin z pohledu současné genetiky. Živa 1/2009. Dostupné: <https://ziva.avcr.cz/files/ziva/pdf/domestikace-rostlin-z-pohledu-soucasne-genetiky.pdf>
- STRONA I.G. (1972). Seed science, <https://encyclopedia2.thefreedictionary.com/Seed+Science>.
- TSABEL N.E. (1882). Spermatology or the Study of Seeds, part 1, Moscow, Available at: (<https://encyclopedia2.thefreedictionary.com/Seed+Science>).

Contact address: Ladislav Bláha (emeritus), Crop Resesearch Institute, 161 06 Prague Ruzyně, Drnovska 507

Technologie

VYUŽITÍ IN VITRO KULTUR PRO ZVÝŠENÍ KLÍČIVOSTI SEMEN RANÝCH ODRŮD TŘEŠNÍ

*Use of in vitro Cultures to Increase Seed Germination of Early Ripening Sweet Cherry
Varieties*

Ivona Žďárská, Pavol Suran
VŠÚO HOLOVOUSY s.r.o.

Abstract

Germination of early ripening sweet cherry varieties is generally very low to zero. Growing viable seedlings by direct sowing of seeds obtained by hybridization of early ripening varieties is therefore almost impossible. The aim of our work was to increase seed germination using embryo culture. As a part of the germination evaluation, the effect of pre-harvest treatment of trees with four variants of supportive substances was monitored, using an auxin preparation, a bio stimulant from seaweed, gibberellin and water spraying for the control variant. Furthermore, the effect of the degree of embryo development, which were divided into groups 1 to 4 was evaluated, as well as the effect of the composition of the culture medium prepared completely without plant growth regulators or with the addition of cytokinin, gibberellin and ascorbic acid. The early ripening variety 'Burlat', was selected for the experiments. Thanks to the embryo cultures, we were able to achieve a germination of 10 to 36% in this variety. The most suitable culture medium usable for achieving good germination of embryos is a medium with the addition of cytokinin and gibberellin, or cytokinin and ascorbic acid.

Keywords: *germination, embryo, embryo culture, Prunus avium L., plant growth regulators*

Souhrn

Klíčivost raných odrůd třešní je obecně velmi nízká až nulová. Dopěstování životaschopných semenáčů přímým výsevem semen získaných hybridizací raně zrajících odrůd je proto téměř nemožné. Jednou z možností k záchraně hybridního potomstva je využití *in vitro* kultivace. Cílem naší práce bylo zvýšení klíčivosti semen pomocí tzv. embryokultur. V rámci hodnocení klíčení byl sledován vliv předsklizňového ošetření stromů čtyřmi variantami podpůrných látek, kdy byl použit auxinový přípravek, bio stimulant z mořských řas, giberelin a pro kontrolní variantu postřík vodou. Dále byl hodnocen vliv stupně vývinu embryí, které byly rozděleny do skupin 1 až 4 a rovněž byl hodnocen vliv složení kultivačního média na klíčení embryí, které bylo připraveno zcela bez fytohormonů anebo s přísadkou cytokininu, giberelinu a kyseliny askorbové. Pro pokusy byla vybrána raně zrající odrůda 'Burlat', která dozrává ve druhém třešňovém týdnu. Díky kultivaci embryí pomocí *in vitro* kultury se nám u této odrůdy povedlo dosáhnout klíčivosti 10 až 36 %. Jako nejvhodnější kultivační médium, použitelné pro dosažení dobré klíčivosti embryokultur z dvouletého hodnocení, vychází médium s přísadkou cytokininu a giberelinu, případně cytokininu a kyseliny askorbové. Aplikace techniky embryokultur by tedy mohla zmírnit praktické problémy spojené se šlechtěním raných odrůd třešní.

Klíčová slova: *klíčení, embryo, embryokultura, Prunus avium L., růstové regulátory*

Úvod

Jedním z cílů šlechtitelských programů ovocných dřevin je rozšíření doby zrání, čímž se prodlouží období produkce čerstvých plodů. Snahou šlechtitelů je tedy tvorba velmi raných a velmi pozdních

odrud. U raných třešní však narážejí na problém, že dozrávání plodů předchází dozrávání embryí. Embrya nemají dostatečný čas plně se vyvinout, což má za následek jejich odumírání (Tukey, 1933). Semena získána hybridizací raně zrajících třešní jsou charakterizována velmi nízkou, často nulovou klíčivostí. Řešením tohoto problému může být využití embryokultur pro překonání nedostatečné klíčivosti a dosažení vyššího počtu hybridních semenáčů. Embryokultura (někdy též nazývaná kultura izolovaných embryí nebo „embryo rescue“) je *in vitro* technika používaná k záchraně hybridního potomstva, u kterého by jinak mohlo dojít k zániku již v embryonální fázi (Fathi et al., 2012). Embryokultura zahrnuje izolaci a růst zygotického embrya za sterilních podmínek na aseptickém živném médiu s cílem získat životaschopnou rostlinu. Tato technika závisí na izolaci embrya bez poškození, formulování vhodného živného média a navození kontinuálního embryogenního růstu až po růst semenáčků, avšak vzhledem k tomu, že se jedná o kulturu založenou převážně z nezralých embryí, které by za normálních okolností nepokračovaly ve vývoji, je tento proces velmi náročný (Bridgen, 1994). Úspěšnost kultury založené ze zygotických embryí je silně závislá na vývojovém stádiu, ve kterém se embryo nachází v době izolace. Obecně lze říct, čím vyšší vývojové stádium embrya, tím jednodušší je pěstování *in vitro*. Embryo při svém vývoji přechází od heterotrofní fáze k autotrofní. Embrya v heterotrofní fázi vývoje obvykle vyžadují pro svůj řádný růst přítomnost růstových regulátorů (Fathi et al., 2012). Po přechodu na autotrofní způsob výživy v pozdní srdčité fázi již embryo není tolik závislé na vnějším zdroji růstových regulátorů a je mnohem přístupnější pro *in vitro* kultury (Fathi et al., 2012). V naší práci jsme se zaměřili na porovnání účinků předsklizňového ošetření podpůrnými látkami, média a stupně vývoje embrya na klíčení.

Metodika

Rostlinný materiál pocházel z výsadeb VŠÚO Holovousy, pokusy probíhaly v letech 2019 a 2020. Pro pokusy byla vybrána raně zrající odrůda 'Burlat', která dozrává ve druhém třešňovém týdnu. Určené stromy byly izolovány do opylovacích stanů, do kterých byly umístěny úly s čmeláky, případně s včelami samotáčkami a jako otcovská odrůda byl použit hybrid HL16795. Tyto stromy byly poté ošetřeny vždy jednou ze čtyř následujících variant:

- Kontrolní varianta – postřik vodou
- Lexin (0,08 %) + Agrovital (0,07 %) + 3% roztok sacharózy
- Alga 600 (0,1 %)
- Giberelin GA₃ (0,01 %)

Aplikace postřiků byla provedena ve čtyřech termínech. První dávka byla aplikována v plném květu, druhá při opadu květních plátků a dvě další dávky v dvoutýdenních intervalech během vývinu plodů. Plody byly sklizeny po dosažení sklizňové zralosti. Ze sklizených plodů byly vylušteny pecky, které byly důkladně zbaveny zbytků dužniny. Pecky byly dezinfikovány v 10% roztoku Sava po dobu minimálně 2 hodin, aby se zabránilo kontaminacím embrya z povrchu. Poté byla z pecek vypreparována embrya a rozdělena do čtyř skupin podle stupně vývinu:

- 1 – embryo dobře vyvinuté, vyplňuje celou nebo většinu prostoru pecky
- 2 – embryo částečně vyvinuté, vyplňuje polovinu pecky, nebo může být mírně zdeformované
- 3 – embryo špatně vyvinuté, vyplňuje čtvrtinu a méně z prostoru pecky
- 4 – embryo zcela chybí nebo odumřelo

Embrya zařazena do skupiny 1 až 3 byla přenesena do flow-boxu. V aseptických podmínkách byl z každého embrya opatrně odstraněn obal tak, aby nebyly poškozeny dělohy. Následně byla embrya sterilována po dobu 2 minut v roztoku chloridu rtuťnatého (HgCl₂) s kapkou smáčedla, promyta v destilované vodě a osušena. Takto připravená embrya byla vysazována na kultivační médium do Erlenmayerových baněk. Jako základní kultivační médium bylo použito plné MS médium (Murashige a Skoog, 1962), do kterého byly přidány růstové regulátory případně vitamíny. Byly připraveny 4 varianty médií:

- Čisté MS médium (bez přidání růstových regulátorů)

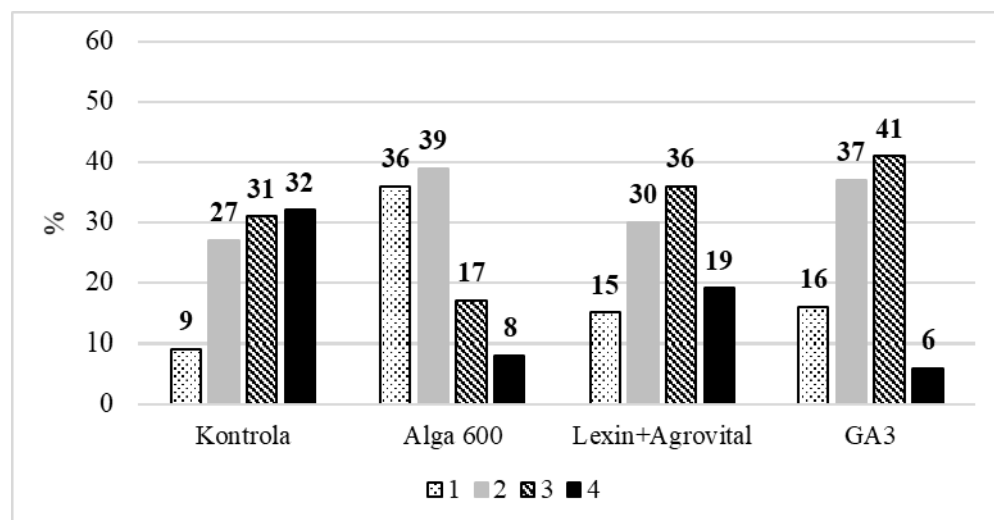
- MS + 1 mg.l⁻¹ BAP (6-benzylaminopurin)
- MS + 1 mg.l⁻¹ BAP + 8 mg.l⁻¹ kyselina askorbová
- MS + 1 mg.l⁻¹ BAP + 0,5 mg.l⁻¹ GA₃ (kyselina giberelová)

Embrya na médiu byla přenesena přímo do kultivační místnosti, u embryí nebyla provedena stratifikace vzhledem k tomu, že nízká teplota u raných odrůd klíčení spíše inhibuje (Blažková et al., 2003), což bylo prokázáno i našimi dřívějšími experimenty (nepublikovaná data). V kultivační místnosti byly nastaveny podmínky 16 hodin světlo, 8 hodin tma, teplota 20 °C. Klíčivost embryí byla vyhodnocena po 6 týdnech kultivace. Za klíčící se považovalo embryo s rostoucím prýtem, zelenými listky a živým vzrostopným vrcholem bez malformací a projevů odumírání (zhnědlé části) tak, aby bylo možné klíčící rostlinu pasážovat na médium podporující růst prýtu, případně na multiplikační médium.

Výsledky a diskuse

Hodnocení klíčivosti v roce 2019

Nejlépe vyvinuta embrya byla u plodů sklizených ze stromů ošetřených variantou obsahující Alga 600, kde 36 % embryí spadalo do skupiny 1. Nejméně nevyvinutých embryí (skupina 4) bylo u plodů sklizených ze stromů ošetřených variantou obsahující GA₃, a to 6 %. Na druhou stranu, nejmíní vyvinutých embryí bylo u plodů z kontrolní neošetřené varianty, kde jen 9 % embryí spadalo do skupiny 1 a zároveň bylo u kontrolní varianty i nejvíce nevyvinutých embryí, a to 32 %. Podrobné vyhodnocení embryí podle stupně vývinu je uvedeno v grafu 1.



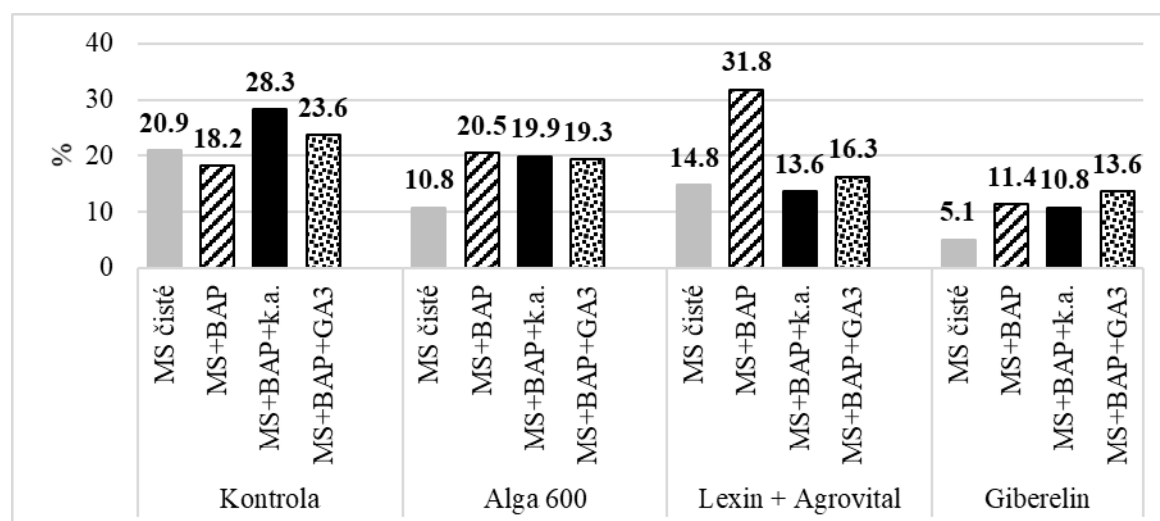
Graf 1: Procentické zastoupení čtyř skupin rozdělených podle stupně vývinu embryí u jednotlivých variant předsklizňového ošetření v roce 2019

Po šesti týdnech kultivace byla vyhodnocena klíčivost embryí. Nejlepší celkovou klíčivost – 23 % měla kontrolní varianta, následuje varianta s postřikem Lexin + Agrovital – 19 % a varianta s postřikem Alga 600 – 18 %. Nejhorší celkovou klíčivost měla varianta s gibereliny, a to 10 %. U kontrolní varianty a u varianty ošetřené gibereliny neměl stupeň vývinu embrya výraznější vliv na klíčivost. U varianty ošetřené Alga 600 a Lexin + Agrovital byla klíčivost slabě vyvinutých embryí velmi nízká, v některých variantách média bylo dokonce 0 % vyklíčených embryí (tab. 1).

Vzhledem k použitému médiu byla dosažena nejlepší klíčivost u varianty ošetřené Lexin + Agrovital na médiu MS + 1 mg.l⁻¹ BAP, a to 32 %. Naopak nejhůře klíčila embrya na čistém MS médiu, a to téměř u všech variant (graf 2).

Tab. 1: Klíčivost embryí v roce 2019 z odrůdy Burlat (v %) v in vitro podmínkách v závislosti na variantě ošetření před sklizní, stupni vývinu embrya a podle použitého kultivačního média.

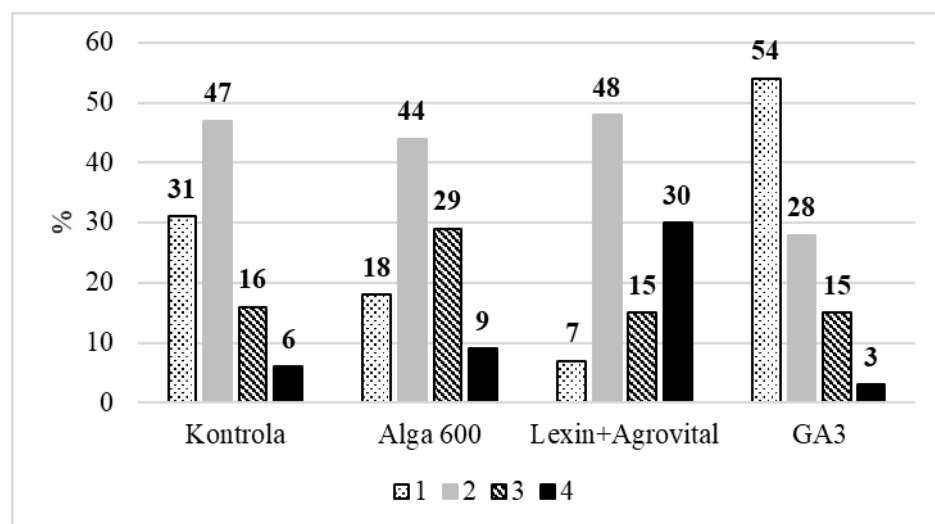
Kontrola													
Médium	MS čisté			MS+BAP			MS+BAP+k.a.			MS+BAP+GA ₃			Celkem
Stupeň vývinu embrya	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
Vysazeno embryí	24	64	60	24	64	60	24	64	64	24	64	60	596
Klíčící (embrya)	6	15	10	3	9	15	5	22	16	10	19	6	136
% klíčících	25	23	17	13	14	25	21	34	25	42	30	10	23
Alga 600													
Médium	MS čisté			MS+BAP			MS+BAP+k.a.			MS+BAP+GA ₃			Celkem
Stupeň vývinu embrya	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
Vysazeno embryí	72	76	28	72	76	28	72	76	28	72	76	28	704
Klíčící (embrya)	12	4	3	30	6	0	16	19	0	22	12	0	124
% klíčících	17	5	11	42	8	0	22	25	0	31	16	0	18
Lexin + Agrovital													
Médium	MS čisté			MS+BAP			MS+BAP+k.a.			MS+BAP+GA ₃			Celkem
Stupeň vývinu embrya	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
Vysazeno embryí	20	32	36	20	32	36	16	32	40	16	36	40	356
Klíčící (embrya)	9	4	0	14	9	5	3	7	2	5	7	3	68
% klíčících	45	13	0	70	28	14	19	22	5	31	19	8	19
Giberelin													
Médium	MS čisté			MS+BAP			MS+BAP+k.a.			MS+BAP+GA ₃			Celkem
Stupeň vývinu embrya	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
Vysazeno embryí	32	80	64	36	68	72	32	80	64	32	72	72	704
Klíčící (embrya)	1	5	3	4	9	7	4	7	8	1	9	14	72
% klíčících	3	6	5	11	13	10	13	9	13	3	13	19	10



Graf 2: Procento klíčících embryí z odrůdy 'Burlat' v in vitro podmínkách v závislosti na variantě před sklizňového ošetření a podle použitého kultivačního média

Hodnocení klíčivosti v roce 2020

Nejlépe vyvinuta embrya byla u plodů sklizených ze stromů ošetřených variantou obsahující GA₃, kde až 53 % embryí spadalo do skupiny 1. U této varianty bylo rovněž nejméně nevyvinutých embryí (skupina 4), a to 3 %. Na druhou stranu nejméně vyvinutých embryí bylo u plodů sklizených ze stromů ošetřených variantou obsahující Lexin + Agrovital, kde jen 7 % embryí spadalo do skupiny 1 a zároveň bylo u této varianty i nejvíce nevyvinutých embryí, a to 30 %. Podrobné vyhodnocení embryí podle stupně vývinu je uvedeno v grafu 3.



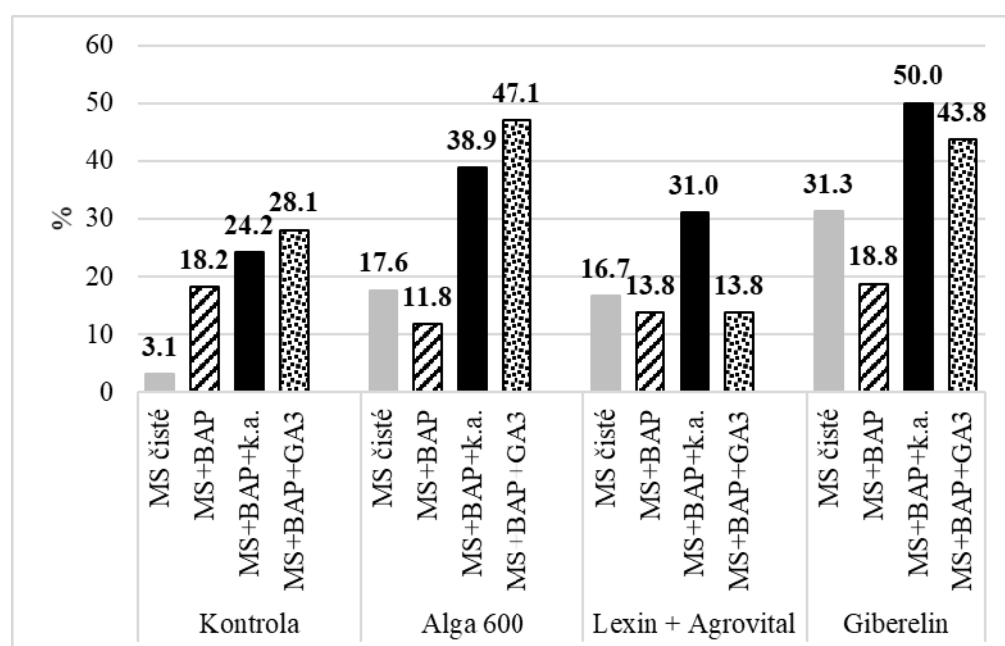
Graf 3: Procentické zastoupení čtyř skupin rozdělených podle stupně vývinu embryí u jednotlivých variant předsklizňového ošetření v roce 2020

V roce 2020 byla klíčivost embryí rovněž vyhodnocena po šesti týdnech kultivace. Nejlepší celkovou klíčivost (36 %) měla varianta ošetřená gibereliny, následuje varianta ošetřená Alga 600 (29 %). Nejhorší celkovou klíčivost měla varianta s postřikem Lexin + Agrovital (19 %) a kontrolní varianta (18 %). V tomto roce se výrazněji projevil vliv stupně vývinu embrya na klíčení, kdy téměř ve všech variantách ošetření i médií klíčivost embryí zařazených do skupiny 3 byla (0 %) a naopak, plně vyvinutá embrya klíčila nejlépe (tab. 2).

Vzhledem k použitému médiu byla dosažena nejlepší klíčivost u varianty s postřikem gibereliny na médiu MS + 1 mg.l⁻¹ BAP + 8 mg.l⁻¹ kyselina askorbová, a to až 50 %, velmi dobrá klíčivost byla dosažena rovněž na médiu MS + 1 mg.l⁻¹ BAP + 0,5 mg.l⁻¹ GA₃, a to 44 %. U varianty s postřikem Alga 600 byla rovněž dosažena velmi dobrá klíčivost na médiu MS + 1 mg.l⁻¹ BAP + 0,5 mg.l⁻¹ GA₃, a to 47 % a na médiu MS + 1 mg.l⁻¹ BAP + 8 mg.l⁻¹ kyselina askorbová, a to 39 %. Naopak nejhůře klíčila embrya na čistém MS médiu u kontrolní varianty, špatně klíčila embrya rovněž na médiu MS + 1 mg.l⁻¹ BAP, a to téměř u všech variant (graf 4).

Tab. 2: Klíčivost embryí v roce 2020 z odrůdy 'Burlat' (v %) v in vitro podmínkách v závislosti na variantě ošetření před sklizní, stupni vývinu embrya a podle použitého kultivačního média

Kontrola													
Médium	MS čisté			MS+BAP			MS+BAP+k.a.			MS+BAP+GA ₃			Celkem
Stupeň vývinu embrya	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
Vysazeno embryí	11	17	4	12	18	3	12	17	4	11	17	4	130
Klíčící (embrya)	0	1	0	3	3	0	4	4	0	4	5	0	24
% klíčících	0	6	0	25	17	0	33	24	0	36	29	0	18
Alga 600													
Médium	MS čisté			MS+BAP			MS+BAP+k.a.			MS+BAP+GA ₃			Celkem
Stupeň vývinu embrya	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
Vysazeno embryí	4	9	4	4	10	3	4	10	4	5	9	3	69
Klíčící (embrya)	0	2	1	1	1	0	3	4	0	3	5	0	20
% klíčících	0	22	25	25	10	0	75	40	0	60	56	0	29
Lexin + Agrovital													
Médium	MS čisté			MS+BAP			MS+BAP+k.a.			MS+BAP+GA ₃			Celkem
Stupeň vývinu embrya	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
Vysazeno embryí	4	22	4	4	21	4	4	21	4	3	22	4	117
Klíčící (embrya)	2	3	0	2	2	0	2	6	1	2	1	1	22
% klíčících	50	14	0	50	10	0	50	29	25	67	5	25	19
Giberelin													
Médium	MS čisté			MS+BAP			MS+BAP+k.a.			MS+BAP+GA ₃			Celkem
Stupeň vývinu embrya	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
Vysazeno embryí	9	4	3	10	4	2	9	4	3	9	5	2	64
Klíčící (embrya)	4	1	0	2	1	0	6	2	0	6	1	0	23
% klíčících	44	25	0	20	25	0	67	50	0	67	20	0	36



Graf 4: Procento klíčících embryí z odrůdy 'Burlat' v in vitro podmínkách v závislosti na variantě před sklizňového ošetření a podle použitého kultivačního média

Porovnání klíčivosti ve dvou letech hodnocení

V hodnocení klíčivosti v roce 2019 dosáhla nejlepších výsledků embrya získaná z pecek stromů kontrolní varianty a nejslabší klíčivost měla embrya získaná z pecek stromů ošetřených gibereliny. V roce 2020 byly tyto výsledky obrácené, a sice nejlepších výsledků dosáhla embrya získaná z pecek stromů ošetřených gibereliny a nejslabší klíčivost měla embrya získaná z pecek stromů kontrolní varianty. Tyto výsledky mohly být ovlivněny nízkým počtem plodů sklizených v roce 2020, kde například u variant s postřikem gibereliny a s postřikem Alga 600 byl v roce 2020 počet vysazených embryí desetinásobně nižší než v roce 2019. Nízký počet plodů byl získán z důvodu poškození květů pozdními jarními mrazy. Silné mrazy poškodily pestíky ještě v uzavřených pupenech. U odrůdy 'Burlat' bylo nezvratné poškození vyhodnoceno u 45 % pestíků. Nižší násada plodů mohla být způsobena i použitím jiných opylovačů, kdy v roce 2019 byli pro opylení použiti čmeláci, a v roce 2020 byly pro opylení použity včely samotářky. Další vliv na rozdílné výsledky mohla mít i mikrobiální kontaminace *in vitro* kultur, kdy v roce 2019 v některých případech byly ztráty v důsledku kontaminace až téměř 100 %. Za tyto dva roky hodnocení se nepovedlo určit složení média, které by jednoznačně podporovalo klíčení embryí, v roce 2019 dosáhla embrya nejlepší klíčivost na médiu MS + 1 mg.l⁻¹ BAP, avšak v roce 2020 embrya na médiu MS + 1 mg.l⁻¹ BAP klíčila špatně, a to téměř u všech variant. Stabilnějších výsledků bylo dosaženo na médiích MS + 1 mg.l⁻¹ BAP + 0,5 mg.l⁻¹ GA₃ a MS + 1 mg.l⁻¹ BAP + 8 mg.l⁻¹ kyselina askorbová.

Závěr

Vzhledem k tomu, že hybridní semena raných třešní velmi špatně klíčí, je velmi obtížné dopěstovat z těchto semen hybridní materiál a případně získat kvalitní novou odrůdu. Díky kultivaci embryí pomocí *in vitro* kultury se nám povedlo dosáhnout klíčivosti 10 až 36 % v závislosti na použité variantě ošetření stromů podpůrnými látkami před sklizní plodů (v době kvetení a zrání). Evidentní vliv podpůrných látek aplikovaných na stromy před sklizní plodů se však po dvouletém hodnocení zatím neprokázal. Nejlépe klíčila dobře nebo alespoň částečně vyvinutá embrya (zařazena do skupiny 1 a 2), špatně vyvinutá embrya u většiny variant neklíčila téměř vůbec. Jako nejvhodnější kultivační médium, použitelné pro dosažení dobré klíčivosti embryokultur, se jeví médium MS + 1 mg.l⁻¹ BAP + 0,5 mg.l⁻¹ GA₃ a médium MS + 1 mg.l⁻¹ BAP + 8 mg.l⁻¹ kyselina askorbová. Pro získání dalších dat budou práce pokračovat i v následujícím roce.

Poděkování

Tato práce vznikla za podpory Národní agentury pro zemědělský výzkum MZe ČR v rámci řešení projektu QK1910290.

Literatura

- BLAŽKOVÁ J., ERBENOVÁ M., SUSOVÁ V. (2003). Předběžné výsledky použití metod *in vitro* pro získání hybridních semenáčků třešní. Vědecké práce ovocnářské, 18:67-76.
- BRIDGEN M. P. (1994). A Review of Plant Embryo Culture. HortScience, 29(11): 1243-1246.
- FATHI H., JAHANI U. (2012). Review of embryo culture in fruit trees. Annals of Biological Research, 3(9):4276-4281.
- MURASHIGE T., SKOOG F. (1962). A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. Physiologia Plantarum, 15:473-497.
- TUKEY H. B. (1933). Embryo abortion in early ripening varieties of *Prunus avium*. Botanical Gazette, 94:433-468.

Contact address: Ing. Ivona Žďárská, VÝZKUMNÝ A ŠLECHTITELSKÝ ÚSTAV OVOCNÁŘSKÝ HOLOVOUSY s.r.o., Holovousy 129, 508 01 Holovousy, E-mail: zdarska@vsuo.cz

MIKROSATELITOVÉ MARKERY JAKO ÚČINNÝ NÁSTROJ PRO HODNOCENÍ ČISTOTY OSIVA

Microsatellite Markers as an Effective Tool for Assessing the Purity of Aeds

Eva Jozová¹, Andrea Rychlá², Vladislav Čurn¹

¹KSPR ZF JU v Českých Budějovicích

²OSEVA PRO Opava

Abstract

From the results of previous analyzes focused on assessing genetic diversity revealed high level of variability in white mustard (*Sinapis alba*) cultivar 'Rumunia'. The aim of this study was assess extent of the variability and find out if the admixture of brown seeds is characteristic for studied cultivar or if it is a different genotype. Phenotypic (leaf shape and color and also the seed color after harvesting) and genotypic (12 microsatellite markers) data were monitored for a total of 28 plants of the cultivar 'Rumunia' and for genetic analysis also 4 control cultivars of different mustard species were used. Based on the presence and absence of SSR alleles, a binary matrix was constructed and the Principal Coordinates analysis and similarity matrix were calculated. Based on phenotypic and genotypic data was confirmed that cv. Rumunia is composed from several lines and plants with brown seed should be considered as admixture.

Keywords: yellow mustard, markers, SSR, seed purity

Souhrn

V rámci studie zaměřené na hodnocení genetické diverzity genetických zdrojů hořčice bílé (*Sinapis alba*) byl u některých položek s různobarevným semenem zjištěn neobvyklý rozsah variability mikrosatelitových markerů. Cílem této studie bylo zjistit, jak velký je rozsah vnitroodrůdové variability a zda je přítomnost hnědých semen odrůdovým znakem, nebo zda se jedná o nežádoucí příměs. Jako modelová odrůda byla zvolena odrůda 'Rumunia', u které byly sledovány jak morfologické znaky, tak i spektrum mikrosatelitových markerů u celkového počtu 28 rostlin dané odrůdy. Do studie byly zahrnuty i 4 kontrolní odrůdy hořčice různých druhů. Z hlediska fenotypu byly hodnoceny vybrané morfologické znaky: tvar a barva listu a barva semene. Pro hodnocení genetické struktury odrůdy bylo použito 12 mikrosatelitových markerů. Počet a velikost alel byly vyhodnoceny z výsledků fragmentační analýzy. Celkem bylo zaznamenáno 30 alel. Na základě přítomnosti a nepřítomnosti alel byla sestavena binární matice, vypočtena matice podobnosti a provedena Principal Coordinates (PCO) analýza. Na základě fenotypové a molekulární analýzy celkem 28 rostlin odrůdy 'Rumunia' byl zjištěn vysoký stupeň vnitroodrůdové variability a bylo prokázáno, že kombinací fenotypových a genotypových dat lze zjistit příměs v osivu.

Klíčová slova: hořčice, mikrosatelitové markery, čistota osiva

Úvod

Při hodnocení odrůdy v DUS testech se hodnotí fenotypové parametry odlišnosti nové odrůdy, uniformity a stálosti odrůdy, novost a užitná hodnota. Při udržovacím šlechtění je důležité, aby byla odrůda zejména stálá a uniformní, tzn., že znaky jsou v celém porostu dostatečně jednotné a při opakovaném množení nedochází ke změnám. Podle typu sledovaného znaku se využívá různých způsobů, jako je vizuální pozorování, měření, vážení či laboratorní testy (Ehrenbergerová, 2014).

Vzhledem k narůstajícímu počtu nově vyšlechtěných odrůd může být fenotypové hodnocení problematictější, proto je vhodné použít i další metody hodnocení. Jako účinný nástroj se ukázalo využití molekulárních markerů (Havlíčková, 2014).

Pro hodnocení genetické diverzity a odrůdové pravosti jsou zejména používány SSR, ISSR a AFLP markery. Metoda ISSR již není tolik využívána, ale pro hodnocení čistoty osiva je dostačující a je vhodná pro použití v laboratořích se základním vybavením. Ze tří zmiňovaných metod je finančně a časově nejméně náročná. Oproti tomu metody SSR a AFLP jsou sice časově i finančně náročnější, ale dokáží poskytnout velké množství opakovatelných dat. Tyto metody jsou používány pro hodnocení genetické diverzity, verifikaci druhového zařazení, ale i pro hodnocení vnitroodrůdové variability (Singh, 2020).

Cílem této analýzy bylo, na základě předchozích zjištění (Jozová, 2020), zaměřit se na hodnocení čistoty osiva u hořčic. Při standardním hodnocení genetické diverzity se analyzují směsné vzorky za účelem pokrytí variability v rámci odrůdy. V případě některých odrůd je ale zaznamenán větší počet alel a rozsah vnitroodrůdové variability je tak výrazný, že v tomto případě je vhodné provést revizi odrůdy, provést detailní hodnocení a vyhodnotit jednotlivé rostliny individuálně. Na základě výsledků molekulárních a morfologických dat pak mohou být vybrány rostliny charakteristické pro danou odrůdu a dále použity pro udržování a množení.

Metodika

Materiál

Pro hodnocení čistoty osiva a odrůdové pravosti byla k analýze vybrána odrůda 'Rumunia' (ECN 1500500013), která byla vyšlechtěna v Rumunsku a její udržování probíhá v OSEVA PRO Opava. Jedná se o jarní typ hořčice, odrůda je zařazená v genové bance jako druh *Sinapis alba*. Při hodnocení genetické diverzity se u této odrůdy amplifikovalo více produktů (tj. více mikrosatelitových alel), proto byla vyslovena hypotéza, že tato odrůda by mohla být směsí několika genotypů či druhů.

Charakteristika odrůdy

Tvar listové růžice je rozložený, výška rostliny průměrná. Stonek často nafialovělý, spodní list s málo členěným okrajem, středního poměru šířky a délky. Šešule spíše drobnější, vodorovně postavené. Začátek květu průměrný, délka květu spíše kratší. Vysoká odolnost k poléhání, odolnost k napadení houbovými chorobami střední až nižší. Výnos semen a jejich HTS střední. Obsah oleje v semeni je nižší s vysokým podílem kyseliny olejové a relativně nižším obsahem kyseliny erukové. Výnos sušiny nadzemní a podzemní biomasy je průměrný, stejně jako podíl šedých semen ve sklizni.

Materiál je možné charakterizovat jako univerzální, lze jej použít k produkci semen i zelené hmoty. Žlutosemenná odrůda obsahuje příměs hnědých semen (do 5 %). Z výsledků prvního testu na odolnost k *Plasmodiophora brassicae* se jeví jako méně citlivá s hodnotou ID = 23,53.

Metoda

Vzhledem k zastoupení hnědých semen v osivu bylo provedeno ruční třídění semen (žlutá – hnědá) a semena byla vyseta na dvou parcelkách, na jedné parcelce byla semena žluté barvy, na druhé parcelce semena hnědé barvy. Ze žlutých semen vzešlo 25 rostlin, z hnědých semen vzešly 3 rostliny. Nižší počet rostlin byl dán výrazným množstvím srážek a také kvůli nižšímu počtu hnědých semen v osivu. Během růstu byla u rostlin hodnocena barva listu a tvar listu. Z každé rostliny byl odebrán jeden list pro molekulární analýzy. Z listu byla následně vyizolována DNA pomocí modifikované metody CTAB PVP (Doyle, 1991). Po dozrání byly rostliny ručně sklizeny a odsemeněny a byla vyhodnocena barva semen.

Genotypizace byla provedena pomocí analýzy mikrosatelitových markerů. Celkem bylo použito 12 mikrosatelitových markerů: BoREM1b, BoLAB19TF, BoPC34 (Louarn, 2007), P381, D3, D11, D12, P17, P7, P9, P30, P35 (Cui, 2008). V každé reakci byly použity vždy tři primery, jeden univerzální značený primer (Ba08 6-FAM, Ba03 6-FAM nebo Ba02 6-FAM), forward primer prodloužený

o sekvenci značeného primeru a reverse primer (Enkerli, 2001; Jozová, 2014). PCR reakce probíhala v objemu 10 µl v 1x reakčním pufru (75 mM Tris–HCl, pH = 8,8, 20 mM (NH₄)₂SO₄, 0,01% Tween 20, 2,5 mM MgCl₂, 200 µM dNTPs), 10 pmol každého primeru, 0,5 U Taq Purple DNA polymerázy (PPP Master Mix, Top-Bio, CZ), 2x BSA a 50 ng templátové DNA. Amplifikace proběhla na termocycleru Biometra TProfessional při následujícím teplotním profilu: počáteční denaturace 5 min při 94 °C, 31 cyklů v profilu 1 min 95 °C, 1 min 52-59 °C (dle použitého primeru), 1 min 72 °C a konečná elongace 15 min 72 °C.

Výsledky PCR analýzy byly vyhodnocovány pomocí fragmentační analýzy na genetickém analyzátoru ABI 3500 (Applied Biosystems). Statistické hodnocení dat bylo provedeno pomocí software MVSP (Kovach Computing Services).

Výsledky a diskuse

Fenotypové hodnocení

V průběhu růstu byly na parcelkách hodnoceny vybrané fenotypové znaky, a to barva listu a tvar listu pro každou rostlinu zvlášť. Po sklizni byla dále vyhodnocena barva semen. Sledované parametry jsou uvedeny v tabulkách 1 a 2, charakteristické znaky rostlin jsou zobrazeny na obr. 1.

Tab. 1: Fenotypové hodnocení rostlin původem ze žlutého semene

Č. listu	Barva listu	Tvar konce listu	Barva semen 2020
1ž	světlá	špičatý	žlutá
2ž	světlá	špičatý	žlutá
3ž	světlá	špičatý	žlutá
4ž	tmavá	špičatý	žlutá
5ž	světlá	špičatý	žlutá
6ž	tmavá	špičatý	žlutá
7ž	tmavá	špičatý	žlutá
8ž	světlá	špičatý	žlutá
9ž	světlá	špičatý	žlutá
10ž	tmavá	špičatý	žlutá
11ž	tmavá	špičatý	žlutá
12ž	tmavá	špičatý	žlutá
13ž	tmavá	špičatý	žlutá
14ž	světlá	špičatý	žlutá
15ž	tmavá	špičatý	žlutá
16ž	světlá	špičatý	žlutá
17ž	světlá	špičatý	žlutá
18ž	světlá	špičatý	žlutá
19ž	tmavá	špičatý	žlutá
20ž	světlá	špičatý	žlutá
21ž	světlá	špičatý	žlutá
22ž	světlá	špičatý	žlutá
23ž	světlá	špičatý	žlutá
24ž	tmavá	špičatý	žlutá
25ž	světlá	špičatý	žlutá

Tab. 2: Fenotypové hodnocení rostlin původem z hnědého semene

Č. listu	Barva listu	Tvar konce listu	Barva semen 2020
1h	světlá	kulatý	žlutá
2h	světlá	kulatý	hnědá
3h	světlá	kulatý	žlutá

Celkově bylo hodnoceno 28 rostlin, z toho 25 rostlin původem ze žlutých semen (1ž-25ž) a 3 rostliny původem z hnědých semen (1h-3h). U rostlin označených jako 1ž-25ž mělo 10 rostlin tmavou barvu listů, všechny listy měly špičatý tvar. Po sklizni měly všechny tyto rostliny žlutou barvu semen. Všechny tři rostliny vypěstované z hnědého semene měly světlou barvu listu a kulatý konec listu. Dvě z těchto rostlin měly žlutou barvu semene, jedna rostlina barvu semen hnědou, což je 3,6 % z celkového množství semen. Údaje získané z informační databáze GRIN Czech Release 1.10.3 ovšem udávají pouze tmavou barvu listu a žlutou barvu semen (www.grinczech.vurv.cz). Již z morfologického hodnocení je tedy patrné, že tato odrůda není homogenní a je tvořena několika morfotypy.



Obr. 1: Ukázka fenotypových znaků pro odrůdu Rumunia (foto: Andrea Rychlá)

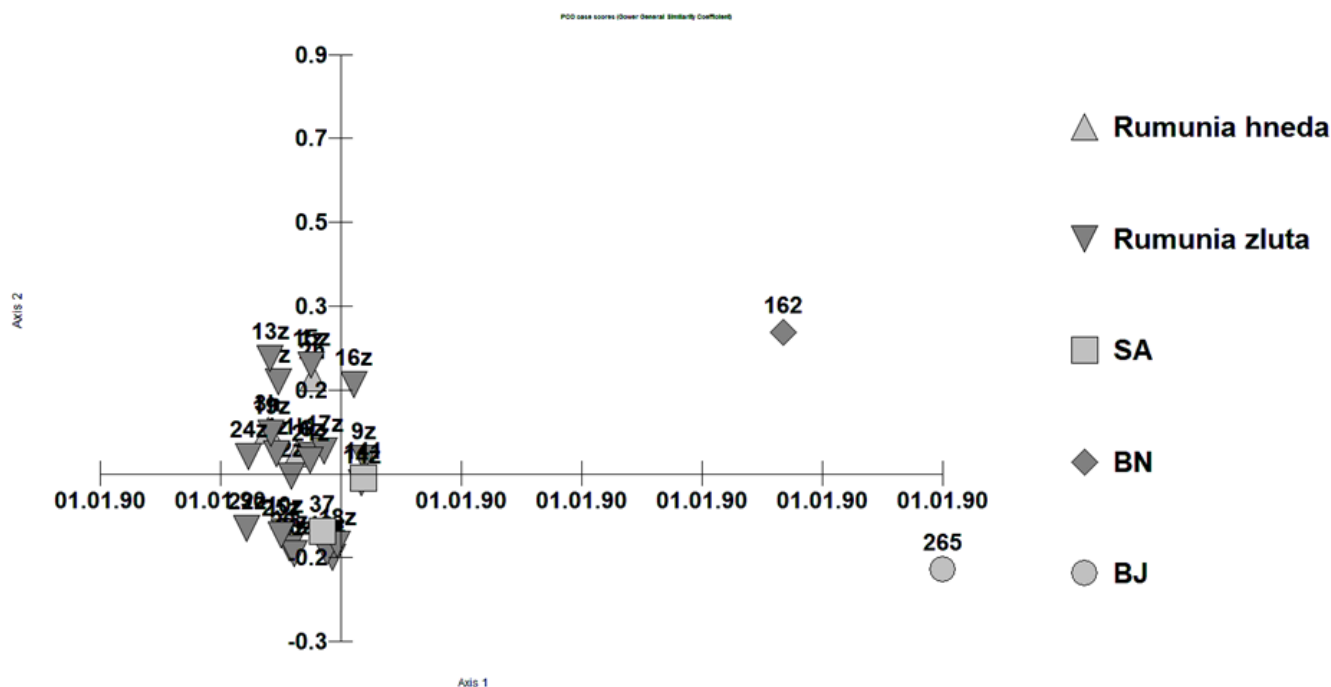
Genotypové hodnocení

Pro genotypizaci bylo hodnoceno stejných 28 rostlin, u kterých byly hodnoceny i morfologické znaky. Použito bylo 12 mikrosatelitových primerů, což je dostačující počet pro vzájemné rozlišení jednotlivých odrůd a při dobře zvolené kombinaci markerů není potřeba velké množství SSR primerů, jak uvádí např. Sharma (2020). Analýza mikrosatelitů byla prováděna za pomoci univerzálních značených primerů, a tato modifikace SSR analýzy umožňuje urychlení a zlevnění molekulární analýzy (Jozová, 2014). K vyhodnocení amplifikace produktů z PCR analýzy byla použita fragmentační analýza, která probíhala v genetickém analyzátoru ABI 3500 (Applied Biosystems). Jako kontrolní vzorky byly použity 2 odrůdy *Sinapis alba* (Sabre - č. 37, Octopus - č. 141), jedna odrůda *Brassica nigra* (Primus - č. 162) a jedna odrůda druhu *Brassica juncea* (Opaleská - č. 265). Pro tyto vzorky bylo celkem amplifikováno 30 alel, z toho pro odrůdu 'Rumunia' 10 alel. Z výsledků fragmentační analýzy byla sestavena binární matice. Tato matice byla převedena do programu MVSP, kde byla vypočtena matice genetické podobnosti (obr. 4), provedeno statistické hodnocení pomocí PCO analýzy a sestaveny ordinační diagramy (obr. 2 a obr. 3).

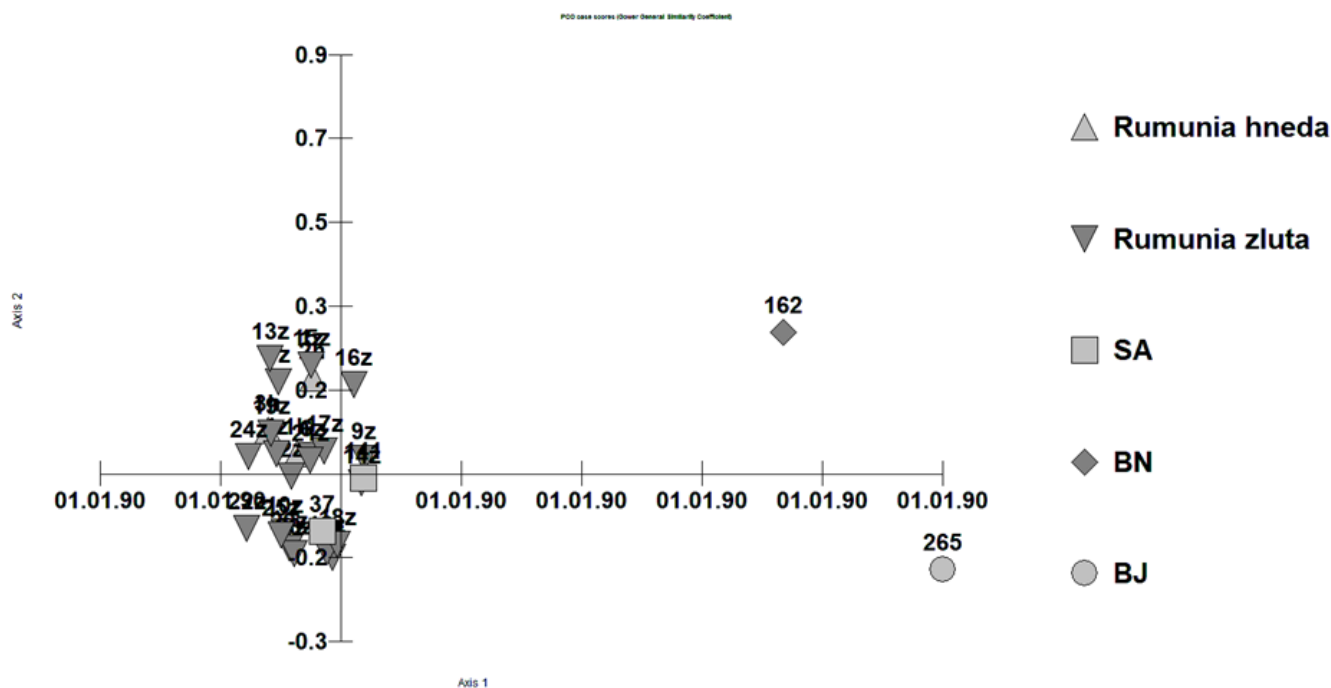
Z výsledků PCO analýzy je patrné, že sledovaná odrůda 'Rumunia' náleží k druhu *Sinapis alba*, a nejedná se tak o směs více druhů, což bylo zjištěno u některých odrůd při hodnocení odrůdové variability (Jozová, 2020). Zároveň je ale patrné, že variabilita v rámci této odrůdy je velmi výrazná a odrůda je pravděpodobně složena z několika populací.

Tato analýza byla zaměřena pouze na hodnocené rostliny bez použití kontrolních odrůd. Jednotlivé rostliny byly rozděleny podle morfologických znaků do 4 skupin: **hskž** (původem bylo hnědé semeno, rostlina má světlé kulaté listy a žlutá semena), **hskh** (původem bylo hnědé semeno, rostlina má světlé kulaté listy a hnědou barvu semene), **žlsž** (původem bylo žluté semeno, rostlina má světlé špičaté listy se žlutou barvou semene), **žltž** (původem bylo žluté semeno, rostlina má tmavé špičaté listy se žlutou barvou semene). Hypotéza byla, že rostliny se shodným fenotypem se budou shlukovat. Tato hypotéza

ovšem pomocí PCO analýzy potvrzena nebyla, naopak došlo k 100% shodě i u rostlin, které mají rozdílný charakter morfologických znaků, není ani patrné zřetelné odlišení hnědosemenných rostlin.



Obr. 2: Principal Coordinates analýza pro 28 hodnocených rostlin a 4 kontrolní odrůdy



Obr. 3: Principal Coordinates analýza pro 28 hodnocených rostlin rozdělených dle fenotypu

	1h	2h	3h	1z	2z	3z	4z	5z	6z	7z	8z	9z	10z	11z	12z	13z	14z	15z	16z	17z	18z	19z	20z	21z	22z	23z	24z	25z
1h																												
2h	0,88																											
3h	0,88	0,94																										
1z	0,88	0,88	0,88																									
2z	0,94	0,94	0,88	0,88																								
3z	0,91	0,84	0,91	0,84	0,91																							
4z	0,91	0,91	0,97	0,91	0,91	0,94																						
5z	0,84	0,84	0,84	0,84	0,91	0,94	0,88																					
6z	0,84	0,84	0,91	0,91	0,84	0,88	0,94	0,81																				
7z	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,91	0,97	0,84	0,91																			
8z	0,88	0,81	0,88	0,88	0,88	0,97	0,91	0,91	0,91	0,88																		
9z	0,84	0,78	0,84	0,84	0,78	0,88	0,88	0,88	0,81	0,84	0,84																	
10z	0,91	0,84	0,91	0,91	0,91	0,94	0,94	0,88	0,94	0,91	0,97	0,81																
11z	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,94	0,91	0,91	0,91	0,91	0,88	0,94	0,78	0,97														
12z	0,88	0,88	0,88	0,88	0,94	0,91	0,91	0,91	0,91	0,88	0,94	0,78	0,97															
13z	0,91	0,97	0,97	0,91	0,91	0,88	0,94	0,81	0,88	0,97	0,84	0,81	0,88	0,84	0,84													
14z	0,84	0,84	0,91	0,91	0,84	0,94	0,94	0,88	0,94	0,91	0,97	0,88	0,94	0,91	0,91	0,88												
15z	0,88	0,88	0,88		0,88	0,84	0,91	0,84	0,91	0,94	0,88	0,84	0,91	0,88	0,88	0,91	0,91											
16z	0,84	0,91	0,84	0,97	0,91	0,81	0,88	0,88	0,88	0,91	0,84	0,81	0,88	0,91	0,91	0,88	0,88	0,97										
17z	0,94	0,88	0,94	0,88	0,88	0,91	0,97	0,84	0,91	0,94	0,88	0,91	0,91	0,88	0,88	0,91	0,91	0,88	0,84									
18z	0,94	0,88	0,88	0,81	0,94	0,91	0,91	0,91	0,84	0,88	0,88	0,84	0,91	0,94	0,94	0,84	0,84	0,81	0,84	0,94								
19z	0,88	0,88	0,94	0,94	0,88	0,91	0,97	0,91	0,91	0,94	0,88	0,91	0,91	0,88	0,88	0,91	0,91	0,94	0,88	0,94	0,88							
20z	0,91	0,91	0,91	0,84	0,97	0,94	0,94	0,94	0,88	0,91	0,91	0,81	0,94	0,97	0,97	0,88	0,88	0,84	0,88	0,91	0,97	0,91						
21z	0,84	0,84	0,91	0,91	0,84	0,88	0,94	0,81	0,81	0,94	0,91	0,88	0,94	0,91	0,91	0,88	0,94	0,91	0,88	0,91	0,84	0,91	0,88					
22z	0,94	0,88	0,94	0,88	0,94	0,97	0,97	0,91	0,91	0,94	0,94	0,84	0,97	0,94	0,94	0,91	0,88	0,84	0,94	0,94	0,94	0,97	0,91					
23z	0,91	0,84	0,91	0,84	0,91		0,94	0,94	0,88	0,91	0,97	0,88	0,94	0,91	0,91	0,88	0,94	0,84	0,81	0,91	0,91	0,91	0,94	0,88	0,97			
24z	0,97	0,91	0,91	0,91	0,97	0,94	0,94	0,88	0,88	0,97	0,91	0,81	0,94	0,91	0,91	0,94	0,88	0,91	0,88	0,91	0,91	0,91	0,94	0,88	0,97	0,94		
25z	0,88	0,81	0,88	0,88	0,88	0,91	0,91	0,84	0,91	0,88	0,94	0,84	0,97	0,94	0,94	0,84	0,91	0,88	0,84	0,88	0,88	0,88	0,91	0,97	0,94	0,91	0,91	

Obr. 4: Matice podobnosti pro 28 hodnocených rostlin

Pro zjištění podobnosti jednotlivých rostlin byla sestavena matice podobnosti pouze pro 28 hodnocených rostlin. Hodnoty se pohybovaly od 0,78 (78% shoda) do 1 (100% shoda). Světle šedá znamená nejnížší shodu, tmavě šedá barva značí vysokou shodu. Shoda 100% byla ve třech případech, u rostlin 15z x 1z, 3z x 23z a 12z x 11z. Nejnížší shoda byla vždy u kombinace s rostlinou označenou 9z a 16z - v matici nejvíce kombinací se světle šedou barvou.

Závěr

V rámci studie hodnocení čistoty osiva byla vybrána odrůda 'Rumunia', která v předchozích analýzách vykazovala výrazný polymorfismus mikrosatelitových markerů v rámci odrůdy. Proto bylo vyseto ve dvou parcelkách osivo žluté barvy a osivo hnědé barvy. V těchto parcelkách vzešlo 25 rostlin ze semen žluté barvy a 3 rostliny z hnědých semen. Během vegetačního období byly u celkového počtu 28 rostlin odebrány listy pro genotypové hodnocení a sledovány morfologické znaky pro barvu a tvar listu. Po ruční sklizni byla vyhodnocena barva semen, která byla v poměru 27 : 1 (žlutá : hnědá). Pro hodnocení genetického polymorfismu byly použity mikrosatelitové markery. Celkem bylo použito 12 mikrosatelitových primerů, na základě kterých bylo amplifikováno 30 alel. Pro účely hodnocení odrůdové pravosti a verifikace druhového zařazení odrůdy byly hodnoceny i 4 odrůdy hořčic různých druhů. Díky výsledkům z PCO analýzy bylo potvrzeno zařazení odrůdy 'Rumunia' do druhu *Sinapis alba*. Zároveň ovšem bylo potvrzeno, že v rámci odrůdy je velmi vysoká míra vnitroodrůdové variability a že výskyt hnědých semen není odrůdovým znakem, ale pravděpodobně se jedná o nežádoucí příměsi.

Vhodné by bylo provést kompletní revizi této odrůdy. Vyhodnotit všechny morfologické znaky dle příslušného deskriptoru a v kombinaci s molekulárními daty vybrat vhodné rostliny, které budou dále používány k udržování této odrůdy.

Poděkování

Tato studie byla vytvořena díky podpoře projektu NAZV QK1910225.

Literatura

CUI X., DONG Y., HOU X., CHENG Y., ZHANG J., JIN M. (2008). Development and Characterization of Microsatellite Markers in *Brassica rapa* ssp. *chinensis* and Transferability Among Related Species. *Agriculture Sciences in China*, 7(1): 19-31.

- DOYLE J. (1991). DNA Protocols for Plants. In: Hewitt G.M., Johnston A.W.B., Young J.P.W. (eds) Molecular Techniques in Taxonomy. NATO ASI Series (Series H: Cell Biology), vol 57. Springer, Berlin, Heidelberg.
- EHRENBERGEROVÁ J. (2014). Odrůdy osivo a sadba. Mendelova univerzita v Brně.
- ENKERLI J., WIDMER F., GESSLER C., KELLER S. (2001). Strain-specific microsatellites markers in the entomopathogenic fungus *Beauveria brongniartii*. *Mycol Res* 105: 1079-1087.
- HAVLÍČKOVÁ L., JOZOVÁ E., RYCHLÁ A., KLÍMA M., KUČERA V., ČURN V. (2014). Genetic diversity assesment in winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) collection using AFLP, ISSR and SSR markers, *Czech Jouranl of Genetics and Plant Breeding*, 50: (3): 216-225.
- JOZOVÁ E., ČURN V. (2014). Multiplexová analýza mikrosatelitů u řepky pomocí modifikovaných fluorescenčně značených primerů. *Úroda – vědecká příloha*, 2014: (12): 191-194.
- JOZOVÁ E., ČURN V. (2020). Hodnocení genetické diverzity genetických zdrojů hořčice pomocí mikrosatelitových markerů. *Úroda – vědecká příloha*, 2020: (12): 55-61.
- LOUARN S., TORP A.M., HOLME I.B., ANDERSEN S.B, JENSEN B.D. (2007). Database derived microsatellite markers (SSRs) for cultivar differentiation in *Brassica oleracea*. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 54: 1717-1725.
- SHARMA, D., NANJUNDAN, J., SINGH, L. ET AL. (2020). Genetic diversity in leafy mustard (*Brassica juncea* var. *rugosa*) as revealed by agro-morphological traits and SSR markers. *Physiology and Molecular Biology of Plants* (26): 2005–2018.
- SINGH L., SHARMA D., PARMAR N., SINGH K.H., JAIN R., RAI P.K., WANI S.H., THAKUR A.K. (2020). Genetic Diversity Studies in Indian Mustard (*Brassica juncea* L. Czern & Coss) Using Molecular Markers. *Brassica Improvement* pp: 215-244.
- www.grinczech.vurv.cz [online 18.12.2020]

Contact address: Ing. Eva Jozová, Ph.D., Katedra genetiky a speciální produkce rostlinné, ZF JU v Českých Budějovicích, Na Sádkách 1780, České Budějovice, 370 05, E-mail: vondre01@zf.jcu.cz

VLIV NÍZKOTEPLTNÍHO PLAZMATU NA KLÍČIVOST DLOUHODOBĚ ULOŽENÝCH SEMEN V GENOVÉ BANCE

*Effect of Low Temperature Plasma Treatment on Germination Rate on Seeds Conserved
under Gene Bank Conditions*

Martin Matějovič¹, Jana Palicová², Petra Hlásná Čepková¹, Ludmila Papoušková¹,
Eva Jozová³, Vladislav Čurn³

¹Tým genové banky, VÚRV, Praha – Ruzyně

²Tým genetiky a šlechtitelských metod, VÚRV Praha – Ruzyně

³Katedra genetiky a speciální produkce rostlinné, ZF JČUv Českých Budějovicích

Abstract

In this study, the effect of long-term storage in a gene bank and the effect of low-temperature plasma treatment on seed germination, seedlings developmental characteristics and the incidence of diseases were investigated. Seeds of four plant species such as oats (*Avena sativa*), barley (*Hordeum vulgare*), flax (*Linum usitatissimum*) and oilseed rape (*Brassica napus*) were included in the experiment. Fresh seeds and seeds stored in a gene bank at -18 °C for 10 and 20 years were tested. These variants were further treated with low temperature plasma for 30 min. Seed germination rate, root and germ length, presence of cotyledons and number of damaged seeds were evaluated. The results have showed that the storage period of 10 and 20 years had a positive effect on seed germination and the seedlings development in all species monitored. Time of 30 minutes of low-temperature plasma treatment has appeared to be a long exposure for the tested species, which had negative effect on the development of germinating plants. An exception has been germination rate in flax and oilseed rape samples, where germination increased, both in fresh seeds and seeds stored for 10 and 20 years under the gene bank conditions. The results obtained have shown that the response of individual plant species to long-term storage in the gene bank and also to the duration of exposure to the low-temperature plasma is a matter of species.

Keywords: *gene bank, low temperature plasma, seeds, germination*

Souhrn

V rámci této studie byl hodnocen vliv dlouhodobého skladování v genové bance a vliv ošetření nízkoteplotní plazmou na klíčivost semen, vývojové charakteristiky klíčenců a výskyt chorob. Do experimentu byla zahrnuta semena čtyř rostlinných druhů ovsa (*Avena sativa*), ječmene (*Hordeum vulgare*), lnu (*Linum usitatissimum*) a řepky (*Brassica napus*). Testovala se čerstvá semena a semena uložená v genové bance při teplotě -18 °C po dobu 10 a 20 let. Všechny varianty byly dále ošetřeny nízkoteplotní plazmou po dobu 30 min. U semen byla hodnocena klíčivost, délka kořenů a klíčků, přítomnost děložních listů a počty poškozených semen. Výsledky ukazují, že doba uložení 10 a 20 let měla příznivý vliv na klíčivost semen a vývoj klíčenců u všech sledovaných druhů. Doba 30 min ošetření nízkoteplotní plazmou se jeví jako dlouhá expozice pro sledované druhy, která nepříznivě ovlivnila vývoj klíčících rostlin. Výjimku představovala klíčivost u vzorků lnu a řepky, kde došlo ke zvýšení klíčivosti jak u čerstvých semen, tak uskladněných po dobu 10 i 20 let. Z výše získaných výsledků vyplývá, že reakce jednotlivých druhů rostlin na dlouhodobé uskladnění v genové bance, a také na délku expozice nízkoteplotní plazmou, je druhová záležitost.

Klíčová slova: *genová banka, klíčení, nízkoteplotní plazma, semena*

Úvod

V posledních letech vzrostl zájem o využití nízkoteplotní plazmy především díky aplikačnímu potenciálu v oblasti biologie, medicíny, ale i v zemědělství a potravinářském průmyslu. Důvodem je především snaha zvyšovat udržitelnost zemědělství a snižovat jeho negativní dopad na životní prostředí a plnění zvyšujících se požadavků na produkci potravin pro rostoucí globální populaci (Edmondson et al., 2014). Účinků nízkoteplotní plazmy (LTP) se využívá k odstranění nežádoucích mikroorganismů (virů, bakterií a hub) především v medicíně (Scholtz et al., 2015). Celá řada nových studií ukazuje další potenciální využití LTP a dochází k rozšiřování aplikací nízkoteplotní plazmy do dalších oborů jako čištění odpadních vod (Scholtz et al., 2015), potravinářství především při přípravě potravin určených ke konzumaci v čerstvém stavu (Ma et al. 2015; Schnabel et al., 2018), nakličování (Symes et al., 2015) a uchovávání a zpracování potravin (Hosseini et al., 2018; Scholz et al., 2015) a k léčení některých onemocnění (Yousfi et al., 2014). V zemědělství se LTP začíná používat jako efektivní metoda předseťového ošetření semen s pozitivním vlivem na klíčení a s určitým stupněm desinfekce povrchu semene za účelem odstranění nežádoucích mikroorganismů a může představovat dobrou alternativu k chemickému ošetření semen, tedy moření. Obecně lze říci, že u semen obilnin (pšenice, ječmen) ošetření plazmatem má vliv na charakteristiky klíčení (germination rate, germination potential, germination index, vigor index) s následným vlivem na růstové parametry (Attri et al., 2020). Muneke et al. (2020) uvádí účinek plazmatu na obsah polyfenolických látek u semen zelenin a možnosti využití této technologie ve zpracování a konzervaci potravin. Další výhodou fyzikálních metod je možnost využití pro dezinfekci semen při výsevu a během skladování (Aladjadjiyan, 2012).

Další uplatnění by ošetření semen LTP, případně jinou fyzikální metodou, mohlo najít u genetických zdrojů rostlin (GZR), které jsou uloženy v genové bance (GB). Vzorky semen nesmějí být chemicky ošetřeny (mořeny) a v současnosti neexistuje možnost, jakým způsobem ošetřit semena pro dlouhodobé uložení v GB, a ovlivnit tak příznivě počáteční růst rostlin, vývoj porostu během vegetace a kvalitu sklizeného semene. Cílem této studie bylo ověřit vliv dlouhodobého skladování semen v GB na jejich biologickou kvalitu a ověřit účinek LTP na tato semena.

Metodika

Rostlinný materiál

Pro experiment byla použita semena vybraných druhů rostlin (tab. 1), která byla získána z Genové banky (GB) Výzkumného ústavu rostlinné výroby, v.v.i. v Praze–Ruzyni. Vybrané vzorky byly uskladněny v GB v délce 10 a 20 let při teplotě -18 °C. Jako nulový odběr byla použita čerstvě uskladněná semena. Osivo bylo dále rozděleno do varianty kontrolní a ošetřené nízkoteplotní plazmou po dobu 30 min. Od každé varianty bylo testováno 30 semen, vždy ve 3 opakováních. Použita byla pouze semena bez viditelných defektů či zárodků chorob.

Tab. 1: Vybrané druhy rostlin použitých v experimentu

Plodina	Latinské jméno, varieta/odrůda/kultivar/
Oves	<i>Avena sativa</i> , Ulan‘
Ječmen	<i>Hordeum vulgare</i> , Kompolti 4‘
Len	<i>Linum usitatissimum</i> , Nsl.c. 547‘
Řepka	<i>Brassica napus</i> , MAH-2‘

Ošetření plazmou

Pro experiment byla zvolena aparatura pro generování vakuové nízkoteplotní plazmy (LTP). Složena byla z generátoru mikrovlnného elektrického výboje, vakuového čerpadla a nádoby na vzorky, řídicí a kontrolní jednotky. Pracovní tlak aparatury byl stanoven na 0,1 mbar, výkon elektrického generátoru na 500 W a doba ošetřování činila 30 min.

Test klíčivosti

Semena byla, po ošetření plazmou, umístěna v Petriho miskách na filtrační papír (Roy et al., 2018), ovlhčena destilovanou vodou (Iranbakhsh et al., 2017) a inkubována v klimaboxu Sanyo Incubator MIR 252 (Sanyo Electric, Japonsko) při teplotě 20 °C (Li et al., 2017) po dobu 7 dnů (Don, 2009). V intervalech dva, čtyři a sedm dní byly u semen hodnoceny následující znaky: klíčivost (Tong et al., 2014), délka kořenů a klíčků (Măgureanu et al., 2018), přítomnost děložních listů dle upravené metodiky Matra (2017) a počty nemocných semen.

Statistické vyhodnocení

Získaná data byla připravena v programu Excel (Microsoft Office 2016) pro následnou statistickou analýzu v programu Statistica 7.0 CZ. Vliv LTP na semena jednotlivých druhů byl analyzován analýzou rozptylu (ANOVA), statisticky významné rozdíly byl potvrzeny post hoc Tukey HSD testem na hladině významnosti $p \leq 0,05$. Všechna měření byla provedena ve třech opakováních.

Výsledky a diskuse

V této práci byl testován vliv dlouhodobého uskladnění semen a nízkoteplotní vakuové plazmy (LTP) na klíčivost semen, vývoj klíčenců a výskyt chorob. Záměrem experimentu bylo nalezení způsobu prodloužení bezzásahové doby uskladnění semen genetických zdrojů rostlin a snížení fytopatogenní zátěže uchovávaných vzorků. Přestože se do genové banky ukládají vzorky semen stejné kvality, doba uskladnění 10 i 20 let měla příznivý vliv na klíčivost semen a vývoj klíčenců u téměř všech sledovaných druhů (tab. 2). Nejvýrazněji byla klíčivost ovlivněna u vzorku lnu a ovsa po 20 letech uskladnění v genové bance. U dalších hodnocených vývojových parametrů měla doba uskladnění také většinou příznivý účinek, pouze u růstu kořenů semen ječmene došlo k depresi jak po deseti, tak i dvaceti letech uskladnění a došlo ke zpomalení vývoje děložních listů (tab. 2). Solberg et al. (2020) uvádí u vzorků semen uložených 30 let v permafrostu klíčivost kolem 92 %. Výsledky korespondují se zjištěním Ellis et al. (2018), který zdůrazňuje vliv rodu a druhu rostlin na klíčivost u vzorků uskladněných v genové bance.

Ošetření semen LTP mělo vliv jak na klíčivost, tak i vývojové parametry klíčenců. Použitá doba plazmování měla pozitivní vliv na klíčivost vzorků lnu a řepky, podobně jak uvádí Abedi et al. (2020), Li et al. (2017) a Jiayun et al. (2014). U semen řepky došlo po ošetření LTP k nárůstu klíčivosti o 16 %, u ošetřených semen po desetiletém, tak i dvacetiletém skladování o 18 % a 7 %. Výsledky odpovídají zjištěním Li et al. (2018), kdy LTP měla pozitivní vliv na rychlost klíčení, vigor a uniformitu klíčenců. Z výsledků v tab. 2 je patrné, že klíčivost ošetřených vzorků se dále zvýšila u semen lnu, a to ještě významněji (o 35 %, 38 a 32 %). Podle Šerá et al. (2009) by se mohlo jednat o narušení dormance uložených semen. Naopak spíše negativní vliv mělo na klíčivost ošetření LTP u vzorku ovsa, kde došlo k jejímu výraznému poklesu (až o 99 %) u všech variant, u ječmene byl pokles mírnější (35 %, 38 % a 48 %), (tab. 2). Tyto výsledky jsou v rozporu s publikací Li et al. (2017). Příčinou nízké klíčivosti v tomto případě by mohla být dlouhá doba působení LTP na semena (Świecimska et al., 2020). Po ošetření LTP došlo mírnému nárůstu kořenů u 20 let uložených semen řepky seté (o 7 %), ale také naopak ke snížení tvorby kořenů u vzorku ječmene setého (o 14 % a 32 % u 10 a 20 let uložených semen). Abedi et al. (2020) popisují pozitivní vliv ošetření LTP na růst kořenů a klíčků čekanky (*Cichorium intybus* L.). Délka klíčků byla negativně ovlivněna ošetřením LTP, a to u všech hodnocených materiálů, důvodem je pravděpodobně 30 minutová délka ošetření LTP, která měla za následek depresi vývoje klíčků testovaných druhů. Matra (2017) uvádí, že nejlepších přírůstků bylo dosaženo při kratších expozicích plazmou. Naopak ošetřená semena lnu a řepky reagovala větším růstem děložních listů.

V našem pokusu byl testován výskyt fytopatogenů na vyšetých semenech, kořenech a klíčcích. Butscher et al. (2016) popsal pozitivní vliv LTP na snížení fytopatogenní zátěže osiva přirozenými mikroorganismy a dodatečně aplikovanými bakteriálními klony *E. coli*. U ošetřených semen LTP došlo k poklesu počtu nemocných semen u vzorků ovsa a lnu. Tyto výsledky korespondují se závěry

v souladu se zmíněnými autory Świecimska et al. (2020), Sen et al. (2019), Puligundla et al. (2017) nebo Scholtz et al. (2015).

Díky využívání LTP v zemědělství může tak dojít ke snížení objemu chemických prostředků používaných k moření semen, a dále by u rostlinných produktů (naklíčená semena nebo ječný slad) byla zabezpečena zdravá a kvalitní produkce. V budoucím výzkumu bude nutné ověřit účinek a délku ošetření LTP pro jednotlivé rostlinné druhy.

Tab. 2: Vyhodnocení vlivu uskladnění a ošetření semen LTP na klíčivost, délku kořenů a klíčků a vývoj děložních listů

Plodina	Vliv dlouhodobého uskladnění (roky)			Vliv ošetření LTP 30 min					
	0	10	20	0	Nárůst/ pokles [%]	10	Nárůst/ pokles [%]	20	Nárůst/ pokles [%]
Klíčivost [počet rostlin]									
<i>Avena sativa</i> 'Ulan'	64,33±5,81 ^b	71,67±2,40 ^{bc}	79,33±1,67 ^c	2,00±1,15 ^a	-97	1,00±0,58 ^a	-99	0,67±0,67 ^a	-99
<i>Hordeum vulgare</i> 'Kompolti 4'	75,00±0,00 ^b	79,00±0,00 ^{ab}	84,00±0,00 ^b	49,00±0,00 ^a	-35	49,00±0,00 ^a	-38	44,00±1,00 ^a	-48
<i>Linum usitatissimum</i> 'Nsl.c.547'	53,50±0,50 ^a	58,50±7,00 ^{ab}	63,00±4,50 ^{abc}	72,00±1,50 ^{ab}	35	80,50±0,00 ^{bc}	38	83,00±0,00 ^c	32
<i>Brassica napus</i> 'MAH-2'	71,00±4,16 ^b	74,00±1,76 ^{bc}	81,33±1,86 ^{abc}	82,33±1,73 ^{ac}	16	87,00±0,88 ^a	18	87,33±1,53 ^a	7
Délka kořenů [mm]									
<i>Avena sativa</i> 'Ulan'	38,50±2,25 ^a	42,76±2,25 ^a	39,56±2,19 ^a	8,50±5,50 ^a	-78	32,00±14,42 ^a	-25	32,50±14,50 ^a	-23
<i>Hordeum vulgare</i> 'Kompolti 4'	46,74±4,17 ^c	35,80±3,48 ^{abc}	37,65±2,21 ^{bc}	33,80±4,30 ^{ab}	-28	30,22±3,67 ^{ab}	-14	25,73±1,99 ^c	-32
<i>Linum usitatissimum</i> 'Nsl.c.547'	19,57±1,63 ^a	27,73±1,50 ^b	20,55±1,52 ^a	15,46±1,36 ^a	-21	22,63±1,45 ^{ab}	-18	20,82±1,37 ^a	1
<i>Brassica napus</i> 'MAH-2'	38,34±2,49 ^a	40,49±2,42 ^a	35,57±2,23 ^{ab}	28,02±2,27 ^b	-27	34,84±1,95 ^{ab}	-14	37,96±2,23 ^a	7
Délka klíčků [mm]									
<i>Avena sativa</i> 'Ulan'	29,66±0,97 ^b	40,57±2,29 ^a	45,38±2,44 ^a	9,67±2,40 ^{ab}	-68	25,00±2,40 ^{ab}	-68	33,00±0,00 ^{ab}	-27
<i>Hordeum vulgare</i> 'Kompolti 4'	48,28±4,52 ^{ab}	67,10±19,08 ^b	48,81±3,07 ^{ab}	39,27±4,77 ^{ab}	-19	37,85±4,51 ^{ab}	-44	36,43±2,72 ^a	-25
<i>Linum usitatissimum</i> 'Nsl.c.547'	29,27±2,46 ^b	27,02±1,15 ^b	27,07±1,86 ^{ab}	19,05±2,21 ^a	-35	20,54±1,46 ^a	-24	22,28±1,51 ^{ab}	-18
<i>Brassica napus</i> 'MAH-2'	28,85±2,29 ^b	31,45±2,45 ^b	25,53±1,94 ^b	14,31±1,01 ^a	-50	15,72±0,85 ^a	-50	12,66±0,70 ^a	-50
Děložní listy [počet rostlin]									
<i>Avena sativa</i> 'Ulan'	22,33±3,76 ^a	25,33±1,20 ^a	26,33±0,67 ^a	0,00±0,00 ^b	-100	0,00±0,00 ^b	-100	0,33±0,33 ^b	-99
<i>Hordeum vulgare</i> 'Kompolti 4'	37,00±4,00 ^d	0,00±0,00 ^b	28,00±0,00 ^c	18,00±0,00 ^a	-51	16,00±0,00 ^a	300	12,67±0,67 ^a	-55
<i>Linum usitatissimum</i> 'Nsl.c.547'	3,00±0,00 ^a	15,50±0,50 ^a	14,00±1,00 ^a	10,00±0,00 ^a	233	24,50±4,50 ^a	58	27,50±6,50 ^a	96
<i>Brassica napus</i> 'MAH-2'	35,33±0,88 ^a	44,00±2,65 ^{ab}	50,33±4,26 ^{ab}	37,00±2,52 ^a	5	54,33±5,70 ^b	23	59,67±2,19 ^b	19

* v tabulce jsou uvedené průměrné hodnoty±sm.chyba

Indexy v podobě písmen jsou označeny statisticky významné rozdíly na hladině významnosti p≤0,05.

** Nárůst/pokles je vždy vztahován k nulové, neošetřené variantě.

Poděkování

Tato studie vznikla za podpory Ministerstva zemědělství ČR projektem č. RO0418 a Národním programem pro uchování a využití genetické diverzity rostlin a agrodiverzity č. 6.2.5/51834/2017-MZE-17253 a GAJU027/2019/Z.

Literatura

- ABEDI S., IRANBAKHS A., ARDEBILI Z.O., EBADI M. (2020). Seed priming with cold plasma improved early growth, flowering, and protection of *Cichorium intybus* against selenium nanoparticle. *Journal of Theroetical and Applied Physics* 14, 2: 113-119.
- ATTRI P., ISHIKAWA K., OKUMURA T., KOGA K., SHIRATANI M. (2020). Plasma agriculture from laboratory to farm: a review. *Processes* 8, 1002.
- DON, R. (2009) ISTA Handbook on Seedling Evaluation. 3ed ISTA, Bassersdorf. 131 p.
- EDMONDSON, J.L., DAVIES, Z.G., GASTON, K.J. AND LEAKE, J.R. (2014): Urban cultivation in allotments maintains soil qualities adversely affected by conventional agriculture. *Journal of Applied Ecology* 51: 880–889.doi:10.1111/1365-2664.12254.
- ELLIS R.H., NASEHZADEH M., HANSON J., WOLDEMARIAM Y. (2018): Medium-term seed storage of 50 genera of forage legumes and evidence-based genebank monitoring intervals. *Genetic Resources and Crop Evolution* 65: 607-623.

- IRANBAKHSH A., GHORANNEVISS M., ORAGHI ARDEBILI Z., ORAGHI ARDEBILI N., HESAMI TACKALLOU S., NIKMARAM A. (2017). Non-thermal plasma modified growth and physiology in *Triticum aestivum* via generated signaling molecules and UV radiation. *Biologia Plantarum* 61(4): 702-708.
- JIAFENG J., XIN H., LING L., JIANGANG L., HANLIANG S., QILAI X., RENHONG Y., YUANHUA D. (2014). Effect of Cold Plasma Treatment on Seed Germination and Growth of Wheat. *Plasma science and technology* 16(1): 54-58.
- LI L., LI J., SHAO H., DONG Y. (2018). Effects of low-vacuum helium cold plasma treatment on seed germination, plant growth and yield of oilseed rape. *Plasma Science and Technology* 20, 9: 1-7.
- LI Y., WANG T., MENG Y., QU G., SUN Q., LIANG D., HU S. (2017). Air Atmospheric Dielectric Barrier Discharge Plasma Induced Germination and Growth Enhancement of Wheat Seed. *Plasma Chemistry and Plasma Processing* 37: 1621-1634.
- LI Y., WANG T., MENG Y., QU G., SUN Q., LIANG D., HU S. (2017). Air Atmospheric Dielectric Barrier Discharge Plasma Induced Germination and Growth Enhancement of Wheat Seed. *Plasma Chemistry and Plasma Processing* 37: 1621-1634.
- MĂGUREANU M., SIRBU R., DOBRIN D., GIDEA M. (2018). Stimulation of the Germination and Early Growth of Tomato Seeds by Non-thermal Plasma. *Plasma Chemistry and Plasma Proceedings* 38: 989-1001.
- MATRA K. (2018). Atmospheric non-thermal argon–oxygen plasma for sunflower seedling growth improvement. *Japanese Journal of Applied Physics* 57. 01AG03.
- MILDAZIENE V., IVANKOV A., PAUZAITE G., NAUCIENĖ, ZUKIENE P., DEGUTYTE-FOMINS L., PUKALSKAS A., VENSKUTONIS P.R., FILATOVA I., LYUSHKEVICH V. (2020). Seed treatment with cold plasma and electromagnetic field induces changes in red clover root growth dynamics, flavonoid exudation, and activates nodulation. *Plasma Processes and Polymers*: e2000160.
- MUNEKATA P.E.S, DOMÍNGUEZ R., PATEIRO M., LORENZO J. M. (2020). Influence of plasma treatment on the polyphenols of food products – a review. *Foods* 9, 929.
- PULIGUNDLA P., JE-WOOK K., CHULKYOON M. (2017). Effect of corona discharge plasma jet treatment on decontamination and sprouting of rapeseed (*Brassica napus* L.) seeds. *Food Control* 71. 376-382.
- ROY N.C., HASAN M.M., TALUKDER M.R., HOSSAIN M.D., CHOWDHURY A.N. (2018). Prospective Applications of Low Frequency Glow Discharge Plasmas on Enhanced Germination, Growth and Yield of Wheat. *Plasma Chemistry and Plasma Processing* 38(1): 13-28.
- SEN Y., ONAL-ULUSOY B., MUTLU M. (2019). Aspergillus decontamination in hazelnuts: Evaluation of atmospheric and low-pressure plasma technology. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 54. 235-242.
- SCHOLTZ V., PAZLAROVA J., SOUSKOVA H., JULAK J. (2015). Nonthermal plasma — A tool for decontamination and disinfection. *Biotechnology Advances* 33. 1108-1119.
- SOLBERG S.Ø., BRODAL G., VON BOTHMER R., MEEN E., YNDGAARD F., ANDREASEN CH., ASDAL Å. (2020). Seed Germination after 30 Years Storage in Permafrost. *Plants* 9. 579: 1-9.
- Świecimska M., Tulik M., Šerá B., Golińska P., Tomeková J., Medvecká V., Bujdáková H., Oszako T., Zahoranová A., Šerý M. (2020). Non-Thermal Plasma Can Be Used in Disinfection of Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) Seeds Infected with *Fusarium oxysporum*. *Forests* 11, 837; doi:10.3390/f11080837.
- ŠERÁ B., ŠERÝ M., ŠTRAŇÁK V., ŠPATENKA P. (2009). Does Cold Plasma Affect Breaking Dormancy and Seed Germination? A Study of Seeds of Lamb's Quarters (*Chenopodium album* agg.). *Plasma Science and Technology* 11, 6: 750-754.
- ŠVUBOVÁ R., KYZEK S., MEDVECKÁ V., SLOVÁKOVÁ E., E. GÁLOVÁ, ZAHORANOVÁ A. (2020). Novel insight at the Effect of Cold Atmospheric Pressure Plasma on the Activity of Enzymes Essential for the Germination of Pea (*Pisum sativum* L. cv. Prophet) Seeds. *Plasma Chemistry and Plasma Processing* 40:1221–1240.
- TONG J., HE R., ZHANG X., ZHAN R., CHEN W., YANG S. (2014). Effects of Atmospheric Pressure Air Plasma Pretreatment on the Seed Germination and Early Growth of *Andrographis paniculata*. *Plasma Science and Technology* 16(3): 260-266.

Contact address: P. Hlásná Čepková, Tým genová banka, Výzkumný ústav rostlinné výroby, Drnovská 507/73, 161 06 Praha 6–Ruzyně, Česká republika, email: hlasna@vurv.cz

KLÍČIVOST MOŘENÉHO OSIVA KUKUŘICE SETÉ PO OŠETŘENÍ KLOUZAVÝM OBLOUKOVÝM VÝBOJEM

Germination of Maize Seed after Treatment of GlidArc Discharge

Božena Šerá¹, Michal Šerý², Eugen Hnatiuc³

¹Prírodovedecká fakulta, Univerzita Komenského v Bratislave, Slovenská republika

²Pedagogická fakulta, JČU v Českých Budějovicích

³Department of Energy, Gheorghe Asachi Technical University of Iasi, Romania

Abstract

Unstained and chemically stained maize (*Zea mays* convar. *Indentata* Sturt.) caryopses were treated with GlidArc plasma generated at atmospheric pressure at five time exposures of 0 min, 1 min, 3 min, 5 min, and 10 min. The germination test was performed under laboratory conditions on Petri dishes designed for one treatment of 8 x 17 caryopses per dish. The following parameters were monitored: seed germination, energy and germination rate. The highest seed germination (98.53%) was recorded in infested caryopses treated with GlidArc plasma for 1 min and 5 min. These values differed significantly from the seed germination of control stained set, which had seed germination 90.44% (Duncan's test, $P < 0.03$). The stained maize caryopses in combination with non-thermal plasma treatment had stimulating effect on seed germination.

Keywords: seed, vegetable, hydration treatments

Souhrn

Nenamořené a namořené osivo kukuřice seté (*Zea mays* convar. *Indentata* Sturt.) bylo ošetřeno GlidArc plazmatem generovaným za atmosférického tlaku v pěti časových expozicích 0 min, 1 min, 3 min, 5 min a 10 min. Test klíčivosti probíhal v laboratorních podmínkách na Petriho miskách s designem pro jeden treatment 8 x 17 semen na jednu misku. Sledovány byly tyto parametry: klíčivost semen, energie a rychlost klíčení. Nejvyšší klíčivost semen (98,53 %) byla zaznamenána u namořených obilek ošetřených GlidArc plazmatem po dobu 1 min a 5 min. Tyto hodnoty se významně lišily od klíčivosti semen kontrolních namořených obilek, které měly klíčivost semen 90,44 % (Dunkanův test, $P < 0,03$). Namořené osivo v kombinaci s netermálním plazmatem mělo na klíčivost osivo kukuřice stimulační efekt.

Klíčová slova: energie klíčení, GlidArc plazma, klíčivost semen, netermální plazma, počáteční růst, rychlost klíčení

Úvod

Kukuřice (*Zea mays* L., *Poaceae*) je celosvětově významnou polní plodinou s dlouhým historickým vývojem, jejíž botanický původ sahá do oblasti střední Ameriky. Do Evropy se tato komodita dostala v průběhu 16. a 17. století. Důležitost kukuřice seté je spojena především s její oblibou jako zdroje bílé mouky, ale také jako zdroje krmiva pro hospodářské zvířectvo nebo pro výrobu škrobu a v oblasti výroby bioplynu (Šerá et al., 2019). Na zvyšování produkce kukuřice se standardně používá mořené osivo. Ošetření osiva chemickými přípravky je považováno za uznávaný způsob, jak snížit riziko výskytu patogenů přenosných osivem a omezit vlivy redukující výnos. Bohužel chemické látky s fungicidními nebo pesticidními vlastnostmi obsažené v mořidlech představují zátěž pro životní

prostředí. Ekonomické hledisko zaměřené na zajištění vysokého výnosu a kvality produkce se střetává s environmentálními požadavky na ochranu životního prostředí (Křen et al., 2018). Mnohé členské státy EU proto aktivně podporují výzkum a vývoj v oblasti omezení spotřeby mořidel a v podpoře nekonvenčních způsobů pěstování plodin a výroby potravin.

Plazma je směs plynů s aktivovanými ionty, elektrony, fotony a volnými radikály, která vzniká interakcí molekul a atomů s elektro-magnetickým polem, za použití různých zdrojů elektrické energie. Termín chladná plazma se zpravidla používá pro teploty cca 30–60 °C (Schmiedt, 2006; Kulháněk, 2011). Využití plazmatu patří mezi jeden z biotechnologických směrů výzkumu a vývoje po celém světě. Výzkum a vývoj v oblasti netermálního plazmatu je směřován k různým inovacím v medicíně (Hui et al., 2020; Liu et al., 2020), ale i v nekonvenčních postupech v semenářství, zemědělství, lesnictví a potravinářství (Misra et al., 2016; Velichko et al., 2017; Khun et al., 2018; Scholtz et al., 2019). Netermální plazma se osvědčilo jako možný způsob ošetření semen a plodů v zemědělství, jehož výsledkem je zvýšení klíčivosti semen (např. Misra et al., 2016).

Tento příspěvek se zabývá problematikou účinku netermálního plazmatu na účinnost mořidel při počátečním vývoji kukuřice seté. Jedná se o jeden z prvních takto zaměřených testů u nás i ve světě (Šerá a Šerý, 2018). Prezentované výsledky poslouží k nasměrování dalšího vývoje tohoto biotechnologického způsobu ošetření zemědělsky a potravinářsky využívaných semen a plodů.

Metodika

Postup ošetření obilek

Jako základní dva sety osiva posloužilo nenamořené a namořené (VITAVAX 2000, 2015) osivo kukuřice seté (*Zea mays* convar. *Indentata* Sturt.), které bylo ošetřeno klouzavým obloukovým výbojem GlidArc (Gavril et al., 2011). GlidArc aparatura byla složena ze dvou hliníkových elektrod o tloušťce 2 mm, připojených přes převodník AUPEM a napájených z elektrické sítě. Obilky kukuřice seté byly umístěny 250 mm pod elektrodami, aby došlo k minimalizaci tepelných účinků (max. teplota 50 °C). Pracovním plynem byl vzduch s vodní párou procházející z kompresoru přes baňku s deionizovanou vodou o průtoku 10 l·min⁻¹ (Šerá et al., 2019).

Časová expozice ošetření plazmatem byla 0 min (kontrolní set), 1 min, 3 min, 5 min a 10 min, a to pro oba sety osiv. Pro každé ošetření bylo použito min. 136 obilek. Z každého setu (nenamořené a namořené osivo) tak bylo použito 680 obilek.

Test klíčivosti

Testy klíčivosti probíhaly za laboratorních podmínek při teplotě cca 20 °C (den 12 h, noc 12 h) a za použití plastových Petriho misek o průměru 9 cm. Do každé misky byly vloženy tři filtrační papíry, nanese 5 ml destilované vody a vloženo 17 zdravých ošetřených obilek. Pro každé ošetření bylo použito 8 Petriho misek (celkem 136 obilek). Během klíčení a počátečního růstu byly sledovány tyto parametry: klíčivost semen, energie a rychlost klíčení. Pokus běžel do 6. dne od prvního zaznamenání nástupu klíčení. Více detailů zde: Landová (2015), Petrášková (2017).

Statistické vyhodnocení

Po logaritmické transformaci byla získaná data vyhodnocena pomocí standardních statistických testů určujících odlišnost variant mezi sebou (ANOVA, Duncanův test, $\alpha < 0,05$).

Výsledky a diskuse

Největší klíčivost semen 98,53 % byla zaznamenána u namořného osiva, u obilek, které byly ošetřeny GlidArc plazmatem po dobu 1 min a 5 min. Tyto hodnoty se významně lišily od klíčivosti semen kontrolních namořených obilek, které měly klíčivost semen 90,44 % (Duncanův test, $P < 0,03$). Nejvyšší hodnoty rychlosti klíčení byly naopak zaznamenány u nenamořených obilek, konkrétně u

obílek ošetřených plazmatem po dobu 10 min (83,70 %, kde příslušná kontrola byla na úrovni 76,24 %). Mezi různými ošetřeními nebyly u rychlosti klíčení zaznamenány žádné statistické rozdíly na sledované hladině významnosti. Tyto výsledky jsou prezentovány v tabulce 1.

Energie klíčení byla sledována průběžně a její výsledky jsou prezentovány obrázkem 1. Podle průběhu hodnot energie klíčení u namořených obílek je patrné mírné zvýšení na začátku klíčení i na jeho konci v porovnání s obílkami, které nebyly namořené. Statistické rozdíly (Duncanův test, $P < 0,05$) byly zaznamenány mezi mnoha ošetřeními, ale nebyl nalezen žádný vysvětlující trend.

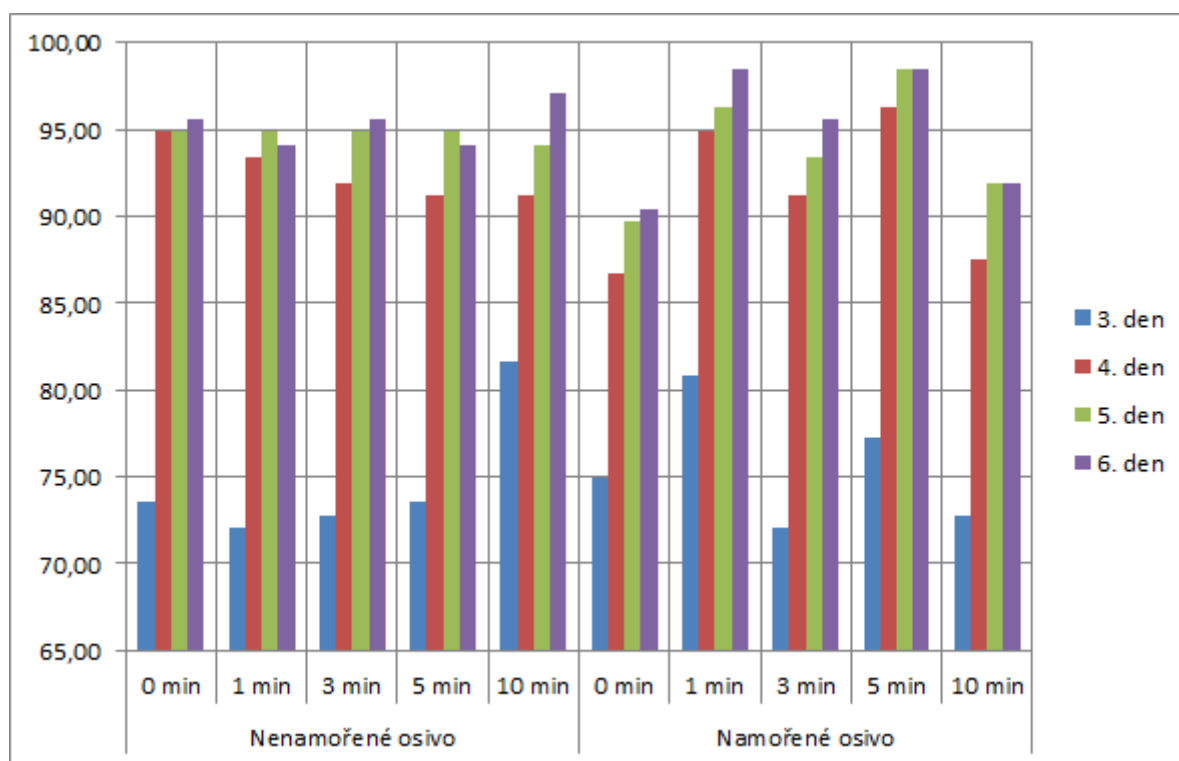
Tab. 1: Sledované parametry osiva kukuřice seté po aplikaci GlidArc plazmatu 6. den po začátku klíčení semen. Různá písmena uvádějí signifikantní rozdíly (Duncanův test, $P < 0,05$).

Ošetření		Klíčivost semen (%)			Rychlost klíčení (%)		
Mořidlo	GlidArc	Ø	SE	Duncan test	Ø	SE	Duncan test
Nenamořené osivo	0 min	95,59	1,47	ab	76,24	7,83	a
	1 min	94,12	1,92	ab	76,45	4,82	a
	3 min	95,59	3,09	ab	75,16	4,52	a
	5 min	94,12	2,94	ab	78,29	4,36	a
	10 min	97,06	1,57	ab	83,70	4,04	a
Namořené osivo	0 min	90,44	2,47	a	82,53	3,09	a
	1 min	98,53	1,47	b	81,13	3,67	a
	3 min	95,59	1,47	ab	75,34	5,91	a
	5 min	98,53	1,47	b	78,19	3,34	a
	10 min	91,91	2,71	ab	79,30	6,15	a

Henselová a její kolektiv prováděli výzkum na kukuřici seté s použitím tzv. DBD plazmatu (Henselová et al., 2012). Z výsledků výzkumu lze snadno interpretovat jednoznačně pozitivní vliv stimulace semen po dobu jedné minuty, kdy jejich délka semenáčků se zvýšila o 21 % (v porovnání s kontrolou), přičemž pozitivně ovlivněna byla i jejich hmotnost. Pozitivní vliv netermálního plazmatu na kukuřici setou byl dokladován i skupinou Shao et al. (2015). Podmínky ošetření byly vždy jiné než v našem pokusu, ale přesto lze souhrnně konstatovat, že kukuřice setá reaguje na nízké časy ošetření netermálním plazmatem zvýšením klíčivosti semen a zlepšením některých parametrů počátečního vývoje semenáčků.

Použití plazmatu může také způsobovat změnu smáčivosti povrchu semen (Bormashenko et al., 2012). Dobrin et al. (2015) použil DBD plazma pro ošetření semen pšenice, u které změna smáčivosti vedla ke změně absorpce vody. Ošetřená semena pšenice vykazovala vyšší absorpci vody ve srovnání s kontrolními vzorky. Tento efekt přispívá ke zvýšení rychlosti klíčení semen.

Jako mořidla se v případě obilí a také kukuřice seté používá komerční látka VITAVAX 2000, jejíž chemickou podstatu tvoří tyto dvě toxické chemikálie: bisdisulfid a carboxin (VITAVAX 2000, 2015). Cesta snižování používání „chemie“ v zemědělství je problematická, ale reálná. V prezentovaném pokusu bylo netermální plazma použito v kombinaci s namořením povrchu obílek. Výsledky testu vykazují jistý pozitivní vliv oproti obílkám, které byly nenamořené a také vůči obílkám, které byly namořené, ale nebyly ošetřeny plazmatem (tab. 1, obr. 1). Objevila se tedy otázka možnosti snižování množství účinných látek v mořidlech semen.



Obr. 1: Energie klíčení (%) u nenamořného a namořného osiva kukuřice seté v jednotlivých dnech počátečního vývoje semenáčků

Netermální plazma lze pravděpodobně kombinovat i s jinými způsoby ošetření semen. Mohlo by se jednat o kombinace s využitím stimulátorů růstu rostlinného původu (Věchet a Šerá, 2015; Šerá et al., 2015), využitím huminových kyselin (Šerá a Novák, 2011; 2019), možnost použití nanomateriálů (Šerá et al., 2017) nebo s propojením s působením hormonů, huminových kyselin a stopových prvků (Šerá a Hájková, 2015). Všechny nekonvenční možnosti, vedoucí ke snižování používaných chemikálií na polích, jsou v současnosti cílenými směry výzkumu a vývoje v zemědělství. Zemědělské nekonvenční přístupy by měly ve svém důsledku přispívat ke snižování zátěže životního prostředí a ke zvyšování kvality a zdravotní nezávadnosti potravin.

Závěr

V laboratorních podmínkách bylo zaznamenáno signifikantní zvýšení některých parametrů při klíčení osiva kukuřice seté, a to u obilek, které byly namořené přípravkem VITAVAX 2000 a poté ošetřeny GlidArc plazmatem. Nejvyšší klíčivost semen (98,53 %) byla zaznamenána u obilek ošetřených po dobu 1 min a 5 min. S ohledem na tento experiment a na literární zdroje lze konstatovat, že kukuřice setá zpravidla reaguje na nízké časy ošetření netermálním plazmatem zvýšením klíčivosti semen a zlepšením některých parametrů počátečního vývoje semenáčků. Následující výzkum bude směřován na oblast využití netermálního plazmatu v kombinaci s jinými způsoby ošetření semen.

Poděkování

Autoři děkují Kamile Petráškové a Tereze Landové za jejich práci v laboratoři.

Literatura

- BORMASHENKO E., GRNYOV R., BORMASHENKO Y., DRORI E. (2012). Cold radiofrequency plasma treatment modifies wettability and germination speed of plant seeds. *Scientific Reports*, 2: 3–10.
- DOBRIN D., MAGUREANU M., MANDACHE N.B., IONITA M.D. (2015). The effect of non-thermal plasma treatment on wheat germination and early growth. *Innovative Food Science and Emerging Technology*, 29: 255-260.

- GAVRIL B., HNATIUC E., SERA B., HRUSKOVA I., PADUREANU S., HAISAN C. (2011). Possibilities of performing treatments on seeds using cold plasma discharges, 189-192. In: Aubrecht V., Bartlová M., XIXth symposium on physics of switching arc., Nové Město na Moravě, 05.09.2011 - 09.09.2011, University of Technology, Brno.
- HENSELOVA M., SLOVAKOVA L., MARTINKA M., ZAHORANOVA A. (2012). Growth, anatomy and enzyme activity changes in maize roots induced by treatment of seeds with low-temperature plasma. *Biologia* 67: 490-497.
- HUI W.L., PERROTTI V., IACULLI F., PIATTELLI A., QUARANTA A. (2020). The emerging role of cold atmospheric plasma in implantology: A review of the literature. *Nanomaterials*, 10: 1505.
- KHUN J., SCHOLTZ V., HOZÁK P., FITL P., JULÁK J. (2018). Various DC-driven point-to-plane discharges as non-thermal plasma sources and their bactericidal effects. *Plasma Sources Science and Technology*, 27: no. 065002.
- KŘEN J., SMUTNÁ P., MATUŠINSKÝ P. (2018): Pravidla použití mořeného a nemořeného osiva při pěstování obilnin. Certifikovaná metodika pro praxi, MENDELU, Brno.
- KULHÁNEK P. (2011). Úvod do teorie plazmatu. AGA, Praha.
- LANDOVÁ T. (2015). Růstové faktory řepky olejky (*Brassica napus* L.) a kukuřice seté (*Zea mays* L.) po ošetření obilí netermálním plazmatem. Bak. práce. JU v Českých Budějovicích, Pedagogická fakulta, České Budějovice.
- LIU D.W., ZHANG Y.H., XU M.Y., CHEN H.X., LU X.P., OSTRIKOV K. (2020). Cold atmospheric pressure plasmas in dermatology: Sources, reactive agents, and therapeutic effects. *Plasma Processes and Polymers*, 17: no. e1900218.
- MISRA N.N., SCHLUTER O., CULLEN P.J. (eds.), (2016). Cold plasma in food and agriculture: fundamentals and application. Academic Press.
- PETRÁŠKOVÁ K. (2017). Klíčení semen vybraných plodin po ošetření netermálním plazmatem. Bak. práce, JU v Českých Budějovicích, Pedagogická fakulta, České Budějovice.
- SHAO C.Y., WANG D.C., FANG X.F., TANG X., THAO L.J., THANG L.L., LIU L.D., WANG G.H. (2015). Effect of low-temperature plasma on forage maize (*Zea mays* Linn.) seed germination and characters of the seedlings. In: Computer and computing technologies in agriculture VIII, 452: 437-443.
- SCHMIEDT L. (2006). Úvod do fyziky plazmatu. Karlova univerzita, Praha.
- SCHOLTZ V., SERA B., KHUN J., SERY M., JULÁK J. (2019). Effects of nonthermal plasma on wheat grains and products. *Journal of Food Quality*, no. 7917825.
- ŠERÁ B., HÁJKOVÁ M. (2015). Stimulative Effect of Trisol Products on Poppy Seed (*Papaver somniferum* L.). Improving Seed Germination and Field Emergence. In: SEED AND SEEDLINGS XII, Pages: 211-215.
- ŠERÁ B., NOVÁK F. (2011). The effect of humic substances on germination and early growth of Lamb's Quarters (*Chenopodium album* agg.). *Biologia*, 66: 470-476.
- ŠERÁ B., NOVÁK F. (2019). Influence of humic and fulvic acids in the initial growth of hemp plant (*Cannabis sativa* L.). In: SEED AND SEEDLINGS XIV, Pages: 44-48.
- ŠERÁ B., ROHÁČEK K., VAŇKOVÁ R., ŠERÝ M. (2019). Preliminary results of corn seed treatment by Gliding Arc discharge. Impact on the seed emergency and selected physiological parameters. In: SEED AND SEEDLINGS XIV, Pages: 79-83.
- ŠERÁ B., ŠERÝ M. (2018). Non-thermal plasma treatment as a new biotechnology in relation to seeds, dry fruits, and grains. *Plasma Science and Technology*, 20(4), no. UNSP 04401.2
- ŠERÁ B., VĚCHET L., GAJDOVÁ I. (2015). Study of Wheat Grain Growth after Various Plant Extract Treatments. In: SEED AND SEEDLINGS XII, Pages: 41-44.
- ŠERÁ B., VLČKOVÁ V., MADĚROVÁ Z. (2017). How magnetic Fluids Affect the Germination and Initial Growth of White Mustard (*Leucosinapis alba* (L.) Spach). In: SEED AND SEEDLINGS XIII, Pages: 37-41.
- VELICHKO I., PAZDERŮ K., PULKRÁBEK J. (2017). Úprava osiv nízkoteplotním plazmatem a její vliv na vývoj rostlin. In: SEED AND SEEDLINGS XIII, Pages: 54-59.
- VĚCHET L., ŠERÁ B. (2015). Effectiveness of both synthetic compounds and biological extracts against powdery mildew (*Blumeria graminis* f. sp. *tritici*) on winter wheat. *Agrociencia*, 49: 77-85.
- VITAVAX 2000 (2015): Bezpečnostní list podle nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1907/2006, ve znění nařízení 453/2010/EC, viz: https://www.agromanual.cz/download/pdf_bezpecnost/bl_vitavax_2000.pdf

Contact Address: Božena Šerá, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Komenského v Bratislavě, Ilkovičova 6, Bratislava, E-mail: bozena.sera@uniba.sk

VLIV OŠETŘENÍ OSIVA PŠENICE CHLADNÝM PLAZMATEM NA KLÍČIVOST A VZCHÁZIVOST

Effect of Cold Plasma Treatment of Wheat Seed on Germination and Emergence

Stanislav Ježek¹, Vladislav Čurn², Eva Jozová², Pavel Horčíčka³, Ondřej Veškrna¹

¹Selgen, a.s.; Šlechtitelská stanice Stupice

²Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

³Výzkumné centrum SELTON, s.r.o.

Abstract

Cold plasma is one of the physical methods of seed treatment. It was tested for its effects on phytopathogens (possible restriction of the use of chemicals) and for its effect on seed germination and emergence. Different exposures of cold plasma generated by Gliding Arc system were used in the tests. There was monitored effect on the germination of *Tilletia caries* spores after treatment of artificially infected seeds. The quality of the seed was tested in laboratory germination tests on paper, in greenhouse tests in perlite and in field tests. Germination rate and emergence rate, germination percentage and emergence percentage were evaluated. For field tests, evaluations were also performed during the entire vegetation and yield and grain quality were also evaluated (results not shown). The 6 cm jet distance and 8 min exposure, which most destroyed the germination of *Tilletia* spores (to 11.17%), also had a destructive effect on the seeds. Apart from the most exposed variant 6 cm 8 min, there was no reduction in the biological quality of the seed on the paper and in field tests.

Keywords: *cold plasma, wheat seed, germination, emergence*

Souhrn

Chladné plazma je jednou z fyzikálních metod ošetření povrchů. Je testováno jako možná náhrada chemického moření a/nebo předosevní příprava osiva pro zlepšení semenářské hodnoty. V práci byl testován vliv na fytopatogeny a účinek na klíčení a vzcházení semen a další růst rostlin. Při testech byly použity různé expozice chladného plazmatu generované přístrojem typu *Gliding Arc*. Sledován byl vliv na klíčení spor *Tilletia caries* po ošetření uměle infikovaného osiva. Kvalita osiva byla hodnocena v laboratorních testech klíčovosti na papíře, ve skleníkových testech vzcházení v perlitu a v polních testech. Byly hodnoceny energie klíčení a vzcházení, klíčivost a vzcházivost. U polních pokusů byla hodnocení prováděna také během celé vegetace a sledoval se i výnos a kvalita zrna (výsledky neuvedeny). Varianta 6/8, která snižuje klíčivost spor *Tilletia* v průměru na 11.17 % působí i nejvíce negativně na schopnost osiva klíčit a vzcházet. Při testech na papíře a polních testech nebylo kromě varianty 6/8 zaznamenáno statisticky průkazné zhoršení semenářské hodnoty osiva.

Klíčová slova: *chladné plazma, pšenice, osivo, klíčivost, vzcházivost*

Úvod

Ošetření chladným plazmatem je jednou z testovaných fyzikálních metod jako možné náhrady za chemické moření osiva (omezení vstupu chemických látek do životního prostředí). Nesporný je také vliv chladného plazmatu na vlastnosti osiva.

Plazma působí na ošetřovaný materiál teplotou, UV zářením, volnými elektrony, excitovanými molekulovými a atomovými částicemi (Fridman et al., 2007), reaktivními kyslíkovými částicemi ROS

(O₂, O₃, HO) a reaktivními dusíkovými částicemi-RNS (NO, NO₂, N₂) (Braşoveanu et al., 2015; Laroussi and Leipold, 2004) a tokem fotonů (Dey et al., 2016). Částice mohou působit mechanickou cestou přímo na povrchu opracovávaného materiálu. Toto působení může u semen zajišťovat zlepšení smáčivosti, tím lepší příjem vody a následné zlepšení klíčivosti (Royet al., 2018; Li et al., 2017). Opracování plazmatem má také vliv na vnitřní stavbu membrán, které jsou potom propustnější nejen pro vodu, ale také pro látky, které by se přes nenarušenou membránu nebyly schopné dostat a mohou kladně ovlivnit charakteristiky klíčení a vzcházení osiva. Plazma přímo ovlivňuje i vnitřní prostředí buněk působením na enzymatickou činnost, např. zvyšováním hladiny peroxidázy nebo fenylalanin amoniak lyasy (PAL) u pšeničných zrn (Iranbakhsh et al., 2017). H₂O₂ a NO, jako součásti plazmatu, ovlivňují metabolismus kyseliny abscisové a giberelinů, a tím působí na klíčení semen (Liu et al., 2010). Zlepšení parametrů klíčivosti a vzcházení osiva může souviset i s ovlivněním obsahu osmoticky aktivních látek v semenech, např. jednoduchých cukrů pomocí plazmatu (Li et al., 2017).

Chladné plazma zmíněným působením může ovlivnit i časný růst rostlin, tj. velikost, čerstvou a suchou hmotnost listů a kořenů (Iranbakhsh et al., 2017).

Obdobně působí plazma i na patogeny, protože jsou však výrazně menší než semeno, dochází u nich k poškození. Působení plazmatu u nich způsobuje narušení membrán mechanicky i elektroporací. Částice působí také na vnitřní prostředí patogenů oxidací proteinů, DNA, RNA a enzymů (Fricke, 2012). Plazma může působit i nepřímo radikálním snížením pH v nejbližším okolí buňky nebo v buňce samé, což negativně ovlivní její životní pochody (Slonczewski et al., 2009; Hertwig et al., 2015).

Při plazmatickém ošetření je třeba zvolit optimální expozici, aby došlo k eliminaci patogenů a přitom nedošlo k poškození osiva, což bylo účelem prováděných testů.

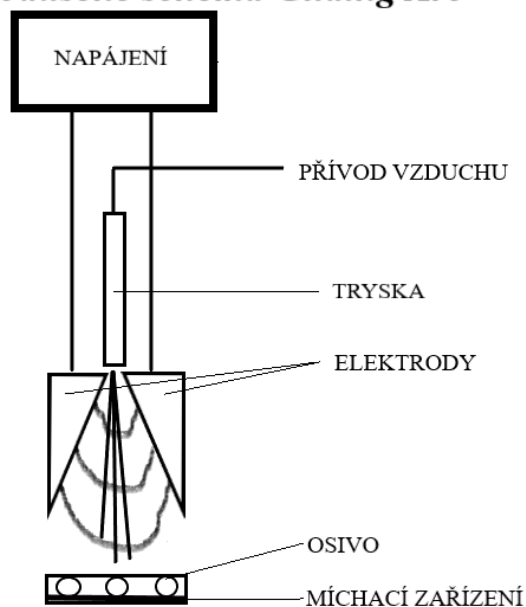
Metodika

Gliding Arc přístroj (obr. 1) s měděnými elektrodami měl výkon vysokonapětového generátoru 1,3 kW. Průtok pracovního vzduchu byl seřízen na 30 SCFH. Osivo bylo ošetřováno na JCU v Českých Budějovicích. Testy klíčivosti spor *Tilletia caries* a všechny vegetační testy se prováděly ve společnosti Selgen a.s. ve šlechtitelské stanici Stupice v průběhu let 2018 a 2019.

Vegetační testy

Pro experiment byla užita jarní pšenice Pexeso (Selgen a.s.). Vzdálenost trysky od osiva byla 6 a 10 cm. Časy expozice byly stanoveny na 3, 4 a 8 min u každé vzdálenosti trysky. Do pokusu byla

Obr. 1: Zjednodušené schéma *Gliding Arc*



zařazena neošetřená kontrola a chemicky mořené osivo (Vibrance Gold 2 l/t osiva). Polní zkoušky byly koncipovány jako jednořádkové testy v pěti opakováních. V každém řádku bylo zaseto 100 semen. Skleníkové testy v perlitu a laboratorní na papíře byly po 100 semenech ve třech opakováních.

Byla hodnocena energie klíčení jako možný ukazatel vitality osiva (Pazderů a Hosnedl, 2011), energie vzcházení, klíčivost a vzcházení a dopočítána rychlost klíčení a vzcházení (Šerá, 2014). V polních a perlitových testech se dále hodnotila velikost mladých rostlin v BBCH 11. Během vegetace se v polních testech hodnotilo ještě

odnožování, zdravotní stav během vegetace, poléhání, velikost rostlin v BBCH 87, hmotnost sklizených zrn a jejich kvalita (data neuvedena).

Energie klíčení/vzcházení (%): $GE = Gt / S * 100$

Klíčivost/vzcházivost semen (%): $SG = Gf / S * 100$

Rychlost klíčení (%): $SG = Gt / Gf * 100$

Gt... počet vyklíčených/vzejitých semen ve dne t

Gf... počet vyklíčených/vzejitých semen na konci kultivace

S celkový počet testovaných semen

Data byla zpracována metodou ANOVA a vyjádřena jako výsledek Duncanova MRT testu.

Test klíčivosti spor *Tilletia caries*

Podstatou tohoto testu bylo ověřit vliv plazmatického ošetření na životnost spor *Tilletia caries*, prezentovanou klíčivostí na vodním agaru. Umělá infekce osiva proběhla smícháním 2,5 g spor získaných ve VÚRV Praha (RNDr. Veronika Dumasová, Ph.D.) s 1 kg osiva. Skladování probíhalo v lednici při 7 °C. Po ošetření plazmatem a měsíčním skladování bylo 25 odebraných zrn v Erlenmeyerově baňce přeneseno do sterilního boxu. Byly přidány 3 ml sterilní vody s Tweenem a směs byla 3 minuty intenzivně třepána, potom došlo k přidání dalších 3 ml sterilní vody a opětovnému 0,5 minutovému míchání. 20 µl suspenze bylo přeneseno na povrch 2% vodního agaru s antibiotiky. Petriho miska byla po 1 hodině uzavřena parafilmem a přenesena do lednice do 7 °C. Pokus byl založen ve třech opakováních. Hodnocení probíhalo po deseti dnech spočítáním klíčících a neklíčících spor pod stereomikroskopem (40násobné zvětšení). Vypočítaná klíčivost byla vztažena na klíčivost kontroly:

Klíčivost spor (%): $Gvz = Gkl / (Gkl + Gn) * 100$

Vztažení na kontrolu (%): $G = Gvz / Gkon * 100$

Gvz... klíčivost vzorku

Gkl... počet vyklíčených spor

Gn... počet nevyklíčených spor

Gkon... klíčivost kontrolní varianty

Získaná data byla zpracována metodou ANOVA a vyjádřena jako výsledek Duncanova MRT testu.

Výsledky a diskuse

Klíčivost spor *Tilletia*

Z výsledků v tab. 1 vyplývá, že největší negativní vliv na klíčivost spor (na zlepšení zdravotního stavu osiva) mají 8minutové varianty s malým statistickým rozdílem mezi sebou. Větší účinek má vzdálenost trysky 6 cm. U obou vzdáleností trysky se účinnost snižuje se zkracujícím se časem. Tyto výsledky korespondují s výsledky výzkumu působení plazmatu na různé patogeny na osivu pšenice (Kordas et al., 2015; Zahoranová et al., 2016) i ječmene nebo kukuřice (Braşoveanu et al., 2015).

I když všechny časové varianty byly lepší u vzdálenosti 6 cm, při samostatné analýze vzdáleností se mezi sebou 6 cm a 10 cm statisticky neliší. V samostatné analýze z hlediska času se statisticky prokazatelně liší jen varianty 8 min od ostatních. Zpracováním dat samostatně pro 6 cm a 10 cm se ukazuje, že varianty 6 cm se mezi sebou prokazatelně liší, ale u 10 cm variant se liší jen 10/8 od

zbylých. To může být způsobeno větší razancí 6 cm vzdálenosti, kde 1 min ošetření působí větší rozdíl v účinnosti než u 10 cm.

Tab. 1: Klíčivost spor *Tilletia* (Duncanův MRT)

Označení	Klíčivost průměr (%)	Homog. skup.	Vzdálenost/ čas	Klíčivost průměr (%)	Homog. skup.	Označení	Klíčivost průměr (%)	Homog. skup.	Označení	Klíčivost průměr (%)	Homog. skup.
6 / 8	11,17	a	6 cm	32,53	a	6 / 8	11,17	a	10/8	18,81	a
10/8	18,81	ab	10 cm	50,84	a	6 / 4	35,68	b	10/4	56,85	b
6 / 4	35,68	bc	KON	100	b	6 / 3	50,73	c	10/3	76,85	b
6 / 3	50,73	cd	8 min	14,99	a	KON	100	d	KON	100	c
10/4	56,85	d	4 min	46,27	b						
10/3	76,85	e	3 min	63,79	b						
KON	100	f	KON	100	c						

Vegetační testy

Z dat v tab. 2 je zřejmé, že statisticky prokazatelně nejhorší variantou při testech klíčivosti na papíře, je varianta 6 / 8, tedy nejexponovanější varianta. To odpovídá výsledkům u jiných zdrojů plazmatu (Zahoranová et al., 2016; Mitra et al., 2014), kde nejtvrďší varianty nejvíce negativně působily na patogeny, ale i na osivo. Ostatní varianty se od sebe statisticky neliší. Zajímavý je velký rozdíl mezi KON a lepšími variantami se vzdáleností trysky 10 cm u energie (20,33 % od nejbližší) a rychlosti klíčení (21,04 %), který však v celkové klíčivosti mizí (neliší se statisticky). Srovnatelných výsledků bylo dosaženo u pšenice i u jiných plazmatických zdrojů (Kordas et al., 2015).

Tab. 2: Papír – energie klíčení, klíčivost, rychlost klíčení (Duncanův MRT)

Označení	Energie klíč. prům. (%)	Homog. skup.	Označení	Klíčivost průměr (%)	Homog. skup.	Označení	Rychlost klíč. prům. (%)	Homog. skup.
6 / 8	3,67	a	6 / 8	56	a	6 / 8	6,414	a
6 / 4	63,67	b	6 / 3	94,33	b	6 / 4	65,31	b
CHE	65	b	CHE	96,67	b	CHE	66,6	b
KON	66,67	b	6 / 4	96,67	b	KON	68,39	b
6 / 3	72,67	b	KON	97	b	6 / 3	75,46	b
10/3	87	b	10/3	97,33	b	10/3	89,43	b
10/4	89	b	10/4	97,67	b	10/4	90,98	b
10/8	91	b	10/8	98,67	b	10/8	92,2	b

Větší statistické rozdíly než v testu klíčivosti se projevily při testu vzházení v perlitu (tab. 3). Neošetřená kontrola je v obou faktorech (energie vzházení i celková vzházivost) nejlepší. Nedošlo zde tedy ke zlepšujícím účinkům pomocí plazmatického ošetření podobně jako v práci Brašoveanu et al. (2015) u ječmene. Statisticky se KON liší od všech 6 cm variant a 10/8 u energie vzházení, což jasně naznačuje zhoršující vliv exponovanějších variant. U celkové vzházivosti se KON statisticky odlišuje jen od nejexponovanějších variant 6 / 8 a 10/8. Stejně jako u celkové klíčivosti na papíře i u celkové vzházivosti v perlitu mají jednotlivé varianty menší rozptyl hodnot než u energie.

Při polním hodnocení v tab. 4 je (stejně jako na papíře) statistický rozdíl pouze mezi variantou 6 / 8 a ostatními ve všech sledovaných veličinách.

V testech vzcházivosti je zřejmá tendence lepších výsledků semenářské kvality osiva u variant méně razantních. Výsledky variant 10/3 a 10/4 jsou v blízkosti hodnot kontroly v některých variantách statisticky neprůkazně lepší, podobně jako u nejmírnější varianty u kukuřice (Brașoveanu et al., 2015). U zkoušek v perlitu jsou ve stejné statistické skupině jako kontrola odlišné od ostatních.

Tab. 3: Perlit - energie vzcházení, vzcházivost, rychlost vzcházení (Duncanův MRT)

Označení	Energie vzcház. prům. (%)	Homog. skup.	Označení	Vzcházivost průměr (%)	Homog. skup.	Označení	Rychlost vzcház. prům. (%)	Homog. skup.
6/8	0	a	6/8	7	a	6/8	0	a
6/4	79,67	b	10/8	92,33	b	6/4	83,58	b
10/8	80,67	bc	6/4	95,33	bc	10/8	87,34	bc
6/3	86,33	cd	10/3	96,33	c	6/3	89,27	cd
CHE	88,33	de	6/3	96,67	c	CHE	90,73	cde
10/4	90,67	de	10/4	97	c	10/4	93,47	de
10/3	92	de	CHE	97,33	c	KON	94,29	de
KON	93	e	KON	98,67	c	10/3	95,53	e

Jejich negativní účinek na klíčivost spor *Tilletia* je však menší (56,85 % a 76,85 %). U varianty 10/8 je zajímavý její výsledek při testu na papíře, kde je nejlepší. V perlitu i v polním hodnocení patří k nejhorším 10 cm variantám (v perlitu statisticky průkazně). To může být způsobeno velkým narušením semenných obalů, které na papíře v optimálních vlhkostních i teplotních podmínkách pomáhá příjmu vody a klíčení, avšak způsobuje menší schopnost vzcházení v méně optimálních podmínkách (perlit, pole).

Tab. 4: Pole - energie vzcházení, vzcházivost, rychlost vzcházení (Duncanův MRT)

Označení	Energie vzcház. prům. (%)	Homog. skup.	Označení	Vzcházivost průměr (%)	Homog. skup.	Označení	Rychlost vzcház. prům. (%)	Homog. skup.
6/8	0,4	a	6/8	2,4	a	6/8	22,5	a
6/3	78,8	b	6/3	84,2	b	CHE	90,6	b
CHE	80,8	b	6/4	86,4	b	10/8	93,26	b
10/8	81,6	b	10/8	87,4	b	6/3	93,62	b
6/4	81,8	b	CHE	89	b	6/4	94,06	b
10/4	84,6	b	KON	89,2	b	10/4	94,29	b
KON	85	b	10/4	89,8	b	KON	95,18	b
10/3	86,4	b	10/3	90,2	b	10/3	95,9	b

Malý statistický rozdíl mezi variantami na papíře je způsoben optimálními vlhkostními a teplotními podmínkami. Stejně malý statistický rozdíl jako na papíře byl dosažen i v polním hodnocení. Tady to může být způsobeno velkým počtem faktorů působících na vzcházející rostliny v polních podmínkách, a tím velkým rozptylem hodnot vzcházení v jednotlivých opakováních, které jsou potom méně statisticky odlišné. Z těchto důvodů je zajímavý velký statistický rozdíl mezi variantami v perlitu oproti papíru a poli. Perlitový test využívá hodnocení vzcházivosti v podmínkách méně optimálních než

u laboratorních testů na papíře, ale méně ovlivněných vnějšími faktory než při polním testu. Z těchto důvodů by dosažené výsledky měly více korespondovat s vlivem ošetření osiva. Ve zkouškách klíčivosti a vzcházivosti nebyly zaznamenány expozice, které by působily statisticky prokazatelné zlepšení klíčivosti nebo vzcházivosti nad hodnoty kontroly. Vzhledem k výsledkům s jinými zdroji plazmatu (Zahoranová et al., 2016; Mitra et al., 2014), kde byly vždy nalezeny některé expozice, které působí zlepšení těchto vlastností, lze uvažovat, že rozsah zkoušených expozic byl příliš malý na to, aby se našla zlepšující expozice. Jako jisté kompromisní řešení se jeví varianta 6/4, u které byla zaznamenána nízká klíčivost spor *Tilletia* (35,68 %), ale ještě dostatečná úroveň klíčivosti a vzcházivosti.

Tab. 5: Pole a perlit – velikost mladých rostlin (Duncanův MRT)

Označení	Průměrná velikost (cm)	Homog. skup.		Označení	Průměrná velikost (cm)	Homog. skup.
Pole				Perlit		
6/8	1,87	a		6/8	2,95	a
6/3	5,73	b		KON	7,13	b
CHE	5,76	bc		CHE	7,35	b
10/8	6,02	bcd		10/3	8,07	c
KON	6,11	cd		6/3	8,07	c
10/4	6,23	de		6/4	8,16	c
6/4	6,39	de		10/4	8,16	c
10/3	6,55	e		10/8	8,82	d

Z dat v tab. 5. vyplývá vliv ošetření na velikost mladých rostlin v BBCH 11. Na poli i v perlitu prokazatelně nejhůře dopadla opět varianta 6/8, jejíž poškození se projevilo nejen při vzcházení, ale i v dalším růstu. V polním pokusu byla ještě statisticky horší než KON varianta 6/3 a naopak prokazatelně lepší varianta 10/3. Ta dosáhla i velmi dobrých výsledků u parametrů vzcházivosti a je u ní patrné kladné ovlivnění ošetřením plazmatem. Ostatní byly v podobných statistických skupinách jako KON. V perlitu jsou s výjimkou zmíněné 6/8 všechny varianty statisticky průkazně lepší než KON. Podobných výsledků dosáhli Meng et al. (2017), kteří testovali několik typů plazmatu s několika expozicemi, a velikosti rostlin byly vždy statisticky prokazatelně lepší nebo stejné jako kontrola, stejně jako u Iranbakhsh et al. (2017) při jednom opakování plazmatického ošetření. Největší průměrnou výšku měla v perlitu varianta 10/8, která se odlišovala od všech ostatních variant.

Závěr

Chladné plazma je perspektivní fyzikální metoda použitelná pro předosevní ošetření osiva. V práci bylo otestováno působení chladného plazmatu typu *Gliding Arc* na spory *Tilletia* a jeho možné použití na zlepšování zdravotního stavu osiva. Bylo ověřeno, že s výjimkou extrémně vysokých expozic 6/8 a 10/8 nedochází ke zhoršování vlastností osiva (energie klíčení a vzcházení, klíčivost a vzcházivost). Nižší expozice 10/3 působí mírně pozitivně, a to i na růst mladých rostlin. Je třeba vyzkoušet další kombinace vzdáleností trysky a času ošetření k nalezení expozice optimální z hlediska zdravotního i růstového.

Literatura

- BRAȘOVEANU M., NEMȚANU M., SURDU-BOB C., KARACA G., ERPER I. (2015). Effect of glow discharge plasma on germination and fungal load of some cereal seeds. *Romanian Reports in Physics*, 67 (2): 617–624.
- DEY A., RASANE P., CHOUDHURY A., SINGH J., MAISNAM D., RASANE P. (2016). Cold Plasma Processing: A review. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Sciences*, 9 (4): 2980-2984.
- HERTWIG CH., REINEKE K., EHLBECK J., KNORR D., SCHLÜTER O. (2015). Decontamination of whole black pepper using different cold atmospheric pressure plasma applications. *Food Control*, 55: 221-229.
- FRICKE K. (2012). Influence of non-thermal plasma-based biological decontamination processes on the surface properties of plasmaexposed polymers. (Disertační práce). Greifswald. Ernst-Moritz-Arndt-Universität, Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät https://epub.ub.uni-greifswald.de/frontdoor/deliver/index/docId/1073/file/diss_Fricke_Katja.pdf
- FRIDMAN A., BROOKS ARI D., BALASUBRAMANIAN M., FRIDMAN A., GUTSOL A., VASILETS V.N., AYAN H., FRIEDMAN G. (2007). Comparison of Direct and Indirect Effects of Non-Thermal Atmospheric-Pressure. *Plasma Process. Polym.* 4: 370–375. <https://doi.org/10.1002/ppap.200600217>
- IRANBAKHSH A., GHORANNEVISS M., ARDEBILI Z.O., ARDEBILI N.O., TACKALLOU S.H., NIKMARAM H. (2017). Non-thermal plasma modified growth and physiology in *Triticum aestivum* via generated signaling molecules and UV radiation. *Biologia Plantarum*, 61 (4): 702-708. <https://doi.org/10.1007/s10535-016-0699-y702>
- KORDAS L., PUSZ W., CZAPKA T., KACPRZYK R. (2015). The Effect of Low-Temperature Plasma on Fungus Colonization of Winter Wheat Grain and Seed Quality. *Pol. J. Environ Stud*, 24 (1): 433-438.
- LAROUCSI M., LEIPOLD F. (2004). Evaluation of the roles of reactive species, heat, and UV radiation in the inactivation of bacterial cells by air plasmas at atmospheric pressure. *International Journal of Mass Spectrometry*, 233: 81-86.
- LI Y., WANG T., MENG Y., QU G., SUN Q., LIANG D., HU S. (2017). Air Atmospheric Dielectric Barrier Discharge Plasma Induced Germination and Growth Enhancement of Wheat Seed. *Plasma Chem Plasma Process*, 37: 1621–1634. <https://doi.org/10.1007/s11090-017-9835-5>
- LIU Y., YE N., LIU R., CHEN M., ZHANG J. (2010). H₂O₂ mediates the regulation of ABA catabolism and GA biosynthesis in *Arabidopsis* seed dormancy and germination. *Journal of Experimental Botany*, 61 (11): 2979-2290.
- MENG Y., QU G., WANG T., SUN Q., LIANG D., HU S. (2017). Enhancement of Germination and Seedling Growth of Wheat Seed Using Dielectric Barrier Discharge Plasma with Various Gas Sources. *Plasma Chem Plasma Process*, 37:1105–1119. <https://doi.org/10.1007/s11090-017-9799-5>
- MITRA A., LI Y., KLÄMPFL T.G., SHIMIZU T., JEON J., MORFILL G.E., ZIMMERMANN J. L. (2014). Inactivation of Surface-Borne Microorganisms and Increased Germination of Seed Specimen by Cold Atmospheric Plasma. *Food and Bioprocess Technology*, 7 (3): 645-653.
- PAZDERŮ K., HOSNEDL V. (2011). Vitalita jako základní informace o kvalitě osiva. In: *Seed and Seedlings X*, ČZU Prague, 44-48.
- ROY N.C., HASAN M.M., TALUKDER M.R., HOSSAIN M.D., CHOWDHURY A.N. (2018). Prospective Applications of Low Frequency Glow Discharge Plasmas on Enhanced Germination, Growth and Yield of Wheat. *Plasma Chem Plasma Process*, 38:13–28. <https://doi.org/10.1007/s11090-017-9855-1>
- SLONCZEWSKI JOAN L., FUJISAWA M., DOPSON M., KRULWICH TERRY A. (2009). Cytoplasmic pH measurement and homeostasis in bacteria and archaea. *Advances in microbial physiology*, 55: 1-79. [https://doi.org/10.1016/S0065-2911\(09\)05501-5](https://doi.org/10.1016/S0065-2911(09)05501-5)
- ŠERÁ B. (2014). Klíčivost jako běžný test v botanickém pozorování, šlechtění a experimentech. In: Bláha L., Šerá B. (Ed): *Příspěvky v problematice zemědělského pokusnictví*. Powerprint, Praha, 9-17.
- ZAHORANOVÁ A., HENSELOVÁ M., HUDECOVÁ D., KALIŇÁKOVÁ B., KOVÁČIK D., MEDVECKÁ V., ČERNÁK M. (2016). Effect of Cold Atmospheric Pressure Plasma on the Wheat Seedlings Vigor and on the Inactivation of Microorganisms on the Seeds Surface. *Plasma Chem Plasma Process*, 36: 397–414. <https://doi.org/10.1007/s11090-015-9684-z>

Contact address: Stanislav Ježek, Selgen, a.s.; Šlechtitelská stanice Stupice; E-mail: jezek@selgen.cz

PRODLEVA MEZI OŠETŘENÍM SEMEN ŘEPKY OLEJKY KLOUZAVÝM OBLOUKOVÝM VÝBOJEM A JEJICH VÝSEVEM

Delay between Treatment of Rape Seeds with Sliding arc Discharge and their Sowing

Božena Šerá¹, Michal Šerý², Eugen Hnatiuc³

¹Prírodovedecká fakulta, Univerzita Komenského v Bratislave, Slovenská republika

²Pedagogická fakulta, JČU v Českých Budějovicích

³Department of Energy, Gheorghe Asachi Technical University of Iasi, Romania

Abstract

The aim of the study was to determine whether the time duration between seed treatment with non-thermal plasma and seed sowing affects the properties of growing seeds. The experiment used oilseed rape seeds (*Brassica napus* L. var. *napus*), which were treated with GlidArc plasma generated at atmospheric pressure at four time exposures of 0, 3, 5, 10 min. The germination test was performed under laboratory conditions on Petri dishes designed for one treatment of 5 x 30 fruits per dish, 1 and 4 months after the seed treatment. The monitored characteristics: seed germination, fresh weight biomass and dry weight biomass of seedlings, from which two parameters of vigor of seedlings Vigor II and Vigor III (seedling vigor index II a III) were calculated. For both of these parameters, lower values were found in seeds sown 4 months after treatment with non-thermal plasma compared to seeds sown 1 month after treatment. The highest values of Vigor II (1336.23 ± 118.01 mg, 149.29 %) and Vigor III (149.38 ± 7.72 mg, 116.85 %) were measured in seeds sown 1 month after treatment GlidArc plasma with an exposure duration of 3 min. The time between treatment of seeds with non-thermal plasma and their sowing has probably an effect on the parameters of seed germination and initial growth.

Keywords: seed, vegetable, hydration treatments

Souhrn

Cílem práce bylo zjistit, zda má vliv délka časové prodlevy mezi ošetřením semen netermálním plazmatem a výsevem semen na vlastnosti klíčících semen. V pokusu bylo použito osivo brukve řepky olejky (*Brassica napus* L. var. *napus*), které bylo ošetřeno GlidArc plazmatem generovaným za atmosférického tlaku ve čtyřech časových expozicích 0, 3, 5, 10 min. Test klíčivosti probíhal v laboratorních podmínkách na Petriho miskách s designem pro jeden treatment 5 x 30 semen na jednu misku, a to 1 a 4 měsíce po ošetření GlidArc plazmatem. Sledovány byly tyto parametry: klíčivost semen, hmotnost čerstvé a suché biomasy semenáčků, z kterých byly vypočítány dva parametry vitality semenáčků Vigor II a Vigor III. U obou těchto parametrů byl zjištěn menší hodnoty u semen, která byla vyseta 4 měsíce po ošetření netermálním plazmatem v porovnání se semeny, která byla vyseta 1 měsíc po ošetření. Nejvyšší hodnoty Vigor II ($1336,23 \pm 118,01$ mg, tj. 149,29 %) a Vigor III ($149,38 \pm 7,72$ mg, tj. 116,85 %) byly naměřeny u semen vysetých 1 měsíc po ošetření GlidArc plazmatem s délkou expozice 3 min. Doba mezi ošetřením semen netermálním plazmatem a jejich výsevem má pravděpodobně vliv na parametry klíčení a počátečního růstu.

Klíčová slova: energie klíčení, GlidArc plazma, klíčivost semen, netermální plazma, počáteční růst, rychlost klíčení

Úvod

Brukev řepka olejka (*Brassica napus* L. var. *napus*), dále jen řepka, patří mezi zemědělské komodity světového hospodářského významu s mnohostranným hospodářským využitím. Hlavním produktem řepky je olej, který se lisuje ze semen. Biomasa se může použít jako píce, přičemž druhotné zpracování biomasy se využívá pro výrobu extrahovaných šrotů a pokrutin do krmných směsí. Zelená hmota se využívá na hnojení půdy. Řepka patří mezi významné včelařské rostliny. Použití řepky je tedy široké.

Hledání nových moderních metod ošetření osiva vedoucí ke zvýšení klíčivosti semen, lepšímu růstu a ke zvýšení výnosu je proto cílem i tohoto příspěvku. Za posledních několik desetiletí zdroje plazmatu (za atmosférického tlaku) získaly obrovské množství pozornosti díky jejich širokému využití v různých odvětvích biologie a medicíny. V posledních letech se tento zájem rozšířil i na oblast rostlinné biotechnologie, která se zaměřuje především na výzkum a vývoj ošetření semen netermálním plazmatem (Misra et al., 2016; Scholtz et al., 2019). Plazma je čtvrtým skupenstvím hmoty, obsahuje volné nosiče náboje, čímž získává kvalitativně nové vlastnosti, které u jiných skupenství nejsou známy. Plazma je ionizovaný plyn složený z iontů, elektronů a dalších částic, který vzniká odtržením elektronů z elektronového obalu atomů plynu nebo ionizací molekul. Plazma kolektivně reaguje na elektrické a magnetické pole a samo je zároveň vytváří (Schmiedt, 2006; Kulhánek, 2011).

Netermální plazma se osvědčilo jako možný způsob ošetření semen a plodů v zemědělství a lesnictví, jehož výsledkem je sterilizace povrchů semen (Mraz et al., 2013; Swiecimska et al., 2020), zvýšení klíčivosti semen a počátečního růstu rostlin (např. Velichko et al., 2017; Ambrico et al., 2017; Stepanova et al., 2018; Šerá et al., 2019), ale také zvýšení výnosu (Jiang et al., 2014, Strejckova et al., 2018).

Doposud však chybějí hlubší studie popisující vliv časové prodlevy mezi ošetřením semen netermálním plazmatem na ovlivnění vlastností klíčících semen a rostoucích semenáčků. Z těchto důvodů jsme provedli experiment, během něhož bylo provedeno ošetření semen řepky netermálním plazmatem s dvěma časovými odstupy výsevu semen. Zaměřili jsme se především na charakteristiky klíčivosti semen. Jedná se o jeden z prvních takto zaměřených testů u nás i ve světě (Šerá a Šerý, 2018). Prezentované výsledky poslouží k lepšímu poznání použití netermálního plazmatu, jako nového biotechnologického způsobu ošetření semen.

Metodika

Postup ošetření obilí

Semena brukve řepky olejky (*Brassica napus* L. var. *napus*), dále jen řepky, byla ošetřena klouzavým obloukovým výbojem GlidArc (Gavril et al., 2011). GlidArc aparatura byla složena ze dvou hliníkových elektrod o tloušťce 2 mm, připojených přes převodník AUPEM a napájených z elektrické sítě. Semena řepky byla umístěna 250 mm pod elektrodami, aby došlo k minimalizaci tepelných účinků (max. teplota 50 °C). Pracovním plynem byl vzduch s vodní párou procházející z kompresoru přes baňku s deionizovanou vodou o průtoku 10 l·min⁻¹ (Šerá et al., 2019; 2021).

Časová expozice ošetření plazmatem byla 0 min (kontrolní set), 3 min, 5 min a 10 min. Pro každé ošetření bylo použito min 300 semen. Jedna polovička semen byla použita k testu klíčivosti po jednom měsíci od ošetření, druhá až po čtyřech měsících.

Test klíčivosti

Testy klíčivosti probíhaly za laboratorních podmínek při teplotě cca 20 °C (den 12 h, noc 12 h) a za použití plastových Petriho misek o průměru 9 cm. Do každé misky byly vloženy tři filtrační papíry, naneseno 5 ml destilované vody a vloženo 30 zdravých ošetřených semen. Pro každé ošetření bylo použito 5 Petriho misek (celkem 150 semen). Více detailů zde: Landová (2015), Petrášková (2017).

Na konci pokusu byly stanoveny počty vyklíčených semen, čerstvá a usušená biomasa semenáčků a z těchto údajů byly vypočteny hodnoty vitality semenáčků Vigor II a Vigor III (seedling vigor index II a III dle metodiky Šerá et al., 2021).

Statistické vyhodnocení

Získaná data byla zpracována v programech EXCEL a STATISTICA. Data byla normalizována logaritmickou transformací. Hodnoty vitality semenáčků byly následně statisticky vyhodnoceny jednofaktorovou analýzou variance (one-way ANOVA) a poté HSD Tukey testem, vše na hladině významnosti 0,05.

Výsledky a diskuse

K porovnávání rozdílů byly použity dva parametry: Vigor II a Vigor III, které jsou tzv. indexy vitality semen/semenáčků. V parametru Vigor II je zakalkulována čerstvá biomasa semenáčků a v parametru Vigor III suchá biomasa semenáčků, přičemž v obou parametrech je obsažena klíčivost semen (Šerá et al., 2021). Indexy vitality semenáčků tak odrážejí jak klíčivost semen, tak počáteční růst semenáčků.

V tomto testu byly parametry vitality semenáčků (Vigor II a Vigor III) stanoveny z klíčivosti semen a z čerstvé a usušené biomasy semenáčků získaných na konci pokusů. Výsledné hodnoty s ohledem k různému datu počátku pokusu (1 a 4 měsíce od ošetření semen) a s vyznačením statisticky významných rozdílů (Tukey test, $P < 0,05$) jsou prezentovány v tabulce 1.

Mezi hodnotami vitality semenáčků, získaných ze semen vysetých 1 měsíc po ošetření netermálním plazmatem a semeny vysetými 4 měsíce po ošetření, je patrný posun hodnot. Menší prodleva mezi ošetřením a výsevem vykazovala lepší parametry, naopak větší prodleva parametry zhoršila (tab. 1).

Největší hodnota vitality semenáčků počítaného z čerstvé biomasy (Vigor II, $1336,23 \pm 118,01$ mg) byla naměřena pro semena ošetřená 3 min expozicí GlidArc plazmatu s výsevem 1 měsíc po ošetření. To je na úrovni 149,29 % v kontrastu s neošetřenými semeny (100 %). Naopak nejnižších hodnot v parametru Vigor II ($393,90 \pm 147,65$ mg) měla semena ošetřená po dobu 3 min a vysetá 4 měsíce po ošetření, což je na úrovni 53,55 % vzhledem k příslušné kontrole (tab. 1).

Největší hodnota parametru Vigor III, tedy vitality semenáčků počítané ze suché biomasy, byla také naměřena pro semena ošetřená 3 min s výsevem 1 měsíc po ošetření. Tato hodnota byla $149,38 \pm 7,72$ mg a odpovídala 116,85 % vzhledem ke kontrole. Nejnižší hodnota Vigor III byla opět naměřena u semen ošetřených po dobu 3 min s výsevem 4 měsíce po ošetření (tab. 1).

Tab. 1: Vitalita semen brukve řepky olejky po aplikaci GlidArc plazmatu v 1. a 4. měsíci po ošetření. Různá písmena ve sloupci HSD uvádějí signifikantní rozdíly (Tukey test, $P < 0,05$).

Varianta		Vigor II (mg)				Vigor III (mg)			
		Průměr	SD	%	HSD	Průměr	SD	%	HSD
1 měsíc	0 min	895,05	120,74	100,00	bd	127,84	11,15	100,00	ab
	3 min	1336,23	118,01	149,29	c	149,38	7,72	116,85	b
	5 min	1221,30	258,10	136,45	bc	129,85	13,98	101,57	ab
	10 min	1231,32	218,67	137,57	bc	134,27	15,83	105,02	ab
4 měsíce	0 min	735,53	185,10	100,00	d	116,14	13,61	100,00	ab
	3 min	393,90	147,65	53,55	a	95,90	18,78	82,58	a
	5 min	969,13	80,64	131,76	bd	117,40	15,25	101,09	ab
	10 min	907,28	102,42	123,35	bd	113,12	46,04	97,40	ab

Netermální ošetření semen a plodů rostlin je spojeno s povrchovými změnami osemení a oplodí. Bylo prokázáno, že použití plazmatu zvyšuje smáčivost povrchu semen (Bormashenko et al., 2012; Dobrin et al., 2015; Shapira et al., 2017). Zvýšená smáčivost povrchu vede k větší absorpci vody. Tento efekt přispívá ke zvýšení rychlosti klíčení semen. Je pravděpodobné, že částice plazmatu pronikají do vnitřních struktur semen a plodů a mohou ovlivňovat metabolismus rostoucích mladých rostlin a jejich fyziologické aktivity (Guo et al., 2018; Tolouie et al., 2018; Šerá et al., 2019).

Zjištěné výsledky tohoto pokusu naznačují, že prodleva mezi ošetřením semen netermálním plazmatem může hrát významnou roli v klíčení a počátečním růstu. Jednou z dalších možných otázek je, zda v době této prodlevy dochází ke zpětnému „nastavení“ semen a jak k němu dochází. Tyto a další hypotézy, které na základě prezentovaných výsledků vyvstaly, budou předmětem dalšího směřování výzkumu.

Závěr

U obou sledovaných parametrů Vigor II a Vigor III byly zjištěny menší hodnoty u semen, která byla vyseta 4 měsíce po ošetření netermálním plazmatem v porovnání se semeny, která byla vyseta 1 měsíc po ošetření. Nejvyšší hodnoty Vigor II ($1336,23 \pm 118,01$ mg, tj. 149,29 %) a Vigor III ($149,38 \pm 7,72$ mg, tj. 116,85 %) byly naměřeny u semen vysetých 1 měsíc po ošetření GlidArc plazmatem s délkou expozice 3 min. Z toho lze usuzovat, že doba mezi ošetřením semen netermálním plazmatem a jejich výsevem má vliv na parametry klíčení a počátečního růstu. Vzhledem k současnému rychlému vědeckému vývoji v oblasti netermálního plazmatu, by jistě bylo dobré, se touto problematikou více zabírat.

Poděkování

Autoři děkují Tereze Landové a Kamile Petráškové za jejich práci v laboratoři.

Literatura

- AMBRICO P.F., SIMEK M., MORANO M., ANGELINI R.M.D., MINAFRA A., TROTTI P., AMBRICO M., PRUKNER V., FARETRA F. (2017). Reduction of microbial contamination and improvement of germination of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) seeds via surface dielectric barrier discharge. *Journal of Physics D-Applied Physics*, 50: no. 305401.
- BORMASHENKO E., GRINYOV R., BORMASHENKO Y., DRORI E. (2012). Cold radiofrequency plasma treatment modifies wettability and germination speed of plant seeds. *Scientific Reports*, 2: 3–10.
- DOBRIN D., MAGUREANU M., MANDACHE N.B., IONITA M. D. (2015). The effect of non-thermal plasma treatment on wheat germination and early growth. *Innovative Food Science and Emerging Technology*, 29: 255–260.
- GAVRIL B., HNATIUC E., SERA B., HRUSKOVA I., PADUREANU S., HAISAN C. (2011). Possibilities of performing treatments on seeds using cold plasma discharges, 189–192. In: Aubrecht V., Bartlová M., XIXth symposium on physics of switching arc., Nové Město na Moravě, 05.09.2011 - 09.09.2011, University of Technology, Brno.
- GUO Q., MENG Y., QU G., WANG T., YANG F., LIANG D., HU S. (2018). Improvement of wheat seed vitality by Dielectric Barrier Discharge Plasma treatment. *Bioelectromagnetics*, 39: 120–131.
- JIANG J., HE X., LI L., LI J., SHAO H., XU Q., YE R., DONG Y. (2014). Effect of Cold Plasma Treatment on Seed Germination and Growth of Wheat. *Plasma Science and Technology*, 16: 54–58.
- KULHÁNEK P. (2011). Úvod do teorie plazmatu. AGA, Praha.
- LANDOVÁ T. (2015). Růstové faktory řepky olejky (*Brassica napus* L.) a kukuřice seté (*Zea mays* L.) po ošetření obilí netermálním plazmatem. Bak. práce, JUA v Českých Budějovicích, Pedagogická fakulta, České Budějovice.
- MISRA N.N., SCHLUTER O., CULLEN P.J. (eds.), (2016). Cold plasma in food and agriculture: fundamentals and application. Academic Press.
- MRAZ I., BERAN P., SERA B., GAVRIL B., HNATIUC E. (2014). Effect of low-temperature plasma treatment on the growth and reproduction rate of some plant pathogenic bacteria. *Journal of Plant Pathology*, 96: 63–67.
- PETRÁŠKOVÁ K. (2017). Klíčení semen vybraných plodin po ošetření netermálním plazmatem. Bak. práce, JU v Českých Budějovicích, Pedagogická fakulta, České Budějovice.
- SCHMIEDT L. (2006). Úvod do fyziky plazmatu. Karlova univerzita, Praha.
- SCHOLTZ V., SERA B., KHUN J., SERY M., JULAK J. (2019). Effects of nonthermal plasma on wheat grains and products. *Journal of Food Quality*, no. 7917825.

- SHAPIRA Y., MULTANEN V., WHYMAN G., BORMASHENKO Y., CHANIEL G., BARKAY Z., BORMASHENKO E. (2017). Plasma treatment switches the regime of wetting and floating of pepper seeds. *Colloids Surf. B-Biointerfaces*, 157: 417-423.
- STREJCKOVA M., BOHATA A., OLSAN P., HAVELKA Z., KRIZ P., BERAN P., BARTOS P., CURN V., SPATENKA P. (2018). Enhancement of the yield of crops by plasma and using of entomopathogenic and mycoparasitic fungi: from laboratory to large-field experiments. *Journal of Biomaterials and Tissue Engineering*, 8: 829-836.
- STEPANOVA V., SLAVICEK P., KELAR J., PRASIL J., SMEKAL M., STUPAVSKA M., JURMANOVA J., CERNAK M. (2018). Atmospheric pressure plasma treatment of agricultural seeds of cucumber (*Cucumis sativus* L.) and pepper (*Capsicum annuum* L.) with effect on reduction of diseases and germination improvement. *Plasma Processes and Polymers*, 15: no. e1700076.
- SWIECIMSKA M., TULIK M., SERA B., GOLINSKA P., TOMEKOVA J., MEDVECKA V., BUJDAKOVA H., OSZAKO T., ZAHORANOVA A., SERY M. (2020). Non-thermal plasma can be used in disinfection of scots pine (*Pinus sylvestris* L.) seeds infected with *Fusarium oxysporum*. *Forests*, 11: no. 837.
- ŠERÁ B., KRAUS K., HNILIČKA F., MEDVECKÁ V., ZAHORANOVÁ A., ŠERÝ M. (2021). Effect of atmospheric non-thermal plasma treatment by DCSBD apparatus on sugar beet seeds. *Romanian Reports in Physics*, 73: no. 602.
- ŠERÁ B., ROHÁČEK K., VAŇKOVÁ R., ŠERÝ M. (2019). Preliminary results of corn seed treatment by Gliding Arc discharge. Impact on the seed emergency and selected physiological parameters. In: *SEED AND SEEDLINGS XIV*, Pages: 79-83.
- ŠERÁ B., ŠERÝ M. (2018). Non-thermal plasma treatment as a new biotechnology in relation to seeds, dry fruits, and grains. *Plasma Science and Technology*, 20(4), no. UNSP 044012.
- TOLOUIE H., MOHAMMADIFAR M.A., GHOMIC H., YAGHOUBI A.S., HASHEMI M. (2018). The impact of atmospheric cold plasma treatment on inactivation of lipase and lipxygenase of wheat germs. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 47: 346-352.
- VELICHKO I., PAZDERŮ K., PULKRÁBEK J. (2017). Úprava osiv nízkoteplotním plazmatem a její vliv na vývoj rostlin. In: *SEED AND SEEDLINGS XIII*, Pages: 54-59.

Contact Address: Božena Šerá, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Komenského v Bratislave, Ilkovičova 6, Bratislava, E-mail: bozena.sera@uniba.sk

Šlechtitelský a semenářský výzkum polních plodin

AKTUÁLNÍ REZISTENCE ODRŮD PŠENICE K VYBRANÝM HOUBOVÝM CHOROBÁM

Current Resistance of Wheat Varieties to Selected Fungal Diseases

Alena Hanzalová, Veronika Dumalasová, Jana Palicová, Jana Chrpová
Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., Drnovská 507, Praha 6

Abstract

In the years 2009-2020, the resistance of winter wheat varieties with the largest propagation areas to economically important fungal pathogens was monitored in field experiments. Changes in the resistance of varieties to leaf rust, bunt, *Fusarium* spp., leaf spot diseases and eyespot were recorded. The results show a level of resistance to individual pathogens and also show the overcoming of resistance of some varieties, such as the loss of resistance of the cultivars Tobak and Frisky to leaf rust. The highest resistance to leaf rust was found in the variety RGT Sacramento. A lower sensitivity to bunt was found in the variety Genius. In infection tests with *Fusarium* spp., the lowest accumulation of DON was found in the varieties Dagmar and Turandot. Among the varieties with a low infestation of the eyespot were the cultivars LG Imposanto, Illusion and Vanessa.

Keywords: *leaf rust, bunt, eyespot, leaf spot diseases, Fusarium spp.*

Souhrn

V letech 2009-2020 byla v polních pokusech sledována rezistence odrůd ozimé pšenice s největšími množitelstvími plochami k hospodářsky významným houbovým patogenům. Byly zaznamenány změny odolnosti odrůd ke rzi pšeničné, k mazlavým snětem, fuzarióze klasu, komplexu listových skvrnitostí a ke stéblolamu. Výsledky ukazují úroveň rezistence k jednotlivým patogenům a postihují překonání rezistence některých odrůd, např. ztrátu odolnosti odrůdy Tobak a Frisky ke rzi pšeničné. Nejvyšší odolnost ke rzi pšeničné nesla odrůda RGT Sacramento. Nižší citlivost k mazlavým snětem byla zjištěna u odrůdy Genius. V infekčních testech s fuzariózou klasu byla zjištěna nejnižší akumulace DON u odrůdy Dagmar a Turandot. Mezi odrůdy s nízkým napadením ke stéblolamu patřily odrůdy LG Imposanto, Illusion a Vanessa.

Klíčová slova: *rez pšeničná, sněti mazlavé, stéblolam, listové skvrnitosti, Fusarium spp.*

Úvod

Houbové choroby na obilninách způsobují významné hospodářské ztráty. Studium problematiky houbových patogenů v souvislosti s odolností odrůd pšenice je nepřetržitý proces, jehož cílem je předcházet rychlému překonávání rezistence odrůd a usnadnit výběr odolných odrůd praxi.

Rostliny napadené různými patogeny mají růstové retardace, nekrotické chlorózy, často bývají poškozeny praporcové listy. V důsledku toho rostliny hůře asimilují a dochází k redukci výnosových prvků, jako HTS, počet odnoží a počet zrn v klasu. Kromě kvantitativních parametrů produkce jsou vlivem infekce poškozeny také kvalitativní znaky produkce a často nejsou splněny požadavky na jakostní hodnotu pšenice.

Napadení pšenice rzemi způsobuje při pěstování náchylných odrůd vysoké výnosové ztráty, zrno je drobné, svrasklé, klesá hmotnost tisíce semen a zhoršuje se i jeho kvalita. Zároveň se snižuje i počet obilek v klasu, zpožďuje se následné klíčení napadených obilek, a klesá také počet vzešlých rostlin

z napadených semen. U silně napadených odrůd dochází i ke zkracování kořenů. Rez pšeničná (*Puccinia triticea*) patří u nás mezi každoročně rozšířené patogeny. Ze rzí, které se vyskytují na pšenici (rez pšeničná, rez travní a rez plevová), způsobuje nejvyšší ztráty zejména kvůli pravidelným plošným výskytům v teplejších oblastech ČR. Ztráty způsobuje především v suchých horkých letech. Její ekonomický význam se zvyšuje, při pěstování náchylných odrůd a vyšším infekčním tlaku může dojít ke snížení výnosu až o 50 % (Hanzalová et al., 2020).

Mezi nejvýznamnější listové choroby pšenice jsou řazeny listové skvrnitosti, jejichž hlavními původci jsou braničnatka pšeničná (*Zymoseptoria tritici*), braničnatka plevová (*Phaeosphaeria nodorum*) a *Pyrenophora tritici-repentis* (DTR). Identifikace jednotlivých původců listových skvrnitostí je v polních podmínkách obtížná, proto se často popisují a hodnotí jako jeden komplex. *Zymoseptoria tritici* je v posledních letech z tohoto komplexu nejvýznamnější. Přezívá v půdě na rostlinných zbytcích, kde vytváří plodnice (pseudothecia), z nichž se na podzim uvolňují askospóry, které infikují mladé rostliny. Na listech se tvoří hnědavé skvrny s tmavě zbarvenými pyknidami, ze kterých se uvolňují pyknospóry. Pyknidy braničnatky pšeničné je možné pozorovat na listech pšenice ozimé již během mírné zimy či brzy na jaře. Tato primární infekce však není rozhodující pro rozšíření choroby v porostu. Zásadní je vývoj počasí koncem května až začátkem června.

Phaeosphaeria nodorum je na rozdíl od dalších dvou původců listových skvrnitostí přenosná nejen rostlinnými zbytky, ale také osivem. Způsobuje hnědé nepravidelné skvrny na listech pšenice i na plevách a pluchách. V posledních letech se sice vyskytuje v ČR s nižší intenzitou, ale je třeba její rozšíření pravidelně sledovat. *Pyrenophora tritici-repentis* (DTR) má široký hostitelský okruh včetně mnoha planých druhů trav. Na listech pšenice tvoří oválné až kosočtverečné skvrny světlehnědé barvy s tmavě hnědým středem a chlorotickým okrajem. Přímo na listech vznikají černé konidiofory, které nesou dlouhé oválné konidie. Ty jsou roznášeny větrem na velké vzdálenosti.

Nejzávažnější chorobou báží stébel obilnin je stéblolam, jehož původcem jsou dva druhy rodu *Oculimacula* (*O. yallundae*, *O. aciformis*). Patogeny přezívají v půdě více než 3 roky a mohou způsobit až 40% ztráty na výnosech. Primárními symptomy jsou hnědé protáhlé skvrny na pochvách spodních listů těsně nad povrchem půdy, které se objevují již koncem odnožování. Postupně se skvrny vyvíjejí do typického tvaru oka s tmavým středem (sloupkování až metání). To už je však na úspěšnou chemickou ochranu proti stéblolamu pozdě. Konečným stádiem onemocnění je předčasné dozrávání klasů (běloklasost), lámání stébel a poléhavost. Nejúčinnějším z dosud popsáných genů rezistence ke stéblolamu je gen *Pch1*, jehož přítomnost v genomu hostitele vede k potlačení a zpomalení vývoje choroby, klíčení spor patogenů však neovlivňuje (Blein et al., 2008).

Sněti mazlavé (*Tilletia* spp.) jsou skupinou houbových patogenů obilnin, jež mohou být příčinou závažných ztrát na výnosu a kvalitě zrna, případně i znehodnocení celé sklizně. V klasech se místo obilek tvoří hálky sněti. Základem ochrany proti mazlavým snětím je prevence spočívající v moření osiva a používání zdravého uznaného osiva. Odolnost odrůd je přínosem obzvláště při pěstování v ekologickém zemědělství nebo v ochranných pásmech vodních zdrojů, kde chemická fungicidní ochrana není možná, ale díky zvýšené rezistenci rostlin je možné omezení použití fungicidů i v konvenčním zemědělství. S ohledem na případné restriktce některých účinných látek, využívaných v ochraně obilnin, význam odolnosti odrůd k snětím mazlavým roste (Dumalasová, Bartoš, 2016).

Mikroskopické vláknité houby rodu *Fusarium* napadají pšenici, ječmen, oves a kukuřici, napadení žita a tritikale je méně časté. V důsledku napadení fuzáriovými patogeny je snížena technologická kvalita zrna a dochází k výnosovým ztrátám. Především však se v zrně akumuluje velké množství sekundárních metabolitů (mykotoxinů) vykazujících různý stupeň toxicity a majících tak negativní vliv na zdraví lidí a hospodářských zvířat. Nejvíce sledovaným mykotoxinem je deoxynivalenol (DON). S výskytem klasových fuzarióz je třeba počítat každoročně, i když meziročníkové výkyvy bývají značné. Na základě dlouhodobého monitoringu ve spolupráci s ÚKZÚZ (Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský) u pšenice ozimé byly identifikovány oblasti se zvýšeným výskytem klasových fuzarióz. Šlechtění na rezistenci k fuzarióze klasu je složité, rezistentní odrůdy dosud nebyly

vyšlechtěny. Při pěstování současných komerčně využívaných odrůd je třeba vždy počítat s určitou mírou rizika spojenou s výskytem klasových fuzarióz.

Metodika

Osivo odrůd ozimé pšenice, které bylo použito pro výsev polních pokusů, pocházelo z ÚKZÚZ. Byly vybrány odrůdy s největšími množitelstvími plochami přesahujícími 1 % (v rozmezí 1,02-5,69 %) osevních ploch dle Přehledu přihlášených množitelství ploch v roce 2020 (ÚKZÚZ, 2020). Odrůdy jsou v tabulkách řazeny podle množitelství ploch sestupně.

Rez pšeničná

Polní pokusy se rzí pšeničnou probíhaly v podmínkách umělé infekce, suspenze urediospór byla injekčně vpravena do stébla náchylné odrůdy ve fázi BBCH 30–31 zpravidla v polovině dubna. Z napadených rostlin se pak infekce šířila na zkoušené materiály. Inokulum bylo připraveno ve skleníkových podmínkách jako směs urediospór získaných ze sběrů z předchozí vegetační sezóny. Materiály byly hodnoceny v několika termínech v červnu a červenci, a to dle stupnice ÚKZÚZ 1–9 (1 – náchylná, 9 – odolná).

Mazlavé sněti

Inokulace osiva směsí teliospór mazlavé sněti pšeničné a mazlavé sněti hladké byla provedena protřepáním v Erlenmeyerových baňkách po dobu jedné až dvou minut. Inokulace a výsev řádků dlouhých 1 m, ve čtyřech opakováních, byly provedeny na začátku října. Hodnocení polních pokusů probíhalo v červenci. Napadení bylo stanoveno v procentech napadených klasů. Napadení více než 10 % klasů bylo považováno za projev náchylné reakce.

Listové skvrnitosti

Odrůdové testování odolnosti odrůd pšenice k listovým skvrnitostem není ve VÚRV v posledních letech prováděno. Pro úplnost jsou uvedeny výsledky testování ÚKZÚZ (viz níže), které jsou pravidelně publikovány.

Stéblolam

Reakce odrůd ozimé pšenice k umělé infekci *Oculimacula yallundae* a *O. aciformis* byla testována v maloparcelovém pokusu v Praze – Ruzyni v letech 2019 a 2020. Odrůdy byly sety na 2 ohrazené záhony o rozměrech 15 x 1,5 m, po 2 řádcích v podzimním termínu setí. Inokulum bylo připraveno ze směsi izolátů *O. yallundae* a *O. aciformis* pocházejících z ČR (Palicová et al., 2020). Mycelium bylo napěstováno na sterilních ječmenných obilkách a aplikováno rozhozem mezi rostliny rovnoměrně po celé ploše parcely v dávce 40 g/m². Inokulace probíhala opakovaně v prosinci a v březnu. Infekční pokus byl hodnocen ve stádiu mléčné zralosti. Z každé varianty bylo náhodně odebráno 120 stébel a hodnoceno šestibodovou stupnicí (0 bez napadení – 5 stéblo se láme). Následně byly hodnoty přepočítány do devítibodové stupnice ÚKZÚZ (1–9, 1 – náchylná, 9 – odolná).

Fuzariozy

V pokusech byla aplikována umělá infekce deseti vybraných klasů suspenzí konidií *F. culmorum* (izolát B) ve fázi BBCH 65 (střed kvetení). Pro rozvoj infekce byla použita ve všech ročnících závlaha. Po infekci byla bodově hodnocena intenzita napadení klasů (symptomatické hodnocení - SH) 14., 21. a 28. den po infekci. K hodnocení sloužila devítibodová stupnice ÚKZÚZ (1–9, 1 – náchylná, 9 – odolná).

Pro stanovení obsahu DON byla použita metoda ELISA s využitím RIDASCREEN® FAST DON kits od firmy R-Biopharm GmbH, Darmstadt, Germany.

Výsledky a diskuse

Rez pšeničná

Během období, kdy byly odrůdy zařazeny do polních testů, byly hodnoty napadení relativně stabilní. Významnější změny byly zaznamenány v roce 2020 při hodnocení rezistence odrůd Frisky, Turandot, Butterfly, LG Mocca. V roce 2018 došlo k zlomovému překonání rezistence dříve rezistentní odrůdy Tobak. Nejvyšší odolnost ke rzi pšeničné měla odrůda RGT Sacramento (tab. 1).

Sněti mazlavé

Při testování našich odrůd ozimé pšenice byla reakce většiny našich odrůd náchylná. Nižší citlivost k mazlavé sněti pšeničné a mazlavé sněti hladké byla podle výsledků víceletých pokusů pozorována u odrůdy Genius (tab. 2). Odrůda Rivero se ve dvouletých výsledcích též jeví jako méně citlivá.

Fuzariózy klasu

V rámci zkoušení registrovaných odrůd byly zjištěny rozdíly v akumulaci DON mezi jednotlivými odrůdami (tab. 3). Zjištěné hodnoty (víceleté průměry) byly u jednotlivých odrůd poměrně stabilní. Nejnižší akumulace DON (<40 mg/kg) byla v průběhu zkoušení zjištěna u odrůdy Dagmar. Relativně nízkou akumulaci DON vykazovala po celou dobu zkoušení také odrůda Turandot (≤ 45 mg/kg). Nejvyšší akumulace DON (>80 mg/kg) byla zjištěna u odrůd Tobak a Rivero.

Komplex listových skvrnitostí

Rozdíly v hodnocení odolnosti ozimých odrůd pšenice ke komplexu listových skvrnitostí jsou dlouhodobě velmi malé, většina odrůd ozimé pšenice je středně až méně odolná (tab. 4). Šlechtění na rezistenci k listovým skvrnitostem je obtížné vzhledem k polygennímu genetickému založení rezistence a potřebě získat kombinovanou odolnost k hlavním původcům.

Stéblolam

Maloparcelové inokulační testy prokázaly statisticky významné rozdíly v napadení odrůd ozimé pšenice stéblolamem (tab. 5). Nejodolnější byly odrůdy s přítomností genu rezistence ke stéblolamu *Pch1* (LG Imposanto a Illusion). Odrůda Vanessa není nositelem genu *Pch1*, ale v letech 2019 a 2020 vykazovala v průměru jen o málo vyšší napadení stéblolamem než odrůda Illusion. Nejnáchylnější byla v tomto souboru odrůda Steffi.

Tab. 1: Hodnocení ozimých odrůd pšenice ke rzi pšeničné

Odrůda	2020	2019	2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012	2011	2010	Registrace
Turandot	3,5	6	6	6	6	6	6	5,5	-	-	-	2012
LG Imposanto	5	6	7,5	6,5	-	-	-	-	-	-	-	2017
Julie	5	6	6	6	6	-	6,5	5	-	-	-	2014
Dagmar	3	3	4	5	5	4,5	3,5	3	-	-	-	2012
Steffi	5	5	6	6	6	6	-	-	-	-	-	2017
Johnson	4	5	5,5	-	-	-	-	-	-	-	-	2018
Butterfly	3	5	6	-	-	-	-	-	-	-	-	2017
Tobak	-	-	3	9	9	9	8	8	-	-	-	2013
Vanessa	4	5,5	6	6	6	6	7	7	-	-	-	2013
Avenue	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2014
Bohemia	5	6	6	5,5	5,5	8	6	6	-	6,5	6	2007
Fakir	6,5	6	5	6	6	6	6	5	-	-	-	2013
RGT Sacramento	8	7	7	7	-	-	-	-	-	-	-	2017
Patras	-	6	6	6	6	6	5,5	5	-	-	-	2013
Frisky	5	9	8	7	9	9	-	-	-	-	-	2015
Illusion	4	5	5	-	-	-	-	-	-	-	-	2019
Pirueta	4	4,5	4,5	-	-	-	-	-	-	-	-	2019
LG Mocca	6,5	-	9	-	-	-	-	-	-	-	-	2019
Bonanza	-	-	-	6	6	7,5	-	-	-	-	-	2015
Genius	5	5,5	5,5	7	7	5,5	5,5	6,5	-	-	-	2014
Rivero	-	-	6	6	6	-	-	-	-	-	-	2016

Použita stupnice ÚKZÚZ 1-9, (1 náchylná, 9 – odolná)

Tab. 2: Reakce odrůd pšenice k mazlavé sněti pšeničné vyjádřené v % klasů napadených snětí

Odrůda	2020	2019	2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012
Turandot	-	-	-	-	-	-	74,3	77,7	33,9
LG Imposanto	55,6	50,8	-	-	-	-	-	-	-
Julie	-	-	-	-	51,6	45,7	59,3	-	-
Dagmar	-	-	-	-	-	-	58,7	53,8	22,7
Steffi	45,8	37,4	-	-	-	-	-	-	-
Johnson	46,7	34,6	-	-	-	-	-	-	-
Butterfly	54,6	33,8	27,9	-	-	-	-	-	-
Tobak	-	-	-	-	24	47,5	42,5	-	-
Vanessa	-	-	-	-	14	33,8	62,4	-	-
Avenue	-	-	-	-	11,4	37,5	60,9	-	-
Bohemia	-	-	-	-	-	-	-	-	14,8
Fakir	-	-	-	-	8,7	30,1	56,2	-	-
Arkeos	39,4	-	14,3	-	-	-	-	-	-
RGT Sacramento	31,7	34,7	13,6	-	-	-	-	-	-
Patras	-	-	-	-	2,8	33,6	39	-	-
Frisky	23,6	38	19,7	2,3	-	-	-	-	-
Illusion	19,9	-	-	-	-	-	-	-	-
Pirueta	17,7	-	-	-	-	-	-	-	-
LG Mocca	16,2	-	-	-	-	-	-	-	-
Bonanza	15	3,2	3,6	0	-	-	-	-	-
Genius	0,3	0	0	4,1	3,1	0	2,7	-	-
Rivero	1,1	0	-	-	-	-	-	-	-

V letech 2011 a 2010 netestováno

Tab. 3: Obsah DON (mg/kg) zjištěný v testech po umělé infekci *Fusarium culmorum*

Odrůda	2020	2019	2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012	2011	2010	Registrace
Turandot	45	33	33	33	28	31	31	29*	-	-	-	2012
LG Imposanto	76	57	33	-	-	-	-	-	-	-	-	2017
Julie	54	45	41	35	-	34*	-	-	-	-	-	2014
Dagmar	38	29	16	15	13	24	25	28	-	-	-	2012
Steffi	55	44	26	-	-	-	-	-	-	-	-	2017
Johnson	51	43	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2018
Butterfly	59	46	-	-	-	-	-	--	-	-	-	2017
Tobak	-	-	88	100	95	105	106*	-	-	-	-	2013
Vanessa	69	76	74	85	86	93	103	-	-	-	-	2013
Bohemia	50	38	39	41	35	48	45	46	74	78	78	2007
Fakir	74	51	42	42	38	52	56*	-	-	-	-	2013
RGT Sacramento	84	71	65	-	-	-	-	-	-	-	-	2017
Patras	89	72	69	66	48	71	77*	-	-	-	-	2013
Frisky	95	84	66	66*	60	-	-	-	-	-	-	2015
Illusion	53*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2019
Piruetta	51*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2019
LG Mocca	67*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2019
Bonanza	-	-	38	46*	42	-	-	-	-	-	-	2015
Genius	58	33	24	25	27	39*	-	-	-	-	-	2014
Rivero	-	99	84*	87	-	-	-	-	-	-	-	2016

* hodnoty vycházejí z menšího počtu dat

Tab. 4: Hodnocení komplexu listových skvrnitostí dle ÚKZÚZ

Odrůda	2020	2019	2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012	2011	2010	Registrace
Turandot	6	6	6	5,5	6	5,5	5	5	-	-	-	2012
LG Imposanto	6	6	6	-	-	-	-	-	-	-	-	2017
Julie	5	5	5	5	-	5	-	-	-	-	-	2014
Dagmar	6	6	6	5,5	5	5	5	5	-	-	-	2012
Steffi	6	6	6	-	-	-	-	-	-	-	-	2017
Johnson	6	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2018
Butterfly	6	6	-	-	-	-	-	--	-	-	-	2017
Tobak	-	-	6	6	6	6	6	-	-	-	-	2013
Vanessa	5	5	5	5	5	5	5	-	-	-	-	2013
Bohemia	6	6	5	5	5	6	6	6	6	-	5	2007
Fakir	6	6	6	6	6	5	5	-	-	-	-	2013
RGT Sacramento	5	5	5	-	-	-	-	-	-	-	-	2017
Patras	5	5	5	5	5	5	5	-	-	-	-	2013
Frisky	6	6	6	6	6	-	-	-	-	-	-	2015
Illusion	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2019
Piruetta	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2019
LG Mocca	6,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2019
Bonanza	-	-	5	5	5,5	-	-	-	-	-	-	2015
Genius	5	5	5	5	5	4	-	-	-	-	-	2014
Rivero	-	6	6,5	6	-	-	-	-	-	-	-	2016

Tab. 5: Hodnocení rezistence odrůd pšenice ke stéblolamu

Odrůda	2020	2019
Turandot	3	3,8
LG Imposanto	5,1	6,2
Julie	4,1	4
Dagmar	2,9	3,5
Steffi	2,8	3,3
Johnson	3,4	3,9
Butterfly	3,1	3,8
Tobak	-	-
Vanessa	4,3	4,6
Bohemia	2,8	4,1
Fakir	3,4	3,4
RGT Sacramento	3,4	3,1
Patras	-	3,5
Frisky	3,9	4
Illusion	3,7	5,5
Pirueta	3	3,3
LG Mocca	3,5	3,9
Bonanza	-	-
Genius	-	-
Rivero	-	-

Systematicky testováno až od roku 2019

Závěr

Ochrana proti houbovým patogenům pšenice je založena na pěstování rezistentních odrůd. Jejich dlouhodobé zkoušení na rezistenci v polních infekčních testech je nezbytné pro zjištění aktuální odolnosti vzhledem k měnícím se populacím jednotlivých patogenů a přispívá k výběru vhodných odrůd pro praxi.

Poděkování

Výsledek vznikl za podpory Ministerstva zemědělství ČR, institucionální podpora MZE-RO0418.

Literatura

- BLEIN M., LEVREL A., GAUTIER V., MURANTY H., BARLOY D. (2008). The specific effects of the Pch1 resistance gene on the development of *Oculimacula yalluandae*, the causing agent of wheat eyespot. *Options Mediterraneenes. Serie A, Seminaires Mediterraneenes*. 81: 159-162.
- DUMALASOVÁ V., BARTOŠ P. (2016). Reaction of wheat to common bunt and dwarf bunt and reaction of triticale to dwarf bunt. *Czech J. Genet. Plant Breed.* 52: 108-113.
- HANZALOVÁ A., DUMALASOVÁ V., ZELBA O. (2020). Wheat leaf rust (*Puccinia triticina* Eriks.) virulence frequency and detection of resistance genes in wheat cultivars registered in the Czech Republic in 2016–2018. *Czech J. Genet. Plant Breed.* 56: 87-92.
- PALICOVÁ J., MATUŠINSKY P., HANZALOVÁ A., SVAČINOVÁ I., DUMALASOVÁ V., CHRPOVÁ J. (2020). Reaction of winter wheat cultivars to eyespot assessed visually and by real-time PCR. *Czech J. Genet. Plant Breed.* 56: 9-14.
- ÚKZÚZ (2020). Přehled přihlášených množitelských ploch. <http://eagri.cz/public/web/ukzuz/portal/>

Contact address: Mgr. Alena Hanzalová, Ph.D., Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., Drnovská 507, 161 00 Praha 6, E-mail: hanzalova@vurv.cz

CHARAKTERIZÁCIA HMW GLUTENÍNŮVÝCH PODJEDNOTIEK V SLOVENSKÝCH ODRÔDÁCH PŠENICE S GÉNOM ODOLNOSTI SR31 VOČI HRDZI TRÁVOVEJ

*Characterization of High Molecular Weight Glutenin Subunits in Slovak Wheat Cultivars
with Resistant gene Sr31 to Stem Rust*

Svetlana Šliková¹, Alena Hanzalová², Edita Gregová¹

¹NPPC - Národné poľnohospodárske a potravinárske centrum, VÚRV Piešťany,
Slovenská republika

²Department of Genetics and Plant Breeding Methods, Crop Research Institute,
Prague-Ruzyně, Czech Republic

Abstract

The aim of the study was to determine the composition of high-molecular-weight glutenin subunits (HMW-GS) in 17 Slovak winter wheat cultivars with wheat-rye translocation 1BL.1RS. This chromosome translocation containing *Sr31* resistance gene that provides resistance to local stem rust races in some regions of the world, however, the presence of the translocation in wheat genome is also related to lower technological quality of flour. In order to identify protein-profiles of winter wheat cultivars, the seed storage proteins HMW-GS which are encoded by the *Glu-1* loci on the long arms of chromosomes 1A, 1B and 1D and are considered to predict the technological quality of wheat grain, was separated using electrophoretic analyses SDS-PAGE. Our findings suggesting that although the 1BL.1RS reduces the technological quality of flour, detected combinations of alleles in the Danubia (*Glu-1A*, *Glu-1B* 7+8 and *Glu1D* 5+10 alleles), Solaris and Istra (*Glu-1A*, *Glu-1B* 7+9 and *Glu1D* 5+10) cultivars still predict good technological quality of wheat flour.

Keywords: *Triticum aestivum* L., 1BL.1RS, HMW-GS, SDS-PAGE

Súhrn

Zásobné bielkoviny 17 slovenských registrovaných odrôd s pšenično-ražnou translokáciou, ktorá nesie gén odolnosti *Sr31* voči hrdzi trávovej boli analyzované elektroforetickými metódami. Pomocou metódy A-PAGE bol v danom súbore odrôd identifikovaný gliadinový blok *Glu1B3* ako marker pšenično-ražnej translokácie 1BL.1RS v genóme pšenice. Translokácia nesie gény *Yr9* (gén odolnosti voči hrdzi plevovej), *Pm8* (gén odolnosti voči múčnatke trávovej), *Lr26* (gén odolnosti voči hrdzi pšenicovej) ako i *Sr31* gén, ktorý sa v súčasnosti považuje za efektívny v odolnosti voči hrdzi trávovej vyskytujúcej sa v Európe. Prítomnosť pšenično-ražnej translokácie v pšenici má okrem pozitívnych vplyvov i negatívny vplyv, a to na jej technologickú kvalitu. Znížiť negatívny vplyv translokácie 1BL.1RS na pekársku kvalitu pšenice je možné dosiahnuť vhodnou kombináciou HMW glutenínových alel predikujúcich vysokú technologickú kvalitu. Pomocou metódy SDS-PAGE bola nájdená vhodná kombinácia HMW glutenínových alel predikujúcich vysokú technologickú kvalitu pri odrode Danubia *Glu-1A*, *Glu-1B* 7+8, *Glu1D* 5+10 s Glu skóre 10 a s Ražným skóre 8, dobrú technologickú kvalitu pri odrodách Solaris a Istra s kombináciou *Glu-1A*, *Glu-1B* 7+9, *Glu1D* 5+10 alel s Glu skóre 9 a s Ražným skóre 7.

Kľúčové slová: *Triticum aestivum* L., 1BL/1RS, HMW-GS, SDS-PAGE

Úvod

Hrdza trávová sa vyznačuje vysokou škodlivosťou, pretože okrem listov i klasov napadá steblo, čo vedie k prerušeniu transportu vody a výživných látok do celej rastliny. Vyhovujú jej vyššie teploty, suché počasie a na pšenici sa objavuje ako posledná z troch hrdzí (hrdza pšenicová, hrdza plevová a hrdza trávová). K infekcii listov dochádza v závislosti od počasia zväčša koncom mája a postupne napáda steblo i klas. Pri silnom infekčnom tlaku boli zaznamenané na náchylných odrodách až 80 % straty. Pomerne dlhý čas hrdza trávová neohrozovala úrodu pšenice v Európe, avšak v roku 2013 bol zaznamenaný zvýšený výskyt v Nemecku spôsobený rasou TKTTF (Firpo a kol., 2017) a v ďalších rokoch boli postupne hlásené ohniská výskytu i v iných európskych krajinách (GRRC, 2018; Hovmöller a kol., 2020). Lokálne výskyty môžu naznačovať zvýšenú škodlivosť tejto choroby aj v nasledujúcich ročníkoch. V roku 2018 sme v našich pokusoch (NPPC-VÚRV v Piešťanoch) zaznamenali vysoké napadnutie odrody Amalka hrdzou trávovou. Počas vegetácie v roku 2020 sme zaznamenali prirodzený vysoký infekčný tlak *Puccinia graminis* v tej istej lokalite, kde zo 70 pestovaných odrôd pšenice malo viac ako 50 % napadnuté steblo týmto patogénom. Európou sa šíria hlavne rasy TKTTF a TTRTF a môžeme predpokladať, že význam ochorenia sa môže zvýšiť v nasledujúcich rokoch v závislosti od klimatických podmienok a rás patogéna, proti ktorým je mnoho odrôd citlivých. Virulénčné analýzy potvrdili, že rasy TKTTF a TTRTF sú avirulentné voči génu *Sr31* (Hovmöller a kol., 2020). Gén *Sr31* pochádza z raže a do pšenice sa dostal cestou vzdialenej hybridizácie medzi pšenicou a ražou. Tento gén sa dostal do pšenice spolu s ďalšími génmi odolnosti ako sú *Yr9* (gén rezistencie voči hrdzi plevovej), *Pm8* (gén rezistencie voči múčnatke trávovej) a *Lr26* (gén rezistencie voči hrdzi pšenicovej) ako ražná translokácia 1BL.1RS. Uvedená translokácia bola hlavne v minulosti zabudovaná do mnohých odrôd vyšľachtených vo svete. Prítomnosť ražnej translokácie v genóme pšenice malo pozitívny efekt na niektoré znaky, ako napr. zvýšenie úrodového potenciálu a biomasy koreňa. Na druhej strane jej prítomnosť má i negatívny efekt na pšenicu, pretože znižuje technologickú kvalitu pšenice (Fenn a kol., 1994), avšak bolo zistené, že negatívne dopady je možné znížiť a ovplyvňovať výberom genotypov s vhodnou kombináciou glutenínových podjednotiek HMW-GS predikujúcich veľmi dobrú kvalitu pšenice (Lee a kol., 1995; Gálová a kol., 2002).

Metodika

Na analyzovanie boli použité zrnové vzorky zo 17 slovenských registrovaných odrôd pšenice letnej f. ozimnej (*Triticum aestivum* L.) s pšenično-ražnou translokáciou 1BL.1RS, ktorá bola identifikovaná pomocou gliadínového bloku *Gld1B3* metódou A-PAGE (tab. 1).

Zásobné bielkoviny zo zrna 17 slovenských odrôd boli analyzované elektroforetickými metódami. Analýza profilov zásobných bielkovín zrna - gliadínov a glutenínov na chromozóme 1B bola uskutočnená pomocou polyakrylamidovej gélovej elektroforézy. Pre extrakciu v alkohole rozpustných bielkovín - gliadínov, sme použili štandardnú referenčnú metódu ISTA v kyslom prostredí (A-PAGE), (Draper, 1987). Extrakcia glutenínov bola urobená podľa štandardnej metódy ISTA v prítomnosti dodecylsulfátu sodného (SDS-PAGE). Bodová hodnota predikcie pekárskej akosti bola stanovená podľa publikovaných výsledkov (Payne & Lawrence, 1983). Chlebopekársku akosť zrna vyjadruje bodové hodnotenie (Glu-skóre, resp. Ražné skóre), ktoré je odvodené od prítomnosti, resp. neprítomnosti špecifických vysokomolekulových glutenínov, resp. gliadínov. Najvyššia hodnota Glu-skóre môže byť 10, pričom presnejšie túto dôležitú vlastnosť múky vyjadruje tzv. Ražné skóre, kde je zohľadnená aj prítomnosť, resp. neprítomnosť gliadínového bloku *Gld1B3*.

Tab. 1: Súbor registrovaných odrôd pšenice letnej f. ozimnej s génom *Sr31* vyšľachtených na Slovensku v rokoch 1976-2017

P. č.	Názov odrody	Dátum registrácie	Šľachtiteľská stanica na Slovensku
1	Solaris	1976	Istropol Solary a.s., 930 13 Horné Mýto 267
2	Istra	1979	Istropol Solary a.s., 930 13 Horné Mýto 267
3	Iris	1983	Selekt Výskumný a Šľachtiteľský Ústav a.s., Bučany 591, 919 28
4	Danubia	1984	Istropol Solary a.s., 930 13 Horné Mýto 267
5	Agra	1985	Istropol Solary a.s., 930 13 Horné Mýto 267
6	Roxana	1985	Selekt Výskumný a Šľachtiteľský Ústav a.s., Bučany 591, 919 28
7	Livia	1991	Selekt Výskumný a Šľachtiteľský Ústav a.s., Bučany 591, 919 28
8	Sana	1995	Hordeum s.r.o., Nový Dvor 1052, 925 21 Sládkovičovo
9	Malvína	1997	NPPC, VÚRV Piešťany, Bratislavská cesta 122, 921 68 Piešťany, VŠS-Malý Šariš
10	Petrana	2002	Hordeum s.r.o., Nový Dvor 1052, 925 21 Sládkovičovo
11	Bonita	2003	Hordeum s.r.o., Nový Dvor 1052, 925 21 Sládkovičovo
12	Veldava	2005	NPPC, VÚRV Piešťany, Bratislavská cesta 122, 921 68 Piešťany, VŠS-Víglaš Pstruša
13	Verita	2005	Hordeum s.r.o., Nový Dvor 1052, 925 21 Sládkovičovo
14	Genoveva	2006	Hordeum s.r.o., Nový Dvor 1052, 925 21 Sládkovičovo
15	Bertold	2010	Hordeum s.r.o., Nový Dvor 1052, 925 21 Sládkovičovo
16	Bučanka	2014	Selekt Výskumný a Šľachtiteľský Ústav A.S., Bučany 591, 919 28
17	PS Agneska	2017	NPPC, VÚRV Piešťany, Bratislavská Cesta 122, 921 68 Piešťany

Výsledky a diskusia

Elektroforetickou metódou A-PAGE bola identifikovaná prítomnosť gliadínového bloku *Gld1B3* v 17 odrodách pšenice, avšak pri 3 odrodách bolo zistené, že v niektorých zrnách tento blok chýba. Odrody z analyzovaného súboru PS Agneska, Bučanka a Petrana sa podľa metódy A-PAGE rozdelili na 2 línie, kde jedna línia nesie *Gld1B3* marker translokácie 1BL.1RS a v druhej línii chýba (tab. 2). Pšenično-ražná translokácia 1BL.1RS nesie gén odolnosti *Sr31*, voči hrdzi trávovej. Pšenice s translokáciou v súčasnosti predstavujú efektívny zdroj odolnosti voči niektorým rasám hrdzi trávovej vyskytujúce sa v Európe. Okrem pozitívneho efektu 1BL.1RS na pšenicu je dobre známy aj jej negatívny efekt na technologickú kvalitu pšenice. Marker *Gld1B3* pre 1BL.1RS je i markerom nízkej pekárskej kvality pšenice (Černý a Šašek, 1998). Ukázalo sa, že znížiť negatívny vplyv translokácie 1BL.1RS na pekársku kvalitu pšenice je možné dosiahnuť vhodnou kombináciou alel predikujúcich vysokú kvalitu s *Gld1B3* v genóme pšenice (Lee a kol., 1995; Gálová a kol. 1998).

Vysokú pekársku kvalitu predikujú glutenínové alelické bloky *Glu-1D* 5+10, *Glu-1A* 1, *Glu-1B* 7+8, a tiež *Glu-1B* 7+9, ktoré z analyzovaného súboru boli identifikované v odrodách Danubia, Solaris a Istra. Medzi glutenínové bloky s dobrým efektom na pekársku kvalitu patrí tiež glutenínový blok *Glu-1B* 17+18, ktorý sa v hodnotenom súbore vyskytuje iba pri jednej odrode z testovaného súboru (tab. 2). Kolster a kol. (1991) zistili, že okrem aditívnych účinkov glutenínových blokov majú na objem pečiva významný vplyv aj interakčné, epistatické účinky medzi jednotlivými glutenínmi. Podjednotka *Glu-1A* 1 pozitívne ovplyvňuje kvalitu podobne ako *Glu-1A* 0, ale iba v kombinácii s *Glu-1D* 5+10. Takúto kombináciu alel sme zistili v 4 odrodách a kombináciu *Glu-1A* 0 s *Glu-1D* 5+10 v 8 prípadoch. Genetická interakcia bola nájdená i medzi lokusmi *Glu-1D* a *Glu-1B*. V prípade, že je prítomný alelický blok *Glu-1D* 5+10, potom *Glu-1B* 7+8 a *Glu-1B* 7+9 sú lepšie ako ostatné podjednotky tohoto lokusu (*Glu-1B* 6+8 a *Glu-1B* 20), avšak v prítomnosti *Glu-1D* 2+12 sa javí *Glu-1B* kódovaný podjednotkami 7+8 významne horší vo vzťahu k objemu bochníka ako ostatné alelické podjednotky tohoto lokusu (Kolster a kol., 1991). V hodnotenom súbore má 11 genotypov priaznivú kombináciu *Glu-1B* 7+9, resp.

Glu-1B 7+8 s *Glu-1D* 5+10. Pri ostatných genotypoch je predikovaná nižšia pekársku kvalita. Alelický blok 2+12 znižuje pekársku kvalitu a bol identifikovaný v 5 genotypoch s alelickým blokom *Glu-1B* 7+9. Prítomnosť bloku *Glu-1D* 2+12 v kombinácii s *Glu-1B* 20 v odrode Veldava predikuje veľmi nízku pekársku kvalitu pšenice s Ražným skóre 2 (tab. 2).

Pri interpretácii výsledkov treba mať na zreteli aj obmedzenia, ktoré sú s využitím signálnych glutenínových a gliadínových génov spojené. Zistené korelácie medzi vyššou pekárskou kvalitou a výskytom glutenínových podjednotiek - markerov tejto vyššej pekárskej kvality - nie sú absolútne. Je to dané tým, že okrem vysokomolekulových glutenínov existujú aj ľahšie podjednotky glutenínov, ktoré predstavujú až jednu tretinu všetkých bielkovín zrna pšenice. Pochopenie genetickej kontroly kvality múky určenej na pečenia chleba je predpokladom zvýšenia pravdepodobnosti výberu vhodných genotypov a prípravy kvalitných odrôd.

Tab. 2: Kompozícia HMW-GS v slovenských odrodách s pšenično-ražnou translokáciou 1BL.1RS s génom odolnosti *Sr31* proti hrdzi trávovej

Odroda	Glu-1A	Glu-1B	Glu-1D	Gld	Glu-skóre	Ražné skóre
Bertold	0	7+8	5+10	1B3	8	6
Bonita	0	7+9	5+10	1B3	7	5
Bučanka línia A	0	7+9	5+10	1B3	7	5
Bučanka línia B	0	7+9	5+10	-	7	7
Danubia	1	7+8	5+10	1B3	10	8
Genoveva	0	7+9	2+12	1B3	5	3
Iris	0	7+9	2+12	1B3	5	3
IS Conditor	0	17+18	2+12	1B3	6	4
Istra	1	7+9	5+10	1B3	9	7
Lívia	0	7+9	5+10	1B3	7	5
Malvína	0	7+8	2+12	1B3	6	4
Petrana línia A	0	7+9	5+10	1B3	7	5
Petrana línia B	0	6+8	5+10	-	6	6
PS Agneska línia A	1	6+8	2+12	1B3	6	4
PS Agneska línia B	1	7+9	5+10	-	9	9
Roxana	0	7+9	5+10	1B3	7	5
Sana	0	7+9	2+12	1B3	5	3
Solaris	1	7+9	5+10	1B3	9	7
Veldava	0	20	2+12	1B3	4	2
Verita	0	7+9	2+12	1B3	5	3

Záver

Na základe identifikácie glutenínových podjednotiek v 17 odrodách s markerom pre 1BL.1RS translokáciu, ktorá nesie gén odolnosti *Sr31* voči hrdzi trávovej, bola nájdená jedna odroda s kombináciou glutenínových podjednotiek predikujúcich vysokú technologickú kvalitu s Glu-skóre 10 a Ražným skóre 8 (Danubia). Rovnako i odrody Solaris a Istra dosiahli vysoké Glu skóre 9 a Ražné skóre 7 predikujúce dobrú technologickú kvalitu múky. V prípade 13 odrôd z analyzovaného súboru bola predikovaná nízka technologická kvalita na základe nízkeho Glu-skóre a Ražného skóre (<5). Molekulárne markery odhalili kvalitatívne parametre analyzovaných odrôd a prítomnosť línií

s 1BL.1RS translokáciou a línii bez translokácie vo vzorkách troch odrôd. Tieto poznatky môžu pomôcť pri výbere genetických zdrojov odolnosti voči hrdzi trávovej, a tiež pri výbere vhodných odrôd pšenice pre určité pestovateľské lokality.

Podakovanie

Táto práca bola podporená finančnými prostriedkami z programu Európskej únie Horizon 2020 v rámci Dohody o grante 773311 projektu RUSTWATCH.

Literatura

- ČERNÝ J., ŠAŠEK A. (1998). Využití elektroforetické analýzy BGM k charakteristice odrůd pšenice a ječmene. Praha, 1998, ÚZPI, pp. 49.
- DRAPER S.R. (1987). ISTA variety committee. In: Report of the working group for biochemical test for cultivar identification 1983-1986. Seed Sci. Technol., 15, 1987, 431-434.
- FENN D. (1994). Milling and baking quality of 1BL/1RS translocation wheats. I. effects of genotype and environment. In: Cereal Chem., 71, 189-195.
- FIRPO O. (2017). Characterization of Puccinia graminis f. sp. tritici isolates derived from an unusual wheat stem rust outbreak in Germany in 2013. In: Plant Pathology, 66, 1258-1266.
- GÁLOVÁ Z. (2002). Variation in HMW glutenin subunits of different species of wheat. In: Rostlinná výroba, 48, 1, 15-19.
- GÁLOVÁ Z. (1998). Prediction of breadmaking quality of wheat grain on the base of electrophoretic spectra of HMW glutenin subunits. In: Rostlinná výroba, 44, 3, 111-116.
- GRRC (2018). Global Rust Reference Center (2018). In: Aarhus University, Denmark. www.wheatrust.org.
- HOVMØLLER M.S. (2020). GRRC annual report 2019: Stem- and yellow rust genotyping and race analyses. In: Report of stem and yellow rust genotyping 2019: GRRC, Aarhus University, Denmark, https://agro.au.dk/fileadmin/www.grcc.au.dk/International_Services/Pathotype_YR_results/GRRC_annual_report_2019.pdf.
- KOLSTER P. (1991). Additive and epistatic effects of allelic variation at the high molecular weight glutenin subunit loci in determining the bread-making quality of breeding lines of wheat. In: Euphytica, 55, 277-285.
- LEE J.H. (1995). Quality and to the loss of the 1S arms of wheat and biochemical effects of a RS.1BL wheat-rye translocation in wheat. In: Theor. Appl. Genet., 90, 105-112.
- PAYNE P.I., LAWRENCE G.A. (1983). Catalogue of alleles for the complex gene loci, Glu-A1, Glu-B1, and Glu-D1, which code for high-molecular-weight subunits of glutenin in hexaploid wheat. In: Cereal Res. Commun., 11, 1983, 29-34.
- WRIGLEY C.W. (1992). Identification of cereal varieties by gel electrophoresis of the grain proteins. Heidelberg, Springer-Verlag, 1992, 17-41.

Contact address: Svetlana Šliková, Ph.D., NPPC - Výskumný ústav rastlinnej výroby, Piešťany, Bratislavská cesta 122, 921 68 Piešťany, E-mail: slikova@vurv.sk

VLIV NAKLÍČOVÁNÍ NA OBSAH AVENANTHRAMIDŮ V SEMENECH OVSA

Impact of Sprouting on Presence of Avenanthramides in Oat

Michal Jágr¹, Petra Hlásná Čepková², Václav Dvořáček¹, Dagmar Janovská²

¹Tým kvality rostlinných produktů,

²Tým genové banky, VÚRV, Praha 6–Ruzyně

Abstract

In this study, the avenanthramide content in grains of oats (*Avena* sp.) during the sprouting process was investigated. Three varieties were used as plant material, of which two varieties of common oat (*A. sativa*) Pennlo and Seldon and one variety of naked oat (*A. nuda*) Shadow. The grains were sprouted in an air-conditioning chamber at constant humidity (85%) and temperature (20 °C). Sprouted samples were taken after 24 h, 48 h, 72 h, 96 h and 120 h. After lyophilization, plant samples were processed in triplicates. The content of avenanthramides was analyzed using a quadrupole-Orbitrap QExactive tandem mass spectrometer in triplicates. The three quantitatively most important avenanthramides (AVN A, AVN B and AVN C) were identified and determined in the samples of the tested oat varieties. AVN B was the most abundant in all the investigated samples. In the Shadow variety, AVN B represented more than 50% of the total AVN content. The effective germination time was observed from 48 h to 72 h, when the levels of all three AVNs increased continuously and reached their maximum, and also when the AVN content was more than double in comparison with the beginning of germination. An exception was the Shadow variety, where the highest AVN content was measured at the beginning of germination and then after 72 h of germination. Furthermore, a statistically significant difference was confirmed between the varieties in the AVN content indicating that the choice of the initial variety before the germination process is important. Our results have shown the possibilities of using sprouted oat grains in the food industry for the production of nutritionally valuable products.

Keywords: *avenanthramide, oat, sprouting, variety*

Souhrn

Tato studie je založena na hodnocení obsahu avenanthramidů (AVN) v zrnech ovsa (*Avena* sp.) v průběhu procesu naklíčování. Jako rostlinný materiál byly použity celkem tři odrůdy, z toho dvě odrůdy ovsa setého (*A. sativa* L.) Pennlo a Seldon a jedna odrůda ovsa nahého (*Avena nuda* L.) Shadow. Semena těchto materiálů byla naklíčena v klimatizační komoře za stálých vlhkostních (85 %) a teplotních podmínek (20 °C). Naklíčené vzorky byly odebírány v časech 24 h, 48 h, 72 h, 96 h a 120 h. Všechny rostlinné vzorky byly po lyofilizaci zpracovány ve třech opakováních. Avenanthramidy byly stanoveny na tandemovém hmotnostním spektrometru typu kvadrupól-Orbitrap (QExactive) také ve třech opakováních. Ve vzorcích zkoumaných odrůd ovsa byly identifikovány a stanoveny tři kvantitativně nejvýznamnější avenanthramidy (AVN A, AVN B a AVN C). Nejvíce byl ve vzorcích zastoupen AVN B. U odrůdy Shadow AVN B představoval více než 50 % z celkového obsahu AVN. Jako nejefektivnější doba naklíčování se ukázala ta mezi 48 h až 72 h, kdy hladiny všech tří AVN kontinuálně rostly a kdy dosáhly svého maxima. V této době byl obsah AVN více než dvojnásobný, oproti stavu na začátku naklíčování. Výjimku tvořila odrůda Shadow, u které byl nejvyšší obsah AVN naměřen hned na začátku naklíčování a pak znovu až po 72 h klíčení. Dále byl potvrzen statisticky významný rozdíl mezi odrůdami v obsahu AVN, z toho vyplývá, že je důležitá volba výchozí odrůdy před procesem naklíčování. Získané výsledky ukazují možnosti využití naklíčování ovsa v potravinářském průmyslu k výrobě nutričně prospěšných výrobků.

Klíčová slova: *avenanthramid, klíčení, odrůda, oves*

Úvod

Zrna obilovin zaujímají významné místo v lidském stravování po celém světě, jsou bohatá na obsah výživných složek a fytochemikálií s různorodou biologickou aktivitou (Venn a Mann, 2004). Klíčení semen je přirozený proces, který nastává, když se zrna přeměňuje na rostlinu a od starověku se používá ke zvýšení nutriční hodnoty zrna. Vliv a konzumace naklíčených celozrnných produktů je v potravinářství obecně málo využíván a prozkoumán. Zdravotní potenciál vyklíčených zrn si v poslední době získává zájem výzkumníků jako funkční potravina s potenciálním uplatněním při snižování rizik spojených s chronickými chorobami (Nelson et al., 2013) a navíc naklíčená zrna mohou být konzumována po celý rok ve srovnání se sezónností ovoce a zeleniny v subtropickém a mírném podnebí. Pomocí jednoduchých postupů lze v krátkém čase naklíčit velké množství semen, a zlepšit tak jejich nutriční a léčivé hodnoty (Gan et al., 2017). Současné studie potvrzují, že klíčení dále zlepšuje dietetickou hodnotu zrn zvýšením obsahu bílkovin (volných aminokyselin), jednoduchých cukrů, vitamínů a bioaktivních sloučenin (Feng et al., 2019; Gan et al., 2017).

Oves setý spolu s ovsem nahým (*Avena sativa* L., resp. *Avena nuda* L.) jsou na šestém místě ve světové produkci obilovin (Hoffman, 1995) a mají významný ekonomický význam pro lidskou spotřebu i pro krmení hospodářských zvířat (Marshall et al., 2013). Zrna ovsa je bohaté na bílkoviny, obsahuje mnoho prospěšných minerálů a řadu vitamínů. Má vysoký obsah rozpustné vlákniny ve formě β -glukanu a také obsahuje nerozpustnou vlákninu, arabinoxylany a celulózu (Singh et al., 2011). Avenanthramidy (AVN) jsou sekundární metabolity se zdravotně prospěšnými účinky, které se výlučně vyskytují v ovesných produktech (Wise, 2014; Wu et al., 2018; Xie et al., 2017). V poslední době byla publikována řada studií, kde byl detekován vysoký počet nových AVN (Ishihara et al., 2014, Wu et al., 2018, de Bruijn et al., 2019, Jäger et al., 2020). Nedávné studie také potvrdily změny bioaktivních sloučenin, antioxidačních a enzymatických aktivit u naklíčených zrn ovsa (Khang et al., 2016). Biologicky aktivovaná zrna ovsa mají dvakrát vyšší obsah vitamínu P, trojnásobný obsah vitamínu C a 44krát vyšší obsah vitamínu E (Bazhay-Zhezherun et al., 2016). Analýza aminokyselin během klíčení ovsa odhalila nárůst esenciálních aminokyselin, jako je lysin a tryptofan, což vedlo ke zlepšení nutriční hodnoty naklíčeného ovsa (Klose a Arendt, 2012). Nejnovější studie de Bruijn et al. (2019) také potvrdila 25krát vyšší obsah všech AVN v ovsu po vyklíčení, včetně detekce 28 unikátních glykosidů AVN v extraktu z naklíčených ovesných semen. U avenanthramidů byla zjištěna celá řada zdravotních účinků jako např. preventivní účinky proti arterioskleróze a kardiovaskulárním onemocněním, protizánětlivé, antikarcinogenní atd. (Scarpa et al., 2018). Kromě avenanthramidů obsahuje oves i další látky fenolického charakteru, které se vyznačují též příznivými zdravotními účinky (Raguindin et al., 2021). Mezi tyto látky přítomné v ovsu patří např. kyselina kávová, kyselina ferulová, kyselina sinapová, syringová a vanilinová, ale i též quercetin a apigenin.

Cílem této studie byla detekce obsahu a kvantifikace přítomných avenanthramidů v naklíčených zrnech dvou odrůd ovsa setého a jedné odrůdy ovsa nahého.

Metodika

Chemikálie a rostlinný materiál

Standardy avenanthramidů: avenanthramid A (AVN A), avenanthramid B (AVN B), avenanthramid C (AVN C) a verapamil hydrochlorid jako vnitřní standard byly zakoupeny od společnosti Sigma-Aldrich (St. Louis, MO, USA). Methanol (LC-MS grade, $\geq 99,9\%$) byl nakoupen od Riedel de Haën (Seelze, Německo). Kyselina mravenčí (LC-MS grade, 99%) byla od VWR (Leuven, Belgie). Ultra-čistá voda byla vyrobena v Milli-Q deionizačním systému (Millipore, Bedford, MA, USA). Zrna dvou odrůd ovsa setého (*Avena sativa* L.): Pennlo a Seldon a jedné odrůdy ovsa nahého (*Avena nuda* L.): Shadow byla poskytnuta šlechtitelskou stanicí Selgen, a.s. Krukanice. Po sklizni byl z každé odrůdy vyčleněn reprezentativní vzorek cca 50 g zrna, který byl skladován na tmavém a chladném místě ($4\text{ }^{\circ}\text{C}$) před naklíčováním. Zrna ovsa setého byla promyta destilovanou vodou a poté ponořena do destilované vody po dobu 4 hodin při teplotě $20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Poté byla zrna umístěna v jedné vrstvě

na filtrační papír v Petriho miskách do klimatizační komory Sanyo Incubator MIR 252 (Sanyo Electric, Japonsko) a inkubována při 20 °C po dobu 24 h, 48 h, 72 h, 96 h a 120 h. Během klíčení byla relativní vlhkost udržována nad 85 % rozprašováním destilované vody každých 24 hodin. Naklíčené vzorky byly zmrazeny a lyofilizovány. Lyofilizované vzorky byly mlety základním mlýnem IKA A11 (IKA-werke, Staufen, Německo) a uloženy v plastovém sáčku v mrazáku (-18 °C) před dalším zpracováním.

Příprava standardů a zpracování vzorků

Kalibrační roztoky standardů AVN (AVN A, AVN B a AVN C) byly připraveny v methanolu v koncentračním rozmezí 5-10 000 ng.ml⁻¹. Roztoky byly skladovány v mrazáku (-18 °C). Jako vnitřní standard byl užit verapamil v koncentraci 100 ng.ml⁻¹. Extrakce avenanthramidů byla provedena podle postupu podle Wu et al., (2018). Extrakty byly přefiltrovány přes 0,2 µm nylonové filtry (Thermo Scientific, Rockwood, TN, USA) a uchovány při -18 °C před UHPLC-ESI-MS/MS analýzou.

UHPLC-ESI-MS/MS instrumentace a analýza

Chromatografický systém (Dionex UltiMate 3000 UHPLC system, Dionex Softron GmbH, Germany) se skládal z pumpy (HPG-3400RS), autosampleru (WPS-3000RS), odplynovače mobilní fáze (SRD-3400) a kolonového termostatu (TCC-3000RS). Detekce látek byla provedena v tandemovém hmotnostním spektrometru typu kvadrupól-Orbitrap QExactive (Thermo Fisher Scientific, San Jose, CA, USA). Analýzy byly provedeny na koloně Ascentis Express column C18 (2,1 × 100 mm, 2,7 µm) od výrobce Supelco (Bellefonte, PA, USA) dle metody publikované v Jágr et al. (2020). UHPLC-MS/MS systém byl vybaven vyhřívaným elektrosprejem (HESI-II). Analýzy byly zpracovány softwarem Xcalibur, verze 4.0.

Stanovení avenanthramidů a statistická analýza

Kalibrační přímky pro jednotlivé standardy AVN byly provedeny ve třech opakováních. Látky byly identifikovány díky porovnání retenčních časů a MS/MS spekter s autentickými standardy a daty dostupnými z literatury (Jágr et al., 2020). Statistická analýza dat byla provedena za pomoci software Statistica 7.0 CZ (TIBCO software, Palo Alto, CA, USA). Všechny vzorky byly analyzovány třikrát a výsledky byly otestovány na odlehlost za pomoci Grubbsova testu. Jednofaktorová analýza rozptylu (ANOVA) a Tukeyův test byly použity k identifikaci významných rozdílů v obsahu AVN mezi jednotlivými vzorky na hladině významnosti $P \leq 0,05$ pomocí softwaru Statistica 7.0 CZ.

Výsledky a diskuse

Pomocí systému hmotnostní spektrometrie UHPLC-MS/MS byly ve vzorcích 3 zkoumaných odrůd ovesa identifikovány a stanoveny tři kvantitativně nejvýznamnější avenanthramidy (AVN A, AVN B a AVN C). U každé odrůdy byla proměřena řada vzorků nakličovaných po různě dlouhou dobu: 0 h, 24 h, 48 h, 72 h, 96 h a 120 h. Výsledky stanovení obsahu AVN v µg.g⁻¹ sušiny jsou uvedeny v tabulce 1 a přehledně shrnuty do grafu 1.

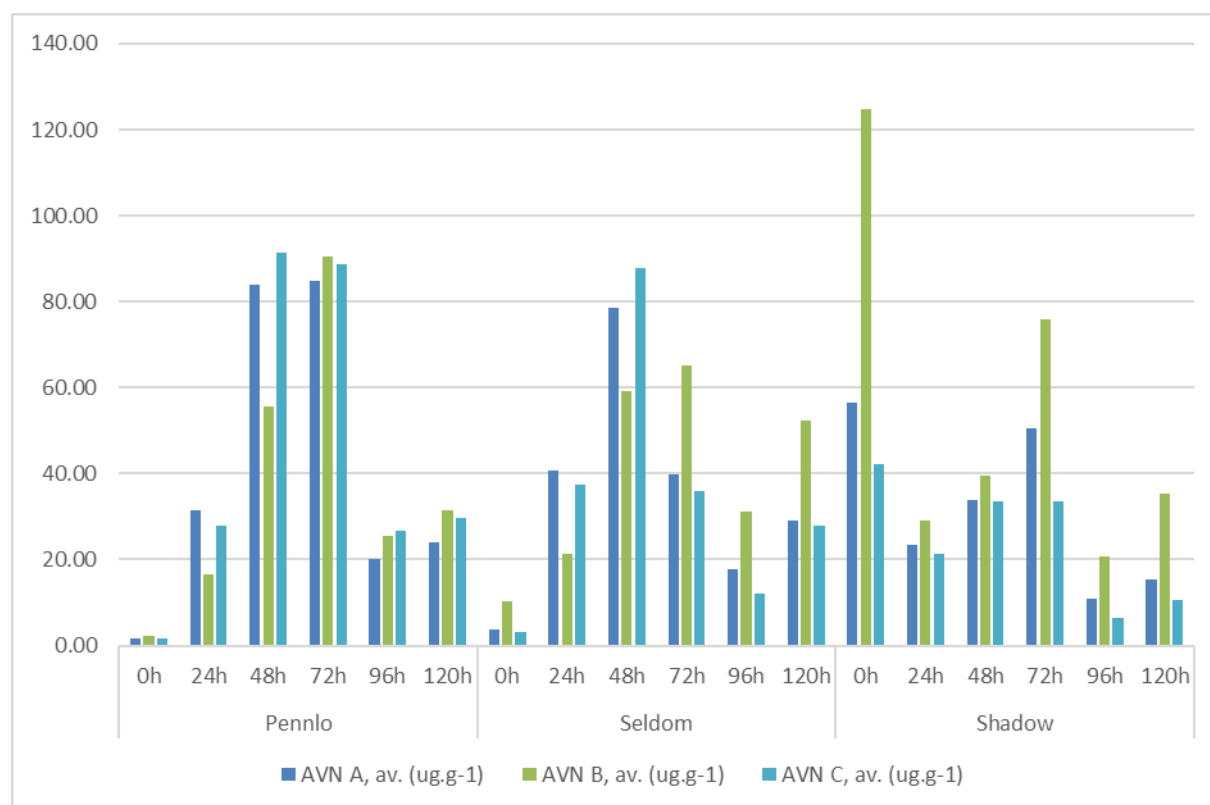
Avenanthramid s nejvyšším zastoupením byl AVN B, který zaujímal v průměru přes 40 % obsahu ve všech vzorcích. Jeho obsah byl nejvyšší ve vzorcích odrůdy Shadow (přes 50 %) a relativně nejnížší v odrůdě Pennlo, kde jeho obsah byl vesměs nižší než obsah ostatních dvou avenanthramidů AVN A a AVN C. Hladina všech tří AVN téměř kontinuálně rostla s prodlužujícím se časem nakličování (0→48 h až 72 h), kdy dosáhla maxima. Poté následoval pozvolný pokles hladiny AVN ve všech vzorcích až do 120 h, kdy byl pokus ukončen. Zrna nakličovaná po dobu 48 h až 72 h vykazala celkově více než dvojnásobný nárůst v obsahu AVN oproti hodnotám změřeným na začátku nakličování, což uvádí ve své studii také Ding et al. (2019). Jedinou výjimkou byla odrůda Shadow, kde byl překvapivě pozorován nejvyšší obsah AVN v zrnu hned na počátku pokusu (graf 1), poté obsah rychle klesl během 24 h a pak opět začal stoupat a dosáhl maxima za 72 h nakličování, podobně jako u ostatních dvou odrůd. Příčina této anomálie zůstává neznámá. Možná byla způsobena tím, že se u odrůdy Shadow (na rozdíl od ostatních dvou odrůd) jedná o odrůdu ovesa nahého. Tento jev si zasluhuje další podrobnější

zkoumání a ověření i na jiných odrůdách ovsa nahého i ovsa setého. Z grafu 1 je též patrné, že průměrný nejvyšší obsah AVN po naklíčování byl pozorován u zrn odrůdy Pennlo po 72 h a to na úrovni kolem 90 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ pro všechny tři stanovované AVN. Tato odrůda také vykázala relativně nejvyšší nárůst obsahu AVN během naklíčování, a to až 50krát, což je v souladu se závěry předchozí studie de Bruijn et al. (2019). Oproti tomu odrůda Shadow měla nejvyšší obsah AVN překvapivě již v nenaklíčeném zrně.

Tab. 1: Závislost průměrného obsahu avenanthramidů A, B a C ve vzorcích jednotlivých odrůd na čase naklíčování. Obsah je uveden v $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ sušiny

		Obsah avenanthramidů (AVN) v $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ *			
		AVN A	AVN B	AVN C	SUMA AVN
Odrůda	Pennlo (P)	41,01±4,51 ^b	36,99±4,05 ^a	44,40±4,76 ^c	122,40±13,05 ^a
	Seldon (P)	34,88±3,31 ^{ab}	39,95±2,94 ^a	34,04±3,83 ^b	108,87±9,33 ^a
	Shadow (N)	31,82±2,46 ^a	54,23±5,09 ^b	24,62±1,90 ^a	110,67±9,09 ^a
Čas naklíčování (h)	0	20,67±5,07 ^{ab}	45,72±11,07 ^b	15,71±3,77 ^a	82,11±19,88 ^a
	24	31,83±1,57 ^b	22,31±1,60 ^a	28,86±1,46 ^a	83,01±3,41 ^a
	48	65,48±4,85 ^c	51,47±2,26 ^b	70,95±5,70 ^c	187,90±12,66 ^b
	72	58,41±4,17 ^c	77,21±3,13 ^c	52,70±5,32 ^b	188,38±12,10 ^b
	96	16,31±0,86 ^a	25,85±0,91 ^a	15,05±1,76 ^a	57,21±3,04 ^a
	120	22,72±1,19 ^{ab}	39,78±1,91 ^{ab}	22,79±1,76 ^a	85,29±4,13 ^a
Celkem		35,90±2,05	43,72±2,44	34,35±2,21	113,98±6,13

* v tabulce jsou uvedeny průměrné hodnoty $\pm$ sm. chyba. Indexy v podobě písmen jsou označeny statisticky významné rozdíly na hladině významnosti $p \leq 0,05$. P - pluchatý oves, N - nahý oves



Graf 1: Grafické znázornění změny průměrného obsahu jednotlivých AVN ve vzorcích v závislosti na době naklíčování pro jednotlivé odrůdy

V souhrnu naše výsledky ukázaly, že optimální délka nakličování zrn ovsa za účelem dosažení co nejvyššího obsahu AVN leží v rozmezí 48 h až 72 h, což by se dalo v budoucnu využít i v potravinářském průmyslu k produkci zdravotně prospěšných výrobků z ovsa se zvýšeným obsahem AVN. Tato práce současně potvrdila, že odrůdové rozdíly v obsahu AVN jsou také výrazné a statisticky signifikantní, tedy to, že je důležitá i volba výchozí odrůdy před nakličovacím procesem, což je v souladu se závěry Skoglund et al. (2008).

Poděkování

Tato studie vznikla za podpory projektů Ministerstva zemědělství ČR RO0418 a NAZV QK1810102. Zvláštní poděkování patří pracovníkům šlechtitelské stanice Selgen a.s. - pracoviště Krukanice za poskytnutí testovaných odrůd ovsa.

Literatura

- BAZHAY-ZHEZHERUN S., ROMANOVSKA T., ANTONIUK M. (2016). Improving the nutritional value of grains by biological activation. *Ukrainian Food Journal* 5, 476-484.
- de BRUIJN W.J.C., VAN DINTEREN S., GRUPPEN H., VINCKEN J.P. (2019). Mass spectrometric characterisation of avenanthramides and enhancing their production by germination of oat (*Avena sativa*). *Food Chemistry* 277, 682-690.
- DING J., JOHNSON J., CHU Y. F., FENG H. (2019). Enhancement of γ -aminobutyric acid, avenanthramides, and other health-promoting metabolites in germinating oats (*Avena sativa* L.) treated with and without power ultrasound. *Food Chemistry* 283: 239-247.
- GAN R.Y., LUI W.Y., WU K., CHAN C.H., DAI S.H., SUI Z.Q., CORKE H. (2017). Bioactive compounds and bioactivities of germinated edible seeds and sprouts: An update review. *Trends in Food Science & Technology* 59, 1-14.
- FENG H., NEMZER B., DEVRIES J.W. (2019). Sprouted Grains. Nutritional Value, Production, and Application. Published by Elsevier Inc. in cooperation with AACC International.
- HOFFMAN L.A. (1995). World production and use of oats. In: Welch R.W. (eds) *The Oat Crop*. World Crop Series. Springer, Dordrecht.
- ISHIHARA A., KOJIMA K., FUJITA T., YAMAMOTO Y., NAKAJIMA H. (2014). New series of avenanthramides in oat seed. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 78 (12), 1975-1983.
- JÁGR M., DVOŘÁČEK V., HLÁSNÁ ČEPKOVÁ P., DOLEŽALOVÁ J. (2020). Comprehensive analysis of oat avenanthramides using hybrid quadrupole-Orbitrap mass spectrometry: Possible detection of new compounds. *Rapid Communications in Mass Spectrometry*, 34: e8718.
- KHANG D.T., VASILJEVIC T., XUAN T.D. (2016). Bioactive compounds, antioxidant and enzyme activities in germination of oats (*Avena sativa* L.). *International Food Research Journal* 23(5): 1980-1987.
- KLOSE C., ARENDT E.K. (2012). Proteins in oats; their synthesis and changes during germination: a review. *Critical Review in Food Science and Nutrition* 52(7), 629-39.
- MARSHALL A., COWAN S., EDWARDS S., GRIFFITHS I., HOWARTH C., LANGDON T., WHITE E. (2013). Crops that feed the world 9. Oats-cereal crop for human and livestock feed with industrial applications. *Food Security* 5, 13-33.
- NELSON K., STOJANOVSKA L., VASILJEVIC T., MATHAI M. (2013). Germinated grains: a superior whole grain functional food? *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology*, 91(6), 429-441.
- RAGUINDIN P.F., ITODO O.A., STOYANOV J., DEJANOVIC G.M., GAMBA M., ASLLANAJ E., MINDER B., BUSSLER W., METZGER B., MUKA T., GLISIC M., KERN H. (2021). A systematic review of phytochemicals in oat and buckwheat. *Food Chemistry* 338, 127982.
- SINGH R., DE S., BELKHEIR A. (2011). *Avena sativa* (Oat), a potential nutraceutical and therapeutic agent: an overview. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 53(2), 126-144.
- SKOGLUND M., D.M. PETERSON, ANDERSSON R., NILSSON J., DIMBERG L.H. (2008). Avenanthramide content and related enzyme activities in oats as affected by steeping and germination. *Journal of Cereal Science* 48: 294e303.
- SCARPA E. S., MARI M., ANTONINI E., PALMA F., NINFALI P. (2018). Natural and synthetic avenanthramides activate caspases 2, 8, 3 and downregulate hTERT, MDR1 and COX-2 genes in CaCo-2 and Hep3B cancer cells. *Food & Function*. 9(5): 2913-2921.

- VENN B.J., MANN J.I. (2004). Cereal grains, legumes and diabetes. *European Journal of Clinical Nutrition* 58, 1443–1461.
- WISE M.I. (2013). Avenanthramides: Chemistry and biosynthesis. In: Y. Chu (Ed.). *Oats nutrition and technology*, John Wiley Sons Ltd., pp. 195-226.
- WU W., TANG Y., YANG J., IDEHEN E., SANG S. (2018). Avenanthramide aglycones and glucosides in oat bran: Chemical profile, levels in commercial oat products, and cytotoxicity to human colon cancer cells. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 66(30), 8005-8014.
- XIE Z.H., MUI T., SINTARA M., OU B.X., JOHNSON J., CHU Y.F., O'SHEA M., KASTURI P., CHEN Y.M. (2017). Rapid quantification of avenanthramides in oat-containing products by high-performance liquid chromatography coupled with triple quadrupole mass spectrometry (HPLC-TQMS). *Food Chemistry*, 224, 280-282.

Contact address: *Petra Hlásná Čepková, Ph.D., Tým genová banka, Výzkumný ústav rostlinné výroby, Drnovská 507/73, 161 06 Praha 6 – Ruzyně, Česká republika, E-mail: hlasna@vurv.cz*

VLIV HTS A OŠETŘENÍ OSIVA STIMULÁTOREM NA KLÍČIVOST A POLNÍ VZCHÁZIVOST U ŘEPKY OZIMÉ (*BRASICA NAPUS* L.)

*Effect of TSW and Seed Enhancement on Germination and Field Emergence of Winter Rapeseed (*Brassica Napus* L.)*

Lucie Bečková, David Bečka, Kateřina Pazderů
Katedra agroekologie a rostlinné produkce, ČZU v Praze

Abstract

The aim of the experiment was to determine the differences in germination and emergence of winter oilseed rape seeds with different TSW (thousand seeds weight) and biotreatment with the biostimulator in laboratory and field conditions. A hybrid variety of winter rapeseed PT264 was used. Three variants were untreated: TSW - 4.24 g (M-N), 5.01 g (S-N) and 5.64 g (V-N) and three variants were treated with the LumiBio Kelta biostimulator: TSW - 4.31 g (M-LK), 4.98 g (S-LK) and 5.73 g (V-LK). Rapeseed with low TSW had a lower germination rate. Treatment with the biostimulator accelerated germination in all TSW. There was no significant difference in the total laboratory germination between TSW seed variants or the treatment variants. In untreated seeds, TSW had a positive effect on the number of emerged plants (stat. signif. between V-N and M-N variant). In treated seeds, more plants emerged on the S-LK variant than on M-LK, but not statistically significantly. However, the V-LK variant had the lowest number of plants. The effect of pickling with the LumiBio Kelta biostimulator on field emergence is greatest for seeds with small and medium TSW, while this treatment was not efficient for seeds with higher TSW.

Keywords: *winter rapeseed, seed treatment, TSW, germination, emergence*

Souhrn

Cílem pokusu bylo zjistit rozdíly v klíčení a vzcházení semen řepky ozimé s různou hodnotou HTS a mořením biostimulátorem LumiBio Kelta v laboratorních a polních podmínkách. Byla použita hybridní odrůda ozimé řepky PT264. Tři varianty byly nemořené: HTS - 4,24 g (M-N), 5,01 g (S-N) a 5,64 g (V-N) a tři varianty byly mořené biostimulátorem LumiBio Kelta: HTS - 4,31 g (M-LK), 4,98 g (S-LK) a 5,73 g (V-LK). Semena řepky s malou HTS měla nižší rychlost klíčení. Ošetření biostimulátorem LumiBio Kelta urychlilo klíčení u všech HTS osiva. Nebyl zjištěn průkazný rozdíl v celkové laboratorní klíčivosti mezi variantami HTS osiva ani variantami ošetření. U nemořného osiva měla HTS pozitivní vliv na počet vzešlých rostlin (stat. průk. mezi variantami V-N a M-N). Na mořené variantě S-LK vzešlo více rostlin než u M-LK, avšak statisticky neprůkazně. U varianty V-LK byl však nejnižší počet rostlin. Efekt moření biostimulátorem LumiBio Kelta na polní vzcházivost je největší u osiv s malou a střední HTS, naopak u osiv s vyšší HTS nebylo toto opatření efektivní.

Klíčová slova: *ozimá řepka, moření osiva, HTS, klíčivost, vzcházivost*

Úvod

Ozimá řepka je nejvýznamnější olejninou ČR a EU. V roce 2020 se v ČR pěstovala na 368 tis. ha (ČSÚ, 2021) a v EU na 5 046 tis. ha (EUROSTAT, 2021). Vzhledem k její malé HTS a výsevu v nejméně vhodném letním období se téměř každoročně potýkáme s problémy se vzcházivostí porostů.

Pokud se zaměříme na osivo a jeho úpravu, pak jednou z cest je mořit osivo stimulanty. Další otázkou je, zda HTS osiva ovlivňuje klíčivost a polní vzcházivost a pokud ano, tak do jaké míry.

Hmotnost tisíce semen (HTS) se u řepky pohybuje kolem 4,5-5,5 g, výjimečně u osiva až 10 g (Vašák, 2000). Podle Baranyka a kol. (2010) HTS u ozimé řepky bývá 3,75-6,5 g a je podmíněna geneticky, ročníkem, prostředím, souborem pěstitelských opatření, způsobem sklizně a zdravotním stavem porostu. Řada vědeckých prací se zabývala sledováním vlivu odrůdy na vzcházivost ve stresových podmínkách. Např. Channaoui et al. (2017) potvrdili vliv odrůdy řepky na klíčení a růst vzcházejících rostlin při stresu ze sucha. Několik prací se u různých plodin zabývalo vlivem HTS na klíčení a růst klíčících rostlin. Guberac et al. (1998) uvádějí, že nejvyšší frakce osiva ovsa měla nejvyšší hodnoty klíčivosti (99 %), zatímco nejnižší hodnoty byly dosaženy u nejnižší frakce osiva (95 %). Elliott et al. (2007) v laboratorních podmínkách prokázali, že rostlinky tuřinu, vypěstované z velkých semen, měly 7 a 14 dní po setí největší dělohy, nejvyšší suchou hmotnost a nejvyšší biomasu v porovnání s rostlinkami z malých a středních semen. Zkouší se i různé úpravy osiva mořením stimulanty či biologickými přípravky. Podle Ghasemialitappeha et al. (2019) ošetření osiva řepky houbou *Trichoderma* zvyšuje nejen klíčení, ale i růst kořenů. Byl také prokázán pozitivní vliv na klíčení a následnou tvorbu kořenů a nadzemní biomasy po ošetření osiva kvěťáku (*B. oleracea* L.) kyselinou askorbovou (Latif et al., 2016).

Metodika

Cílem pokusu bylo zjistit možné rozdíly v klíčení a vzcházení semen řepky ozimé s různou hodnotou HTS a vlivem moření biostimulantem LumiBio Kelta v laboratorních a polních podmínkách. V pokusu byla použita hybridní odrůda PT264. Celkem bylo založeno šest variant ve čtyřech opakováních. Varianty se lišily v HTS osiva (hmotnost tisíce semen). Tři varianty byly nemořené a tři varianty byly mořené biostimulantem LumiBio Kelta (tab. 1).

Tab. 1: Pokusné varianty v roce 2019/2020

<i>Variant</i>	<i>HTS</i>	<i>Moření</i>
M-LK	4,31 g	LumiBio Kelta
S-LK	4,98 g	LumiBio Kelta
V-LK	5,73 g	LumiBio Kelta
M-N	4,24 g	neošetřeno
S-N	5,01 g	neošetřeno
V-N	5,64 g	neošetřeno

M – malá HTS, S – střední HTS, V – velká HTS, LK – LumiBio Kelta, N – neošetřeno

Použitý materiál

PT264 je středně pozdní hybridní ozimá řepka s výbornou pevností šesulí, vynikající olejnatostí a velmi dobrou odolností vůči poléhání. Hybrid je z EU katalogu.

Lumibio Kelta® je biostimulant používaný při moření osiva řepky, který se skládá z organických kyselin, biopolymerů, mikroživin a makroživin.

Laboratorní pokus

Dodaná osiva byla hodnocena testem klíčivosti dle ISTA ve skládaném papíře (metoda BP – between paper) při 20 °C a 30 ml vody a stresovými testy vitality (metoda BP) při sníženém množství vody v substrátu (15 ml) a nižší teplotě klíčení (15 °C).

Byla hodnocena energie klíčení po prvním a druhém dni zkoušky (EK1 a EK2), celková klíčivost po 7 dnech, střední doba klíčení (MGT), procento rostlin s otevřenými děložními listy po 5 dnech klíčení (DE5) a střední doba otevření děložních listů (DEMGT).

U každé varianty bylo hodnoceno vždy 50 semen ve čtyřech opakováních.

Polní pokus

Polní pokus byl založen v roce 2019/2020 na Výzkumné stanici FAPPZ Červený Újezd (405 m n.m., zeměpisné souřadnice: 50.0772189N, 14.1744758E) s průměrnou roční teplotou 8,4 °C a ročním úhrnem srážek 502,0 mm. Půda je klasifikována jako hnědozem a hlavním půdotvorným procesem je illimerizace.

Maloparcelkové pokusy byly založeny ve čtyřech opakováních (4 x 12 m²) po předplodině ozimé pšenici sklizené 29. 7. 2019. Pak následovaly operace: 2. 8. 2019 podmítka, 25. 8. 2019 orba, 26. 8. 2019 příprava kompaktor, 26. 8. 2019 setí maloparcelkovou sečkou Wintersteiger, výsevek 50 klíčivých semen na m², 28. 8. 2019 postřik herbicidem Butisan Complete (2,5 l/ha). Na podzim již nebyly žádné jiné zásahy jako hnojení, regulace apod., pouze aplikace rodenticidu Stutox II do děr dle potřeby.

Počet vzešlých rostlin byl stanoven na 2 x 0,25 m² na každém opakování varianty. Místa odpočtů byly při prvním hodnocení označeny tak, aby byly počty rostlin stanoveny vždy na stejném místě parcely. Počet rostlin byl v podzimním období zjišťován opakovaně od fáze děložních listů až po fázi 7 pravých listů a na jaře jednou po přezimování. Termíny hodnocení: T1: 3.9., T2: 6.9., T3: 10.9., T4: 13.9., T5: 16.9., T6: 20.9., T7: 27.9., T8: 7.10., T9: 18.10. 2019 a T10: 18.3. 2020.

Výsledky a diskuse

Laboratorní pokus

Největší vliv na EK1 (raná klíčivost po 1 dni) měla teplota při klíčení (68 %), dále úprava osiva 18 %, množství vody 3 % a vliv HTS představoval jen 2 % (tab. 2).

Na celkovou klíčivost (KL) měla největší vliv kombinace vody a HTS (27 %), dále HTS 15 %, teplota klíčení 6 %, voda při klíčení 3 % a úprava osiva 2 %.

Ošetření biostimulátorem LumiBio Kelta urychlilo klíčení (EK1). U všech ošetřených variant vyklíčilo 1. den více semen než u neošetřených variant se srovnatelnou HTS (tab. 2). Potvrzuje to i průměrná doba klíčení (MGT), která byla u mořených semen průkazně kratší než u nemořených. Nejpomaleji klíčila neošetřená semena s malou HTS. V celkové laboratorní klíčivosti (KL) však nebyly mezi mořenými a nemořenými variantami průkazné rozdíly.

Tab. 2: Vícefaktorová analýza rozptylu (ANOVA), tři faktory: vzorek x voda x teplota

Faktor	EK1 1 den %	EK2 2 den %	KL (7 den) %	MGT (dny)	DE5 (%)	DEMGT – (dny)
V-LK	44,6ab	96,3a	97,7a	1,56c	66,1a	5,63c
S-LK	46,5a	92,4a	96,7a	1,58c	56,6b	5,83b
M-LK	39,1c	92,5a	95,8a	1,63c	49,6bc	5,95ab
V-N	23,9c	95,9a	97,0a	1,76b	55,5b	5,82b
S-N	25,4c	93,1a	96,6a	1,79b	54,9b	5,84b
M-N	8,4d	88,2b	95,6a	2,00a	46,1c	6,02a
HSD	6,65	4,00	2,33	0,03	8,55	0,17
20°C	54,6a	94,9a	96,9a	1,46b	87,6a	5,16b
15°C	8,0b	91,2b	96,3a	1,98a	21,9b	6,54a
HSD	2,61	1,57	0,92	0,03	3,36	0,07
30 ml	36,2a	94,1a	96,8a	1,66b	64,3a	5,67b
15 ml	26,5b	92,1b	96,4a	1,79a	45,2b	6,03a
HSD	2,61	1,57	0,92	0,03	3,36	0,07

Energie klíčení byla hodnocena jako fyziologická, za vyklíčené byla považována semena s 3 mm dlouhým kořínkem.

Semena s velkou HTS byla neprůkazná ke středním v rychlosti klíčení (EK1). Malá semena měla průkazně nižší počet vyklíčených semen 1. den (EK1) než velká a střední semena (tab. 2). Rozdíly v celkové laboratorní klíčivosti (KL) nejsou průkazné. Přesto je vidět mírné zvyšování KL s výší HTS osiva.

V případě rychlosti klíčení a růstu do fáze děloh 5. den je to hlavně teplota, co ovlivňuje výsledek, dále voda a HTS, úprava osiva byla až poslední. U rozvoje děloh 7. den je to nejvíce voda, teplota, HTS a ošetření osiva už není vůbec důležité.

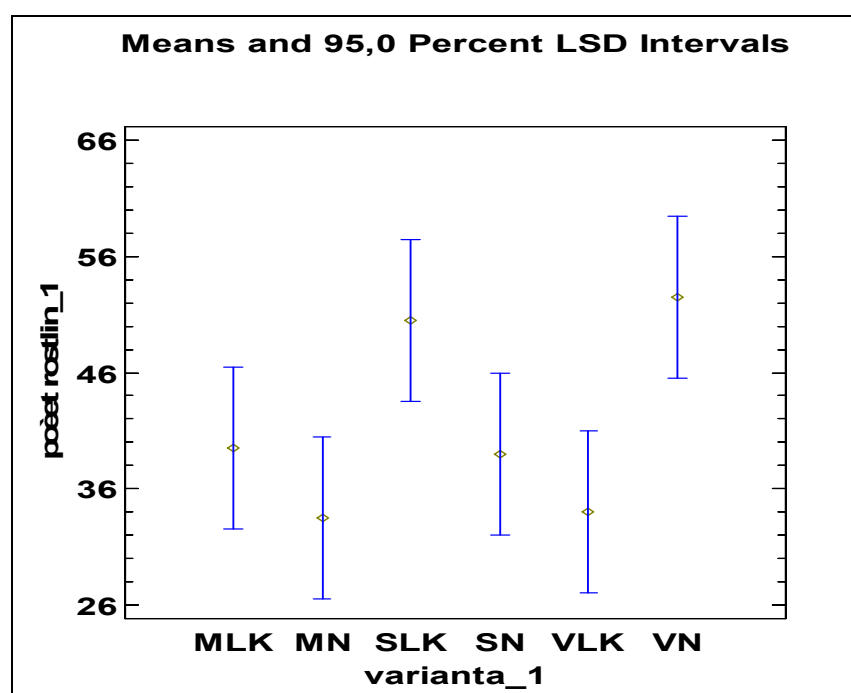
Polní pokus

Pokus byl zaset 26. 8. 2019 a za šest dní (1. 9. 2019) přišly bohaté srážky (35,9 mm). Osm dní po setí (T1) vzešlo na jednotlivých variantách 34 až 53 rostlin na 1 m². V dalších termínech se počty rostlin měnily již jen minimálně. Do termínu T9 přibýly na 1m² tři rostliny na variantě M-N a dvě rostliny na variantách M-LK a S-LK. Počet rostlin se nezměnil u variant V-LK (v průměru 1 přibyla a později 1 ubyla) a S-N (v průměru 2 přibýly a později 2 ubýly). U varianty V-N vzešlo v T1 nejvíce rostlin a jejich počet se během podzimu o dvě rostliny na 1m² snížil (tab. 3).

Přes zimu se počty rostlin snížily zejména u hustších variant. Na jaře bylo na jednotlivých variantách 33 až 48 rostlin na 1 m². Pokles činil 1 až 7 rostlin na 1 m², přezimovalo 85 až 96 % rostlin.

Tab. 3: Počet rostlin řepky ozimé na podzim (T1-9) a na jaře (ks/m²), výsevek 50 semen na m², Červený Újezd 2019/2020

Varianta	Termín hodnocení										Vzcházivost		Přezimování %
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	jaro	max.	%	
M-LK	40	41	42	42	42	42	42	42	42	36	42	84	85
S-LK	51	51	52	52	52	53	53	53	53	48	53	105	91
V-LK	34	34	34	35	35	35	35	34	34	33	35	70	96
M-N	34	34	36	37	37	37	37	37	37	34	37	74	92
S-N	39	40	40	41	41	41	40	39	39	37	41	82	94
V-N	53	53	52	52	51	51	51	51	51	44	53	106	87



Graf 1: Počet rostlin řepky ozimé (ks/m²) na jednotlivých variantách v termínu T1

Osm dní po setí (T1, graf 1) vzešlo na jednotlivých variantách 34 až 53 rostlin na 1 m². Mezi variantami jsou statisticky významné rozdíly, protože hodnota P je nižší než 0,05 (stat. 1). U nemořených variant stoupal počet vzešlých rostlin s rostoucí HTS, u vysoké HTS statisticky průkazně. U mořených variant vzešlo u střední HTS více rostlin než u varianty s malou HTS (statisticky neprůkazně), avšak varianta s vysokou HTS měla nejnižší počet rostlin (graf 1).

Ošetření osiva biostimulátorem LumiBio Kelta u malé a střední HTS mírně (statisticky neprůkazně) zvýšilo počet vzešlých rostlin proti neošetřeným variantám. Díky ošetření se počet vzešlých rostlin zvýšil na úroveň variant s vyšší HTS bez ošetření. U osiva s malou HTS ošetřeného LumiBio Kelta byl počet rostlin na úrovni varianty se střední HTS bez ošetření. U ošetřeného osiva se střední HTS byl počet vzešlých rostlin na úrovni varianty s vysokou HTS bez ošetření. U osiva s vysokou HTS však byl efekt opačný. Na ošetřené variantě s vysokou HTS vzešlo nejméně rostlin ze všech variant a propad ve srovnání s neošetřenou variantou byl významný, až překvapivě velký.

Stat. 1: Statistické vyhodnocení vlivu varianty na počet rostlin (ks/m²) v termínu T1

ANOVA Table for počet rostlin_T1 by varianta

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	2660,0	5	532,0	2,80	0,0286
Within groups	7984,0	42	190,095		
Total (Corr.)	10644,0	47			

Multiple Range Tests for počet rostlin_T1 by varianta

Method: 95,0 percent LSD

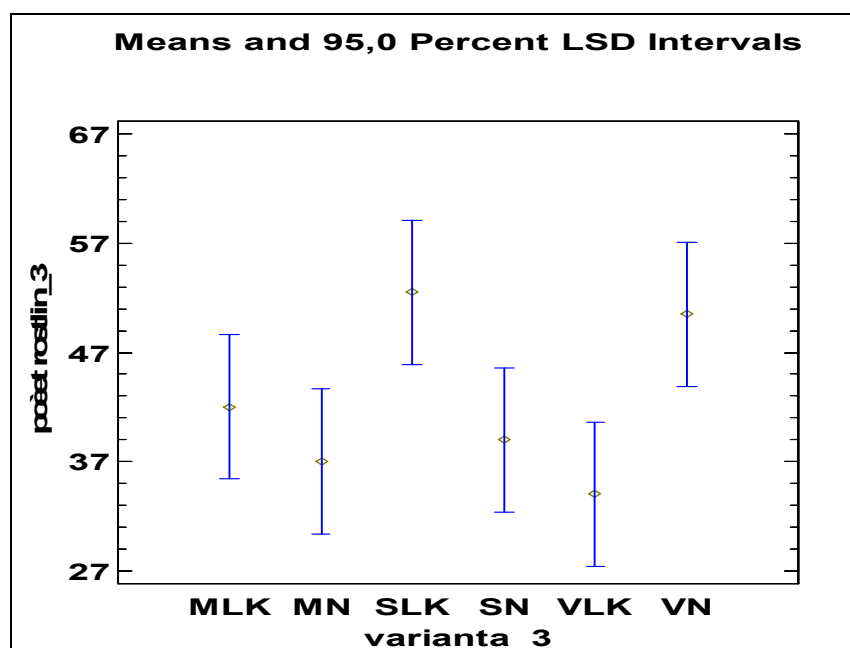
Varianta_1	Count	Mean	Homogeneous Groups
MN	8	33,5	X
VLK	8	34,0	X
SN	8	39,0	XX
MLK	8	39,5	XX
SLK	8	50,5	X
VN	8	52,5	X

Contrast	Sig.	Difference	+/- Limits
MN - SLK	*	-17,0	13,9122
MN - VN	*	-19,0	13,9122
SLK - VLK	*	16,5	13,9122
VLK - VN	*	-18,5	13,9122

* značí statisticky průkazný rozdíl

Také v termínu T9 (53 dní od setí) bylo na jednotlivých variantách 34 až 53 rostlin na 1 m². Mezi variantami jsou statisticky významné rozdíly, protože hodnota P je nižší než 0,05 (stat. 2).

Výsledky se víceméně shodují s hodnocením v termínu T1 s tím rozdílem, že zvýšení počtu vzešlých rostlin vlivem ošetření osiva přípravkem LumiBio Kelta bylo u střední HTS statisticky průkazné proti neošetřené variantě (graf 2).



Graf 2: Počet rostlin řepky ozimé (ks/m²) na jednotlivých variantách v termínu T9

Stat. 2: Statistické vyhodnocení vlivu varianty na počet rostlin (ks/m²) v termínu T9

ANOVA Table for počet rostlin_T9 by varianta

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	2232,0	5	446,4	2,59	0,0393
Within groups	7228,0	42	172,095		
Total (Corr.)	9460,0	47			

Multiple Range Tests for počet rostlin_T9 by varianta

Method: 95,0 percent LSD

Varianta_3	Count	Mean	Homogeneous Groups
VLK	8	34,0	X
MN	8	37,0	X
SN	8	39,0	XX
MLK	8	42,0	XXX
VN	8	50,5	XX
SLK	8	52,5	X

Contrast	Sig.	Difference	+/- Limits
MN - SLK	*	-15,5	13,2371
MN - VN	*	-13,5	13,2371
SLK - SN	*	13,5	13,2371
SLK - VLK	*	18,5	13,2371
VLK - VN	*	-16,5	13,2371

* značí statisticky průkazný rozdíl

Závěr

Semena řepky s malou HTS mají nižší rychlost klíčení. Ošetření biostimulátorem LumiBio Kelta urychluje klíčení u všech HTS osiva. V celkové laboratorní klíčivosti však nebyl zjištěn průkazný rozdíl mezi variantami HTS osiva ani moření biostimulátorem.

U nemořeného osiva měla HTS pozitivní vliv na počet vzešlých rostlin. Na variantě s vysokou HTS vzešlo průkazně více rostlin než na variantě s malou HTS (v průměru o 16 rostlin na 1 m²).

Na variantách mořených stimulem LumiBio Kelta u střední HTS sice vzešlo více rostlin než u varianty s malou HTS (v průměru o 11 rostlin na 1 m²), ale statisticky neprůkazně. Na ošetřené variantě s vysokou HTS osiva však byl nejvyšší počet rostlin.

Ošetření osiva přípravkem LumiBio Kelta u variant s malou a střední HTS mírně, avšak statisticky neprůkazně, zvýšilo počet vzešlých rostlin proti neošetřeným variantám při odpočtech 8 dní po setí (v průměru o 6,0 u malé HTS a o 11,5 rostlin na 1 m² u osiva se střední HTS). 53 dní po zasetí bylo zvýšení počtu vzešlých rostlin u střední HTS statisticky průkazné proti neošetřené variantě (v průměru o 13,5 rostlin na 1 m² více u SLK než SN). U osiva s vysokou HTS však byl efekt opačný. Na ošetřené variantě s vysokou HTS vzešlo nejméně rostlin ze všech variant a propad ve srovnání s neošetřenou variantou byl významný, až překvapivě velký (18,5 rostlin na 1 m²). Z dosažených výsledků tedy vyplývá, že efekt moření biostimulátorem LumiBio Kelta je největší u osiv s malou a střední HTS, naopak u osiv s vyšší HTS není toto opatření zpravidla efektivní.

Poděkování

Výzkum byl finančně podpořen společností Pioneer Hi-Bred Northern Europe Sales Division GmbH.

Literatura

- BARANYK P. a kol. (2010). Olejiny. Praha, Profi Press, 206 s.
- ČSÚ (2021). Osevní plochy zemědělských plodin k 31. 5. 2020. (staženo 7. 1. 2021) Dostupný z: <https://www.czso.cz/csu/czso/soupis-ploch-osevu-k-31-5-2020>.
- ELLIOTT R.H., MANN L.W., OLFERT O.O. (2007). Effects of seed size and seed weight on seedling establishment, seedling vigour and tolerance of summer turnip rape (*Brassica rapa*) to flea beetles, *Phyllotreta* spp. Can. J. Plant Sci. 87: 385–393.
- EUROSTAT (2021). Crop production in EU standard humidity - Rape and turnip Rape seeds – Area (cultivation/ harvested/ production). (Accessed 7. 1. 2021) Available at: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/APRO_CPSH1__custom_429296/default/table?lang=en.
- GHASEMIALITAPPEH, M., SADRAVI, M., MIRABADI, A. (2019). Isolation and Identification of Trichoderma Effect on Rapeseed (*Brassica napus*) Germination. Cercetari Agronomice in Moldova, Vol. 51 Issue 3, p. 43-50. DOI: 10.2478/cerce-2018-0024.
- GUBERAC V., Martincic, J., Maric, S.: Influence of seed size on germinability, germ length, rootlet length and grain yield in spring oat. BODENKULTUR, Volume: 49, Issue: 1, Pages: 13-18.
- CHANNAOUI S., KAHKAHI RE., CHARAFI J., MAZOUZ H.; FECHTALI ME., NABLOUSSI A. (2017). Germination and Seedling Growth of a Set of Rapeseed (*Brassica napus*) Varieties under Drought Stress Conditions. International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology. Vol. 2, Issue 1, p 487-494. <https://dx.doi.org/10.22161/ijeab/2.1.61>.
- LATIF M., AKRAM NA., ASHRAF M. (2016). Regulation of some biochemical attributes in drought-stressed cauliflower (*Brassica oleracea* L.) by seed pre-treatment with ascorbic acid. The Journal of Horticultural Science and Biotechnology Vol. 91, Issue 2, p. 129-137. <https://doi.org/10.1080/14620316.2015.1117226>.
- VÁŠÁK J. a kol. (2000). Řepka. Agrospoj, Praha, 322 s.

Contact address: Ing. Lucie Bečková, Ph.D., Katedra agroekologie a rostlinné produkce, ČZU v Praze, Kamýcká 957, 165 21 Praha 6 – Suchbátka, E-mail: beckova@af.czu.cz

ROZDÍLY V RYCHLOSTI KLÍČENÍ SEMEN MÁKU PODMÍNĚNÉ GENOTYPEM

Differences in the Speed of Germination of Poppy Seeds by Genotype

Andrea Rychlá¹, Viktor Vrbovský², Veronika Gališová³

OSEVA PRO s.r.o.¹, OSEVA vývoj a výzkum s.r.o.^{2,3}

Abstract

In this work, we focused on the issue of the speed of germination of poppy seed caused by a different plant genome. In 2017-2020, we repeatedly established field trials with 219 poppy gene sources. It was a collection with a significant diversity of genomes. We separated a mixed seed sample from the grown plants and performed a germination energy test after two days of cultivation on moistened filter paper, at normal temperature. Germination energy is expressed as the percentage of seeds with a developed root. We looked for a link between genetically determined germination energy and parameters such seed color and morphine content.

Keywords: *germination energy, poppy seed, genotype, morphine*

Souhrn

Práce řeší problematiku rychlosti klíčení semen máku setého (*Papaver somniferum*), způsobenou odlišným genomem rostlin. V letech 2017-2020 byl opakovaně založen polní pokus s 219 genovými zdroji máku. Šlo o kolekci s výraznou diverzitou genomů. Z dopěstovaných rostlin byl odebrán směsný vzorek osiva a realizován test energie klíčení po dvou dnech kultivace na ovlhčeném filtračním papíře, při běžné teplotě. Energie klíčení je chápána jako procentuální podíl semen s vyvinutým kořenem. Byla hledána souvislost mezi geneticky podmíněnou energií klíčení a vlastnostmi materiálů, jako barva semen a obsah morfinu v makovině.

Klíčová slova: *energie klíčení, mák setý, genotyp, morfin*

Úvod

Mák setý (*Papaver somniferum* L.) je v našich podmínkách tradiční plodinou. V České republice pěstujeme v naprosté většině potravinářské máky pro produkci semen, na rozdíl od jiných zemí, kde převažuje pěstování technických máků pro produkci alkaloidů. Mák je z pohledu pěstitele plodinou výrazně rizikovou. Sucho v období vzházení může způsobit problémy s mezerovitostí, končící až zaorávkami (BARANYK, 2010). Dobře zapojený porost je naproti tomu nadějí na dobré výnosy. Vhodná agrotechnika hraje jistě významnou roli, ne všechny problémy s pěstováním ale může odstranit. Velký význam má především genetický potenciál odrůd. Testování genových zdrojů máku (GZ) z pohledu výnosových a kvalitativních parametrů, odolnosti k důležitým biotickým a abiotickým stresům, je nedílnou součástí práce s GZ a je řešeno Metodikou Národního programu konzervace a využívání genetických zdrojů rostlin a agrobiodiverzity (NP), (HOLUBEC, on line). Získaná popisná data jsou vkládána do Informačního systému GRIN Czech, kde jsou volně přístupná všem uživatelům GZ. Zhodnocení rychlosti klíčení je z pohledu uživatelů zajímavým znakem pro rozšíření celkové informace o genotypech. Klíčivost semen, stanovená laboratorně, může být do jisté míry odlišná od polní vzházivosti a může mít i jinou vitalitu (HONSOVÁ, 2019).

Metodika

Cílem naší práce bylo porovnat energii klíčení semen různých genotypů a potvrdit nebo vyvrátit hypotézu, že tato vlastnost je u máku setého silně ovlivněna geneticky a současně se pokusit najít znaky, se kterými by mohla souviset. Aby bylo možné práci považovat za dostatečně vypovídající, byl zvolen rozsáhlý soubor genotypů, který byl podroben testům. Zdrojem materiálů se stala řádná a pracovní kolekce NP. Z ní bylo získáno přes 270 genotypů, které byly použity pro realizaci pokusů v letech 2017-2020. Aby byl eliminován vliv prostředí na kvalitu osiva všech současně testovaných genotypů (klíčivost a zdravotní stav), ale zároveň mohl být posouzen dopad na osivo vypěstované v různých podmínkách (půda, počasí), byl zvolen jednotný design pokusů pro všechny roky sledování.

V časném jaře byly genotypy vysety maloparcelním secím strojem Haldrup do parcel o velikosti 1,25 x 4 m a do řádků 12,5 cm širokých. Osivo použité k zásevu pocházelo vždy ze skladových zásob NP v Opavě a šlo o izolované přesevy (použití technického izolátoru) z minulých regenerací, uchovávané při -18 °C. Během všech testovaných let byl v maximální možné míře pro zásev použit stále stejný přesev osiva, pouze výjimečně (při jeho malé zásobě) bylo využito přesevů z jiného roku. Je předpoklad, že tato skutečnost nemohla ovlivnit výsledky realizovaných pokusů. Všechny pokusy byly ošetřovány standardními herbicidními a insekticidními vstupy, fungicidní ošetření nebylo použito s ohledem na možný dopad na napadení houbovými chorobami v kontextu s genotypem, na klíčivost a zdravotní stav osiva. V plné technické zralosti bylo ručně odebráno 30 primárních makovic z jednoho genotypu. Tobolky byly ručně odsemeněny a získaný směsný vzorek semen byl použit pro realizaci vlastních testů.

Po odeznění příznaků dormance, tj. v měsících listopad až leden, bylo z každé položky odpočítáno 50 semen. Všechny testované materiály byly současně (během 1-2 h) umístěny do Petriho misek (průměr 9 cm) na ovlhčený filtrační papír (4 ml destilované vody), zakryty a ponechány při běžné pokojové teplotě a standardním osvětlení po dobu dvou dnů (cca 48 h). Poté byl realizován odpočet klíčících rostlin, tedy rostlin s již vyvinutým kořenem. Následně byly Petriho misky opět zakryty a umístěny zpět do laboratoře. Stanovení celkové klíčivosti proběhlo pátý den testu. Byla vyjádřena energie klíčivosti, jako procentuální podíl semen s již vyvinutým kořenem po dvou dnech na klíčidlech.

Po ukončení testů z let 2017-2020 byly z celkového souboru vyloučeny genotypy, u nichž se nepodařilo odebrat v některém roce řešení osivo (nevzešly, byly poškozeny atd.). Pro další vyhodnocení mohla být použita data 219 GZ. Bylo realizováno statistické vyhodnocení a byla vyjádřena korelace mezi energií klíčení konkrétních genotypů v jednotlivých ročnících testování. V letech 2017-2020 byly materiály současně hodnoceny i v polních podmínkách a byly realizovány laboratorní analýzy obsahu oleje v semeni, skladby mastných kyselin a obsahu základních alkaloidů (morfinu) v makovině metodou FT-NIR. Ze zhodnocených znaků byly vybrány ty, které by mohly mít vztah k energii klíčení semen (v testech se GZ s určitými parametry chovaly odlišně). Byla vyhodnocena síla vztahu mezi vybranými parametry a energií klíčení.

Výsledky a diskuse

Soubor genových zdrojů, u kterých bylo možné vyhodnotit energii klíčení ve všech čtyřech testovaných letech, obsahoval 219 materiálů. Převažovaly položky jarního máku. Pouze několik materiálů bylo ozimé formy. Mezi položkami byly výrazné difference morfologické, fenologické, odlišnosti v geografickém původu materiálu, ale i užitkovém typu máku (potravinářský a technický). Všechny tyto aspekty dávaly předpoklad pro dostačující vypovídací schopnost testu.

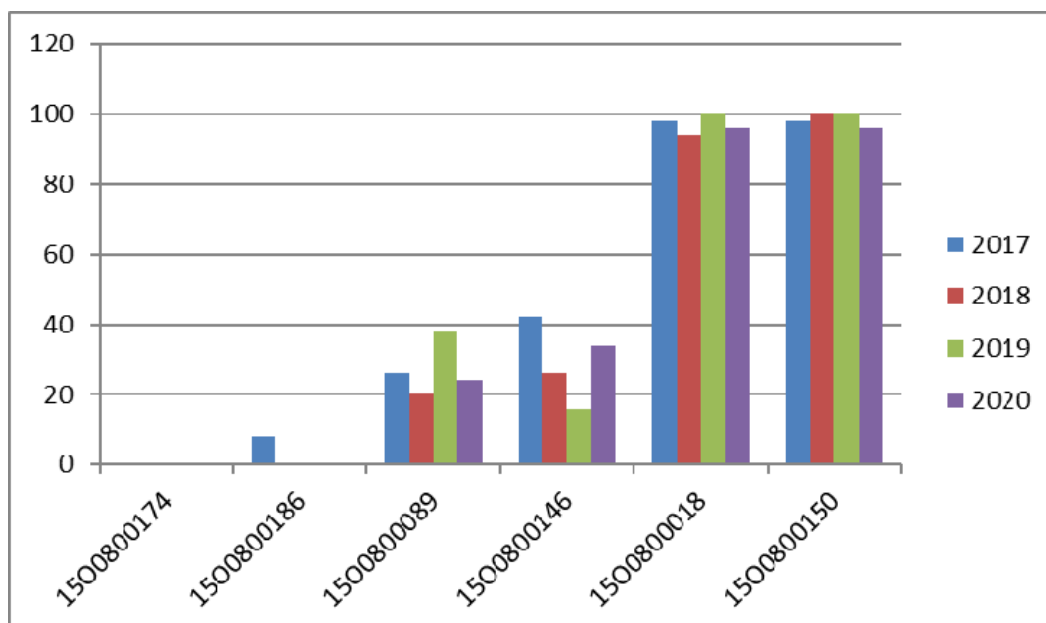
Průběh počasí v letech 2017-2020 byl různorodý natolik, aby mohlo dojít k ovlivnění životaschopnosti semen. Zároveň ale byly všechny materiály vystaveny stejným podmínkám. V letech 2017-2019 se lokalita potýkala se stupňujícím se suchem, rok 2020 byl naopak nadprůměrně vlhký a pokus byl místy až podmocněný. Rostliny byly výrazně stresovány a v důsledku chladného a vlhkého počasí v době květu docházelo k horšímu opylení. Ale ani v tomto nepříznivém roce nedošlo

k výraznějšímu zhoršení vitality sklizeného osiva. Průměrná celková klíčivost genotypů v roce 2020 byla 94 %.

Již v prvním testu z roku 2017 se podařilo potvrdit hypotézu, že mezi genotypy existují výrazné rozdíly, co se týče času potřebného k vyklíčení semen. Po dvou dnech na klíčiidlech některé materiály neklíčily vůbec a jiné naopak měly vytvořeny kořínky ze 100 %. Pátý den byla uspokojivá klíčivost (90-100 %) u naprosté většiny materiálů. V roce 2017 pouze 2 materiály měly celkovou klíčivost nižší než 90 %, v roce 2018 – 10 GZ, v roce 2019 – 14 GZ a v roce 2020 – 21 GZ. S ohledem na rozsah dat zde nebudou uváděny výsledky dosažené energie klíčení pro všechny testované GZ, ale jen pro vybranou core kolekci 30 položek s odlišnou potřebou času pro vyklíčení.

Tab. :1 Energie klíčení [%] GZ z let 2017-2020 pro vybranou core kolekci materiálů

ECN	Název	2017	2018	2019	2020	Průměr %
15O0800174	Zeno	0	0	0	0	0,00
15O0800186	Opava-Komárov	8	0	0	0	2,00
15O0800198	Ametiszt	6	0	4	10	5,00
15O0800149	Pap. somn.z Laosu	6	6	0	12	6,00
15O08	12218/2016	18	6	0	4	7,00
15O0800185	Buddha	20	38	24	4	21,50
15O08	12237/2016	42	26	14	12	23,50
15O0800090	Pulawski bialy	12	26	20	40	24,50
15O0800055	Start	56	46	30	16	37,00
15O0800032	Modran	32	62	34	36	41,00
15O0800005	Bulharský fialový	40	80	34	32	46,50
15O0800182	Major	90	46	48	8	48,00
15O08	Medizinalmohn	68	46	36	58	52,00
15O0800196	Ruský obří	46	64	48	52	52,50
15O0800101	DaubauerSilbergrauer	44	44	96	36	55,00
15O0800109	Sládkovičovo 102	88	48	44	54	58,50
15O08	Z Rakovníku	88	48	58	48	60,50
15O0800001	Azur	62	66	94	20	60,50
15O0800081	Sušický červenosemenný	90	70	82	44	71,50
15O08	Úvalno 490/3	96	96	56	54	75,50
15O0800064	Tatarstan	92	84	94	68	84,50
15O0800002	Altajec	80	98	98	68	86,00
15O0800054	Svalofs Flora II	96	84	90	76	86,50
15O08	Růžový z Dobré	96	88	86	96	91,50
15O0800006	Bernburg	86	96	96	98	94,00
15O0800025	Karlův 10/4,5	98	90	96	98	95,50
15O0800051	Selecty stříbrošedý	98	94	92	98	95,50
15O0800122	R 6	96	96	96	96	96,00
15O0800018	Fontaine Fouseke	98	94	100	96	97,00
15O0800150	Papaver 7	98	100	100	96	98,50



Graf 1: Energie klíčení vybraných materiálů v letech 2017-2020 [%]

Byla vyjádřena závislost dosažené energie klíčivosti mezi jednotlivými roky. Korelační koeficienty pro 219 členů souboru jsou uvedeny v tabulce 2.

Tab. 2: Dosažené korelační koeficienty mezi jednotlivými roky hodnocení

Korelace mezi roky	Korelační koeficient
2017-2018	0,570
2017-2019	0,620
2017-2020	0,411
2018-2019	0,596
2018-2020	0,471
2019-2020	0,524
Průměr	0,532

Z uvedených dat je patrná silná závislost energie klíčení semen máku na daném genotypu. Svou roli sice hraje i vliv ročníku a ostatních faktorů, ne však nejpodstatnější.

V druhém kroku byl posouzen vztah mezi vybranými parametry a energií klíčení genotypů máku. Při vyhodnocování testů energie klíčení bylo patrné, že pomaleji klíčí především materiály bělosemenné a s vyšším obsahem alkaloidů v makovině (máky technického typu). Testovaný soubor byl rozdělen na materiály podle barvy semen. V souboru bylo zastoupeno 27 GZ bílé barvy, jeden okrový, 17 GZ šedé barvy, 169 modré barvy a 5 fialové barvy. Materiálům byla přidělena hodnota zabarvení tak, aby odpovídala její intenzitě (obsahu barviv v osemení). Nabývala hodnot 1-4, kde 1 představovala bílou barvu, 2 okrovou, 3 šedou, 3,5 fialovou a 4 modrou. Byl vyjádřen korelační koeficient mezi průměrnou energií klíčení z let 2017-2020 a hodnotou barvy osemení. Dosáhl hodnoty 0,312 pro 219 položek. Lze tedy říci, že materiály se světlejším osemením klíčí pomaleji než tmavší, modrosemenné. Dalším studovaným parametrem byl obsah morfinu v makovině. Byla porovnávána závislost mezi energií klíčení semen v daném roce a obsahem morfinu v makovicích, z nichž semena pocházela. K dispozici byla data pro roky 2017-2019. Dosažené korelační koeficienty jsou uvedeny v tabulce 3.

Tab. 3: Korelační koeficienty pro vztah mezi energií klíčení a obsahem morfinu v makovině v daných letech

	Korelační koeficient
2017	-0,265
2018	-0,324
2019	-0,352
průměr	-0,314

Mezi obsahem morfinu v makovině a energií klíčení semen daného genotypu existuje silná negativní závislost. Pro 219 členů souboru dosáhla průměrné hodnoty -0,314. Tento fakt bude ještě potvrzen údaji z roku 2020, která zatím nejsou k dispozici.

Závěr

Mezi genotypy máku existují výrazné rozdíly v energii klíčení semen. Nejsou dány pouze vlivem ročníku, zdravotního stavu a prostředí, jak se obecně předpokládá, velkou mírou je ovlivňuje samotná genetická výbava rostlin. Na pokusech s rozsáhlým souborem odlišných genotypů byl tento fakt ověřen v letech 2017-2020, tedy v odlišných půdních podmínkách a při rozdílném průběhu počasí. Materiály s nižší energií klíčení byly spíše světlejšího osemení (bělosemenné a okrovosemenné), a také často obsahovaly větší podíl morfinu v makovině (máky technického typu). Bylo by vhodné využívat těchto znalostí při výběru vhodné odrůdy máku pro zásevy, především v suchých letech. Materiály s větší potřebou času na počátku vegetace budou v letech s přísuškem mnohem citlivější. Pokud přesto je potřeba využít materiály s horší energií klíčení, není od věci přiměřené navýšení výsevu, a to především právě v suchých letech.

Poděkování

Prezentované výsledky byly získány na základě řešení projektů MZe ČR 206553/2011-17253 "Národní program konzervace a využívání genetických zdrojů rostlin a agrobiodiversity", QK1810391 a institucionální podpory MZE-RO1821.

Literatura

BARANYK P. (2010). Olejniny. Profi Press s.r.o., 81-87.

HOLUBEC V. et al. [online]. Rámcová metodika Národního programu konzervace a využívání genetických zdrojů rostlin a agrobiodiverzity. Dostupné z: http://genbank.vurv.cz/genetic/nar_prog_rostlin/dokumenty

HONSOVÁ H. (2019). 19. Makový občasník, Mák v roce 2020, 49-51.

Contact address: Andrea Rychlá, Ing., OSEVA PRO s.r.o., o.z. VÚO Opava, Purkyňova 10, 746 01 Opava, E-mail: rychla@oseva.cz

POROVNÁNÍ METOD ZJIŠŤOVÁNÍ VITALITY OSIVA SÓJI

Comparison of Methods for Determining the Vigour of Soybean Seeds

Pavel Procházka, Antonín Procházka

Katedra agroekologie a rostlinné produkce, ČZU v Praze

Abstract

Soybean is a crop with low self-regulating ability. Therefore, it is much more important to establish a proper stand than in the case of crops like oilseed rape or wheat. If the adequate amount of plants not emerge, we can hardly reach the desired yield. That is why it is appropriate to have a piece of good information about the seeds, choose a proper seed lot and suitable sowing rate.

The results of the experiments suggest that germination rate is not the best indicator of seed quality because the seeds behave significantly differently in laboratory (optimal) conditions than in soil in the field (stress conditions). For that reason, it is needed to choose a method that tests the seed vigor, which means to predict how the seeds will grow in the real environment on the field.

The field experiments took place in Žižice near Slaný. Six seed lots of Silesia cultivar and one lot of Brunensis cultivar were used. The laboratory experiments evaluated samples of the lots in terms of leaching conductivity and for germination after accelerated aging.

The results of the experiments show that the electrical conductivity test has a strong relation to the seed vigor, while the accelerated aging test has no demonstrable correlation with the seed vigor. Moreover, it turned out that the standard germination test proved to be unrelated to the seed vigor as there were only minor differences between the lots in germination in optimal conditions whereas these differences were high in terms of field emergence. It has also been found that if we measure not the conductivity of leach but its resistance, these values are proportional to the values of germination after accelerated aging. Finally, it has been confirmed that there is a very strong direct relationship between seed quality and yield based on it.

Keywords: *seed vigor, electrical conductivity, accelerated aging test, soybean*

Souhrn

Sója luštinatá je plodina s nízkou autoregulační schopností, proto její správné založení hraje ještě významnější roli, než u plodin jako je řepka či pšenice. Pokud nevzejde adekvátní počet rostlin, už těžko docílíme kýženého výnosu. Proto je vhodné mít ucelenou představu o kvalitě osiva, vybrat si vhodnou partii a zvolit adekvátní výsevek.

Výsledky pokusů naznačují, že klíčivost není nejlepší ukazatel kvality, neboť osivo se chová výrazně jinak na laboratorním klíčidle (v optimálních podmínkách) a v zemině na poli (ve stresových podmínkách). Je proto na místě zvolit metodu, která otestuje vitalitu osiva neboli to, jak se bude osivo chovat v reálném prostředí na pozemku.

Provozní pokus se uskutečnil v Žižicích u Slaného a bylo do něj zařazeno šest partií odrůdy Silesia a jedna partie odrůdy Brunensis. Laboratorní pokusy hodnotily příslušné partie z hlediska vodivosti výluhu a z hlediska klíčivosti po urychleném stárnutí.

Z výsledků provedených pokusů vyplývá, že test konduktivity dobře vypovídá o vitalitě osiva, zatímco test urychleného stárnutí nemá prokazatelnou souvislost s vitalitou osiva. Dále se ukázalo, že samotná laboratorní klíčivost nevypovídá o vitalitě osiva prakticky vůbec, neboť z hlediska laboratorní klíčivosti byly mezi partiemi jen malé rozdíly, zatímco z hlediska polní vzcházivosti byly tyto rozdíly vysoké. Také bylo zjištěno, že pokud namísto vodivosti výluhu měříme jeho odpor, jsou tyto hodnoty

přímo úměrné hodnotám klíčivosti osiva po urychleném stárnutí. Nakonec se potvrdilo, že mezi vitalitou osiva a výnosem z něj založeného porostu existuje velice silná přímá úměra.

Klíčová slova: *vitalita osiva, konduktivita, test urychleného stárnutí, sója*

Semenářské parametry certifikovaných osiv jsou dány zákonem č. 219/2003 Sb. o oběhu osiva a sadby, ve znění pozdějších předpisů (ČESKO, 2003), a jeho vyhláškami. Nejdůležitějším parametrem kvality osiva je (laboratorní) klíčivost, výhodná pro svou jednoduchost, opakovatelnost a standardizovaná pravidla v mezinárodním měřítku (Pazderů, 2019).

Jedná se o vlastnost osiva, která vyjadřuje schopnost semen vyklíčit (vytvořit optimálního klíčence) v laboratorních podmínkách. Ty lze považovat za optimální, neboť je charakterizuje stálá teplota, přiměřená vlhkost, absence škůdců a půdních chorob či inhibičních vlivů plevelů a mikroorganismů. Udává se v procentech vyklíčených semen ze všech semen použitých ke klíčení a vyjadřuje tedy nejvyšší teoreticky možnou míru vzcházení (Procházka et al., 2019; ÚKZÚZ, 2017).

Tento parametr však u partií mnoha plodin, například obilnin, pozbývá smyslu, neboť u nich umíme volbou odrůdy a agrotechniky vyprodukovat osivo s výbornou klíčivostí splňující semenářské normy. Z pohledu laboratorní klíčivosti tak mezi danými partiemi nebude rozdíl. Ten se však prokáže v případě stresových podmínek, jako je například suboptimální množství vody. Může se klidně stát, že osivo vykazující v optimálních podmínkách výbornou klíčivost, vyklíčí ve stresových podmínkách hůře než osivo, které se prokázalo horší klíčivostí v optimálním prostředí (Pazderů, 2019).

Vlastnost vyklíčit ve stresových podmínkách vystihuje pojem vitalita neboli životaschopnost osiva, respektive jednotlivých semen. Popisují ji míra vyrovnanosti klíčenců dané partie, schopnost semen vzcházet v nepříznivých podmínkách a schopnost zachovat si klíčivost po skladování. Partie s vysokou životaschopností má potenciál dobře se projevit i za podmínek pro daný druh neoptimálních (ÚKZÚZ, 2017).

Sharma (2018) udává, že termín „seed vigor“ byl prvně použit v roce 1876, a že mezinárodní sdružení pro testování osiv ISTA definuje vitalitu „jako souhrn všech vlastností, které určují aktivitu a výkon partie vykazující dobrou klíčivost v široké škále podmínek různých prostředí“. Na vitalitě daného semene se podílí genotyp, podmínky růstu mateřské rostliny, úroveň zralosti a doba sklizně, velikost a hmotnost semen, mechanické zacházení, patogenní organismy a stáří osiva. Protože je vitalita ovlivněna spoustou faktorů, neexistuje univerzální metoda jejího testu.

Lazarová et al. (2019) uvádějí, že vitalita je přirozená vnitřní síla semen zajišťující rychlé klíčení a jeho dokončení i za různorodých přírodních podmínek. Jinými slovy se jedná o schopnost semen kvalitně vyklíčit ve stresovém prostředí. Určuje tak kvalitu osiva a potenciál rovnoměrného klíčení a vzcházení v polních podmínkách, jež se vyznačují vysokou rozmanitostí. Je tak vhodné hodnotit semena nejen pomocí klíčivosti, ale zejména podle vitality. K tomu je potřeba vyvinout rychlé a jednoduché metody s malými nároky na práci, které by byly přesné, reprodukovatelné a o vitalitě dobře vypovídaly.

Sharma (2018) uvádí, že testy vitality lze rozdělit na růstové, stresové a biochemické. Růstové testy jsou založeny na tom principu, že vitálnější semena rychleji klíčí a rostou s větší energií. Růstovým testem tak lze určit vitalitu například tak, že založíme standardní laboratorní klíčivost, ale pro daný druh je určený den, kdy se klíčivost odečte, přičemž doba, kdy k odečtení má dojít, je nízká. Partie, která v den měření prokázala nejvyšší počet vyklíčených semen, je určena jako nejvitálnější. Vitalita je tak odhadnuta pomocí rychlosti vyklíčení v optimálních podmínkách. Další metodou je vložit semena do klíčidla mezi dvě vrstvy vlhkého papíru. Po určité době jsou změřeny délky vyklíčených rostlin. Vitalita je v tomto případě odhadnuta pomocí délek klíčků. Klíčky lze také usušit při 100 °C a následně zvážit. Má se za to, že vitálnější porost dříve vytvoří chlorofyl, začne asimilovat, a tím nabyde na hmotnosti. Vitalita je tak odhadnuta pomocí hmotnosti sušiny klíčenců. Princip stresových testů spočívá v zatížení semen nepříznivými podmínkami jako extrémní teploty, vysoká vlhkost či fyzické bariéry. Je tak možno

zasypat semena šterkem, přes která vyklíčí jen ta zdravá, silná (vitální). Podobně lze přes semena přeložit speciální papír, který vitální semena svým vzrostrným vrcholem prorazí, zatímco slabá semena nikoliv. V těchto testech je vitalita odhadnuta pomocí velikosti mechanické síly, kterou jsou klíčky schopny vyvinout. Již zmiňovaný test urychleného stárnutí vyvinutý na Mississippi State University, osivo nejprve zatíží podmínkami majícími na osivo podobný vliv jako dlouhodobé přeskladnění a následně určí klíčivost. Vitalita je tak odhadnuta pomocí laboratorní klíčivosti po dlouhé době uskladnění (ta je v tomto případě nahrazena ekvivalentní stresovou zátěží). Mezi metody chemické patří již zmiňované měření konduktivity, kdy je vitalita odhadnuta pomocí vodivosti roztoku vylouhovaných semen.

Největší význam hraje vitalita u druhů se sníženou autoregulační schopností, kterým právě sója je (Pazderů, 2019).

V metodice ÚKZÚZ (2017) jsou uvedeny druhy, u nichž se vitalita testuje a zároveň příslušné metody, které splnily podmínky validace. Test konduktivity se kromě sóji používá také u druhů *Pisum* a *Phaseolus*. Test urychleného stárnutí se týká pouze sóji. Vitalita je ovlivňována pěstebními podmínkami a prostředím v době zrání a sklizně. Povětrnostní podmínky daného roku a úrodnost stanoviště mohou mít vliv na vývoj radikul v semenech, i množství jejich biomasy (Lazarová et al., 2019). Konkrétně u sóji Caverzan et al. (2018) ukazují, že porost pocházející z vitálního osiva vykazuje vyšší výnos semene v důsledku větší hustoty porostu, stabilnější výnos v rámci rostlin, vyšší míru vázání vzdušného dusíku, obsah sacharidů, vyšší úroveň nodulace, větší výšku porostu a dále. Mezi vitalitou osiva sóji a výnosem hlavního produktu byla prokázána silná korelace 0,88 až 0,98.

Metodika

V rámci porovnání dvou metod testů vitality osiva sóji byly provedeny jak laboratorní, tak i polní pokusy. Testovacím materiálem bylo celkem sedm partií pocházejících z různých oblastí od různých množitelů. Po obdržení osiva byla v laboratoři postupně provedena 4 opakování konduktometrického měření a tři testy urychleného stárnutí, při nichž byla také odečtena laboratorní klíčivost. Pro testování vitality osiva sóji byly vybrány dva schválené testy v rámci metodiky zkoušení osiva a sadby ÚKZÚZ. Těmi jsou test urychleného stárnutí (TUS) a test konduktivity. V obou případech bylo postupováno dle aktuální platné metodiky (verze 2017) a nedošlo k odchylkám od uvedených postupů.

Princip konduktometrického měření spočívá ve změření vodivosti výluhu semen. Má se za to, že mezi konduktivitou elektrolytu vzniklého uvolněním iontů ze semen do vody a vitalitou těchto semen existuje negativní korelace. Čím vyšší je vodivost výluhu vzorku, tím nižší je životaschopnost dané partie osiva.

Jedná se o test nepřímý, neboť neměří vitalitu (vzcházivost ve stresových podmínkách) přímo stresováním semen. Test konduktivity měří jiné, zdánlivě nesouvisející znaky osiva, u nichž se prokázalo, že jsou spojeny s projevy vitality pozorovanými u klíčících rostlin. Kromě sóji se tato metoda používá i pro zkoušku životnosti hrachu (*Pisum sativum*) a fazolu (*Phaseolus vulgaris*). Výsledkem každého konduktometrického měření potom pro danou partii byla průměrná hodnota měrných vodivostí všech čtyř výluhů.

Pro účely pokusu jsme dále použili test urychleného stárnutí (ve zkratce TUS) modifikovaný o následnou zkoušku laboratorní klíčivosti. Jedná se o test vitality přímý, neboť je v laboratoři reprodukován stres životního prostředí a zaznamenává se míra vzcházivosti. Princip tohoto testu spočívá v krátkodobém vystavení semen vysoké teplotě a relativní vlhkosti (přibližně 95 %). Semena přijmou vláhu a voda v semenech společně s teplotou způsobí rychlé stárnutí semen. Má se za to, že partie, které si i po tomto procesu zachovají klíčivost, se v polních podmínkách budou vyznačovat vysokou vzcházivostí. Zároveň budou mít tato semena vyšší skladovací potenciál.

Cílem zkoušky laboratorní klíčivosti je určit schopnost dané partie osiva vyklíčit. Podmínky pro klíčení jsou zvoleny tak, aby semena měla ideální prostředí pro vyklíčení a zároveň aby byly tyto podmínky jednoduše reprodukovatelné.

Všechny partie byly taktéž vysety v provozním polním pokusu a průběžně hodnocen stav porostu. Do testů bylo zahrnuto i osivo obsevu parcellek. Polní stanoviště určují následující vlastnosti:

- Lokalita: katastr obce Žižice, díl půdního bloku 8201/2
- Výměra: 4,05 ha
- Nadmořská výška: 220 m
- Sklonitost: 4°
- Orientace: jihovýchodní
- Erozní omezení: není erozně ohrožený
- BPEJ: 1.01.10 jednotné pro veškerou rozlohu
- Půdní druh: středně těžká půda bez skeletu
- Půdní typ: černozem
- Klimatický region: teplý, suchý
- Průměrná roční teplota: 8–9 °C
- Průměrný roční úhrn srážek: 450–550 mm
- AZP (2014): Ca 2 860 ppm, Mg 230 ppm, P 206 ppm, K 507 ppm, pH 5,9
- Předplodiny: 2017 – brambory, burgán, 2016 – pšenice ozimá, 2015 – řepka

Pěstitelská technologie:

Podzim: 10. 11. orba 30 cm

Jaro: 15. 3. podmítka plevelů 8 cm (Horsch Joker 6 RT)

23. 4. předseťová příprava 5 cm (Väderstad NZA 600)

24. 4. setí 155 kg/ha, hloubka 5 cm (Horsch Sprinter 6 ST)

27. 5. postemergentní herbicidní ochrana Corum (imazamox + bentazon) 1,25 l, smáčedlo Dash 1 l, fyziologický stimulátor PRP EBV 1 l (Danfoil nesený, 18 m)

20. 9. sklizeň (Claas Lexion 760, žací vál vario 770)

V provozním polním pokusu byly hodnoceny základní produkční parametry sóji.

Výsledky a diskuse

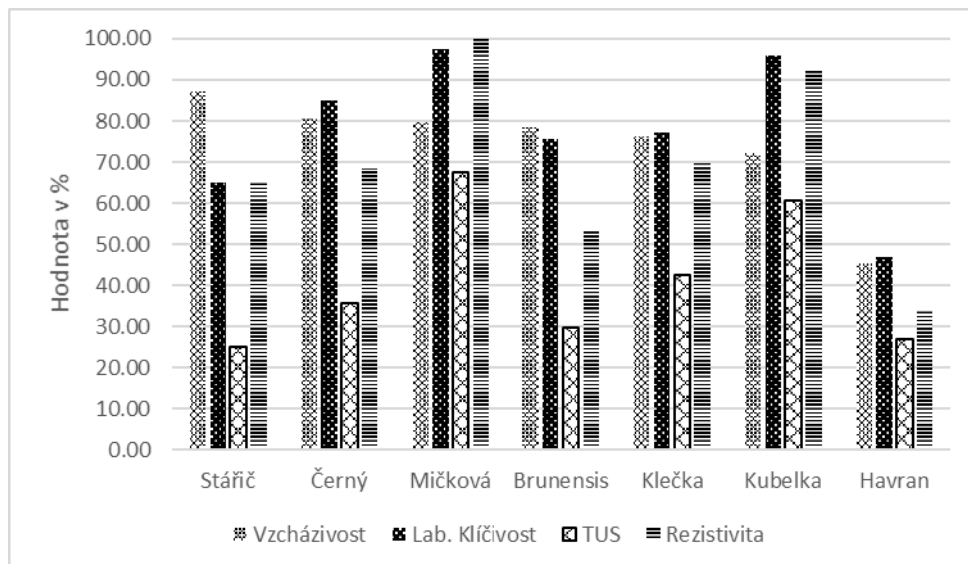
V grafu 1 vidíme závěry jednotlivých testů (polní vzházivost, laboratorní klíčivost, konduktivita a TUS) pohromadě. Vzhledem k tomu, že jediná konduktivita nemá percentuelní jednotku a navíc má k vitalitě nepřímou úměru, vyjádřili jsme ji jako rezistivitu, neboli převrácenou hodnotu vodivosti, normovanou na maximální naměřenou hodnotu nejlepší partie. Graficky pak rezistivita bude znamenat, že čím vyšší je hodnota ve sloupečku, tím je daná partie vitálnější. V grafu 1 tak vidíme jednotlivé trendy. Například partie Havran má v porovnání s partií Kubelka nižší polní vzházivost a zároveň i nižší laboratorní klíčivost, nižší klíčivost po urychleném stárnutí i nižší rezistivitu výluhu. Naopak, například partie Mičková má vůči partii Stáříč nižší vzházivost, nicméně všechny ukazatele kvality osiva má lepší.

Pro test průkaznosti lineární závislosti daných veličin použijeme Studentův t-test s n-2 stupni volnosti při hladině významnosti $\alpha = 0,05$, kde testovací kritérium

$$t = |r| \sqrt{\frac{n-2}{1-r^2}}$$

a hypotézu H_0 : korelační koeficient r v základním souboru je roven nule (neexistuje lineární závislost mezi testovanými veličinami) zamítáme v případě, že $t > t_{\alpha(n-2)}$.

Pro počet prvků $n = 7$ a hladinu významnosti $\alpha = 0,05$ je kritická hodnota Studentova t-rozdělení rovna $t_{0,05(7-2)} = 2,570582$.



Graf 1: Souhrnné vyjádření výsledků polní vzcházivosti, laboratorní klíčivosti, testu urychleného stárnutí a konduktometrického měření (rezistivity)

V případě, že u daného vztahu neplatí $t > 2,570582$, neznamena to, že zde neexistuje žádná závislost. Hodnota r^2 se nazývá koeficient determinace a udává, z kolika procent je závislá proměnná ovlivněna proměnnou nezávislou.

Tabulka 1 udává vypočítané hodnoty korelací všech vztahů, které má smysl v souvislosti s porovnáváním metod testu vitality zkoumat. Sloupeček s testovacím kritériem t potom ukazuje, které závislosti jsou statisticky prokazatelné. To se týká těch případů, kde platí $t > 2,57$. Výjimkou je poslední řádek se závislostí výšky porostu a vitalitou. Abychom eliminovali odrůdový vliv, je z tohoto testování vyřazena varianta Brunensis. Tím se stupeň volnosti snižuje o jedna a testovací kritérium se mění na 2,78.

V grafu 1 je dále vidět, že i když máme k dispozici jedinou odrůdu, mohou se polní vzcházivosti jednotlivých partií velice lišit. Rozdíl mezi partiemi Stáříč a Havran byl dokonce 93 %, neboli že při stejném výsevu (semen na plochu) docílíme u osiva od množitele Stáříč téměř dvojnásobného počtu rostlin na plochu než u osiva od množitele Havran. Vidíme tedy, že na kvalitu osiva nemá vliv pouze genotyp, ale velkou roli hraje i přístup agronoma, respektive podmínky prostředí v průběhu vegetace.

Naprostou základním testem každého osiva je dle ÚKZÚZ (2017) test klíčivosti v optimálních podmínkách, typicky v přesně definované teplotě, za dostatku vláhy a případně tmy, pokud to semeno vyžaduje. Spočítáním vyklíčených semen pak získáme horní odhad toho, kolik z nich může na poli vzejít.

Právě na grafu 1 u laboratorní klíčivosti vidíme, jak málo tento údaj vypovídá o kvalitě osiva sóji. Vzhledem k tomu, že jsme partie seřadili od nejvitálnější po nejhorší, čekali bychom i u klíčivosti sestupnou tendenci hodnot. Ta se však rozhodně neprojevuje. Adekvátně tato metoda zhodnotila pouze partii Havran, která dopadla nejhůře nejen na poli, ale i na laboratorním klíčidle. Naopak velmi zkreslující údaje poskytuje tato metoda o partii Kubelka. Z pohledu klíčivosti dopadla těsně jako druhá nejlepší. Z polní vzcházivosti však víme, že tato partie je ze všech testovaných druhá nejhorší.

Rozhodovat se tedy mezi danými partiemi pouze na základě laboratorní klíčivosti, mohli bychom si chybně vybrat nekvalitní partii.

Tab. 1: Korelační koeficienty a testovací kritéria jednotlivých vztahů

Testovaný vztah	r	r ²	t
Korelace vzcházivosti a konduktivity	-0,79	0,63	2,88
Korelace vzcházivosti a laboratorní klíčivosti	0,58	0,33	1,59
Korelace vzcházivosti a klíčivosti po TUS	0,17	0,03	0,39
Korelace vzcházivosti a rezistivity	0,56	0,31	1,51
Korelace vzcházivosti a výnosu	0,91	0,82	4,91
Korelace laboratorní klíčivosti a klíčivosti po TUS	0,84	0,7	3,46
Korelace laboratorní klíčivosti a konduktivity	-0,91	0,83	4,91
Korelace laboratorní klíčivosti a rezistivity	0,92	0,85	5,25
Korelace TUS a konduktivity	-0,71	0,5	2,25
Korelace TUS a rezistivity	0,89	0,8	4,36
Korelace výšky porostu před sklizní a vzcházivosti	0,82	0,67	2,82

Pazderů (2019) zmiňuje, že mezinárodně nejpoužívanější způsob hodnocení osiva je laboratorní klíčivost. Za její oblibu a rozšíření může zejména jednoduchost, univerzálnost a opakovatelnost této metody. Poukazuje však na to, že pro stresové podmínky, jako je například sucho, není laboratorní klíčivost vhodným parametrem. Lazarová et al. (2019) uvádějí, že testování osiva z hlediska laboratorní klíčivosti nepodává adekvátní výsledky vypovídající o kvalitě semen v přirozených podmínkách. Problém metody spočívá v tom, že na laboratorním klíčidle vyklíčí prakticky všechna živá semena, kdežto ve stresových se výrazně projeví rozdíly mezi jednotlivými partiemi, které při hodnocení laboratorní klíčivosti byly zastřeny.

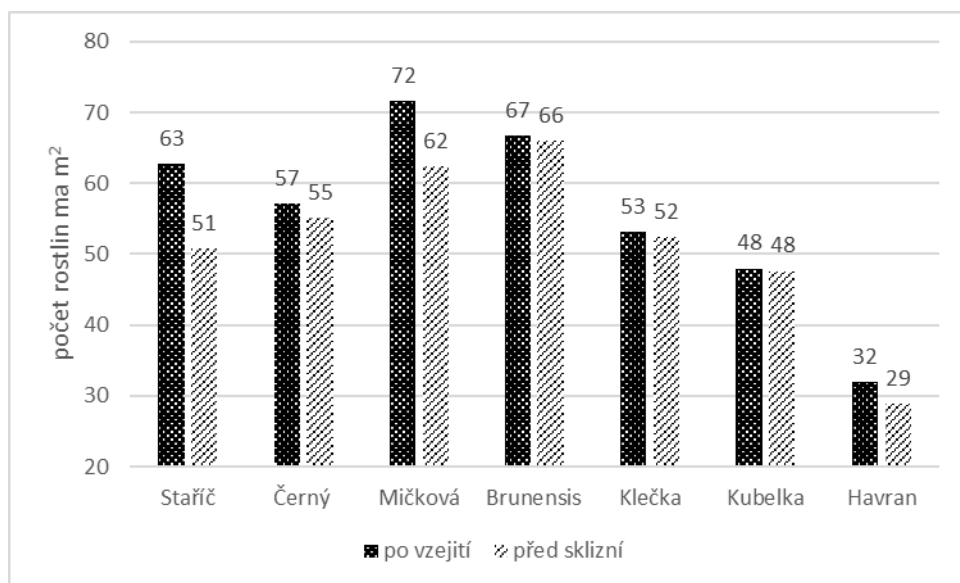
Mezi laboratorní klíčivostí a kvalitou osiva (schopností vzejít ve stresovém prostředí polních podmínek) nebyla prokázána závislost, viz tabulka 1. Vybírat kvalitní osivo pouze podle klíčivosti je neadekvátní, kvalita a klíčivost spolu nesouvisí. Pazderů (2019) doporučuje používat pro test laboratorní klíčivosti písek namísto filtračního papíru, čímž dojde k vytvoření suboptimálních podmínek. Dojde tím ke zvýraznění variability v rámci měřených partií, která je z hlediska klíčivosti na filtračním papíru minimální.

V grafu 1 jsme viděli, že zdaleka nejhorších výsledků (nejvyšší vodivosti výluhu, respektive nejnižší rezistivity) dosáhla opět partie Havran. V tomto testu vykázaly nejlepší hodnoty varianty Mičková a Kubelka. Zatímco u první z nich je tento výsledek v souladu s měřením polní vzcházivosti, kde tato partie dosáhla též dobrých výsledků, v případě osiva Kubelka už si výsledky tolik neodpovídají. Zatímco z pohledu vzcházivosti dopadla tato partie jako druhá nejhorší, v případě testu konduktivity se umístila na pozici druhé nejlepší.

Sharma (2018) uvádí jako jeden z možných způsobů testování vitality osiva chemickou metodu měření konduktivity výluhu. Toto doporučení bylo potvrzeno i závěry statistického hodnocení laboratorních testů provedených v rámci tohoto výzkumu (tab. 1). Bylo prokázáno, že mezi vitalitou přesně určenou polní vzcházivostí a vodivostí výluhu existuje měřitelný vztah. Ukázalo se, že vodivost výluhu semen je z 63 % ovlivněna vitalitou semen daných vzorků.

Graf 1 dále poukazuje na to, že test TUS opravdu měří klíčivost starého osiva. To plyne z toho, že v tomto grafu hodnoty klíčivosti bez urychleného stárnutí kopírují hodnoty po urychleném stárnutí. Tomu odpovídá i to, že tyto veličiny jsou silně korelované. Tato souvislost je logická.

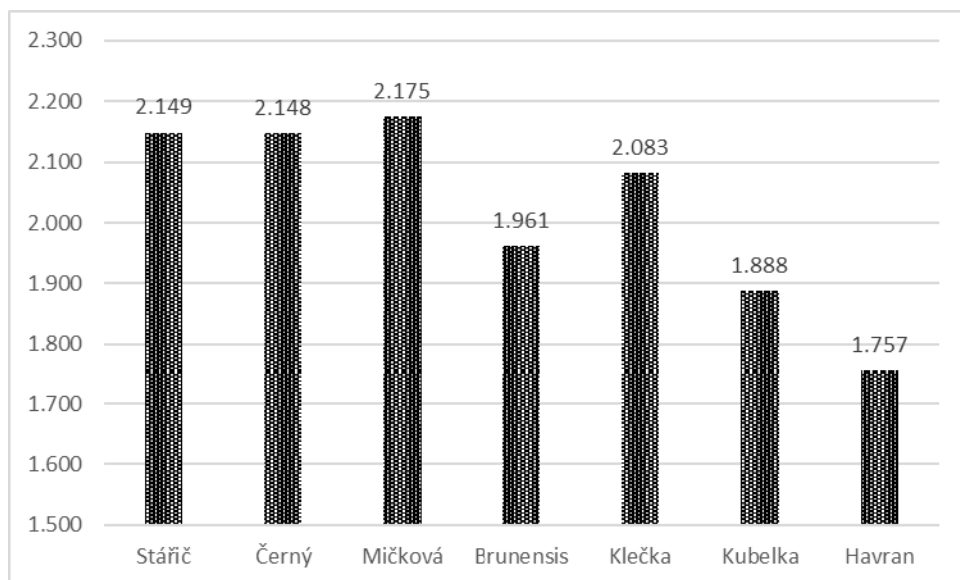
Graf 2 ukazuje, že před sklizní byl nejhustější porost osiva od množitele Mičková s počtem rostlin na metr čtvereční 72, pomineme-li odrůdu Brunensis. Naopak nejřidší byl porost od množitele Havran, a to s méně než třiceti rostlinami na stejné ploše.



Graf 2: Hustota porostu po vzejití a před sklizní

V grafu 3 můžeme vidět výnosy jednotlivých partií. Nejlépe z tohoto hlediska dopadla varianta Mičková, nejhůře varianta Havran, stejně jako to bylo u polní vzháživosti.

Zajímavý trend je vidět na grafu výnosů, který očividně kopíruje původní sestupnou tendenci polní vzháživosti jednotlivých variant. Mezi těmito veličinami byla statisticky prokázána velice silná lineární závislost, korelační koeficient má hodnotu 0,91. To je v souladu s výsledkem Caverzana et al. (2018), kteří tvrdí, že mezi vitalitou osiva a výsledným dosaženým výnosem panuje silná lineární závislost o velikosti 0,88 až 0,98.



Graf 3: Výnos jednotlivých variant v tunách na hektar (při 13% vlhkosti semen)

Závěr

Smyslem výzkumu bylo porovnat dvě metody testování kvality osiva. Vyhodnocením uskutečněných testů na osivu sóji bylo zjištěno, že pro testování jejich vitality se hodí metoda test konduktivity, která pomocí hodnot vodivosti roztoku vylouhovaných semen dobře vypovídá o jejich vitalitě. Naopak, pouze samotná metoda testu urychleného stárnutí se ukázala jako nedostatečně vypovídající o vitalitě osiva sóji. Nebylo potvrzeno, že mezi závěry tohoto testu a opravdovou vitalitou semen existuje vztah.

Stejně tak se jako nevhodná metoda projevila zkouška laboratorní klíčivosti. Nelze tvrdit, že pokud se osivo prokáže vysokou laboratorní klíčivostí, tak se vyznačuje vysokou vitalitou a naopak.

Ukázalo se však, že pokud neměříme vodivost roztoku se semeny, nýbrž jeho odpor, tak tyto hodnoty sice taktéž nevypovídají o kvalitě osiva, jsou však ve velmi silném vztahu k závěrům testu urychleného stárnutí. Jinými slovy, pokud jedno osivo prokáže nízký odpor výluhu a druhé vysoký odpor, test urychleného stárnutí taktéž u prvního osiva prokáže nízkou klíčivost a u druhého klíčivost vysokou. Dále byla prokázána velice silná závislost mezi kvalitou osiva a výnosem porostu z takového osiva založeného.

Literatura

- CAVERZAN A., GIACOMIN R., MÜLLER M., BIAZUS C., LÂNGARO N.C. CHAVARRIA, G. (2018). How Does Seed Vigor Affect Soybean Yield Components? *Agronomy Journal* [online]. 2018, **110**(4), 1318-1327 [cit. 2019-04-11]. DOI: 10.2134/agronj 2017.11.0670. ISSN 00021962.
- ČESKO (2003). Zákon č. 219 ze dne 25. 6. 2003 o uvádění do oběhu osiva a sadby pěstovaných rostlin a o změně některých zákonů (zákon o oběhu osiva a sadby). In: Sbírka zákonů České republiky. 2003, částka 79, s. 4053–4085. Dostupný také z <http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/ViewFile.aspx?type=c&id=4163>. ISSN 1211-1244.
- LAZAROVÁ E., ŠMARDOVÁ M., KLIMEŠOVÁ J., STŘEDA T. (2019). Vitalita semen – potenciál pro rychlé a uniformní vzejití a vývoj rostlin. In: *Osivo a sadba*. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2019, s. 50–54. ISBN 978-80-213-2922-5.
- PAZDERŮ K. (2019). Seed Vigour Testing as a Solution to Improve the Resistance to Drought. In: *Seed and Seedlings XIV*, ČZU Prague, 19-23.
- PROCHÁZKA P., ŠTRANC P., VOSTŘEL J., ŘEHOŘ J., BRINAR J., KŘOVÁČEK J., PAZDERŮ K. (2019). The influence of effective soybean seed treatment on root biomass formation and seed production. *Plant, Soil and Environment*. 2019, **65**(No. 12), 587-593.
- SHARMA S. (2018). Seed Vigour Testing: Principles and Methods. *Agrobios Newsletter: Practical Gardening* [online]. 2018, 2018, **2**(17), 80-82 [cit. 2019-04-11]. ISSN 972-7027X. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/326255175_Seed_Vigour_Testing_Principles_and_Methods
- ÚKZÚZ. (2017). Metodika zkoušení osiva a sadby. Praha: Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, odbor osiva a sadby, 2017.

Contact address: Ing. Pavel Procházka, Ph.D., Katedra agroekologie a rostlinné produkce, ČZU v Praze, Kamýcká 957, 165 21 Praha 6 – Suchbátka, E-mail: pavelprochazka@af.czu.cz

SUCHOVZDORNOST VYBRANÝCH GENETICKÝCH ZDROJŮ RODU LOTUS VE FÁZI KLÍČENÍ

Drought Resistance of Selected Genetic Resources of Genus Lotus in Germination Phase

Tomáš Vymyslický, Igor Huňady, Vladěna Ondrisková, Zuzana Kubíková
Zemědělský výzkum, spol. s r. o. Troubsko

Abstract

The main aim of the study was laboratory comparison of drought resistance of seeds of six different accessions of bird's-foot trefoil (*Lotus corniculatus*). Five cultivars and one wild form were compared within the trial. Germination tests were performed according to ISTA methodology. Six different variants of cultivation solution with polyethyleneglycol (PEG), having osmotic pressure from -0.128 to -0.721 MPa, were prepared and examined. Distilled water was used as a control agent. With increased concentration of PEG solution the percentage of germinating seeds decreased significantly in all samples. Basing on statistical analysis of obtained data it can be concluded, that the wild form reached lower values both by the initial and the total germination. Wild form compared to cultivars surprisingly did not show significantly higher ratio of hard seeds.

Keywords: *polyethyleneglycol, osmotic pressure, germination, seed hardness*

Souhrn

Cílem prezentované studie bylo laboratorní porovnání suchovzdornosti osiva šesti různých původů štirovníku růžkatého (*Lotus corniculatus*). Celkem bylo porovnáno pět odrůd a jedna planá forma. Testy klíčivosti byly prováděny dle metodiky ISTA. Pro testy suchovzdornosti bylo připraveno celkem šest variant kultivačních roztoků s polyethylenglykolem (PEG), které navodily osmotickým tlakem od -0,128 do -0,721 MPa simulaci sucha. Jako kontrola byla použita destilovaná voda. S rostoucí koncentrací roztoku PEG se výrazně snížilo procento klíčivosti u všech vzorků semen ve srovnání s jejich kontrolami. Na základě statistické analýzy získaných dat můžeme konstatovat, že planá forma dosahovala nižších hodnot jak u počáteční, tak poté i u celkové klíčivosti. Planá forma ve srovnání s odrůdami ale překvapivě nevykazovala výrazně vyšší podíl tvrdých semen.

Klíčová slova: *polyethylenglykol, osmotický tlak, klíčivost, tvrdosemennost*

Úvod

Klimatická změna je rok od roku silnější a ovlivňuje všechny lidi na zemi. Zejména letní horké periody budou negativně ovlivňovat oblast střední Evropy (Ballester et al., 2010). Tyto periody vedou ke stresu pěstovaných rostlin, který se odrazí ve snížených výnosech. Zemědělci jsou tedy první, kteří musí bojovat s klimatickou změnou, a zejména se zvyšující se ariditou. Udržitelné zemědělství je v současné době limitováno nedostatkem vody (Castroluna et al., 2014). Nedostatek využitelné vody způsobuje růstový stres, který výrazně ovlivňuje klíčení semen (Sadr Abadi, 1989; Hamidi et al., 2010). Vedle vody jsou dalšími faktory řídícími klíčení, kyslík, teplota a světlo (Koucheki et al., 1996; Hamidi et al., 2010). Ke snížení klíčivosti dochází, když vodní potenciál klesne pod hodnotu, na kterou je daná rostlina citlivá. Následně se v důsledku vodního stresu zpomalí klíčivost a sníží se i procento vyklíčených semen (Hamidi et al., 2010). Stres ze sucha je hlavním faktorem omezujícím všechny vývojové fáze rostlin, což působí velké ztráty při tvorbě výnosu (Sivakumar et al., 2005).

Jednou z možností, jak eliminovat ztráty na zemědělské produkci způsobené vodním stresem, je vyšlechtění odolnějších odrůd. Z tohoto důvodu by se měl šlechtitelský program zaměřit především na zvýšení odolnosti vůči vodnímu stresu (Younis et al., 1963; Hamidi et al., 2010; Pazderů a Bláha, 2013). Jednou z cest je hledání genotypů na zasolených a suchých lokalitách. Bylo zjištěno u vícero druhů, že semena ze zasolených stanovišť mají vyšší dormanci, ale zato rychlejší klíčivost za vyšších koncentrací PEG, díky tomu, že jsou adaptovány na nízké hodnoty osmotického tlaku (Elnaggar et al., 2019). Jsou vyvíjeny různé genetické metody zlepšující toleranci rostlin vůči stresu při eliminaci snížení výnosů (Juenger 2013; Castroluna et al., 2014).

Štírovník růžkatý (*Lotus corniculatus*) je naším domácím druhem. Jeho areál pokrývá Evropu, západní, střední i východní Asii, severní a východní Afriku. V dalších oblastech (Azorské ostrovy, střední Asie, Severní i Jižní Amerika, Austrálie) se vyskytuje druhotně. Téměř ve všech morfologických znacích je velmi variabilní. Štírovník růžkatý roste na loukách, stráních, pastvinách, pasekách, v lesních lemech a na lesních světlínách, také na mezích a okrajích cest, na březích vodních toků a rašeliništích. Hojný je ale i ve městských trávnících. Tento druh se tedy vyskytuje na stanovištích sušších, ale také vlhčích. Kvete od konce května do konce září (Chrtková in Slavík, 1995).

Z hlediska suchovzdornosti je štírovník růžkatý druh dobře snášející suché periody. Štírovník růžkatý je schopen symbiomy s bakteriemi rodu *Rhizobium*. Tato symbióza vede k biologické fixaci dusíku. Díky této vlastnosti je štírovník vhodnou komponentou v rámci ekologického a k přírodě šetrného zemědělství. Je možno jej pěstovat na všech typech zemědělských půd, včetně půd velmi chudých a suchých (Pelikán a Hofbauer, 2002). Štírovník se vyznačuje mohutným kořenovým systémem a silným křovítkem, který prorůstá až do metrové hloubky. Díky tomu je schopen využívat efektivně půdní vláhu a živiny. Je to hodnotná pícnina s vysokým obsahem bílkovin a medonosná rostlina. Rostliny štírovníku růžkatého obsahují kyanogenní glykosidy (lotuaustralin, lotusin, fasolunatin) a 3-nitropropionovou kyselinu, které mohou být při zkrmování velkého množství štírovníku pro zvířata toxické. Obsah těchto antinutričních látek je mezi jednotlivými populacemi a rostlinami velice variabilní (Chrtková in Slavík, 1995). Sušením se tyto látky rozkládají jen velmi málo, mizí však při silážování. Svou výnosovou schopností se na bohatších půdách skoro vyrovná vojtěšce a jeteli lučnímu, na chudších půdách je předčí. Kvalitou píce se řadí mezi naše nejlepší jeteloviny a hospodářskými zvířaty je dobře přijímán. Velkou předností štírovníku růžkatého je, že jeho píce nenadýmá. Výnosy zelené hmoty se pohybují od 60 do 70 t/ha (Pelikán a Hofbauer, 2002).

Produkce osiva je u štírovníku problematická. Největší problémy způsobuje pukavost lusků. Hlavní nevýhodou využívání štírovníku v zemědělství je vysoký podíl tzv. tvrdých semen, která neumožňují přijímat vodu v dostatečné míře pro iniciaci klíčení (Artola et al., 2003). Na druhé straně díky tvrdým semenům může být osivo štírovníku životaschopné klidně 50 a více let. K přírodnímu narušení povrchu těchto semen dochází většinou zmrazováním a rozmrazováním, požárem nebo průchodem trávícím traktem zvířat (Hu et al., 2009). Při produkci osiva se výskyt tvrdých semen eliminoval využitím technologie skarifikace, což je proces, při kterém dojde k narušení povrchu semene, a umožní tak vstup vody do semene (Kimura a Islam, 2012).

Nové znalosti ohledně klíčivosti a suchovzdornosti mohou významně přispět k využívání nejen rodu štírovník, ale i dalších druhů leguminóz v systémech smíšené kultury (Kintl et al., 2020; Kintl et al., 2018) a zároveň zvýšit využití leguminóz jako alternativního zdroje biomasy k produkci bioplynu (Kintl et al., 2019).

Cílem předkládané práce bylo porovnat suchovzdornost vybraných genetických zdrojů rodu *Lotus* ve fázi klíčení.

Metodika

Klíčivost byla prováděna podle metodiky Mezinárodní asociace pro testování osiva (ISTA, 2017), kdy je procento klíčivosti semen stanoveno testováním 100 semen ve čtyřech opakování (ISTA, 2017). Dle metodiky ISTA 2017 byl nejdříve použit postup pro odstranění dormance „předběžné chlazení“.

Semena se rozloží na vlhký filtrační papír umístěný na Petriho miskách o průměru 8 cm. Takto připravené Petriho misky jsou následně po dobu 4 dnů umístěny do termostatu při teplotě 4 °C. Po ukončení předchlazení jsou Petriho misky přemístěny do termostatu při teplotě 20 °C. Odečet vyklíčených semen probíhá každé 4 dny (4.-22. den). Po ukončení každého opakování byla vyhodnocena klíčivost osiva daného původu štirovníku růžkatého.

V rámci experimentu byla sledována suchovzdornost semen odrůd štirovníku růžkatého (Táborák, Lotar, K-30, Franco, San Gabriel a plané formy vedenou pod označením SVKPIEN 2/2005. Osivo bylo vylušeno bez ošetření skarifikací. Stres suchem byl navozován za využití roztoku polyetylen glykolu (PEG) a sledován dle metodiky ISTA 2017, který byl připraven v šesti rozdílných koncentracích. Rozdílná koncentrace roztoků PEG měla za následek navození šesti stupňů rozdílného osmotického tlaku, ty představovaly jednotlivé varianty experimentu, každá ve čtyřech opakováních. Připravené varianty experimentu jsou shrnuty v tabulce 1.

Tab. 1: Přehled variant experimentu

Úroveň stresu suchem	Popis
Kontrola	Pouze destilovaná voda
0,2 mol	7,72 g PEG/100 ml vody → osmotický tlak -0,128 MPa
0,3 mol	11,58 g PEG/100 ml vody → osmotický tlak -0,1 MPa
0,4 mol	15,44 g PEG/100 ml vody → osmotický tlak -0,323 MPa
0,5 mol	19,3 g PEG/100 ml vody → osmotický tlak -0,515 MPa
0,6 mol	23,16 g PEG/100 ml vody → osmotický tlak -0,618 MPa
0,7 mol	27,02 g PEG/100 ml vody → osmotický tlak -0,721 MPa

Klíčivost semen byla vypočtena podle následujícího vzorce (Faijunnahar et al., 2017):

$$\text{Klíčivost semen (\%)} = \frac{\text{Celkový počet vyklíčených semen}}{\text{Celkový počet semen ke klíčení}} \times 100$$

Na základě našich výsledků jsme porovnali tři charakteristiky, a sice počáteční klíčivost 8. den, celkovou klíčivost počítanou poslední 22. den a počet tvrdých semen. Tyto charakteristiky byly otestovány za využití jedno-faktorové analýzy rozptylu (ANOVA) v kombinaci s využitím Post-Hoc Tukeyova HSD testu na hladině významnosti $P < 0,05$ v programu Statistica for Windows.

Výsledky a diskuse

Klíčivost je považována za jednu z nejdůležitějších vlastností osiv, která ovlivňuje konkurenční schopnost mnoha druhů (Pazderů, 2009), proto byla využita pro hodnocení suchovzdornosti jednotlivých druhů semen. Zatímco vliv vodního stresu v průběhu vegetace je široce studován a objasněn, přežití rostlin v období sucha během klíčení bylo studováno zřídka (Dantas et al., 2017).

Pokud porovnáme počáteční klíčivost, zjišťovanou 8. den od založení pokusu, tak zjistíme, že byly nalezeny statisticky signifikantní rozdíly, dané především různými koncentracemi PEG. Nebyly nalezeny rozdíly mezi zkoušenými kulturními genotypy. Zároveň je vidět, že planý genotyp dosahoval nižších hodnot klíčivosti ve srovnání s odrůdami. Výsledky jsou uvedeny v tabulce 2, v tabulce 3 jsou pak uvedeny parametry statistického testování.

Při porovnání celkové klíčivosti stanovené 22. den zjistíme, že podobně jako v případě počáteční klíčivosti byly nalezeny signifikantní rozdíly, opět dané především koncentrací PEG. Opět platí, že nebyly nalezeny rozdíly mezi zkoušenými kulturními genotypy. Zároveň je vidět, že planý genotyp dosahoval nižších hodnot celkové klíčivosti, ve srovnání s odrůdami. Výsledky jsou uvedeny v tabulce 4, v tabulce 5 jsou pak uvedeny parametry statistického testování.

Tab. 2: Počáteční klíčivost zjišťovaná 8. den při různých koncentracích PEG. Tabulka je seřazena podle dosažených hodnot klíčivosti. Statistická významnost rozdílů byla testována Tukeyho testem na hladině významnosti $p > 0,05$.

Genotyp	PEG koncentrace	Počáteční klíčivost 8. den	Signifikance
Lotar	7	0,00	a
Lotar	6	0,00	a
San Gabriel	6	0,00	a
Táborák	7	0,00	a
SVKPIEN 2/2005	5	0,00	a
K-30	6	0,00	a
K-30	7	0,00	a
Táborák	6	0,00	a
Franco	7	0,00	a
SVKPIEN 2/2005	7	0,00	a
SVKPIEN 2/2005	6	0,00	a
Franco	6	0,00	a
San Gabriel	7	0,00	a
Táborák	5	0,25	a
San Gabriel	5	0,50	a
Lotar	5	1,50	a
K-30	5	2,00	a
Franco	5	2,50	a
SVKPIEN 2/2005	4	3,25	a
SVKPIEN 2/2005	3	6,00	ab
SVKPIEN 2/2005	2	8,50	ab
SVKPIEN 2/2005	0	8,50	ab
San Gabriel	4	11,25	abc
Franco	4	15,00	abcd
K-30	4	19,50	abcd
Táborák	4	23,25	bcde
K-30	3	24,50	bcde
Lotar	4	28,50	cdef
Franco	3	32,50	def
San Gabriel	3	41,75	efg
Táborák	3	45,25	fgh
Táborák	2	53,00	ghi
Lotar	3	54,00	ghi
Lotar	0	56,00	ghi
Táborák	0	59,25	ghi
Lotar	2	61,00	ghi
K-30	2	63,25	hij
San Gabriel	0	63,50	hij
San Gabriel	2	65,75	ijk
Franco	2	72,00	ijk
K-30	0	82,50	jk
Franco	0	84,75	k

Tab. 3: Vliv druhů a koncentrací PEG na klíčivosti, výsledky ANOVA. Hodnoty p označené * jsou signifikantní na hladině významnosti $P < 0,05$.

Zdroj variability	DF	MS	F	p
Genotyp	5	2695	51,5	0,00*
Koncentrace PEG	6	1,58E+04	302,4	0,00*
Genotyp *Koncentrace PEG	30	662	12,7	0,00*

Tab. 4: Celková klíčivost při různých koncentracích PEG. Tabulka je seřazena podle dosažených hodnot klíčivosti. Statistická významnost rozdílů byla testována Tukeyho testem na hladině významnosti $p > 0,05$.

Genotyp	PEG koncentrace	Celková klíčivost	Signifikance
Lotar	7	0,00	a
Lotar	6	0,00	a
San Gabriel	7	0,00	a
Táborák	7	0,00	a
Táborák	6	0,00	a
Franco	7	0,00	a
K-30	7	0,00	a
SVKPIEN 2/2005	5	0,00	a
SVKPIEN 2/2005	7	0,00	a
SVKPIEN 2/2005	6	0,00	a
San Gabriel	6	0,00	a
Franco	6	0,25	a
K-30	6	1,25	a
Lotar	5	3,25	a
SVKPIEN 2/2005	4	5,25	a
Táborák	5	5,25	a
San Gabriel	5	6,00	a
SVKPIEN 2/2005	3	7,75	ab
SVKPIEN 2/2005	2	9,50	ab
SVKPIEN 2/2005	0	10,00	ab
K-30	5	14,75	abc
Franco	5	19,75	abcd
San Gabriel	4	32,00	bcd
Franco	4	36,25	cdef
Lotar	4	36,25	cdef
K-30	4	42,00	defg
K-30	3	45,50	efg
Táborák	4	46,00	efghi
San Gabriel	3	58,75	fghij
Franco	3	59,50	fghijk
Lotar	0	60,00	fghijk
Lotar	3	65,00	ghijkl
Lotar	2	67,25	ghijkl
Táborák	0	67,75	hijkl
Táborák	3	70,50	hijkl
San Gabriel	0	70,50	hijkl
Táborák	2	71,00	hijkl
San Gabriel	2	71,25	ijkl
K-30	2	71,25	ijkl
Franco	2	80,25	jkl
K-30	0	85,00	kl
Franco	0	88,25	l

Tab. 5: Vliv odrůd a koncentrací PEG na klíčivosti, výsledky ANOVA. Hodnoty p označené * jsou signifikantní na hladině významnosti $p < 0,05$.

Zdroj variability	DF	MS	F	p
Genotyp	5	4909	57,6	0,00*
Koncentrace PEG	6	1,94E+04	227,5	0,00*
Genotyp*Koncentrace PEG	30	691	8,1	0,00*

Naše výsledky jsou v souladu s autory Faraji et Sepehri (2019), kteří zjistili, že stres způsobený simulací sucha za využití PEG, statisticky významně snižuje procento klíčivosti, energii klíčení, rychlost klíčení, průměrnou dobu klíčení a i další, námi nestudované znaky.

Tab. 6: Procenta tvrdých semen při různých koncentracích PEG. Tabulka je seřazena podle dosažených hodnot. Statistická významnost rozdílů byla testována Tukeyho testem na hladině významnosti $p > 0,05$.

Genotyp	PEG koncentrace	Procento tvrdých semen	Signifikance
K-30	0	4,75	a
K-30	2	5,00	a
Franco	0	5,75	a
Táborák	0	8,00	a
San Gabriel	2	8,75	a
Franco	2	9,00	a
San Gabriel	0	9,75	a
Táborák	2	10,25	a
Táborák	3	12,50	ab
Lotar	2	16,75	ab
K-30	3	17,00	ab
Lotar	3	17,25	ab
Lotar	0	20,00	abc
Franco	3	22,25	abcd
San Gabriel	3	22,75	abcd
Táborák	4	29,25	abcd
K-30	4	30,00	abcd
K-30	5	38,50	bcdef
Lotar	4	47,25	cdefg
Franco	4	48,50	defg
San Gabriel	4	48,75	defg
K-30	6	54,75	efgh
Franco	5	59,25	fghi
SVKPIEN 2/2005	4	60,25	fghij
SVKPIEN 2/2005	2	61,50	fghij
Franco	6	65,00	fghijk
SVKPIEN 2/2005	5	66,75	ghijkl
SVKPIEN 2/2005	3	69,25	ghijklm
K-30	7	69,25	ghijklm
SVKPIEN 2/2005	0	70,00	ghijklm
Táborák	5	70,00	ghijklm
Franco	7	77,75	hijklm
San Gabriel	5	79,50	hijklm
Táborák	6	82,25	hijklm
Lotar	5	82,75	ijklm
SVKPIEN 2/2005	6	83,00	ijklm
San Gabriel	6	87,50	jklm
Táborák	7	89,25	klm
Lotar	6	89,50	klm
SVKPIEN 2/2005	7	93,75	lm
Lotar	7	94,00	lm
San Gabriel	7	95,25	m

V literatuře je pak obvykle uváděn vyšší podíl dormantních semen u planých forem. Díky tzv. domestikačnímu syndromu pak u kulturních odrůd podíl dormantních semen klesá (Smýkal et al., 2014).

Pokud porovnáme procenta tvrdých semen, tak zjistíme, že procento tvrdých semen výrazně narůstá se zvyšující se koncentrací PEG. To znamená, že zvýšený osmotický tlak zabrání vstupu vody

do semene, a semeno tak nevyklíčí. Pokud se podíváme na tři genotypy s nejvyšším podílem tvrdých semen, tak se jedná o odrůdy San Gabriel, Lotar a planou formu SVKPIEN 2/2005. Obecně se uvádí, že plané formy kulturních druhů jsou typické vysokým podílem dormantních semen, a naopak odrůdy mají tento podíl nízký. To se v našem případě nepotvrdilo, planá forma nedosahovala nejvyšších hodnot podílu dormantních semen. Výsledky jsou uvedeny v tabulce 6, v tabulce 7 jsou pak uvedeny parametry statistického testování.

Tab. 7: Vliv odrůd a koncentrací PEG na klíčivosti, výsledky ANOVA. Hodnoty p označené * jsou signifikantní na hladině významnosti $p < 0,01$.

Zdroj variability	DF	MS	F	p
Genotyp	5	5346	53,5	0,000*
Koncentrace PEG	6	1,91E+04	191,5	0,000*
Genotyp*Koncentrace PEG	30	609	6,1	0,000*

Závěr

Genetické zdroje rostlin jsou velmi důležité jakožto vstupní materiály do šlechtitelského procesu. Zejména genotypy z extrémních lokalit jsou donory cenných znaků. Jednou z možností reakce na probíhající klimatickou změnu a při snaze udržet zemědělskou produkci je hledání genotypů schopných přirozeně odolávat stresovým faktorům. Nedostatek dostupné vody v období klíčení může výrazně ovlivnit kvalitu založeného porostu i plánovanou produkci. Laboratorní testy klíčivosti představují rychlou a efektivní možnost, jak otestovat různé genotypy na jejich schopnost odolávat stresu vyvolaným nedostatkem vody. Zvýšení stresu díky PEG výrazně snížilo procento klíčivosti jak u kulturních, tak i u planých forem štirovníku růžkatého. Na základě statistické analýzy získaných dat můžeme konstatovat, že planá forma dosahovala nižších hodnot jak u počáteční, tak poté i u celkové klíčivosti. Planá forma ve srovnání s odrůdami ale překvapivě nevykazovala výrazně vyšší podíl tvrdých semen. Vztah nyní probíhající klimatické změny a tvrdosemennosti, jakožto možného adaptačního opatření, je otázkou dalších výzkumů.

Poděkování

Výsledek vznikl za podpory Ministerstva zemědělství ČR, institucionální podpora MZE-RO1720.

Literatura

- ARTOLA A., CARRILLO-CASTANEDA G., DE LOS SANTOS G.G. (2003). Hydropriming: A Strategy to increase *Lotus corniculatus* L. seed vigor. *Seed Science and Technology*, 31(2), 455–463.
- BALLESTER J., RODÓ X., GIORGI F. (2010). Future changes in central Europe heat waves expected to mostly follow summer mean warming. *Climate Dynamics*, 35(7-8), 1191–1205.
- CASTROLUNA A., RUIZ O.M., QUIROGA A.M. (2014). Effects of salinity and drought stress on germination, biomass and growth in three varieties of *Medicago sativa* L. *Avances En Investigacion Agropecuaria*, 18, s. 39–50.
- CHRTKOVÁ A. (1995): *Lotus* L. – štirovník. In: Slavík B. [ed]: Květena ČR, vol. 4. Academia, Praha.
- DANTAS B.F., ANGELOTTI F., ARAGAO C.A. (2017). Will increasing temperature and CO₂ affect pumpkin early development in Brazilian Semi-Arid? *Revista Geama*, 9(1), p. 51-57.
- ELNAGGAR A., EL-KEBLAWY A., MOSA K.A., NAVARRO T. (2019). Adaptive drought tolerance during germination of *Salsola drummondii* seeds from saline and nonsaline habitats of the arid Arabian deserts. *Botany*, 97(2), 123-133.
- FAIJUNNAHAR M., BAQUE A., HABIB M.A., TARIQ HOSSAIN H.M.M. (2017). Polyethylene Glycol (PEG) Induced Changes in Germination, Seedling Growth and Water Relation Behavior of Wheat (*Triticum aestivum* L.) Genotypes. *Universal Journal of Plant Science*, 5(4), p. 49 – 57.
- FARAJI J., SEPEHRI A. (2019). Ameliorative effects of TiO₂ nanoparticles and sodium nitroprusside on seed germination and seedling growth of wheat under PEG-stimulated drought stress. *Journal of Seed Science*, 41(3), 309-317.
- HAMIDI H. & SAFARNEJAD A. (2010). Effect of Drought Stress on Alfalfa Cultivars (*Medicago sativa* L.) in Germination Stage. *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences*, 8(6), s. 705-709.
- HU X., WU Y., WANG Y., YU J., ZHANG B. (2009). Primary study of release method for legume seed dormancy. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 29(3), 568-573.

- ISTA (2017). INTERNATIONAL RULES FOR SEED TESTING.
- JUENGER T.E. (2013). Natural variation and genetic constraints on drought tolerance. *Current opinion in plant biology*, 16(3), 274-281.
- KIMURA E., ISLAM M.A. (2012). Seed scarification methods and their use in forage legumes. *Research Journal of Seed Science*, 5(2), 38-50.
- KINTL A., ELBL J., DOKULILOVÁ T., VÍTĚZ T., KNOTOVÁ D. (2019). Legume and grass biomass as an alternative substrate for Biogas production – Theoretical methane yield. *Proceedings of the International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM*. 2019, Vol. 19 (4. 1), p. 299-305.
- KINTL A., ELBL J., VÍTĚZ T., BRTNICKÝ M., SKLÁDANKA J., HAMMERSCHMIEDT T., VÍTĚZOVÁ M. (2020). Possibilities of Using White Sweetclover Grown in Mixture with Maize for Biomethane Production. *Agronomy*, 10, 1407.
- KINTL A., ELBL J., LOŠÁK T., VAVERKOVÁ M. D., NEDĚLNÍK J. (2018). Mixed Intercropping of Wheat and White Clover to Enhance the Sustainability of the Conventional Cropping System: Effects on Biomass Production and Leaching of Mineral Nitrogen In: *Sustainability*, Vol 10, Iss 10, p 3367 (2018); MDPI AG.
- KOUCHEKI A.M., MHALATTI N. (1996). *Cultivate Plants Ecology (Plant and Environment Relations)*. Jahad Daneshgahi Publication.
- PAZDERŮ K. (2009). Importance of germination energy for seed quality evaluation. In: *Proceedings of the Seed and Seedlings IX, CULS, Prague*, s. 56–60.
- PAZDERŮ K., BLÁHA L. (2013). Trends in Plant Breeding and Seed Production to Improve Abiotic Stress Tolerance. In: *11th Scientific and Technical Seminar on Seed and Seedlings, CULS Prague*, s. 29-33.
- PELIKÁN J., HOFBAUER J. (2002). Netradiční jeteloviny, jejich význam a pěstování. - *Úroda* (5): 9–12.
- SADR ABADI R. (1989). Drought Stress Effects on Azote Stabilization in Some Alfalfa Species. M.A. Agriculture Thesis, Agriculture University, Sharif Industrial University-Isfahan, s. 127.
- SIVAKUMAR M.V.K., DAS H.P., BRUNINI O. (2005). Impacts of present and future climate variability and change of agriculture and forestry in the arid and semi-arid tropics. *Climatic Change*, 70 (1-2), s. 31–72.
- SMÝKAL P., VERNOUD V., BLAIR M. W., SOUKUP A., THOMPSON R.D. (2014). The role of the testa during development and in establishment of dormancy of the legume seed. *Frontiers in Plant Science*, 5, 351.
- YOUNIS M.A., STICKLER F.C., SORENSEN E.L. (1963). Reactions of seven alfalfa varieties under simulated moisture stresses in the seedling stage. *Agronomy Journal*, 55 (2), s. 177-82.

Contact address: Tomáš Vymyslický, Ph.D., *Zemědělský výzkum, spol. s r. o., Zahradní 1, 664 41 Troubsko*, E-mail: vymyslicky@vupt.cz

VLIV SUCHA NA KLÍČIVOST SEMEN JETELE PLAZIVÉHO, TOLICE DĚTELOVÉ A ÚROČNÍKU BOLHOJE OŠETŘENÝCH METODOU ÚPRAVY OSIVA WASP

Effect of Drought on Germinability of Trifolium repens, Medicago lupulina and Anthyllis vulneraria Seeds Treated with the WASP Method

Pavel Knot, Jiri Skladanka

Ústav výživy zvířat a pícninářství, MENDELU v Brně,

Abstract

The goal of the study conducted in 2020 at the Research Forage Production Station in Vatín was to verify the influence of drought stress on the germination dynamics and total germination capacity of *Trifolium pratense*, *Medicago lupulina* and *Anthyllis vulneraria* treated with WASP method. The testing was carried out in controlled conditions on the germinator in Petri dishes. The germinator was adjusted for a daily regime of 16 and 8 hours (temperatures 25 °C and 15 °C). Drought stress had negative impact on both, germination dynamics and total germination capacity of all species in our scope. The negative effect was observed especially in a case, when the drought starts 3rd day after initiation and last for at least another two days. Under these circumstances the total germination significantly decreases. The most sensitive species in our scope of Legumes was *Trifolium repens*.

Keywords: *drought, germinability, seed coating, legumes*

Souhrn

V roce 2020 byl ve Výzkumné pícninářské stanici Vatín proveden výzkum, zabývající se jednak vlivem stresu ze sucha na dynamiku klíčení a celkovou klíčivost jetele plazivého, tolíce dětelové a úročníku bolhoje upravených metodou WASP (Water Absorbing Seed Process). Testování bylo prováděno v řízených podmínkách na klíčidle v Petriho miskách. Teplota byla nastavena v průběhu dne na 25 °C po dobu 16 hodin a 15 °C po dobu 8 hodin. Stres ze sucha se negativně projevil na dynamice klíčení i celkové klíčivosti zde zkoumaných druhů. Negativní efekt byl zaznamenán především za situace, kdy po dvou dnech od založení nastane sucho, které trvá min. dva dny. V tomto případě dojde k významnému snížení celkové klíčivosti. Z výsledků je rovněž zřejmé, že nejcitlivější na stres ze sucha při klíčení je ze zkoumaných leguminóz jetel plazivý.

Klíčová slova: *sucho, klíčivost, obalování osiva, jeteloviny*

Úvod

Úspěšnost výsevu je závislá na mnoha faktorech. Jedním vůbec z nejdůležitějších je klíčivost osiva. U mnoha druhů je zejména v počátcích vývoje schopnost konkurence dána kvalitou osiva, tj. úrovní laboratorní klíčivosti a vitalitou osiva (Pazderů, 2009). Rychlost vzcházení po zasetí je důležitým faktorem konkurenční schopnosti, která ovlivňuje vývoj a charakter travního či jetelotravního porostu. Schopnost klíčit rychle a rovnoměrně je základním předpokladem pro úspěšné založení travníku. V posledních letech je jeden z největších problémů při zakládání travních i jetelotravních porostů nedostatek srážek a vysoké teploty především v jarním období. Nejvíce limitujícím faktorem pro rostliny je nedostatek vody (Jay et al., 2018). Osiva jsou v současné době ošetřována různými metodami, aby se zlepšilo klíčení a jejich konkurenční schopnost ve srovnání s neošetřeným osivem

(Kvasnovsky et al., 2015). Mezi podobné metody patří kupříkladu metoda Proradix nebo Headstart (Knot et al., 2013). Pro lepší hospodaření s vodou a překonání nepříznivých podmínek po založení porostů trav a jetelovin byla vyvinuta metoda WASP, která na principu speciální peletizace semen umožňuje zvýšit procento vzcházivosti v podmínkách nedostatku vody. Tato technologie zahrnuje aplikaci vnější ochranné vrstvy, křídý, absorbéru vody, startovacího hnojiva, humínových kyselin pro rychlejší vzcházivost a biostimulantů pro zdraví rostlin (Vymyslický et al., 2019).

Metodika

V roce 2020 bylo ve Výzkumné pícninářské stanici ve Vatině provedeno testování vlivu stresu ze sucha na počáteční vývoj jetele plazivého, tolice dětelové a úročníku bolhoje. Semena těchto druhů byla upravena metodou WASP (Water Absorbing Seed Process). Varianty pokusu jsou uvedeny v tabulce 1. Úprava semen touto metodou spočívá v obalení několika vrstvami, které obsahují živiny, humínové kyseliny, biostimulátory aj. a především hydroabsorbent, zajišťující semenu stálou vlhkost (Feldsaaten, Freudenberger, 2019). Bylo použito klíčidlo TZ 8-046. Každá testovaná varianta, zastoupená ve třech opakováních, zahrnovala 20 obilek uložených na filtračním papíře v Petriho misce (průměr 90 mm). Mikroklima bylo docíleno zvonkovými příklopy s větracím otvorem v horní části, který zajišťoval cirkulaci vzduchu. Klíčidlo bylo nastaveno na denní režim 16 a 8 hodin při teplotě 25 a 15 °C. Vyšší teplota a 16 hodin simulovalo den a nižší teplota ve spojení s osmi hodinami noc. V nočním režimu bylo rovněž vypínáno osvětlení, které přes den zajišťovalo konstantní osvětlení všech variant. Kontakt s vodou byl zajištěn prostřednictvím knotů z filtračního papíru o délce 260 mm a šířce 30 mm. Sucho bylo navozeno tím způsobem, že u varianty 2.4 byl po jednom dnu od založení vyjmut knot z filtračního papíru a po třech dnech opět navrácen. U varianty 2.3 byl knot odejmut po dvou dnech od založení a po dalších dvou dnech navrácen a u varianty 2.2 knot odejmut třetí den a čtvrtý vrácen. U kontrolní varianty byla semena na filtračním papíru vlhčena po celou dobu pokusu.

Tab. 1: Varianty pokusu

Faktor	Stupně
1. Druh (odrůda)	1.1. jetel plazivý (Jura) 1.2. tolice dětelová (Ekola) 1.3. úročník bolhoj (Pamir)
2. Délka sucha	2.1. kontrola 2.2. 1 den sucha 2.3. 2 dny sucha 2.4. 3 dny sucha

Sledované charakteristiky

Byla sledována dynamika klíčení 4., 7., 10., den a celková klíčivost 14. den po založení pokusu. V těchto termínech byly počítány vyklíčené obilky u jednotlivých variant. Protože byly výsledky klíčení ve formě relativní četnosti a zjištěné procentické hodnoty nejdou vyjádřit pomocí Gaussova rozdělení, bylo provedeno přepočítání pomocí arcussinus-odmocninné transformace (Gomez a Gomez, 1984). K testu signifikance byla použita jednofaktorová analýza variance (STATISTIKA, verze 13) a následný Tukeyův test ($p \leq 0,05$).

Výsledky a diskuse

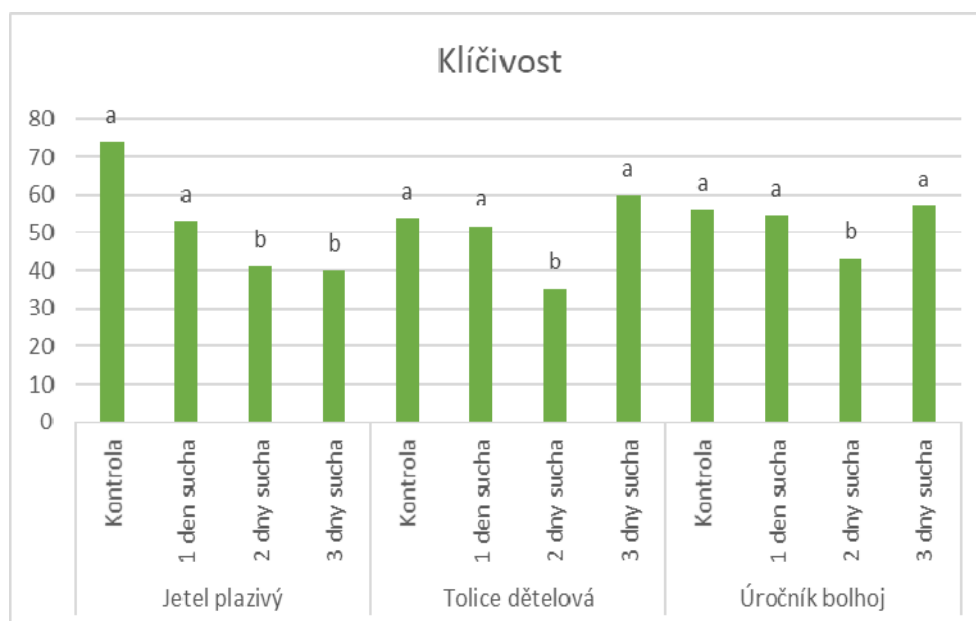
Vystavení semen vybraných jetelovin suchu v počáteční fázi klíčení mělo na dynamiku klíčení všech tří sledovaných druhů významný vliv (tab. 2). Čtvrtý den po založení pokusu byly zjištěny průkazné rozdíly mezi kontrolou a jedním dnem bez vody a variantami bez přístupu vody dva a tři dny. U varianty, kdy byla po založení voda semenům k dispozici pouze první den, nedošlo k započetí klíčení a u všech tří druhů nebylo klíčení zjištěno. Dá se to vysvětlit nedostatkem vody, což zapříčinilo nulovou klíčivost. Z výsledků lze vypožorovat, že průkazné rozdíly byly i mezi variantou dva dny sucha a tři dny

sucha. U varianty dva dny sucha již byla u všech druhů určitá klíčivost zaznamenána, i když významně menší než u kontrolní varianty a varianty bez vody pouze jeden den. U těchto dvou variant byly rozdíly jen velmi malé, a z toho lze usoudit, že pokud nastane sucho třetí den po založení a trvá pouze jeden den, neovlivní to nikterak klíčení jetelovin. Nejvyšší dosažená klíčivost tento čtvrtý den se pohybovala mezi 46,1 % u jetele plazivého po 50,0 % u úročníku bolhoje.

Tab. 2: Dynamika klíčení a celková klíčivost 14. den po založení pokusu (%) u zkoumaných druhů

Druh	Ošetření	Den po založení			
		4.	7.	10.	14.
Jetel plazivý	kontrola	44,9 a	65,8 a	73,8 a	73,8 a
	1 den sucha	46,1 a	50,9 a	52,9 b	52,9 b
	2 dny sucha	16,2 b	21,7 b	39,8 b	41,0 b
	3 dny sucha	0,0 c	11,9 b	27,3 c	40,0 b
Tolice dětelová	kontrola	46,9 a	53,8 a	53,8 a	53,8 a
	1 den sucha	35,0 ab	45,0 a	46,0 a	51,7 a
	2 dny sucha	23,4 b	24,8 b	35,1 b	35,1 b
	3 dny sucha	0,0 c	42,0 a	50,9 a	59,9 a
Úročník bolhoj	kontrola	49,8 a	52,8 a	55,9 a	55,9 a
	1 den sucha	50,0 a	53,4 a	54,3 a	54,3 a
	2 dny sucha	20,8 b	36,2 b	43,1 b	43,1 b
	3 dny sucha	0,0 c	52,8 a	57,0 a	57,0 a

Různá písmena ve sloupcích v jednotlivých dnech pozorování znamenají statisticky průkazný rozdíl u jednotlivých druhů, Tukeyův test ($p \leq 0,05$).



Graf 1: Celková dosažená klíčivost u jednotlivých druhů

Sedmý den sledování, kdy už měly všechny varianty vodu od čtvrtého dne opět k dispozici, došlo k tomu, že u varianty s nejdelším obdobím bez vody došlo k razantnímu navýšení klíčivosti a především u druhů tolíce dětelové a úročníku bolhoje byly pozorovány stejné nebo jen průkazně menší hodnoty oproti kontrole. Především u většího semene úročníku to lze vysvětlit tím, že po opětovném dodání vody došlo nastartování procesu klíčení a k dorovnání kontrolní varianty. Pouze u jetele plazivého byly

hodnoty dosažené klíčivosti u této varianty výrazně nižší (11,9 %) oproti kontrole (65,8 %). U jetele plazivého došlo k rychlému nastartování procesu klíčení, ke kterému stačil pouze jeden den na klíčidle s dostupností vody. Následné sucho po dobu tří dnů způsobilo, že již klíčící semena zaschla. Schopnost velmi rychlého klíčení jetele plazivého potvrzuje i práce Sochorce et al. (2013). Oproti variantě s třemi dny sucha byly naopak u varianty dva dny sucha sedmý den po založení pozorovány průkazně nižší hodnoty jak oproti kontrole, tak i zbylým dvěma variantám. U všech tří druhů se jednalo o průkazné rozdíly oproti ostatním variantám s výjimkou jetele plazivého, u které nebyl prokázán průkazný vliv mezi třemi a dvěma dny sucha. Hodnoty klíčivosti byly oproti kontrole prakticky poloviční, a tuto nízkou klíčivost lze vysvětlit tím, že u této varianty došlo po dvou dnech s dostatkem vody k nastartování klíčení, ale další dva dny bez vody vedly k zaschnutí semen. Z těchto výsledků můžeme usoudit, že nejhorší pro úspěch klíčení je, když sucho nastane po dvou dnech od založení a trvá dva dny. Naproti tomu situace, kdy nedostatek vody nastane jeden den po založení a trvá i delší dobu, tolik nevádí, protože semena ještě nestihla nastartovat procesy klíčení a dojde pouze k opožděnému klíčení, s čímž souvisí pouze následné pomalejší vzcházení.

Podobné tendence, jako sedmý den sledování, lze vypožorovat i den desátý. Varianty ponechané dva dny s dostupností vody a následně dva dny vystavena suchu vykazuje průkazně nižší hodnoty klíčivosti v porovnání s ostatními variantami, mezi kterými jsou už jen neprůkazné rozdíly. Výjimkou je jen jetel plazivý, u kterého jsou nejnižší hodnoty klíčivosti u semen ponechaných tři dny bez vody, což ale zapříčinilo zaschnutí semen již sedmý den po založení. Hodnota klíčivosti zde činí pouhých 27,3 %.

Celková klíčivost 14. den po založení byla nejvyšší u jetele plazivého u kontrolní varianty, a to 73,0 %. U zbývajících dvou druhů bylo nejvyšších hodnot dosaženo u varianty s nejdelším stresem (tolice dětelová 59,9 % a úročník bolhoj 57,0 %). Rozdíl oproti kontrole byl jen velmi malý. Stejně jako v předcházejících termínech sledování i celková klíčivost u těchto dvou druhů byla průkazně nejnižší u varianty s ponecháním bez vody 2 dny oproti ostatním variantám. Relativně nízké hodnoty klíčivosti mohou být způsobeny stářím osiva, jelikož se jednalo o osivo tři roky staré. Vymyslický et al. (2019) zjistil u totožného osiva klíčivosti 99,5 % u jetele plazivého, 95,5 % u tolíce dětelové a 85,0 % u úročníku bolhoje.

Závěr

Z výsledků vyplývá, že sucho výrazně ovlivňuje dynamiku klíčení i celkovou klíčivost. Jako nejhorší se ukázala situace, kdy dojde po dvou dnech od založení k výpadku dostupnosti vody na dva dny. To způsobí významný negativní vliv na klíčivost zkoumaných druhů. U jetele plazivého byla oproti zbývajícím dvěma druhům zjištěna citlivost i na situaci, kdy dojde k nedostatku vody hned po prvním dnu od založení, a tento stav trvá delší dobu jak jeden den. Proto je třeba především u jetele plazivého dbát na vhodný termín výsevu a vyvarovat se období s rizikem sucha. V tomto příspěvku jsou jen dílčí výsledky rozsáhlejšího výzkumu, jelikož logicky vedle délky sucha hraje velkou roli i den od založení, kdy k tomuto negativnímu stavu dojde. Z dílčích výsledků je ale již zřejmé, že jsou rozdíly mezi druhy a důležitou roli jistě hraje velikost semen, a s tím rovněž související rychlost pronikání vody do semen a aktivace procesu klíčení. Z pohledu účinku úpravy osiva metodou WASP nelze říct, jaký může mít vliv, jelikož nebylo použito osivo bez ošetření. U jetele plazivého i tolíce dětelové byl ale pozorován efekt po navození sucha, kdy u obou druhů došlo k prasknutí obalu, a z toho lze usuzovat, že účinek takto upraveného osiva nebude velký. Ale toto praskání mohlo být způsobeno i stářím ošetřeného osiva.

Poděkování

Příspěvek byl zpracován s podporou projektu EPSILON č. TH04030258 Inovace postupů zakládání smíšených kultur vojtěšky seté za účelem zvýšení kvality půdy a výroby zdravotně nezávadné píce.

Literatura

- FELDSAATEN FREUDENBERGER (2019). Seed Coating Technology [online], [cit. 2019-09-10]. URL: <http://www.mantelsaat.com/english/home.html>
- GOMEZ K.A., GOMEZ A.A. (1984). Statistical procedures for agricultural research. 2nd ed. J. Wiley & Sons, New York, Chichester, Brisbane, Toronto.
- KNOT P., PANČÍKOVÁ J., RAUS J., SOCHOREC M. (2013). The effect of Proradix and Headstart methods treatment on germinability of *Poa pratensis* caryopsis. In: Seed and Seedlings XI., Scientific and technical seminar. 7.2.2013, Prague, 48–52.
- KVASNOVSKY M., KLUSOŇOVÁ I., KNOT P. (2015). Vliv metody obalování osiva hnojivem na klíčení a počáteční vývoj vybraných druhů trav. In: Seed and Seedlings XI., Scientific and technical seminar, 5.2.2015, Prague, 145–149.
- JOYR A. L., DEBAEKE P., STEINBERG C., MING P.Y., BARBETTI M.J., AUBERTOT, J.N. (2018). Abiotic and biotic factors affecting crop seed germinability and seeding emergence: A conceptual Framework. *Plant and Soil*, 432, 1–28.
- PAZDERŮ K. (2009). Importance of germination energy for seed quality evaluation. In: Proceedings of the Seed and Seedlings IX, CULS, Prague, 56–60.
- SOCHOREC M., RAUS J., KVASNOVSKY M., KNOT P. (2013). The effect of nutrient seed coating and temperature on germination of Red fescue, Kentucky bluegrass, Perennial ryegrass and White clover. In: Seed and Seedlings XI., Scientific and technical seminar, 7.2.2013, Prague, 145–149.
- STATSOFT Inc. (2017). STATISTICA data analysis software system, version 13.0., www.statsoft.com
- VYMYSLICKÝ T., LOŠÁK M., SALAŠ P., KINTL A. (2019). Vliv obalování osiva na klíčivost a polní vzcházivost u vybraných druhů trav a jetelovin. Osivo a sadba, XIV. Odborný a vědecký seminář. Sborník referátů, 2019. 37–43.

Contact Adress: Pavel Knot, Ph.D., Ústav výživy zvířat a pícninářství, Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1, 602 00 Brno, E-mail: knot@mendelu.cz

PRODUKCIA OSIVA PRVÝCH SLOVENSKÝCH ODRÔD FESTULOLIUM A. ET GR. CV. LENOR A TATRAN

Seed Yield of the First Slovak Cultivars of Festulolium A. et Gr. cv. Lenor and Tatan

Peter Hric, Ľuboš Vozár, Peter Kovár

**Katedra rastlinnej výroby a trávnych ekosystémov a kŕmnych plodín, FAPZ,
SPU v Nitre, Slovenská republika**

Abstract

The aim of this experiment was to compare seed yield and weight of a thousand grains (WTG) of the first Slovak cultivars of *Festulolium A. et Gr.* with previously bred foreign cultivars. The seed experiment was realized at the Demonstrating and Research Base of Department of Plant Production and Grassland Ecosystems, Slovak Agricultural University in Nitra (Slovak Republic) in years 2018–2020. We compared new intergeneric hybrid Lenor (fescue type) with Felina (fescue type) and Hykor (fescue type). Another Slovak hybrid Tatan (ryegrass type) compared with Lofa (ryegrass type). In 2018 first Slovak hybrid Lenor has higher seed yield ($P < 0.05$) than Hykor. In 2019 Lenor has higher seed yield ($P > 0.05$) than Felina and Hykor. Conversely, Lenor recorded lower production ($P > 0.05$) than Felina and Hykor in 2020. On average of three years, Lenor had higher production ($P > 0.05$) than Felina and Hykor. Weight of a thousand grains (WTG) fescue hybrids was from 1.5 g to 1.9 g. In 2018 reached new Slovak intergeneric hybrid Tatan lower ($P > 0.05$) seeds yield than Lofa. Similarly, in the following year, Tatan has lower ($P < 0.05$) seeds yield than Lofa. On average of three years, Tatan had lower production ($P > 0.05$) than Lofa. WTG of ryegrass hybrids was from 1.9 to 2.9 g.

Keywords: *grasses, Festulolium A. et Gr., seed yield, Lenor, Tatan*

Súhrn

Cieľom experimentu bolo porovnať produkciu osiva a hmotnosť tisíc zŕn (HTZ) prvých slovenských odrôd *Festulolium A. et Gr.* so skôr vyšľachtenými zahraničnými odrodami. Semenárske pokusy sa realizovali v demonštračnej a výskumnej báze Katedry rastlinnej výroby a trávnych ekosystémov Slovenskej poľnohospodárskej univerzity v Nitre (Slovenská republika) v rokoch 2018 až 2020. Porovnávali sme novovyšľachtený hybrid Lenor (festucoidný charakter) s Felinou a Hykorom. Ďalším slovenským hybridom bol Tatan (loloidný charakter) porovnávaný s Lofou (loloidný charakter). V roku 2018 dosiahol prvý slovenský hybrid Lenor vyššiu produkciu semien ($P < 0,05$) ako Hykor. V roku 2019 zaznamenal Lenor vyššiu produkciu osiva ($P > 0,05$) ako Felina a Hykor. Naopak v roku 2020 zaznamenal nižšiu produkciu ($P > 0,05$) ako Felina a Hykor. V priemere troch rokov mal Lenor vyššiu ($P > 0,05$) produkciu osiva ako Felina a Hykor. Hmotnosť tisíc zŕn kostravových hybridov bola od 1,5 g do 1,9 g. ($P > 0,05$). V roku 2018 dosiahol nový slovenský hybrid Tatan nižšiu ($P > 0,05$) produkciu semien ako Lofa. Podobne aj v nasledujúcom roku zaznamenal Tatan nižšiu ($P < 0,05$) produkciu semien ako Lofa. V priemere troch rokov mal Tatan nižšiu produkciu osív ($P > 0,05$) ako Lofa. HTZ mätonohových hybridov bola od 1,9 g do 2,9 g.

Kľúčové slová: *trávy, Festulolium A. et Gr., produkcia osiva, Lenor, Tatan*

Úvod

Medzirodové hybridy tráv (*Festulolium* A. et Gr.) považujeme za prirodzené alebo umelé medzigeneračné hybridy, vznikajúce z druhov tráv patriacich do dvoch rodov: kostrava (*Festuca* L.) a mätonoh (*Lolium* L.). Hlavným cieľom ich vzniku v procese šľachtenia je kombinovanie určitých predností oboch rodičov, a to mätonohu mnohokvetého (*Lolium multiflorum* Lam.) alebo mätonohu trváceho (*Lolium perenne* L.) s kostravou lúčnou (*Festuca pratensis* L.) alebo s kostravou trsteníkovitou (*Festuca arundinacea* Schreb.) (Ghesquière et al., 2010). *Festulolium* A. et Gr. našli uplatnenie v mnohých systémoch. Uplatňujú sa hlavne v poľnohospodárstve ako krmné trávy vhodné na kŕmenie pre široké spektrum hospodárskych zvierat (Macleod et al., 2013; Humphreys et al., 2014).

Semená rastlín je obdivuhodná, úsporná a efektívna forma prenosu genetickej informácie z generácie na generáciu a tým i prostriedok kontinuity rastlinného druhu i odrody (Chloupek, 2008). Trávne semenárstvo je chápané ako samostatný odbor. Jednak z pohľadu dôvodov samotnej podstaty špecifických prístupov k množeniu, ale predovšetkým z dôvodu veľkého počtu pestovaných druhov s často veľmi rozdielnymi nárokmi (Houba a Hosnedl, 2002).

Houba a Hosnedl (2002) uvádzajú, že k najdôležitejším semenárskym znakom patrí kvalita osiva a zdravotný stav. Samozrejme netreba zabúdať ani na produkciu osiva. Tento parameter je nielen pre nové odrody tráv veľmi dôležitý z dôvodu komerčnej konkurencie schopnosti na trhu (Boelt a Studer, 2009).

Cieľom príspevku bolo porovnať produkciu osiva a hmotnosť tisíc zŕn (HTZ) prvých slovenských odrôd *Festulolium* A. et Gr. so skôr vyšľachtenými zahraničnými odrodami.

Metodika

Semenársky pokus sa realizoval v Demonštračnej a výskumnej báze Katedry rastlinnej výroby a trávnych ekosystémov FAPZ SPU v Nitre (Slovenská republika) v rokoch 2018 až 2020. Experimentálna plocha sa nachádza v miernom klimatickom pásme teplej a suchej oblasti. Priemerná ročná teplota dosahuje 9,7 °C a priemerný ročný úhrn zrážok je 561 mm (Babošová a Noskovič, 2014). Priebeh poveternostných podmienok v sledovanom období znázorňuje tabuľka 1. Pôdnym typom je ílovito-hlinitá fluvizem. Agrochemické vlastnosti pôdy pokusného stanovišťa pred založením porastu uvádzame v tabuľke 2.

Tab. 1: Priemerné mesačné teploty a úhrny zrážok za vegetačné obdobia v rokoch 2018–2020

Rok	Indikátor	Mesiac								Vegetačné obdobie	
		III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	Σ	Ø
2018	Ø teplota (°C)	3,4	16,0	19,4	21,0	22,3	23,4	17,0	12,9	-	16,9
	Σ zrážky (mm)	48,6	12,4	26,0	109,0	43,1	73,7	68,9	14,1	395,8	-
2019	Ø teplota (°C)	8,0	13,1	13,3	23,4	22,1	22,7	16,3	12,2	-	16,4
	Σ zrážky (mm)	18,1	10,8	120,1	62,8	41,3	106,7	66,9	16,2	442,9	-
2020	Ø teplota (°C)	6,1	11,0	13,8	19,6	21,5	22,5	17,2	11,5	-	15,4
	Σ zrážky (mm)	67,0	6,3	47,9	71,6	45,4	106,0	99,0	156,3	599,5	-

Zdroj: Bulletin Meteorológia a Klimatológia (upravené), Ø - priemer, Σ - suma.

Tab. 2: Agrochemické vlastnosti pôdy pokusného stanovišťa

N _t	P	K	Mg	Ca	C _{ox}	pH
mg.kg ⁻¹					g.kg ⁻¹	
1 823,2	58,3	336	541	6 067	7,7	6,78

V experimente sa sledovalo 5 odrôd:

1. *Festulolium pabulare* (festucoidný charakter) cv. Felina
2. *Festulolium pabulare* (festucoidný charakter) cv. Hykor
3. *Festulolium pabulare* (festucoidný charakter) cv. Lenor
4. *Festulolium pabulare* (loloidný charakter) cv. Lofa
5. *Festulolium pabulare* (loloidný charakter) cv. Tatan

Felina (registrovaná v roku 1988) je prvý český a slovenský medzirodový hybrid tráv. Vznikla krížením mätonohu mnohokvetého a kostravy trst'ovníkovitej (kostravový charakter). Je vzrastovo vyššia, trvaca, odolná voči vymŕzaniu a dobre znáša sucho (Kováč et al., 2002).

Hykor (registrovaný v roku 1991) vznikol krížením mätonohu mnohokvetého a kostravy trst'ovníkovitej (kostravový charakter). Patrí medzi vzrastovo vyššie a vytrvalé trávy. Je odolný voči vymŕzaniu, dobre znáša sucho (Kováč et al., 2002).

Lenor (registrovaný v roku 2015) je prvý slovenský medzirodový hybrid tráv. Vznikol krížením mätonohu mnohokvetého a kostravy trst'ovníkovitej (kostravový charakter). Má rýchly jarný rast s dobrou odolnosťou voči mrazu a suchu. Má jemné listy a je vhodný aj na pastvu (Bašta, 2017).

Lofa (registrovaná v roku 1997) vznikla krížením mätonohu mnohokvetého a kostravy trst'ovníkovitej (mätonohový charakter). Je to vyššia tráva s rýchlym jarným rastom (Kováč et al., 2002).

Tatan (registrovaný v roku 2018) je prvý slovenský medzirodový hybrid tráv mätonohového charakteru. Vznikol krížením mätonohu mnohokvetého a kostravy trst'ovníkovitej. Je stredne vysoký, stredne neskorý a ma dobré olistenie (Hric, 2018).

Nami zvolené kontrolné odrôdy (Felina, Hykor a Lofa) boli taktiež zaradené v Štátnych odrodových skúškach ÚKSÚP (VCU a DUS skúšky) pri hodnotení Lenoru a Tatanu.

Pokus bol založený 4. apríla 2017. Veľkosť parcelky bola 1,5 x 2 m (3 m²) v troch opakovaníach. Výsevok bol 20 kg.ha⁻¹ (Houba a Hosnedl, 2002; Cagaš, et al., 2010) so šírkou riadkov 15 cm. Na jeseň 2017 sa aplikovalo hnojivo Slovcerit (14-9-10) v dávke 50 kg.ha⁻¹ N. Na jar v sledovaných rokoch sa hnojilo Travceritom (15-10-8) v množstve dusíka 80 kg.ha⁻¹ a na jeseň v dávke 30 kg.ha⁻¹ N. Určenie zrelosti zŕn sa robilo subjektívne poklepom súkvetí na ruku. Termíny zberu semenárskych porastov jednotlivých odrôd v jednotlivých rokoch 2018 až 2020 sú uvedené v tabuľke 3. Po roku 2019 boli porasty loloidného charakteru (Lofa a Tatan) zdecimované suchom a teplom. Z tohto dôvodu už v roku 2020 neposkytli semenársku ani krmovinársku úrodu.

Tab. 3: Termíny zberu semenárskych porastov v rokoch 2018 - 2020

Odroda	Felina	Hykor	Lenor	Lofa	Tatan
Termín zberu 2018	11. 6. 2018	11. 6. 2018	15. 6. 2018	18. 6. 2018	19. 6. 2018
Termín zberu 2019	17. 6. 2019	17. 6. 2019	24. 6. 2019	27. 6. 2019	30. 6. 2019
Termín zberu 2020	26. 6. 2020	26. 6. 2020	29. 6. 2020	--	--

Produkcia semien sa stanovila vážením ako priemer troch opakovaní pri každej odrode. Pri stanovení hmotnosti tisíc zŕn (HTZ) sa z každého opakovania pri jednotlivých odrodách odvážilo 2 x 500 zŕn hybridov tráv.

Výsledky boli vyhodnocované pomocou STATISTICA (data analysis software) version 10, jednofaktorovou analýzou rozptylu (ANOVA) s následným testovaním preukaznosti rozdielov Fisherovým LSD testom pri 95% hladine pravdepodobnosti ($\alpha = 0,05$).

Výsledky a diskusia

Produkcia semien je dôležitým znakom pri posudzovaní perspektívy nových odrôd tráv pre hospodárske alebo trávnikárske využitie (Chloupek, 2008; Booler et al., 2010). Produkcia zŕn medzirodových hybridov festucoidného charakteru počas sledovaného obdobia 2018–2020 je prezentovaná v tabuľke 4. Hodnotením produkcie semien hybridov tráv festucoidného charakteru v roku 2018 bola zistená nepreukazne najvyššia produkcia osiva pri novovyšľachtenej odrode Lenor (1 233,22 kg.ha⁻¹). V nasledujúcom roku 2019 opätovne nepreukazne najvyššiu úrodu semien dosiahol Lenor (1 596,83 kg.ha⁻¹) v porovnaní s Felinou (1 437,57 kg.ha⁻¹) a Hykorom (1 437,57 kg.ha⁻¹). V roku 2020 zaznamenali odrody Felina a Hykor nepreukazne vyššiu produkciu semien (o 156,74, resp. 150,1 kg.ha⁻¹) ako Lenor. V priemere troch rokov 2018–2020 zaznamenala novovyšľachtená slovenská odroda Lenor nepreukazne vyššiu (o 17,74, resp. 121,37 kg.ha⁻¹) semenársku úrodu ako Felina a Hykor. Porovnaním produkcie semien odrôd *xFestulolium* (loloidný charakter) v roku 2018 (tab. 5) dosiahla nepreukazne vyššiu produkciu Lofa (o 212,71 kg.ha⁻¹) v porovnaní s Tatranom. V druhom pestovateľskom roku 2019 mala opätovne Lofa (1 899,76 kg.ha⁻¹) preukazne vyššiu úrodu semien ako Tatran (1 579,67 kg.ha⁻¹). V priemere hodnôt rokov 2018 a 2019 dosiahla Lofa nepreukazne vyššiu (o 266,4 kg.ha⁻¹) semenársku produkciu ako Tatran. Deleruan et al. (2000) uvádzajú priemernú produkciu semien odrôd *xFestulolium* loloidného charakteru 1 050–1 150 kg.ha⁻¹ a festucoidného charakteru 650–800 kg.ha⁻¹. Gutmane a Adamovich (2005) zistili pri dávke 90 kg.ha⁻¹ dusíka úrodu semien pri Feline 1 019 kg.ha⁻¹, Hykore 819 kg.ha⁻¹ a Lofe 1 269 kg.ha⁻¹. Booler et al. (2010) zaznamenal podobnú produkciu semien. Odrôda Felina vyprodukovala 800 kg.ha⁻¹, Hykor 990 kg.ha⁻¹ a Lofa 1 190 kg.ha⁻¹.

Tab. 4: Produkcia zŕn (kg.ha⁻¹) *xFestulolium* (festucoidný charakter) v rokoch 2018 – 2020

Odrôda	2018	2019	2020	2018 – 2020
Felina	1 181,50 ^a	1 437,57 ^a	1 061,24 ^a	1 226,78 ^a
Hykor	916,03 ^b	1 398,83 ^a	1 054,60 ^a	1 123,15 ^a
Lenor	1 232,22 ^a	1 596,83 ^a	904,50 ^a	1 244,52 ^a

Rozdielne indexy (a, b) pri hodnotách v stĺpcoch znamenajú štatisticky preukazný rozdiel (Fisherov LSD test; $\alpha = 0,05$).

Tab. 5: Produkcia zŕn (kg.ha⁻¹) *xFestulolium* (loloidný charakter) v rokoch 2018–2019

Odrôda	2018	2019	2018 – 2019
Lofa	1 513,82 ^a	1 899,76 ^b	1 706,79 ^a
Tatran	1 301,11 ^a	1 579,67 ^a	1 440,39 ^a

Rozdielne indexy (a, b) pri hodnotách v stĺpcoch znamenajú štatisticky preukazný rozdiel (Fisherov LSD test; $\alpha = 0,05$).

Hmotnosť tisíc zŕn, resp. semien (HTZ), je jedným z najčastejšie využívaných faktorov pri určovaní semenárskej hodnoty (Honsová, 2017). Je to dôležitý údaj pre pestovateľov, pretože hodnota HTZ podstatne ovplyvňuje výsevok. Hoci veľkosť semien, vyjadrená prostredníctvom hmotnosti tisíc semien, resp. zŕn (HTZ), je odrodovým znakom jej závislosť na podmienkach prostredia, procesu dozrievania, agrotechniky a na zdravotnom stave porastu je vysoká (Houba a Hosnedl, 2002). V nami realizovanom pokuse boli zistené nepreukazné rozdiely HTZ pri odrodách festucoidného charakteru (tab. 6). HTZ bola počas celého sledovania v rozmedzí od 1,5 g do 1,9 g. V priemere rokov 2018–2020 zaznamenal Hykor HTZ na úrovni 1,6 g a Felina s Lenorom 1,7 g. Zistené rozdiely boli štatisticky nepreukazné. Kováč et al. (2002) a Cagaš et al. (2010) uvádzajú HTZ odrody Felina od 2,2 do 2,5 g a Hykor od 2,5 do 3,0 g. Hodnotením HTZ hybridov tráv loloidného charakteru v roku 2018 (tab. 7) bola zistená preukazne vyššia HTZ pri odrode Lofa (2,9 g) v porovnaní s Tatranom (2,3 g). V nasledujúcom roku 2019 mala Lofa nepreukazne vyššiu HTZ (2,0 g) ako Tatran (1,9 g). Porovnaním priemerných hodnôt HTZ v dvoch hodnotených rokoch 2018 a 2019 Lofa zaznamenala nepreukazne

vyššiu (o 0,4 g) HTZ ako Tatran. Kováč et al. (2002) a Cagaš et al. (2010) uvádzajú HTZ odrody Lofa od 3,6 do 3,9 g.

Tab. 6: Hmotnosť tisícich zŕn (g) xFestulolium (festucoidný charakter) v rokoch 2018–2020

Odroda	2018	2019	2020	2018 – 2020
Felina	1,9 ^a	1,7 ^a	1,5 ^a	1,7 ^a
Hykor	1,6 ^a	1,7 ^a	1,6 ^a	1,6 ^a
Lenor	1,8 ^a	1,8 ^a	1,6 ^a	1,7 ^a

Index (a) pri hodnotách v stĺpcoch znamená štatisticky nepreukazný rozdiel (Fisherov LSD test; $\alpha = 0,05$).

Tab. 7: Hmotnosť tisícich zŕn (g) xFestulolium (loloidný charakter) v rokoch 2018–2019

Odroda	2018	2019	2018 – 2019
Lofa	2,9 ^b	2,0 ^a	2,5 ^a
Tatran	2,3 ^a	1,9 ^a	2,1 ^a

Rozdielne indexy (a, b) pri hodnotách v stĺpcoch znamenajú štatisticky preukazný rozdiel (Fisherov LSD test; $\alpha = 0,05$).

Záver

Z dosiahnutých výsledkov môžeme konštatovať, že prvý slovenský novovyšľachtený medzirodový hybrid tráv (festucoidný charakter) Lenor dosahoval vyššiu, resp. porovnateľnú produkciu semien ako skôr vyšľachtené zahraničné odrody Felina a Hykor. Hodnotením hmotnosti tisíc zŕn, resp. semien (HTZ), sme nezistili výraznejšie rozdiely medzi hodnotenými odrodami. Naopak slovenský novovyšľachtený medzirodový hybrid tráv (loloidný charakter) Tatran zaznamenal nižšiu úrodu semien a takisto aj nižšie hodnoty HTZ ako skôr vyšľachtená zahraničná odroda Lofa.

Podakovanie

Tento príspevok bol podporený projektom GA SPU 23/2019 Potenciál využitia slovenských novovyšľachtených medzirodových hybridov tráv v meniacich sa podmienkach klímy.

Literatúra

- BABOŠOVÁ M., NOSKOVIČ J. (2014). Kvalita atmosférických zrážok v oblasti mesta Nitra-Dolná Malanta, Nitra: SPU, 65 s.
- BAŠTA L. (2017). Nové odrody d'ateliny lúčnej a tráv. In Naše pole, roč. 21, č. 7, p. 26–27.
- BOELT B., STUDER B. (2010). Breeding for Grass Seed Yield. In BOLLER, Beat – POSSELT, Ulrich K. – VERONESI, Fabio (eds.) Fodder Crops and Amenity Grasses: Handbook of Plant Breeding, vol. 5. New York: Springer-Verlag, p. 161 – 174.
- BOLLER B., POSSELT U., VERONESI F. (2010). Fodder Crops and Amenity Grasses, New York: Springer, 2010, 525 p.
- BULLETIN Meterológia a Klimatológia (dostupné na [http://www.shmu.sk/sk/?page=1613&id=\[cit.2020-12-18\]](http://www.shmu.sk/sk/?page=1613&id=[cit.2020-12-18])).
- CAGAŠ B., MACHÁČ J., MACHÁČ R., ŠEVČÍKOVÁ M., ŠRÁMEK P. (2010). Trávy pěstované na semeno. Olomouc: Profi-tisk group, s.r.o., 2010, 274 s.
- DELEURAN L.C., GISLUM R., BOELT B. (2010). Effect of seed rate and row spacing in seed production of Festulolium. In Acta Agriculturae Scandinavica, Section B – Soil and Plant Science, vol. 60, no. 2, p. 152–156.
- GHEQUÏÈRE M., HUMPHREYS M. W., ZWIERZYKOWSKI Z. (2010). Festulolium. In BOLLER, Beat – POSSELT, Ulrich K. – VERONESI, Fabio (eds.) Fodder Crops and Amenity Grasses: Handbook of Plant Breeding, vol. 5. New York: Springer-Verlag, p. 293–316.
- GUTMANE I., ADAMOVIČS A. (2005). Use of Festulolium and Lolium x boucheanum for forage and seed production. In Proceedings of the 13th Occasional Symposium of the European Grassland Federation vol. 10. Tartu, Estonia, 29-31 August 2005. Tartu: Greif printhouse, p. 503 – 506.
- HONSOVÁ H. (2017). Semenárska hodnota osiva jarného ječmene vo vzťahu k polní vzhádzivosti. In Osivo a sadba (XIII. národný odborný a vedecký seminár). Praha: ČZU, 2017, s. 102–106.
- HOUBA M., HOSNEDL V. (2002). Osivo a sadba (Praktické semenářství). Praha: Profi Press, 2002, 186 s.

- HRIC J. (2018). Graminex s.r.o., Vlastné skúsenosti so šľachtením odrody Tatran. Osobná komunikácia. 3.3. 2018.
- HUMPHREYS M.W., O'DONOVAN S.A., FARRELL M.S., GAY A.P., KINGSTON-SMITH A.H. (2014). The potential of novel *Festulolium* ($2n = 4x = 28$) hybrids as productive, nutrient-use-efficient fodder for ruminants. In Food and Energy Security, vol. 3, iss. 2, p. 98–110.
- CHLOUPEK O. (2008). Genetická diverzita, šlechtění a semenářství. Praha: Academia, 312 s.
- KOVÁČ L., HOUDEK I., GEJGUŠ J. (2002). Krmovinárske využitie rodových hybridov tráv v špecifických podmienkach Východoslovenskej nížiny. Michalovce: Grafex. 2002, 119 s.
- MACLEOD Ch.J.A., HUMPHREYS M.W., WHALLEY R.W., TURNER L., BINLEY A., WATTS Ch.W., SKØT L., JOYNES A., HAWKINS S., KING I., O'DONOVAN S., HAYGARTH P.M. (2013). A novel grass hybrid to reduce flood generation in temperate regions. In Scientific reports 3, Article number: 1683 [cit. 2020-04-23]. Dostupné na internete: <doi:10.1038/srep01683>.
- StatSoft, Inc. (2005). STATISTICA Cz [Softwarový systém na analýzu dat], verze 7.1. www.StatSoft.Cz

Contact address: Ing. Peter Hric, PhD., Ing.-Paed.IGIP, Katedra rastlinnej výroby a trávnych ekosystémov, FAPZ, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, Slovenská republika, E-mail: peter.hric@uniag.sk

VLIV OBALENÍ SEMEN VYBRANÝCH DRUHŮ TRAV NA POČÁTEČNÍ VÝVOJ V POLNÍCH PODMÍNKÁCH

Effect of Seed Coating of Selected Grass Species on Initial Development in Field Conditions

Martin Lošák

OSEVA vývoj a výzkum s.r.o., pracoviště Zubří

Abstract

In the years 2019–2020, the influence of WASP (Water Absorbing Seed Process) seed coating on the initial development of five grass species in field conditions was evaluated. Field trials were established on two soil-climatically different localities: Hodonín (48°52'40"N, 17°07'39"E, altitude 200 m, long-term average annual precipitation 569 mm, long-term average daily air temperature 9.3 °C, soil type arenic regosol) and in the locality Zubří (49°27'57"N, 18°04'51"E, 345 m, 865 mm, 7.5 °C, gleyic luvisol). Grass species and varieties were evaluated: *Festuca pratensis* Huds., variety 'Rožnovská', *Festuca rubra* L., 'Zulu', *Lolium perenne* L., 'Ahoj', *Phleum pratense* L., 'Levočský' and *Poa pratensis* L., 'Lipoa'. Plants from coated seeds formed statistically highly significant ($P < 0.01$) longer above-ground parts of plants, longer roots and a larger number of lateral tillers during the period of initial development. However, the influence of locality, year and interspecies differences in the reaction to seed coating were also significant.

Keywords: coated seed, WASP technology, grasses, length of plants, root length, number of tillers

Souhrn

V letech 2019–2020 byl hodnocen vliv obalení osiva technologií WASP (Water Absorbing Seed Process) na počáteční vývoj pěti druhů trav v polních podmínkách. Polní pokusy byly založeny na dvou půdně klimaticky odlišných lokalitách: Hodonín (48°52'40"N, 17°07'39"E, nadmořská výška 200 m, dlouhodobý průměr ročního úhrnu srážek 569 mm, dlouhodobý průměr denní teploty vzduchu 7,5 °C, půdní typ regozem arenická) a na lokalitě Zubří (49°27'57"N, 18°04'51"E, 345 m n. m., 865 mm, 7,5 °C, luvizem oglejená). Hodnoceny byly druhy a odrůdy trav: *Festuca pratensis* Huds., odrůda 'Rožnovská', *F. rubra* L., 'Zulu', *Lolium perenne* L., 'Ahoj', *Phleum pratense* L., 'Levočský' a *Poa pratensis* L., 'Lipoa'. Rostliny z obaleného osiva vytvářely v období počátečního vývoje statisticky vysoce průkazně ($P < 0,01$) delší nadzemní části rostlin, delší kořeny a větší počet postranních odnoží. Signifikantní vliv měl ale vliv lokality, ročníku a sledovány byly také významné mezidruhové rozdíly v reakci na obalení osiva.

Klíčová slova: obalované osivo, technologie WASP, trávy, délka rostlin, délka kořenů, počet odnoží

Úvod

Ztráta vegetačního pokryvu a abundance je nejzávažnějším způsobem narušení a degradace travních ekosystémů. Pro obnovu vegetace se mohou využívat obalovaná osiva, aby se zlepšilo klíčení a rychlost zapojení nového porostu (Westcott et al., 2010). Technologie úpravy travních osiv se zaměřuje na zlepšování podmínek pro vzcházení nově zakládáných porostů v podmínkách nepravidelného zásobení vodou, proto takto upravená osiva mohou obsahovat ve svých obalových vrstvách také hydroabsorbenty na bázi polymerů, které vážou vodu, postupně ji uvolňují a dlouhodobě jí zásobují semena. Dalšími výhodami obalování semen je snadnější manipulace s osivem a zejména jednodušší

výsev. Nevýhodou obalených semen je, že mohou skrývat semena jiných druhů nebo nečistoty v osivu, ale hlavní nevýhodou je výrazné zvýšení velikosti a hmotnosti semen (Lošák a Ševčíková, 2018; Stevens et al., 2011). Hydroabsorbenty mohou být ve formě přírodních polymerů na bázi škrobu, polosyntetické nebo syntetické polymery. Vytvořený gel z hydroabsorbentů chrání nejjemnější kořenový systém rostlin před poškozením suchem. V závislosti na konkrétním typu polymeru jsou tyto látky schopny vázat na 1 g své hmotnosti až 300 g vody. Podle některých vědeckých studií (např. Pazderů a Koudela, 2013; Rak, 2011) mohou hydroabsorbenty hrát důležitou roli při klíčení rostlin, ale ovlivňují také transpiraci rostlin díky zvýšené dostupnosti vody, zajišťují dostupnost vody pro mikroorganismy fixující dusík a mají vliv na produkci čerstvé i suché biomasy rostlin. Hydroabsorbentům je připisován také protierozní účinek a omezení ztrát živin z půdy. Polymerní sloučeniny používané v zemědělství by měly být v půdě plně rozložitelné.

Cílem práce bylo vyhodnotit vliv obalení semen technologií WASP (Water Absorbing Seed Process) na počáteční vývoj pěti druhů trav na dvou půdně i klimaticky odlišných lokalitách. Obal semen je tvořen několika vrstvami, které obsahují živiny, huminové kyseliny, biostimulátory aj. a především hydroabsorbent, zajišťující semeni stálou vlhkost (Feldsaaten Freudenberg, 2020).

Metodika

Osivo pěti druhů kulturních trav kostravy luční (*Festuca pratensis* Huds., odrůda 'Rožnovská'), kostravy červené (*F. rubra* L., 'Zulu'), jílku vytrvalého (*Lolium perenne* L., 'Ahoj'), bojínku lučního (*Phleum pratense* L., 'Levočský') a lipnice luční (*Poa pratensis* L., 'Lipoa'), získané nákupem od semenářských firem, bylo obaleno technologií WASP ve specializované firmě Feldsaaten Freudenberg v Německu v roce 2017. Bezprostředně poté byly provedeny testy semenářské hodnoty obaleného i neošetřeného osiva (HTS, klíčivost) a na základě provedené analýzy kvalitativních parametrů osiva bylo stanoveno výsevné množství jednotlivých druhů pro založení polních pokusů. Zbývající osivo bylo vakuově zabaleno, aby byl eliminován přístup vlhkosti k semenům, a uloženo při teplotě $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$, což odpovídá podmínkám shodných s dlouhodobým ukládáním semen v genových bankách. U takto uskladněného osiva byla každoročně opět zhodnocena klíčivost jako podklad pro stanovení výsevného množství v časově opakovaných výsevech.

Polní pokusy byly založeny v letech 2019 a 2020 bezezbytkovými maloparcelními secími stroji na 2 lokalitách: Hodonín, místní část Pánov (nadmořská výška 200 m, dlouhodobý roční úhrn srážek 569 mm, dlouhodobá průměrná roční teplota $9,3\text{ }^{\circ}\text{C}$), Zubří (345 m, 864,5 mm, $7,5\text{ }^{\circ}\text{C}$). Průměrné roční teploty a roční úhrny srážek jsou uvedeny za období 1961–1990. Charakteristika půd na obou lokalitách na základě půdních rozborů provedených v jarním období roku 2019: Hodonín – půdní typ regozem arenická na navátém písku, půdní druh písčité, podíl písčité frakce 91,5 %, obsah živin ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$): K 74, Mg 28, P 166, Ca 306, obsah C_{ox} 0,68 %, pH 4,1; Zubří – půdní typ luvizem oglejená, půdní druh hlinitá, podíl písčité frakce 36,4 %, obsah živin ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$): K 120, Mg 90, P 55, Ca 1386, obsah C_{ox} 0,88 %, pH 5,0. Založení pokusů bylo provedeno ve třech znáhodněných opakováních na parcelách o výměře 10 m^2 a v termínech uvedených v tabulce 1. V tabulce 2 jsou uvedeny základní meteorologické charakteristiky obou let provádění hodnocení, a to vzhledem k termínu výsevu a odběru rostlinných vzorků vždy za měsíce leden až červen.

Přibližně po 70 dnech od výsevu byl proveden odběr rostlin vzešlých travních druhů, a to náhodně 15 rostlin z každé parcely a opakování. Rostliny byly odebrány včetně kořenového systému a následně v polní laboratoři na jemném sítku promývány pod tekoucí vodou pro odstranění zbytků půdy a nečistot. Následně byla na každé rostlině změřena délka nadzemní části, délka kořenové části a byl spočten počet vytvořených postranních odnoží.

Získané výsledky byly statisticky zhodnoceny metodou jednofaktorové a vícefaktorové analýzy variance ANOVA v programu STATISTICA 12 a statistická významnost rozdílů středních hodnot u všech porovnávaných skupin byla zhodnocena pomocí Tukeyova HSD testu na hladinách významnosti $\alpha = 0,05$ a $\alpha = 0,01$. Hodnocen byl vliv faktorů: a) lokalita, b) ročník, c) varianta použitého osiva (neošetřené, obalené) a zároveň interakce mezi vybranými faktory.

Tab. 1: Termíny založení polních pokusů na lokalitách Hodonín, Zubří

Lokalita	Termín založení polních pokusů		Termín odběru rostlinných vzorků			
	Rok 2019	Rok 2020	Rok 2019	Počet dnů od výsevu	Rok 2020	Počet dnů od výsevu
Hodonín	21. 3.	17. 3.	29. 5.	69	27. 5.	71
Zubří	16. 4.	6. 4.	25. 6.	70	15. 6.	70

Tab. 2: Základní meteorologická charakteristika na lokalitách Hodonín, Zubří (2019–2020)

Měsíc	Lokalita Hodonín				Lokalita Zubří			
	Průměrná teplota vzduchu (°C)		Úhrn srážek (mm)		Průměrná teplota vzduchu (°C)		Úhrn srážek (mm)	
	2019	2020	2019	2020	2019	2020	2019	2020
Leden	−0,7	−0,1	44,5	17,0	−2,1	0,4	48,3	21,2
Únor	2,6	5,3	22,4	43,5	2,3	4,3	48,9	74,5
Březen	7,3	5,9	21,8	24,1	6,3	4,8	47,0	30,5
Duben	11,6	10,6	29,9	11,9	10,1	9,3	46,2	4,3
Květen	12,4	13,1	154,4	65,6	11,6	11,2	146,6	124,5
Červen	22,6	18,3	52,4	206,0	21,6	17,2	50,2	233,0
<i>Průměr / suma</i>	9,3	8,9	325,4	368,2	8,3	7,9	387,2	488,0

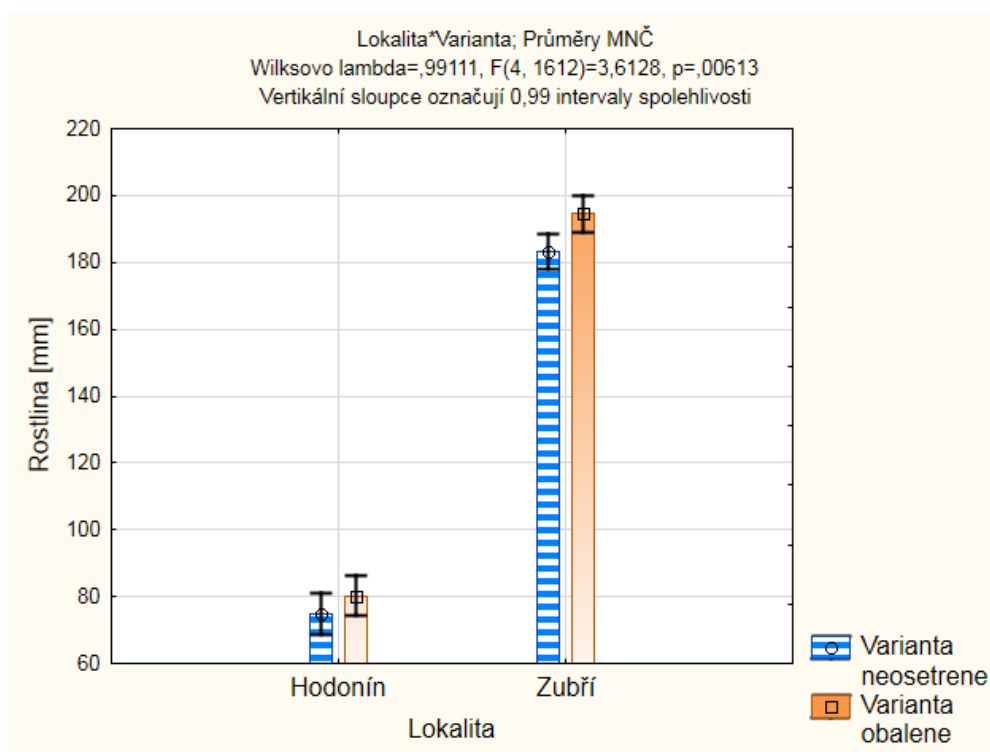
Výsledky a diskuse

Vliv lokality byl na základě analýzy rozptylu vyhodnocen jako statisticky významný, a to v případě délky nadzemní části rostlin trav i délky kořenů. Na počet vytvořených postranních odnoží neměla lokalita pěstování statisticky průkazný vliv. Délka nadzemních částí rostlin byla na lokalitě Zubří statisticky vysoce průkazně ($P < 0,01$) vyšší (188,9 mm) než na lokalitě Hodonín (81,2 mm). Naproti tomu délka kořenů byla statisticky vysoce průkazně vyšší na lokalitě Hodonín (89,7 mm) než na lokalitě Zubří (81,5 mm). Tyto odlišné výsledky přikládáme rozdílným klimatickým a zejména půdním podmínkám obou lokalit. Na lehké, písčité a rychle vysychající půdě na lokalitě Hodonín rostliny dosahovaly výrazně menšího přírůstku nadzemní části rostlin, avšak délka kořenů byla větší než na lokalitě Zubří, což přikládáme potřebou rostlin efektivněji získávat vodu ve zhoršených podmínkách prostředí s častým nedostatkem vláhy. Na lokalitě Zubří, která je charakteristická nižším podílem písčité frakce v půdě, vyšším obsahem jílnatých částic, a tedy schopností lepšího zadržování vody v půdě rostliny netrpěly tak silným stresem ze sucha jako na jižněji položené lokalitě, a proto délka kořenů byla menší a rostliny trav mohly vytvářet delší nadzemní části, a tím bohatší fotosyntetický aparát. K podobným výsledkům dospěl také Westcott et al. (2010), který ve své studii uvádí, že počáteční vývoj travních druhů z obalených semen závisí také na půdní reakci. Na počet vytvořených postranních odnoží však lokalita neměla signifikantní vliv a počty odnoží trav na lokalitě Hodonín (průměrně 4,2 ks) i na lokalitě Zubří (4,1 ks) byly prakticky shodné.

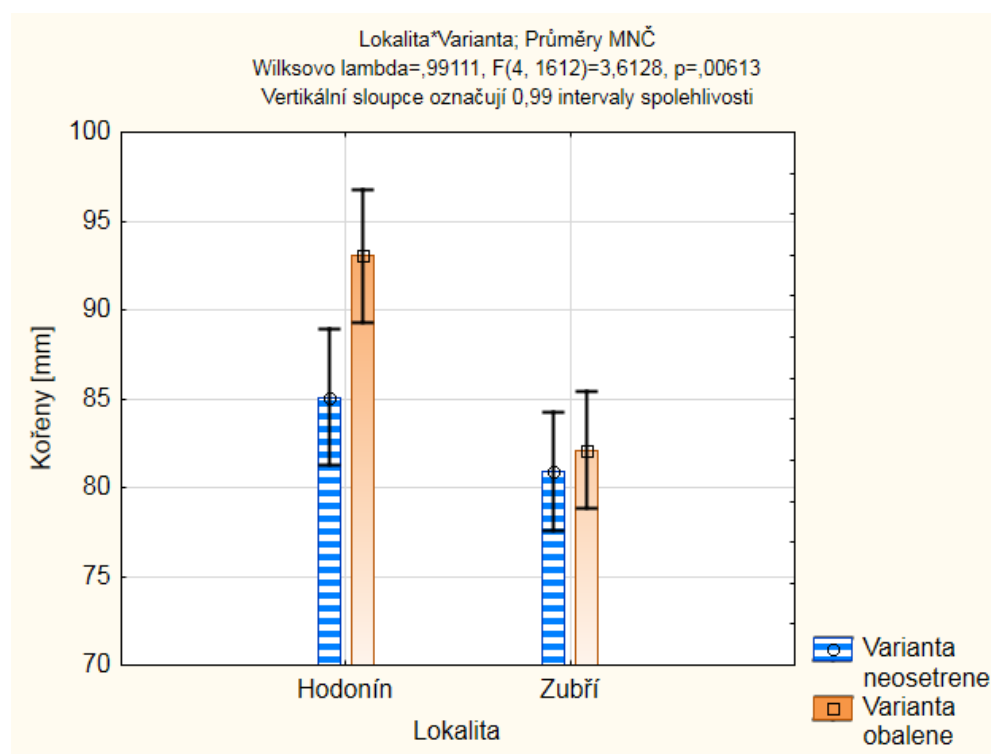
Ročníkový vliv na délku nadzemních částí rostlin i délku kořenů byl rovněž vyhodnocen jako statisticky významný. U počtu vytvořených odnoží nebyl zjištěn statisticky významný vliv ročníku. Délka nadzemních částí rostlin byla v roce 2020 statisticky průkazně vyšší (166,3 mm) než v roce 2019

(119,3 mm). Obdobně délka kořenů byla v roce 2020 statisticky průkazně vyšší (91,8 mm) než v roce 2019 (79,8 mm). Pro objektivní vyhodnocení vlivu ročníku na hodnocené charakteristiky je nezbytné zhodnocení interakce mezi faktory lokalita a ročník. V případě délky nadzemních částí rostlin bylo zjištěno, že na lokalitě Hodonín neměl ročník významný vliv a rostliny dosahovaly průměrné délky 81,2 mm v roce 2019 a 81,1 mm v roce 2020. Na lokalitě Zubří však byl vliv ročníku statisticky vysoce významný ($P < 0,01$), kdy v roce 2019 rostliny dosahovaly průměrné délky nadzemních částí 157,4 mm a v roce 2020 průměrné délky 220,3 mm. Odlišné výsledky byly zjištěny v případě délky kořenů. Na lokalitě Hodonín byla statisticky vysoce průkazně větší délka kořenů zjištěna v roce 2019 (95,1 mm) v porovnání s rokem 2020 (81,4 mm), zatímco na lokalitě Zubří byla statisticky vysoce průkazně větší délka kořenů zjištěna v roce 2020 (98,4 mm) než v roce 2019 (64,3 mm). Hodnocením počtu vytvořených odnoží bylo zjištěno, že na lokalitě Hodonín v roce 2019 rostliny trav vytvářely statisticky vysoce průkazně větší počet odnoží (průměrně 5,0 ks) než v roce 2020 (2,9 ks). Naopak na lokalitě Zubří byl statisticky vysoce průkazně větší počet odnoží vytvářen v roce 2020 (průměrně 5,1 ks) než v roce 2019 (3,2 ks). Dosažené výsledky ukazují, že vnější faktory prostředí, tj. vliv lokality a ročníku, výrazně ovlivňují sledované vlastnosti vyvíjejících se rostlin trav. Na lokalitě Hodonín byly pro růst kořenů a utváření postranních odnoží příhodnější podmínky prostředí v roce 2019, zatímco na lokalitě Zubří byly příhodnější podmínky na délku nadzemních částí rostlin, délku kořenů i počet vytvořených postranních odnoží vhodnější podmínky v roce 2020. Na základě meteorologických pozorování byly na lokalitě Hodonín v měsících duben a květen, tj. od výsevu do odběru rostlin, srážkově bohatší tyto měsíce v roce 2019. Naproti tomu na lokalitě Zubří se s ohledem na pozdější termín výsevu ve výsledcích projevilo srážkově bohaté období od konce měsíce května a zejména v červnu 2020.

Efekt úpravy osiva na hodnocené charakteristiky byl statisticky významný. V průměru všech travních druhů byla délka nadzemních částí rostlin ve variantě obaleného osiva (144,1 mm) statisticky vysoce průkazně ($P < 0,01$) větší než ve variantě neošetřeného osiva (136,8 mm). Délka kořenů ve variantě obaleného osiva (87,3 mm) byla statisticky vysoce průkazně větší než ve variantě neošetřeného osiva (83,0 mm) a počet vytvořených postranních odnoží ve variantě obaleného osiva (4,4 ks) byl statisticky vysoce průkazně vyšší než ve variantě neošetřeného osiva (4,0 ks). Podobné výsledky již dříve publikovali další autoři, např. Lee a Park (2006), kteří prokázali, že obalení semen rostlin může mít za následek zrychlení růstu stonků a listů (o 34,8 %), ale také kořenů (o 26,2 %). Pro přesnější zhodnocení vlivu obalení osiva na hodnocené znaky u nově vyvíjejících se porostů trav je potřebné vyhodnocení interakcí s faktory lokalita a travní druh. Jak ukazuje graf 1, na lokalitě Hodonín byla v rámci délky nadzemní části rostlin větší délka ve variantě obaleného osiva (83,5 mm) než ve variantě neošetřeného osiva (78,8 mm), avšak bez statistické průkaznosti. V rámci hodnocení stejného znaku bylo na lokalitě Zubří zjištěno, že ve variantě obaleného osiva byla délka nadzemní části rostlin (194,5 mm) statisticky vysoce průkazně větší než ve variantě neošetřeného osiva (183,3 mm). Hodnocením délky kořenů bylo zjištěno, že na lokalitě Hodonín se délka kořenů mezi variantami obaleného osiva (93,6 mm) a neošetřeného osiva (85,7 mm) statisticky vysoce průkazně odlišovala, avšak na lokalitě Zubří nebyla délka kořenů mezi variantami obaleného (82,1 mm) a neošetřeného osiva (80,9 mm) signifikantně rozdílná (graf 2). Počet vytvořených postranních odnoží ve variantě obaleného osiva (4,5 ks) byl na lokalitě Hodonín statisticky průkazně ($P < 0,05$) větší než ve variantě neošetřeného osiva (3,9 ks). Na lokalitě Zubří nebyl rozdíl v počtu vytvořených odnoží mezi variantami neošetřeného (4,1 ks) a obaleného osiva (4,2 ks) signifikantně rozdílný. Z dosažených a prezentovaných výsledků lze vyvodit závěr, že efekt úpravy osiv trav obalením se více projevilo na lokalitě Hodonín, tedy z hlediska půdních a meteorologických podmínek na méně příznivé lokalitě pro růst trav. A to zejména v případě znaků délka kořenů a počet vytvořených odnoží.



Graf 1: Délka nadzemní části rostlin podle varianty osiva a lokality ($P < 0,01$)



Graf 2: Délka kořenů trav podle varianty osiva a lokality ($P < 0,01$)

Výsledky zhodnocení interakce mezi sledovanými faktory ošetření osiva a travní druh jsou uvedeny v tabulce 3. Větší délka nadzemní části rostlin byla zjištěna ve variantě obaleného osiva, s výjimkou druhu *Poa pratensis*, u kterého byla větší délka rostlin ve variantě neošetřeného osiva. Signifikantní rozdíl ($P < 0,05$) u tohoto znaku byl zjištěn pouze u druhu *Festuca pratensis*. U tohoto

travního druhu byl zjištěn statisticky vysoce průkazný rozdíl ($P < 0,01$) také v délce kořenů, kdy ve variantě obaleného osiva rostliny dosahovaly délky kořenů 93,2 mm a ve variantě neošetřeného osiva 79,7 mm. U všech ostatních travních druhů byla větší délka kořenů zjištěna vždy ve variantě obaleného osiva, ale rozdíly mezi oběma variantami byly ve většině případů velmi malé a bez statistické significance. Obdobné výsledky byly dosaženy v rámci hodnocení počtu vytvořených odnoží, kdy s výjimkou druhu *Poa pratensis* byl u všech ostatních druhů trav statisticky neprůkazně vyšší počet odnoží ve variantě obaleného osiva a u druhu *Festuca rubra* byl tento rozdíl statisticky vysoce průkazný, neboť rostliny ve variantě obaleného osiva vytvářely průměrně 7,8 ks odnoží a rostliny ve variantě neošetřeného osiva vytvářely průměrně 6,4 ks odnoží. U druhu *Poa pratensis* je podle Greipssona (1999) počáteční vývoj rostlin významně lepší v případě, kdy je v obalových vrstvách přítomen cytokinin ve srovnání se semeny obalenými polymerem schopným zadržovat vodu.

Tab. 3: Délka nadzemních částí rostlin, délka kořenů a počet postranních odnoží na rostlinách trav v průměru let 2019–2020 a lokalit Hodonín a Zubří podle varianty ošetření osiva (písmenné indexy znázorňují statisticky průkazné rozdíly na hladinách významnosti $\alpha = 0,05 / 0,01$)

Druh	Varianta úpravy osiva	Délka nadzemních částí rostlin (mm)		Délka kořenů (mm)		Počet vytvořených odnoží (ks)	
<i>Festuca pratensis</i>	neošetřené	174,7	b / ab	79,7	c / c	3,0	de / cd
	obalené	191,4	a / a	93,2	ab / ab	3,2	d / c
<i>Festuca rubra</i>	neošetřené	109,4	d / d	84,5	bc / bc	6,4	b / b
	obalené	116,7	d / d	89,2	ab / abc	7,8	a / a
<i>Lolium perenne</i>	neošetřené	149,8	c / c	95,8	a / a	5,4	c / b
	obalené	162,5	bc / bc	97,3	a / a	5,6	bc / b
<i>Phleum pratense</i>	neošetřené	164,7	bc / bc	83,9	bc / bc	2,0	f / d
	obalené	166,4	b / bc	84,0	bc / bc	2,2	ef / cd
<i>Poa pratensis</i>	neošetřené	71,3	e / e	67,6	d / d	2,6	def / cd
	obalené	63,6	e / e	68,1	d / d	2,6	def / cd

Závěr

Technologie obalování osiv se používá v zemědělství a zahradnictví již více než 100 let. Dosud publikované studie ukazují, že použití obalovaného travního osiva nemá vždy přímý vliv na klíčení nebo vzcházení rostlin, resp. bylo již zaznamenáno antagonistické působení. V našem výzkumu jsme již dříve prokázali, že použití obaleného travního osiva zásadním způsobem neovlivnilo porosty v delším období od založení ve smyslu zlepšení pokryvnosti v polních podmínkách. Výsledky této prezentované studie však ukazují, že vliv obalení se může projevit na úrovni jednotlivých rostlin, avšak do značné míry záleží na vnějších podmínkách prostředí, ve kterém jsou rostliny z obaleného osiva vysévány, ale také na použitých druzích trav. V praxi bude využití obalených travních semen metodou WASP omezováno vyššími náklady a lze jej očekávat především na menších rekultivovaných plochách.

Poděkování

Práce vznikla za podpory TA ČR (projekt č. TH02030073) a za podpory MZe v rámci DKRVO č. MZE-RO1820.

Literatura

- FELDSAATEN FREUDENBERGER (2020). Seed Coating Technology [online], [cit. 2020-12-31]. URL: <http://www.mantelsaat.com/english/home.html>
- GREIPSSON S. (1999). Seed coating improves establishment of surface seeded *Poa pratensis* used in revegetation. Seed Science and Technology, 27 (3): 1029–1032.
- LEE B. T., PARK CH. M. (2006). Effects of Seed Coating and Molding on Seed Germination and Seedling Growth of Rehabilitating Plants in Forest Road Slopes. Korean Journal of Environment and Ecology, 20 (4): 436–447.

- LOŠÁK M., ŠEVČÍKOVÁ M. (2018). Vliv obalování semen technologií WASP na kvalitativní ukazatele osiv a vzcházení trav. Úroda, vědecká příloha, 66 (12): 313–317.
- PAZDERŮ K., KOUDELA M. (2013). Influence of hydrogel on germination of lettuce and onion seed at different moisture levels. Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis, 61 (6): 1817–1822.
- RAK L. (2011). Vliv hydroabsorbentů na vybrané biologické a biochemické charakteristiky půd a jejich praktické využití při rekultivaci antropogenních recentních substrátů. Acta Environmentalica Universitatis Comenianae (Bratislava), 19 (Supplement): 281–289.
- STEVENS J., CLARKE S., RYAN M., MITCHELL M., CHIVERS I., LOO CH., NICHOLS P., DIXON K. (2011). Establishment of native perennial grasses. In: Nichols P. (Ed.) Reliable Establishment of Non-Traditional Perennial Pasture Species, 198–238.
- WESTCOTT M., KELLNER K., BERNER J. (2010). The evaluation of the effect of seed coating on the germination of three perennial grass seed types in different growth mediums. South African Journal of Botany, 76 (2): 406–407.

Contact address: Ing. Martin Lošák, OSEVA vývoj a výzkum s.r.o., pracoviště Zubří, Hamerská 698, 756 54 Zubří, E-mail: losak@oseva.cz

TOLERANCE TRAV NA SEMENO VŮČI VYBRANÝM HERBICIDŮM

Grass Species Tolerance to Selected Herbicides

Radek Macháč, Pavla Petřeková, Martina Cabáková

OSEVA vývoj a výzkum s.r.o.

Abstract

In small-plot trial conducted in 2018-2020 the phytotoxicity of selected herbicides in seed crops of six grass species (Perennial ryegrass, Meadow Fescue, Red Fescue, Festulolium – 2 types and Timothy) was evaluated. Evaluations were made in selectivity of herbicides and its effect on seed yield, components of yield and quality of seed. Best results in selectivity and influence on seed yield was obtained in treatment by Fragma Delta (*diflufenican* + *florasulam*). Otherwise treatments with *halauxifen-methyl* shown crop injury (growth retardations) and caused decrease of seed yield all the tested grass species. The most injured crop was Meadow Fescue, otherwise Timothy shown best tolerance, however also in timothy was recorded seed yield decreasing.

Keywords: *herbicide, grass, seed crop*

Souhrn

V polních maloparcelních pokusech byla v letech 2018-2020 sledována tolerance vybraných herbicidů vůči šesti travním druhům, pěstovaným na semeno (jílek vytrvalý, kostřava luční, kostřava červená, loloidní a festucoidní typ festulolia, bojínek luční). V pokusech byla hodnocena zjevná fytotoxicita, včetně příznaků fytotoxicity a byl sledován vliv aplikace herbicidů na výnos obilí trav, výnosotvorné prvky a kvalitu osiva. Nejlepší výsledky byly dosaženy u přípravku Fragma Delta, který nevykazoval příznaky fytotoxicity u žádného z travních druhů. Rovněž nebyl u tohoto herbicidu zaznamenán negativní vliv na výnos obilí nebo kvalitu osiva. Ostatní testované přípravky, které obsahovaly halauxifen-methyl, vykazovaly různou míru fytotoxicity (retardaci růstu) a většinou měly vliv na snížení výnosu obilí trav. Příznaky fytotoxicity i vliv na snížení výnosu obilí byly vyšší v letech 2019 a 2020, kdy se do týdne po aplikaci přípravků vyskytly přízemní mrazíky. Nejcitlivější k těmto herbicidům byla kostřava luční, naopak bojínek luční vykazoval nejvyšší toleranci.

Klíčová slova: *herbicidy, trávy, semenné porosty*

Úvod

Ochrana vůči plevelům je nezbytnou součástí agrotechniky trav pěstovaných na semeno. Pro úspěšnou certifikaci semenářského porostu a především osiva je nezbytné udržet porost trav bez nadměrného zaplevelení, zejména bez přítomnosti zvláště nebezpečných plevelů (šřovíky, pýr apod.). Výskyt plevelů může navíc významně snížit výnos semen trav (Fairey a Hampton, 1997). Výzkumná stanice travinářská v Zubří každoročně monitoruje výskyt plevelů v množitelských porostech trav a ve sklizeném přírodním osivu. Z výsledků vyplývá, že velkým nebezpečím pro množitelské porosty trav jsou především pýr plazivý, jiné kulturní trávy, výdrol obilovin, širokolisté šřovíky, heřmánky, rmeny a plevelné lipnice (roční a obecná). Pýr plazivý (*Elytrigia repens*) je trvale nejproblematictější plevel v travním semenářství (Macháč, 2019). V porostech trav na semeno nelze tento plevel hubit, a je proto nutné regulovat zaplevelení tímto plevelem již v předplodinách, popř. totálními herbicidy před

založením travosemenných kultur. Regulace dvouděložných plevelů, včetně širokolistých šťovíků, je v travách pěstovaných na semeno snazší. Herbicidy registrované pro použití v travách na semeno pokrývají velkou část spektra dvouděložných plevelů. Nicméně, ukončování registrace herbicidů ze strany chemických firem, či ekologická omezení nás nutí ke zkoušení nových, ekologicky příznivějších herbicidů. Rostoucí podíl travovitých plevelů je důvodem pro zařazování herbicidů s částečným graminicidním účinkem. Tento příspěvek přináší nové informace o pokusech s hodnocením selektivity vybraných herbicidů v šesti významných travních druzích.

Metodika

Polní maloparcelní pokusy s šesti druhy trav byly založeny na pozemcích Výzkumné stanice travinářské v Zubří (356 m n. m., průměrná teplota 7,5 °C, srážkový normál 864 mm) v roce 2017. Do pokusu byly zařazeny tyto travní druhy: jílek vytrvalý (*Lolium perenne* L.), cv. Kentaur; kostřava luční (*Festuca pratensis* Huds.), cv. Rožnovská; kostřava červená (*Festuca rubra* L.) cv. Zulu; loloidní typ *Festulolia* (*xFestulolium loliaceum*) cv. Lofa; festucoidní typ *Festulolia* (*xFestulolium krasanii*) cv. Fojtan a bojínek luční (*Phleum pratense* L.) cv. Sobol. Trávy byly vysety bezezbytkovým secím strojem Hege 80 do 6 řádků širokých 21 cm. Velikost parcel pro sklizeň činila 10,1 m² (1,26 m x 8 m). Pokusné parcely byly uspořádány do šesti randomizovaných bloků, ve 3 blocích (opakování A-C) byly testovány herbicidy v základní dávce, ve třech blocích (opakování D-F) byly herbicidy testovány v dvojnásobné dávce (simulace překrytí postřikových ramen na úvratích). Do pokusu byly zařazeny následující herbicidy a dávky (1N):

Fragma Delta (*diflufenican* 500 g + *florasulam* 50 g.l⁻¹) - 0,1 l.ha⁻¹; Pixxaro (*fluroxypyr* 280 g + *halauxifen-methyl* 12,5 g.l⁻¹) - 0,5 l.ha⁻¹; Zypar (*florasulam* 5 g + *halauxifen-methyl* 12,5 g.l⁻¹) - 1,0 l.ha⁻¹ a Pixxaro + Mustang Forte (*aminopyralid* 10 g + *florasulam* 5 g + 2,4-D 180 g.l⁻¹) v dávce 0,25 l.ha⁻¹ + 0,75 l.ha⁻¹. Jako standardní přípravek byl zařazen herbicid Mustang (*florasulam* 6,25 g + 2,4-D 300 g.l⁻¹) v dávce 0,6 l.ha⁻¹. Aplikace herbicidů proběhla na jaře ve fázi odnožování (BBCH 25) pomocí bezezbytkového přesného parcelního postřikovače Zems 09/00. Dávka vody činila 300 l.ha⁻¹.

Hnojení bylo standardní - podzim: 60 kg N + PK, jaro 95 kg N (ve dvou dávkách). Ošetření proti poléhání nebylo provedeno. Kostřavy byly na konci sloupkování ošetřeny Decisem mega (deltametrin) v dávce 0,15 l.ha⁻¹ proti klopoušce hnědožluté, způsobující parazitární běloklasost. Dávka vody činila 200 l.ha⁻¹. V rámci hodnocení byla sledována fytotoxicita po ošetření, výnos semen, počet fertálních stébel, klíčivost a HTS. V termínech 2, 4 a 6 týdnů po aplikaci byly hodnoceny příznaky fytotoxicity. Před sklizní byly odebrány vzorky plodných stébel pro laboratorní rozbor. Výmlat trav byl proveden přímou sklizní maloparcelní sklízecí mlátičkou Wintersteiger Elite. Vymláčené osivo bylo šetrně dosušeno v komorové sušárně a následně vyčištěno na soustavě laboratorních čističek Westrup-Kamas. Z vyčištěného osiva byl stanoven výnos semen a odebrány vzorky pro stanovení kvalitativních parametrů. V době přípravy tohoto příspěvku ještě nebyly vyčištěny všechny položky, proto je výnos obilek hodnocen jen za dva roky (2018 a 2019). Výsledky byly statisticky analyzovány prostřednictvím programu Statistica 10 (Cochranův test, ANOVA, post hoc test dle Tukeye).

Výsledky a diskuse

Fytotoxicita se projevila s výjimkou Fragmy Delta u všech testovaných herbicidů. U přípravku Pixxaro byla nejčastěji pozorována retardace růstu, která se projevila v různé intenzitě. U kombinace Pixxaro + Mustang Forte (tzv. Mustang Forte 4×4) byla retardace růstu vyšší. Podobně byly vyšší fytotoxicita zaznamenána i po aplikaci herbicidu Zypar. Také v tomto případě se jednalo především o retardaci růstu. Obecně byla vyšší fytotoxicita zaznamenána u dvojnásobných dávek (2N) herbicidů. Nejvyšší míra retardace růstu byla zaznamenávána v prvním termínu hodnocení, tj. 2 týdny po aplikaci. Průměrné hodnoty fytotoxicity za tři roky (2018-2020) jsou uvedeny v tabulce 1. V dalších termínech hodnocení se příznaky fytotoxicity zmenšovaly. Při sklizni již zjevná fytotoxicita nebyla pozorována, nicméně fytotoxicita se projevila snížením výnosu obilek trav.

Tab. 1: Průměrná fytotoxicita vybraných herbicidů v 6 druzích trav (hodnocení 2 týdny po aplikaci, průměr 3 let)

Herbicid	Dávka	Jílek vytrvalý		Kostřava luční		Kostřava červená		Festulolium Lofa		Festulolium Fojtan		Bojíněk luční	
		%	T ₀₅	%	T ₀₅	%	T ₀₅	%	T ₀₅	%	T ₀₅	%	T ₀₅
Mustang (standard)	N	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a
	2N	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a
Fragma Delta	N	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a
	2N	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a
Pixxaro	N	5	b	6	b	0	a	5	b	5	b	0	a
	2N	10	c	10	bc	4	b	9	b	8	bc	0	a
Zypar	N	12	cd	17	cd	0	a	9	b	10	bc	6	b
	2N	15	cd	23	d	6	b	14	c	18	d	12	c
Pixxaro + Mustang Forte	N	12	cd	16	cd	6	c	9	b	8	b	8	b
	2N	19	e	22	e	11	d	15	c	12	c	15	c

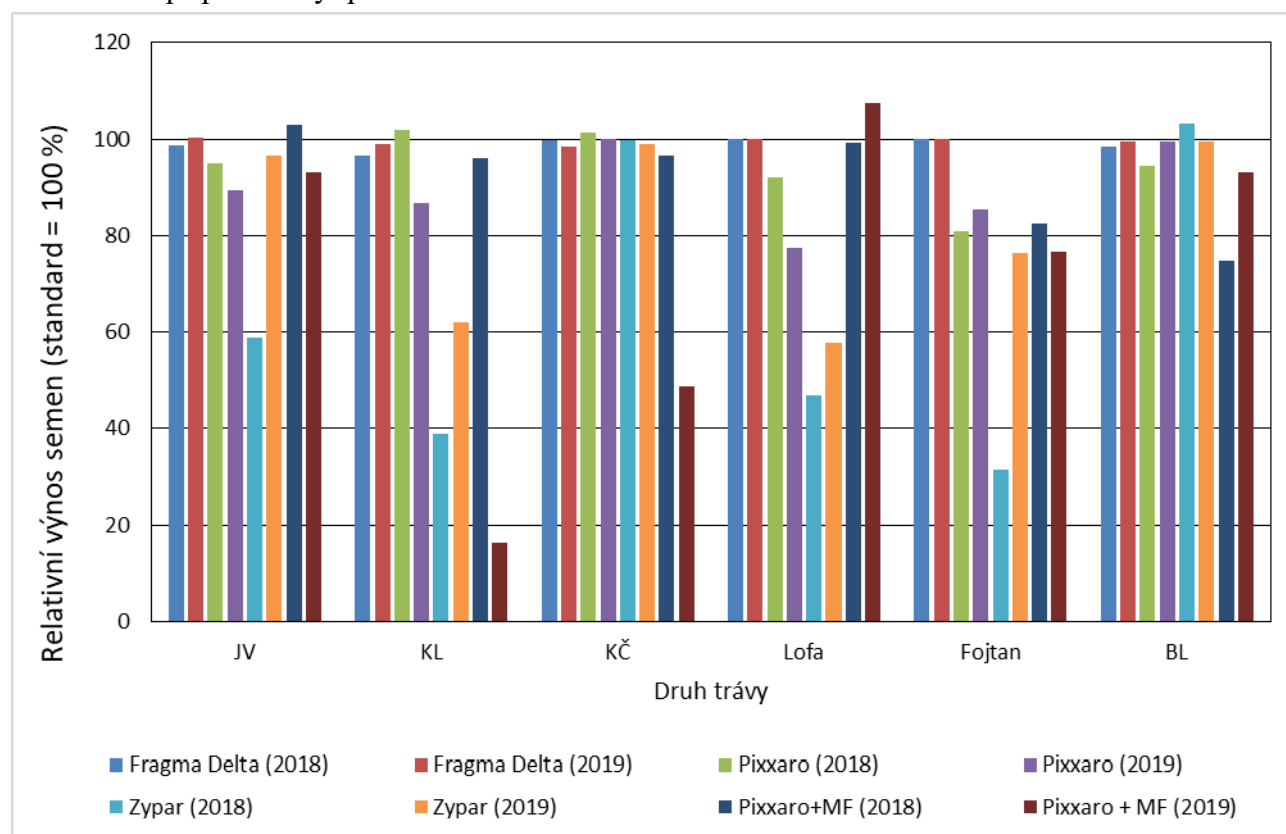
Jak vyplývá z tabulky 1, nejvyšší fytotoxicita byla zaznamenána u kostřavy luční, a to zejména po aplikaci Zyparu nebo kombinace Pixxaro + Mustang Forte. Kostřava luční patří obecně mezi druhy trav, které jsou citlivé k herbicidům (Macháč, 2010). Naopak tradičně nejvíce tolerantní k herbicidům je kostřava červená. To se potvrdilo i v našich pokusech, kdy pouze u dvojnásobné dávky kombinace herbicidů Pixxaro + Mustang Forte byla fytotoxicita vyšší než 10 %. Fytotoxicita přípravků obsahujících halauxifen-methyl byla vyšší v letech 2019 a 2020, kdy se do týdne po aplikaci vyskytly přízemní mrazíky. Pícní trávy jsou tak k herbicidům obsahujícím halauxifen-methyl citlivější než pšenice. Např. Love et al. (2020) nepozorovali žádné příznaky fytotoxicity u pšenice ošetřené halauxifen-methylem. Velmi dobrou toleranci vykazaly všechny trávy vůči přípravku Fragma Delta. To je pozitivní nejen z hlediska příznivé ekotoxikologie přípravku, ale také vzhledem k tomu, že tento přípravek má částečný účinek i na plevelné lipnice.

Mimo zjevné příznaky fytotoxicity byl sledován vliv vybraných herbicidů na výnos obilí trav. Fytotoxicita testovaných herbicidů se projevila na snížení výnosu obilí (semen) trav. Projevil se zde i vliv ročníku. Zatímco v roce 2018 bylo razantní snížení výnosu zaznamenáno po aplikaci herbicidu Zypar (nejvíce kostřava luční a Festulolium cv. Fojtan), tak v roce 2019 byly nejnižší výnosy dosaženy u variant ošetřených kombinací Pixxara a Mustangu Forte, a to zejména u kostřav. Překvapivě nízký výnos byl zaznamenán u této kombinace u kostřavy červené, když v předchozím roce, a u ostatních variant v obou letech, byl výnos na úrovni standardu (viz graf 1). U bojínku lučního byl výnos obilí většinou na úrovni standardu, pouze u kombinace Pixxaro + Mustang Forte byl výnos obilí průkazně nižší. Dobré výsledky byly zaznamenány u herbicidu Fragma Delta, kdy se výnos obilí pohyboval na úrovni výnosu standardní varianty. Poznatky zahraničních autorů také potvrzují úspěšné využití diflufenicanu v porostech trav na semeno (Jensen, 2019). V případě aplikace herbicidů ve dvojnásobné dávce byl u většiny testovaných variant vliv na výnos obdobný, jako u aplikace základní dávky. Pouze v případě herbicidu Zypar bylo snížení výnosu podstatně vyšší. Využití přípravků s halauxifen-methylem v travním semenářství tak zřejmě nebude možné, na rozdíl od využití v trávnickářství, kde je doporučeno na regulaci rezistentních typů plevelů (Brosnan et al., 2020).

Aplikace testovaných herbicidů neměla statisticky významný vliv na kvalitu osiva, pouze u dvojnásobné aplikace Pixxara a Mustangu Forte došlo k průkaznému snížení klíčivosti u kostřavy červené. Hodnoty klíčivosti jsou uvedeny v tabulce 2.

Z výnosotvorných prvků nebyla aplikací herbicidů statisticky významně ovlivněna HTS u žádné z variant (tabulka 3). K neprůkaznému snížení počtu plodných stébel docházelo zejména po aplikaci

Zyparu a kombinace Pixxaro a Mustang Forte, kdy došlo ke snížení počtu fertilních stébel o 10-15 %. U ostatních přípravků byl počet stébel na úrovni standardu.



Graf 1: Relativní výnos obilek trav (výnos standardní varianty = 100 %) po ošetření základní dávkou (N) vybraných herbicidů

Tab. 2: Průměrná klíčivost osiva po aplikaci vybraných herbicidů v 6 druzích trav (průměr 2 let)

Herbicid	Dávka	Jílek vytrvalý		Kostřava luční		Kostřava červená		Festulolium Lofa		Festulolium Fojtan		Bojínek luční	
		%	T ₀₅	%	T ₀₅	%	T ₀₅	%	T ₀₅	%	T ₀₅	%	T ₀₅
Mustang (standard)	N	96,7	a	98,7	a	98,0	a	96,7	a	97,0	a	98,3	a
	2N	96,0	a	97,3	a	96,7	a	97,7	a	97,0	a	97,7	a
Fragma Delta	N	97,3	a	99,3	a	97,3	a	96,7	a	97,0	a	97,7	a
	2N	94,7	a	98,7	a	98,0	a	96,3	a	96,3	a	97,0	a
Pixxaro	N	93,3	a	95,7	a	95,0	ab	96,0	a	97,0	a	98,7	a
	2N	97,0	a	98,3	a	97,0	a	95,3	a	94,3	a	98,3	a
Zypar	N	97,3	a	97,3	a	95,7	a	98,0	a	97,7	a	97,3	a
	2N	95,7	a	98,0	a	96,3	a	97,0	a	96,7	a	99,0	a
Pixxaro + Mustang Forte	N	94,0	a	97,7	a	90,7	ab	96,7	a	97,3	a	98,3	a
	2N	96,7	a	95,0	a	85,7	b	96,3	a	96,0	a	99,3	a

Po aplikaci přípravků Zypar, Pixxaro a kombinace Pixxaro a Mustang Forte došlo ke snížení počtu obilek na květenství. Průkazné snížení počtu obilek bylo zaznamenáno především u kostřavy luční a Festulolii. Toto snížení se pohybovalo od 12 do 25 %. Nejvyšší a statisticky významné snížení bylo po aplikaci Zyparu v dvojnásobné dávce u Festulolia Lofa. U bojínku lučního byl nejnižší počet obilek po aplikaci kombinace Pixxaro a Mustang Forte, kdy neprůkazně klesl o 6 % ve srovnání se standardní

variantou. U jílku vytrvalého došlo k průkaznému snížení počtu obilek jen v roce 2018 po aplikaci Zyparu v obou dávkách. V případě herbicidu Fragma Delta byl počet obilek na úrovni standardu.

Tab. 3: Průměrná HTS osiva po aplikaci vybraných herbicidů v 6 druzích trav (průměr 2 let)

Herbicide	Dávka	Jílek vytrvalý		Kostřava luční		Kostřava červená		Festulolium Lofa		Festulolium Fojtan		Bojínek luční	
		%	T ₀₅	%	T ₀₅	%	T ₀₅	%	T ₀₅	%	T ₀₅	%	T ₀₅
Mustang (standard)	N	3,45	a	2,27	a	1,22	a	3,79	a	2,67	a	0,51	a
	2N	3,54	a	2,27	a	1,19	ab	3,70	a	2,72	a	0,52	a
Fragma Delta	N	3,51	a	2,27	a	1,18	ab	3,72	a	2,71	a	0,51	a
	2N	3,53	a	2,34	a	1,16	ab	3,73	a	2,72	a	0,49	a
Pixxaro	N	3,56	a	2,28	a	1,19	ab	3,67	a	2,78	a	0,53	a
	2N	3,53	a	2,40	a	1,19	ab	3,69	a	2,69	a	0,51	a
Zypar	N	3,49	a	2,39	a	1,22	a	3,45	a	2,65	a	0,52	a
	2N	3,28	a	2,34	a	1,21	a	3,37	a	2,72	a	0,50	a
Pixxaro + Mustang Forte	N	3,48	a	2,40	a	1,20	ab	3,67	a	2,74	a	0,51	a
	2N	3,52	a	2,43	a	1,21	ab	3,58	a	2,75	a	0,51	a

Závěr

Z výsledků tříletých pokusů s hodnocením fytotoxicity vybraných herbicidů v šesti druzích trav vyplývá, že se v českém travním semenářství může dobře uplatnit přípravek Fragma Delta. Tento herbicide nevykazoval příznaky fytotoxicity u žádného z travních druhů a nebyl u něho zaznamenán negativní vliv na výnos obilek nebo kvalitu osiva. Tento přípravek má rovněž lepší ekotoxikologické parametry, než většina používaných herbicidů v travním semenářství, a může tak nahradit přípravky, kterým končí nebo skončila registrace. Horší výsledky přinesly varianty s herbicidy obsahující účinnou látku halauxifen-methyl. Po relativně příznivých výsledcích v roce 2018 byla vyšší fytotoxicita i vliv na snížení semen zaznamenána v dalších dvou pokusných letech, kdy na fytotoxicitu mohl mít vliv nepříznivý průběh počasí po aplikaci. Jejich použití tak v travním semenářství nebude doporučováno a nebudou navrženy k registraci do trav na semeno.

Literatura

- BROSNAN, J., ELMORE, M., BAGAVATHIANNAN, M. (2020). Herbicide-resistant weeds in turfgrass: Current status and emerging threats. *Weed Technology*, 34(3), 424-430.
- FAIREY, D.T., HAMPTON, J.G. (1997). Forage Seed Production. Volume 1: Temperate Species. CAB International. 420 s.
- JENSEN P.R. (2019) Use of integrated weed management tools in crop rotations with grass seed production, *Acta Agriculturae Scandinavica*, Section B — Soil & Plant Science, 69:3
- LOVE, CH.O., PLATER, C.L., LINES, M.D., WELLS G.S., NOTT P.J. (2016). Combination of Arylex (halauxifen-methyl) + fluroxypyr for broadleaf weed control in winter cereals and fallow. *Twentieth Australasian Weeds Conference*. 341-346.
- MACHÁČ R. (2019) Aktuální možnosti ochrany porostů trav na semeno proti plevelům. *Úroda* 12, roč. LXVII, 2019, vědecká příloha, s. 57-64.

Contact address: Radek Macháč, Ph.D., OSEVA vývoj a výzkum s.r.o., Hamerská 698, 756 54 Zubří
E-mail: machac@oseva.cz

KLÍČENÍ A POČÁTEČNÍ RŮST VYBRANÝCH DRUHŮ A ODRŮD TRAV V PODMÍNKÁCH VODNÍHO STRESU

Germination and Initial Growth of Selected Grass Species and Varieties in Water Stress Conditions

Milan Kobes, Andrea Bohatá, Zdeněk Štěrba
Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta

Abstract

The aim of this experiment was to assess the effect of water deficit on offshoot germination and longevity of selected species of grasses and clovers. The evaluation of resistance to water deficit was carried out using both laboratory and pot experiments. Highest drought resistance were proved at *Poa pratensis* cv. Harmonie and *Festuca ovina* cv. Jana. *Poa pratensis* is tolerant to wide scale of water regime. When it's tillers can not regenerate, it is able to grow from undersoil tillers. *Festuca ovina* (cv. Jana) was confirmed as very drought resistance specie. Surprising results showed *Phleum pratense*, cv. Bobr, which tillers very good regenerated, as similar as *Dactylis glomerata*, cv. Toscali. Low water stress resistance showed *Alopecurus pratensis*, cv. Talope and *Lolium perenne*, cv. Propan. From results of evaluation of water stress resistance in germination stage can be as water stress resistant evaluated *Poa pratensis*, cv. Harmonie, and *Dactylis glomerata*, cv. Toscali. Decreasing of germination after water stress was highest at *Festuca ovina*, cv. Jana (33%).

Keywords: water stress; grasses; germination; tiller vitality; drought resistance

Úvod

Klimatické podmínky v České republice doznaly v období posledních několika desetiletích značných změn. Zejména v jarním období se stále častěji objevuje nedostatek srážek, naopak v letním období srážek přibývá, zejména ve formě přívalových dešťů. U srážkových úhrnů došli autoři z různých zemí k rozdílným výsledkům. Pro srážkové řady Čech byl prokázán sestupný trend. Pro Čechy činí pokles v přepočtu na 100 let 14 mm, pro Moravu 22 mm. Pokles srážek zákonitě vyvolává zvýšení aridity prostředí, to znamená snížení vlhkosti vzduchu a půdy, a tím i množství vody přístupné pro rostliny. Je třeba rozeznávat sucho půdní, charakterizované nedostatkem fyziologicky dostupné vody v půdě a atmosférické, které je zvláště nebezpečné, protože nastoupí v krátké době a rostliny se mu většinou nestačí přizpůsobit. Dále je nutno rozlišovat celovegetační sucho, které je obvykle doprovázeno vyšší teplotou a střídavé sucho (Bláha et al., 2008). U písčitých typů půd dochází k vadnutí rostlin při podstatně nižší půdní vlhkosti než je tomu u jílovitých typů půd. Hlavním důvodem je zrnitostní složení půdy. Se stoupajícím podílem zrn menších než 0,01 mm vzrůstá schopnost půdy pohlcovat vodu, což se projevuje růstem polní vodní kapacity, avšak zároveň vzrůstají síly, které ji váží v půdě a činí ji pro rostliny nepřístupnou. Tato skutečnost se projevuje vzrůstem bodu vadnutí (Littschmann et al., 2007). Průměrný roční výpar u písčitých půd se pohybuje kolem 189 mm, zatímco u půd jílovitých až kolem 390 mm (Houdek, 2012). Travní porosty se nejlépe vyvíjejí na stanovištích, kde kořenový systém je trvale a v dostatečném množství zásoben půdní vodou a netrpí extrémním nadbytkem nebo nedostatkem vody (Šantrůček et al., 2001).

U rostlin odolných proti suchu zjišťujeme celou řadu fyziologických a anatomických zvláštností. Z anatomických se jedná například o množství, délku a mohutnost kořenů, jejich uložení v půdním profilu, schopnost kořenů přijímat vodu, poměr podzemní a nadzemní hmoty, rychlost transportu vody

z kořenů do nadzemní části, počet a velikost průduchů, anatomické složení kutikuly, transpirační plocha, schopnost regenerace rostliny po období sucha, rezistence plazmy, morfologická stavba rostliny (umožňující zvýšený příjem vody a omezující transpiraci) a z fyziologických vlastností rostlin odolných vůči suchu uvádí Boháč et al. (1990) například schopnost rostlin zvýšit příjem vody, dobrý transport asimilátů omezující vadnutí, nebo dobrou a rychlou regeneraci po různě dlouhém stresu suchem. Velký význam pro rostliny mají reakce, kdy se při nástupu sucha částečně uzavírají průduchy, ale nemění se intenzita fotosyntézy, omezuje se dýchání a současně se zvětší kořeny. Takové genotypy jsou vždy odolnější vůči suchu a často slouží jako modelové šlechtění na suchovzdornost (Bláha et al., 2008). Rostlina potřebuje na tvorbu nové hmoty kolem 0,5 % i méně přijaté vody a zbytek, tj. asi 99,5 % i více na doplnění vypařené nebo v kapalném skupenství uvolněné vody.

Martínek (2011) uvádí, že podíl zatravnění v ČR je přibližně jeden milion hektarů luk a pastvin (23,2 % z rozlohy zemědělské půdy), rozloha městské zeleně (městských trávníků) je podle různých literárních údajů asi 180–260 tisíc hektarů. Z trav se pěstují pro pícní nebo trávníkové účely především jílek vytrvalý, lipnice luční, kostřava červená, kostřava luční, bojínek luční aj. S postupnou změnou klimatu stále více roste i význam méně známých druhů trav. Na základě vlastností kořenového systému trav lze vybírat rostliny odolné vůči suchu (Hnilička, 2007). Nejdůležitějším selekčním znakem na suchovzdornost je hloubka prokořenění (Haberle et al., 1990) a u trav schopnost udržet živé odnože za podmínek vodního deficitu. Selekcí je nutno provádět jen za stresových podmínek.

Cílem práce bylo posoudit vliv vodního stresu na klíčení osiva a růst vybraných druhů a odrůd trav. Pomocí laboratorního pokusu posoudit vliv vodního deficitu na klíčivost a vzházivost vybraných druhů trav a pomocí nádobového pokusu porovnat působení vodního stresu na životnost odnoží vybraných druhů trav.

Materiál a metody

Bylo testováno celkem 7 druhů trav, od každé po jednu odrůdu.

Srha laločnatá (*Dactylis glomerata* L.) odrůda Toscali, kostřava ovčí (*Festuca ovina* L.) odrůda Jana, bojínek luční (*Phleum pratense* L.) odrůda Bobr, psineček tenký (*Agrostis capillaris* L.) odrůda Teno, jílek vytrvalý (*Lolium perenne* L.) odrůda Propan, psárka luční (*Alopecurus pratensis* L.) odrůda Talope, lipnice luční (*Poa pratensis* L.) odrůda Harmonie.

Nádobový pokus - celkem bylo použito 42 nádob o šířce 18 cm a výšce 14 cm (6 nádob na 1 odrůdu). Nádobky byly naplněny běžnou hnědozemí se středním až vyšším obsahem humusu. Do každé nádoby bylo zasazeno 7 předklíčených rostlin dané odrůdy. Z důvodu celkové klíčivosti a lepšího rozmístění jednotlivých rostlin v nádobě bylo použito předklíčení na filtračním papíru, což umožnilo snazší a přehlednější vysazení. Nádobky byly od založení po vytvoření potřebného množství odnoží umístěny na volném venkovním prostranství v polostínu (oslunění ½ světelné části dne). Zálivka byla prováděna pravidelně a vždy současně pro všechny nádoby. Po vytvoření dostatečného množství odnoží (8–10 na každou rostlinu, respektive trs) byly nádoby vystaveny suchu přemístěním pod přístřešek. Po dále uvedené době, kdy se většina odnoží zdála být již zcela suchá (šedozelená až nažloutlá a zcela zvadlá), byly nádoby znovu zality. První sčítání přeživších odnoží, které jeví známky regenerace zeleného zbarvení a napřimování, proběhlo třetí den, druhé sčítání pak po šestém dni od zalití (v práci jsou uváděny průměrné údaje ze 6 nádob).

První série pokusu byla založena 4. 5. 2018. Osazeno bylo 14 nádob. Přisušení odnoží proběhlo od 28. 6. do 1. 8. 2018. Suma naměřených teplot pro toto období byla 736 °C.

Druhá série byla založena 3. 8. 2018. Osazeno bylo 28 nádob. Sušení jedné poloviny nádob proběhlo od 9. 9. do 28. 10. Druhá polovina (3. série) byla vystavena stresu suchem o devět dní déle do 6. 11. 2018. Suma naměřených teplot pro toto období byla 549 °C, respektive 629 °C.

Laboratorní pokus - nejprve byl proveden test celkové aktuální klíčivosti jednotlivých druhů trav a jetelovin. Pro pokus byly vybrány stejné druhy trav jako u nádobového pokusu. Test celkové klíčivosti probíhal v souladu s ČSN 46 0610. Pro každý druh (odrůdu) byly založeny tři opakování po

100 obilkách. Po klíčení za předepsaných teplot (20 °C) se po stanovené době prováděl odečet vyklíčených semen.

Další část laboratorního pokusu byla zaměřena na posouzení klíčivosti a schopnosti regenerace vybraných druhů trav a jetelovin po působení stresu suchem. Na Petriho misky s navlhčeným filtračním papírem bylo rozmístěno 50 semen. Každý testovaný druh byl založen ve třech opakováních pro každou variantu stresu suchem. Pokus se skládal ze tří fází: (1) máčení (5 dní), teplota 20 °C, (2) stres suchem (3, 5 nebo 7 dní), teplota 20 °C, (3) pokračování v máčení, teplota 20 °C. Klíčení probíhalo v měsících prosinec – únor při konstantní teplotě 20 °C a relativní vlhkosti 55-65 %.

Výsledky a diskuse

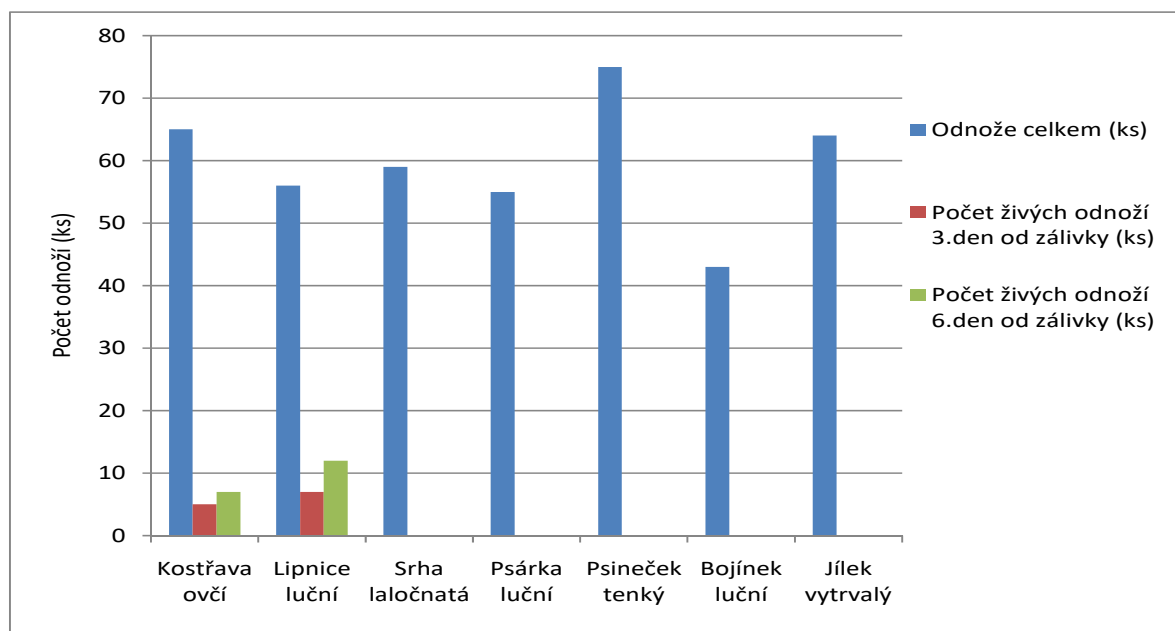
Nádobový pokus – hodnocení suchovzdornosti odnoží: počet výhonků u sledovaných druhů trav před přisušením po vyhodnocení analýzy rozptylu ukázal velmi vysoce významný vliv druhu sledované trávy ($p < 0,001$) a velmi významný rozdíl u období, ve kterém pokus probíhal ($p < 0,01$). Počet živých výhonků třetí, respektive šestý den po ukončení stresu suchem prokázal jak pro sledovaný druh, tak i pro období statisticky velmi vysoce významný rozdíl ($p < 0,001$). Intenzita odnožování se v jednotlivých obdobích dosti výrazně lišila. U první série (graf 1) probíhala tvorba odnoží především v měsíci červnu. Nejvíce odnoží bylo napočítáno u psinečku tenkého (75). Naopak nejméně u bojínku lučního (43). Ve druhé a třetí sérii (grafy 2 a 3) byly rozdíly podstatně větší. K vzhledem k vyšší vlhkosti a nižším teplotám vzduchu byl počet výrazně vyšší než u první série. Další příčinou vyššího počtu odnoží bylo pravděpodobně i zkrácení světelné délky dne v měsíci září. Nejvíce odnoží bylo spočítáno u psinečku tenkého, kostřavy ovčí a lipnice luční, a to až dvojnásobek ve srovnání s ostatními druhy trav.

V první sérii byla většina rostlin při přisušení poškozena natolik, že nedošlo k žádné regeneraci odnoží. Výjimkou byly lipnice luční a kostřava ovčí. Hlavní příčinou byly vysoké průměrné denní teploty vzduchu především ke konci doby přisušení. U kostřavy ovčí z celkového počtu 65 odnoží dokázalo zregenerovat 7 odnoží. Ševčíková (2007) uvádí schopnost kostřavy ovčí uplatnit se na extrémně suchých svazích, tato schopnost se potvrdila. U lipnice luční zregenerovalo 12 odnoží z celkového počtu 56. U lipnice se navíc prokázala schopnost obrůstání z podzemních výběžků. Prokázalo se tak, že lipnice dokáže, rovněž jako kostřava ovčí, vzdorovat dlouho trvajícímu suchu (Šantrůček et al., 2001). Ostatní druhy testovaných trav v první sérii již zregenerovat nedokázaly.

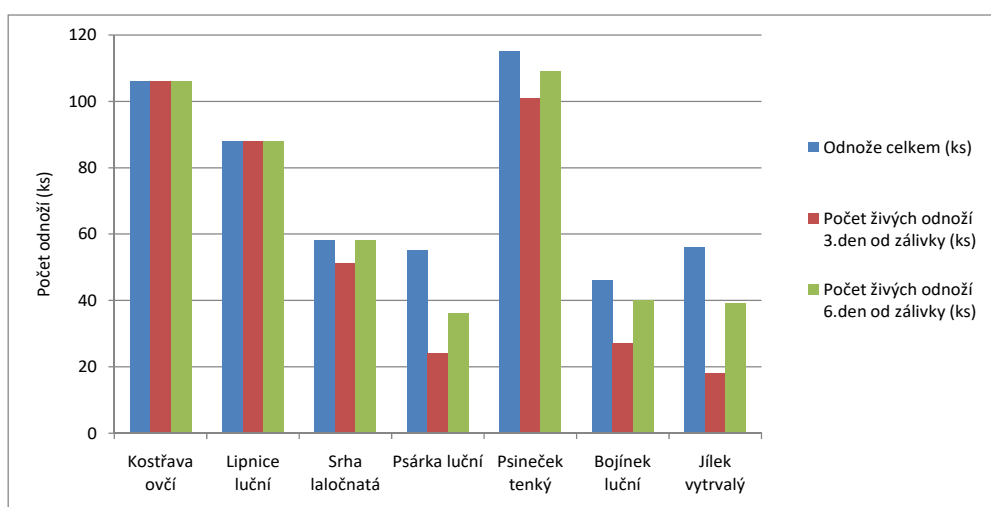
Druhá a třetí série (grafy 2 a 3) byla založena později a přisušení rostlin se uskutečnilo až v chladnějších podzimních měsících, trvalo tak výrazně déle oproti první sérii. Výsledky potvrdily, že největší schopnost regenerace měly opět lipnice luční a kostřava ovčí. Tyto dva druhy po šesti dnech od ukončení stresu suchem měly vitální všechny odnože. Poměrně dobře regenerovaly i odnože u srhy laločnaté a bojínku lučního. O něco horší výsledky měl psineček tenký. Vůbec nejhorší schopnosti regenerace po stresu suchem podle očekávání prokázala psárka luční. Nepříliš suchovzdorný se projevil jílek vytrvalý. Především psárka luční je podle řady autorů považována za travu, která je velmi náročná na vláhu. Déletrvající přísušky výrazně poškozují její růst a odnožování (Šantrůček et al., 2001). Po ukončení stresu suchem vykazovaly nejvíce vitálních odnoží kostřava ovčí, lipnice luční a psineček tenký. U psinečku byl ale vyšší počet vitálních odnoží způsoben především vysokým počátečním stavem odnoží před přisušením. Procentuálně více vitálních výhonků oproti psinečku měly srha laločnatá a překvapivě i bojínek luční, který tak prokázal vyšší suchovzdornost než psineček tenký.

Při souhrnném vyhodnocení všech opakování nádobového pokusu (graf 4) vykazovaly jednoznačně nejlepší schopnost regenerace po stresu suchem lipnice luční a kostřava ovčí. Překvapením byla poměrně dobrá regenerace odnoží u bojínku lučního. Macháč et al. (2006) uvádí, že bojínek je typicky mezofilní druh lépe snášející přebytek vody než přísušky. Toto tvrzení se příliš nepotvrdilo, neboť bojínek luční, který (vzhledem k nepřilíš mohutné kořenové soustavě) prokázal stejnou regenerační schopnost, jako např. srha laločnatá, která je považována za travu dobře snášející sušší podmínky i polostín. Jílek vytrvalý bývá u nás základním druhem většiny trávníků. Na základě výsledků na odolnost vůči přísušku proto nelze tento druh doporučit do travních směsí určené pro sušší lokality.

Mohou zde však být odrůdové rozdíly – pro další výzkum by bylo vhodné doporučit porovnání více odrůd.

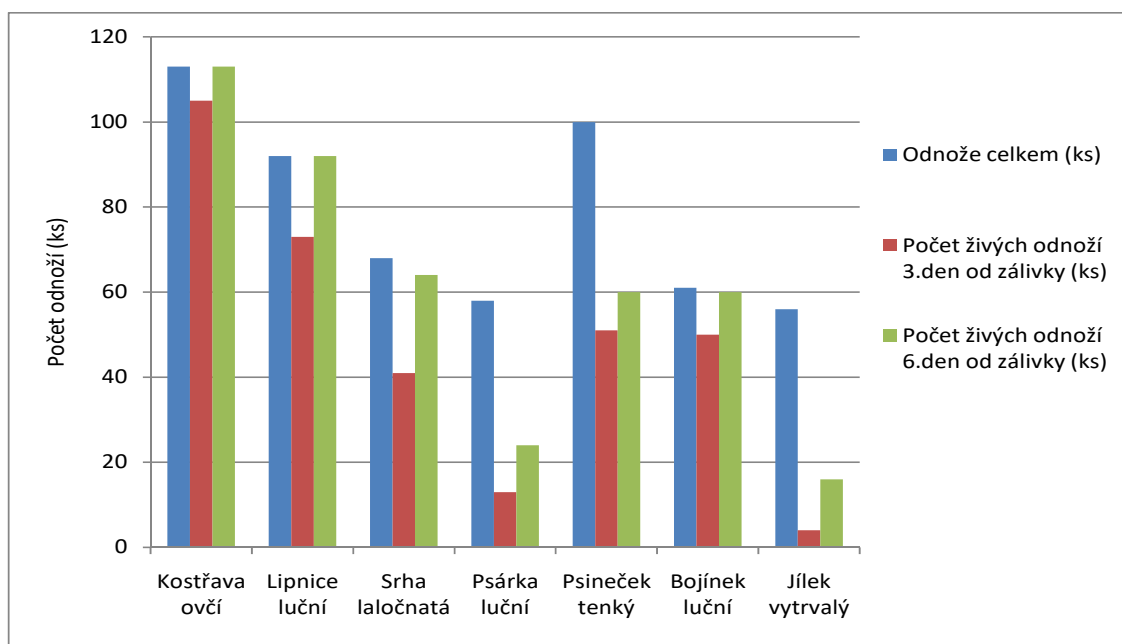


Graf 1: Počet odnoží (ze 7 rostlin v nádobě), 1. (letní) série nádobových pokusů

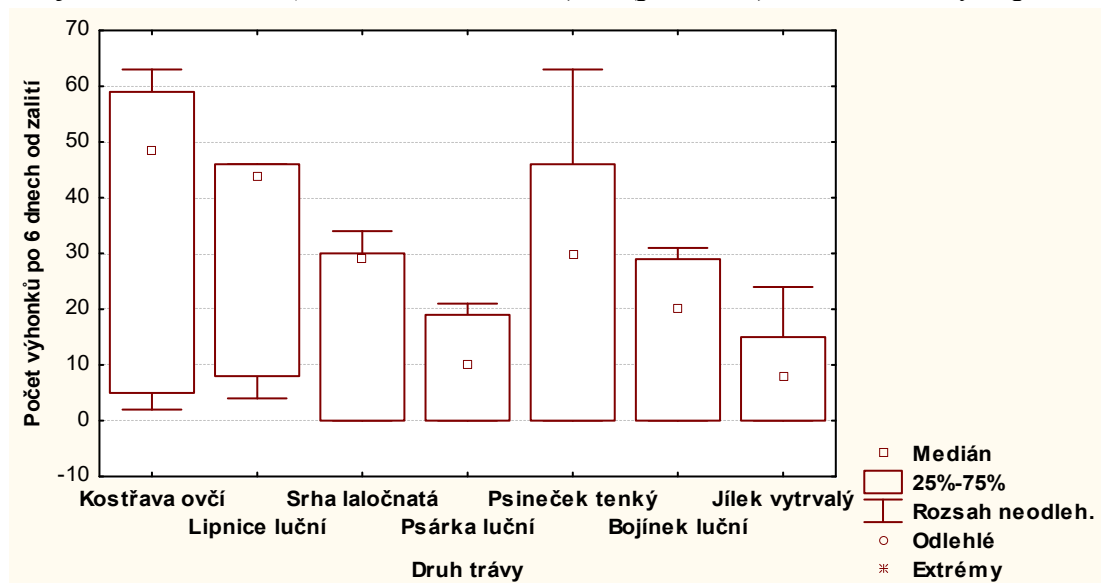


Graf 2: Počet odnoží (ze 7 rostlin v nádobě), 2. (podzimní) série nádobových pokusů

Laboratorní pokus – hodnocení suchovzdornosti ve fázi klíčení: celková průměrná klíčivost byla dosti vyrovnaná u všech testovaných druhů (tab. 1). Nejvyšší průměrnou klíčivost (89 %) prokázal jílek vytrvalý odrůda Propan. Naopak nejmenší měla kostřava ovčí odrůda Jana (81 %). Nejrychleji klíčícím druhem byl jílek vytrvalý. O něco pomaleji klíčil bojínek luční, psineček tenký, psárka luční a srha laločnatá. Ještě pomaleji začala klíčit kostřava ovčí a vůbec nejpomaleji lipnice luční. Rychle klíčící druhy dosáhly i nejvyšší celkové klíčivosti, což se potvrdilo i v dalších zkouškách klíčivosti (Martínek, 2011).



Graf 3: Počet odnoží (ze 7 rostlin v nádobě), 3. (podzimní) série nádobových pokusů



Graf 4: Počet vitálních výhonků jednotlivých druhů trav 6 dní po zalití (průměr 3 sérií)

Z výsledků je patrné, že každý druh reagoval na stres suchem různě. Většina druhů trav vykazovala klesající průměrnou klíčivost v závislosti na délce přisušení. Je tedy patrné, že kritická fáze, ve které obilka ztrácí schopnost odolat stresu suchem, nastává u jednotlivých testovaných druhů v jiném okamžiku a může mít i různě dlouhou dobu trvání. Největší pokles klíčivosti u většiny druhů trav nastal ve fázi stresu suchem mezi třetím a pátým dnem přisušení.

U většiny druhů docházelo s postupně se zvětšujícím vodním deficitem ke snižování klíčivosti. Výjimku tvořila lipnice luční, která si udržela po celou dobu vysokou hodnotu klíčivosti (70 % po sedmidenním stresu suchem) a také srha laločnatá, která dokonce zaznamenala nárůst klíčivosti po zvyšujícím se stresu suchem. V obou případech je tak jasně patrná schopnost obilek přežít poměrně dlouhé období sucha po započetí klíčení. Schopnost přežít stres suchem u lipnice luční je dána spíše pomalým začátkem klíčení, nebo-li pomalu klíčící druhy se do kritické fáze spojené s buněčným dělením dostávají později a nedojde tedy k tak rozsáhlému poškození buněk (Martínek, 2009; Martínek,

2011a, Martínek, 2011b). Lelièvre (2011) provedl řadu pokusů u srhy laločnaté a výsledky vypovídají, že srha laločnatá má vyšší toleranci k dehydrataci pletiv oproti některým jiným druhům trav o 10–20 %. Z tohoto se dá usuzovat na její schopnost přežít přísušky při klíčení.

Některé druhy, např. bojínek luční, psárka luční a psineček tenký, prokázaly jen velmi malou schopnost přežít období stresu suchem po započítí klíčení. Vůbec nejmenší byla zjištěna u bojínku lučního a psárky luční. U obou těchto druhů se klíčivost pohybovala jen okolo 10 %. Poměrně vysoká klíčivost po stresu suchem byla překvapivě naměřena u rychle klíčícího jílku vytrvalého. Pravděpodobně to bylo způsobeno vysokou celkovou klíčivostí a obvyklým místem klíčení (sušší lokality ovlivněné jen srážkovou vodou). Baskin (2001) uvádí schopnost jílku vytrvalého udržet si dostatečné množství vody k minimalizaci poškození buněčných membrán a jiných orgánů. Dalším zajímavým zjištěním byla poměrně nízká schopnost přežít stres suchem u kostřavy ovčí. Kostřava ovčí je považována za jednu z nejvíce suchovzdorných trav u nás. Z výsledků je patrné, že měla vůbec nejvyšší pokles klíčivosti mezi 3.–5. dnem přísušení ze všech testovaných druhů trav. Nepotvrdila se tak její suchovzdornost při klíčení, na rozdíl od nádobového pokusu.

Tab. 1: Klíčivost obilek trav za běžných podmínek a po různě dlouhém stresu suchem

Druh, odrůda	Celková klíčivost (%)	Klíčivost po stresu suchem (3 dny), (%)	Klíčivost po stresu suchem (5 dní), (%)	Klíčivost po stresu suchem (7 dní), (%)
Jílek vytrvalý (PROPAN)	89	71	51	41
Bojínek luční (BOBR)	85	12	5	3
Lipnice luční (HARMONIE)	83	78	68	70
Kostřava ovčí (JANA)	81	48	17	15
Srha laločnatá (TOSCALI)	83	49	35	50
Psárka luční (TALOPE)	84	12	7	3
Psineček tenký (TENO)	82	20	15	9

Závěr

U nádobového pokusu největší suchovzdornost prokázala lipnice luční odrůda Harmonie a kostřava ovčí odrůda Jana. Tyto dva druhy jako jediné dokázaly z části zregenerovat po tropickém počasí, které bylo v 1. sérii v době přísušení odnoží. Lipnice luční tak ukázala velice širokou toleranci k vodnímu stresu a v době, kdy její odnože již nedokázaly zregenerovat, pořád byla schopna obrůstat z podzemních výběžků. Výsledky nádobového pokusu potvrdily často uváděnou suchovzdornost tohoto druhu. Překvapivé výsledky ukázal bojínek luční odrůda Bobr. Jeho odnože regenerovaly nečekaně dobře a měly podobné hodnoty jako u srhy laločnaté (Toscali), která je považována za poměrně suchovzdorný druh trávy. Nejhorší výsledky měla psárka luční odrůda Talope a jílek vytrvalý odrůda Propan. Zejména jílek vytrvalý je jednou z našich nejpoužívanějších kulturních trav pro nejrůznější typy travních porostů a výsledky naznačují potřebu věnovat zvýšenou pozornost výběru vhodné odrůdy. Z výsledků laboratorního pokusu je patrné, že z odrůd trav si nejlépe vedla, stejně jako u nádobového pokusu, lipnice luční odrůda Harmonie, která měla vyrovnaný počet klíčících obilek i po zvyšující se době stresu suchem. Suchovzdornost také naznačila srha laločnatá odrůda Toscali. Ta měla největší počet klíčících obilek právě při nejdelším vystavení vodnímu deficitu. Ostatní druhy trav již prokázaly klesající tendenci klíčivosti obilek v závislosti na prodlužující se době přísušení. Největší pokles

klíčivosti u většiny druhů trav nastal ve fázi stresu suchem mezi třetím a pátým dnem. Největší pokles klíčivosti zaznamenala překvapivě kostřava ovčí odrůda Jana (33 %). Nepotvrdila se tak její suchovzdornost jako u nádobového pokusu.

Literatura

- BASKIN C. (2001). *Seeds*. Ekology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination. Academic Press, 667 s.
- BLÁHA L. a kol. (2008). Biologické metody boje se suchem. In: *Sborník příspěvků ze semináře ke světovému dni výživy*. Výzkumný ústav potravinářský, Praha, s. 3-6.
- BLÁHA L. (2008). Jak reagovat na dlouhá období sucha během vegetace. In: *Úroda*. Profi press, Praha, r. 55 (5), 86-88.
- BOHÁČ J. a kol. (1990). *Šľachtenie rastlín*. Příroda, Bratislava, 534 s. ISBN 80-07-00231-6.
- HABERLE J. a kol. (1990). *Kořenový systém zemědělských plodin – šlechtitelské a agrotechnické cíle*. Ústav vědeckotechnických informací pro zemědělství, Praha, 70 s.
- HEJDUK S. (2010). Dopad změny klimatu na produkci píce. In: *Úroda*. Profi press, Praha, 57 (7), 75-76.
- HNILÍČKA F. a kol. (2007). Růst významu vlastností kořenů v měnících se klimatických podmínkách střední Evropy. In: *Vliv abiotických a biotických stresorů na vlastnosti rostlin*. Česká zemědělská univerzita, Praha, 12-13.
- HOUDEK T. (2012). *Metody stanovení evapotranspirace a její hodnoty v České republice*. Diplomová práce, Jihočeská univerzita v Českých budějovicích, s. 9.
- LELIÉVRE F. et al. (2001). *Water use efficiency and drought survival in Mediterranean perennial forage grasses*. Field Crops Research, 333-342.
- LITSCHMANN T. a kol. (2007). Počítače a řízení závlah. In: *Informace pro zahradnictví*. 12 (7), 10-11.
- MACHÁČ R. et al. (2006). Rozšíření, využití a pěstování bojínků. In: *Úroda*. Profi press, Praha, 53 (5), 14-18.
- MARTÍNEK J., SVOBODOVÁ M., KRÁLÍČKOVÁ T. Dynamika klíčení travníkových druhů trav při vodním stresu. *Úroda*, 57 (12), věd. příloha, 85-88.
- MARTÍNEK J. (2011). *Konkurenční schopnosti metlice trsnaté Deschampsia caespitosa /L./Beauv. ve směsích s vybranými travníkovými druhy*. Disertační práce, Česká zemědělská univerzita v Praze, s. 39.
- MARTÍNEK J., SVOBODOVÁ M., KRÁLÍČKOVÁ T. (2011). Stres suchem a dynamika klíčení vybraných travníkových odrůd kostřavy rákosovité. Osivo a sadba, X. odborný a věd. seminář, ČZU Praha, 78-81.
- ŠANTRŮČEK J. a kol. (2001). *Základy pícninářství*. ČZU, Praha, 146 s.
- ŠEVČÍKOVÁ M. (2008). Psinečky – rozšíření, vlastnosti, využití a pěstování. In: *Úroda*. Profi press, Praha, 55 (7), 58-59.
- ŠEVČÍKOVÁ M. (2007) Z jakých druhů a odrůd můžeme vysévat travníky. In: *Úroda*. Profi press, Praha, 54 (1), 51-52.

Contact address: Ing. Milan Kobes, Ph.D., Zemědělská fakulta Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích, Na Sádkách 1780, 370 05 České Budějovice, E-mail: kobes@zf.jcu.cz

VPLYV ALGINITU A EXTRAKTŮ Z NEHO NA KLÍČENÍ LIPNICE LÚČNEJ (*POA PRATENSIS* L.)

*Influence of Alginite and Extracts from it on Germination of Kentucky bluegrass (*Poa pratensis* L.)*

Peter Kovár¹, Ľuboš Vozár¹, Peter Hric¹, Ján Brindza², Petra Verešová¹

¹Katedra rastlinnej výroby a trávnych ekosystémov, FAPZ SPU v Nitre

²Katedra genetiky a šľachtenia rastlín, FAPZ SPU v Nitre

Abstract

The effect of alginite (powder, crushed alginite) and extracts from it (ALGEX 2 – “sodium solution”, ALGEX 4 – “potassium solution”) was observed in a controlled conditions of climatic chamber (26 °C/15 °C; 12 h light/12 h dark; 70% rh) in an experiment with *Poa pratensis* L. on parameters as germination dynamics, average germination, germination rate and mean germination time. There were 5 treatments in this experiment: V1 – control without alginite and extracts from it; V2 – alginite powder 10% vol.; V3 – crushed alginite 10% vol.; V4 – 1.5% extract ALGEX 2 and V5 – 1.5% extract ALGEX 4. A significant increase in the germination of *Poa pratensis* L. was recorded as early as the 7th day of the experiment, using the ALGEX 4 extract, where the germination reached 340.00% compared to the control. From the overall point of view, the positive and at the same time significant ($p = 0.0000$) effect of alginite and its extracts was manifested. The application of the solid form of alginite increased the average germination by 51.70% (powder) and 201.70% (crushed alginite), while the use of alginite extracts increased by 33.33% (ALGEX 2) and 334.20% (ALGEX 4) compared to control. Alginite and its products can also be positively evaluated in terms of their effect on the germination rate, which they increased by 0.04–1.52 seeds.day⁻¹ in *Poa pratensis* L. compared to the control. The most apparent acceleration of germination was achieved with the application of alginite in liquid form (ALGEX 4) – 1.57 seeds.day⁻¹, resp. alginite in solid form (crushed alginite) – 0.75 seeds.day⁻¹ with significant ($p = 0.0052$) differences between treatments. The values of the mean germination time showed a shortening of the germination time in all treatments with using of alginite, namely by 2.82 days with powder application, by 3 days with crushed alginite, by 1.31 days with ALGEX 2 extract and by 4.95 days with extract ALGEX 4.

Keywords: *germinability, rate of germination, alginite, extract from alginite, Poa pratensis L.*

Súhrn

V riadených podmienkach klimakomory (26 °C/15 °C; 12 h svetlo/12 h tma; 70 % rh) v pokuse s lipnicou lúčnou (*Poa pratensis* L.) sa sledoval vplyv alginitu (púder, drvený alginít) a extraktov z neho (ALGEX 2 – „sodný“, ALGEX 4 – „draselný“) na dynamiku klíčivosti, priemernú klíčivosť, rýchlosť klíčenia a strednú dobu klíčenia. Pre tento experiment bolo vytvorených 5 variantov: V1 – kontrola bez alginitu a extraktov z neho; V2 – púder 10 % obj.; V3 – drvený alginít 10 % obj.; V4 – 1,5 % extrakt ALGEX 2 a V5 – 1,5 % extrakt ALGEX 4. Výrazné zvýšenie klíčivosti lipnice lúčnej sa zaznamenalo už na 7. deň trvania experimentu, a to pri použití extraktu ALGEX 4, kde klíčivosť dosiahla 340,00 % v porovnaní s kontrolou. Z celkového hľadiska sa prejavil pozitívny a zároveň preukazný ($p = 0,0000$) účinok alginitu a extraktov z neho. Pri aplikácii pevnej formy alginitu sa priemerná klíčivosť zvýšila o 51,70 % (púder) a 201,70 % (drvený alginít), zatiaľ čo pri použití extraktov z alginitu o 33,33 % (ALGEX 2) a 334,20 % (ALGEX 4) v porovnaní s kontrolou. Alginít a jeho produkty možno pozitívne hodnotiť aj z hľadiska ich vplyvu na rýchlosť klíčenia, ktorú pri lipnici lúčnej zvýšili o 0,04–1,52 zrn.deň⁻¹ v porovnaní s kontrolou. Najvýraznejšie zrýchlenie klíčenia

sa dosiahlo pri aplikácii alginitu v tekutej forme (ALGEX 4) – 1,57 zrn.deň⁻¹, resp. alginitu v pevnej forme (drvený alginít) – 0,75 zrn.deň⁻¹ s preukaznými ($p = 0,0052$) rozdielmi medzi variantmi. Z hodnôt strednej doby klíčenia rezultuje skrátenie doby klíčenia vo všetkých variantoch s použitím alginitu, a to o 2,82 dňa pri aplikácii púdry, o 3 dni pri drvenom alginíte, o 1,31 dňa pri extrakte ALGEX 2 a o 4,95 dňa pri extrakte ALGEX 4.

Kľúčové slová: klíčivosť, rýchlosť klíčenia, alginít, extrakt z alginitu, lipnica lúčna

Úvod

Lipnica lúčna (*Poa pratensis* L.), ako jeden zo základných trávnikov druhov, sa uplatní takmer vo všetkých trávnikoch, čo je dané jej vlastnosťami ako je odolnosť voči zaťažovaniu, tvorba hustej mačiny, schopnosť regenerácie po poškodení, vzhľad i adaptabilita na ekologické podmienky stanovišťa. Avšak podľa niektorých autorov (Svobodová a Šantrůček, 2003; Černoch a Našinec, 2009; Gregorová, 2009) má lipnica lúčna (*Poa pratensis* L.) veľkú nevýhodu, a to dlhé obdobie klíčenia (28–36 dní) a pomalý počiatočný rast a vývoj. Knot et al. (2008) uvádzajú, že táto jej slabá stránka komplikuje efektívnejšie použitie v miešanke a do značnej miery obmedzuje využitie tohto inak kvalitného druhu pre prísevy. Svobodová a Cagaš (2013) vidia neustály problém pri zakladaní trávnikov výsevom v zachovaní pomeru komponentov v miešanke i vo výslednom poraste, najmä pri kombinácii rýchlo a pomaly sa vyvíjajúcich druhov, napr. mätonohu trvaceho (*Lolium perenne* L.) a už zmienenej lipnice lúčnej (*Poa pratensis* L.). Preto viacerí autori (Djanaguiraman et al., 2005; Przybysz et al., 2014; Kovár et al., 2015) pre podporu počiatočného vývoja odporúčajú použiť rôzne prípravky, ktoré stimulujú klíčenie semien, čím sa vyššie uvedené nevýhody môžu eliminovať. Je všeobecne známe, že negatívne vplyvy stresových faktorov počas vegetácie možno minimalizovať aplikáciou biologicky aktívnych látok na báze humínových kyselín a fulvokyselín, alebo ich zmesi s auxínmi (Tužinský et al., 2015). Laboratórne testy týkajúce sa tejto problematiky uvádzajú výrazné zvýšenie rýchlosti klíčenia a vzchádzania rastlín, ktorých semená boli ošetrované prípravkom s obsahom humínov (Szczepek a Wilczewski, 2011). Výsledky štúdie ukázali, že humínové látky použité v malých množstvách zvýšili rast koreňov a výhonkov rastlín, zatiaľ čo pri použití väčších dávok pôsobili inhibične (Ayuso et al., 1996).

Vzhľadom na skutočnosť, že aj alginít ako prírodná látka obsahuje okrem iného aj humínové látky (Vass et al., 1997), cieľom príspevku je zhodnotiť vplyv alginitu a extraktov z neho na klíčivosť, rýchlosť klíčenia a strednú dobu klíčenia zrn lipnice lúčnej (*Poa pratensis* L.).

Metodika

Experiment sa realizoval na Katedre rastlinnej výroby a trávnych ekosystémov FAPZ SPU v Nitre v roku 2017.

Ako biologický materiál boli použité zrná lipnice lúčnej (*Poa pratensis* L.).

Pre tento experiment bolo vytvorených nasledovných 5 variantov:

- variant 1: kontrola (bez použitia alginitu a extraktov z neho),
- variant 2: alginít v práškovej forme (púder) – v množstve 10 % obj.,
- variant 3: alginít v drvenej forme (frakcia 1 mm) – v množstve 10 % obj.,
- variant 4: sodný extrakt z drveného alginitu roztokom 2 (ALGEX 2) – koncentrácia extraktu: 1,5 %,
- variant 5: draselný extrakt z drveného alginitu roztokom 4 (ALGEX 4) – koncentrácia extraktu: 1,5 %.

Charakteristika použitého materiálu a prípravkov

Alginít (z Pincinej) je sivá až sivo-čierna organicko-minerálna vrstevnatá hornina, ktorá vznikala približne pred šiestimi miliónmi rokov z fosílnych rias v priestore dnešnej Panónskej panvy (Kulich et al., 2002). Je to prírodný produkt z kategórie horľavých bridlíc s vynikajúcimi sorpčnými vlastnosťami,

s pomerne vysokým zastúpením biogénnych, ale aj stopových prvkov a nízkou koncentráciou ťažkých kovov. Obsahuje pomerne málo humifikovanej organickej hmoty i napriek relatívne značnému množstvu organického uhlíka (OC = 5,5 %). Vo frakčnom zložení prevládajú fulvokyseliny nad humínovými kyselinami (Vass et al., 1997; Litavec a Barančíková, 2013).

V experimente sa použil jemne mletý alginít (púder) a drvený alginít frakcie 1 mm získaný preosiatím alginítu cez sito s veľkosťou ôk 1 mm.

Extrakt z alginítu (ALGEX 2 a ALGEX 4) – jednotlivé extrakt boli pripravené z drveného alginítu v laboratóriu Katedry rastlinnej výroby a trávnych ekosystémov FAPZ SPU v Nitre použitím extrakčných roztokov obsahujúcich zmes dekahydrátu pyrofosforečnanu sodného a hydroxidu sodného (ALGEX 2) a hydrogénfosforečnanu draselného a hydroxidu draselného (ALGEX 4).

Zrná lipnice lúčnej (po 100 ks zrn v 2 opakovaníach) boli rovnomerne rozložené na filtračný papier v Petriho miske s veľkosťou 120 x 120 mm. V prípade kontrolného variantu (V1) boli zrná zasypané 100 cm³ kremičitého piesku a piesok bol následne zvlhčený 40 ml destilovanej vody. Vo variantoch s použitím pevnej formy alginítu boli zrná rovnomerne zasypané 10 cm³ alginítového púderu (V2), resp. drveným alginítom (V3) a následne zasypané 90 cm³ kremičitého piesku, piesok bol zvlhčený 40 ml destilovanej vody. Varianty s použitím extraktov z alginítu boli pripravené rovnakým spôsobom ako kontrolný variant s tým rozdielom, že na zvlhčenie piesku sa použil 1,5% roztok extraktu ALGEX 2 (V4), resp. ALGEX 4 (V5). Takto pripravené Petriho misky so zrnami boli umiestnené do rastovej komory (Climacell 404) a inkubované pri teplote 26 °C (deň)/15 °C (noc) s fotoperiódou 12 hod. svetlo/12 hod. tma a relatívnou vlhkosťou vzduchu rh = 70 %.

Počet vyklíčených zrn bol zisťovaný v 7., 14., 21. a 28. deň trvania experimentu.

Hodnotili sa nasledovné parametre:

- dynamika klíčivosti a priemerná klíčivosť zrn vyjadrené ako % kontroly;
- rýchlosť klíčenia zrn podľa vzťahu $S = (N_n - N_{n-1}) / (t_n - t_{n-1})$, kde S je rýchlosť klíčenia [počet zrn.deň⁻¹], N je počet vyklíčených zrn pri n -tom a $n-1$ hodnotení, $t_n - t_{n-1}$ je počet dní medzi n -tým a $n-1$ hodnotením;
- stredná doba klíčenia (MGT) podľa vzťahu $MGT = \sum(D \cdot n) / \sum n$, kde D je počet dní od začiatku experimentu a n je počet zrn vyklíčených v deň D (Ellis a Roberts, 1980).

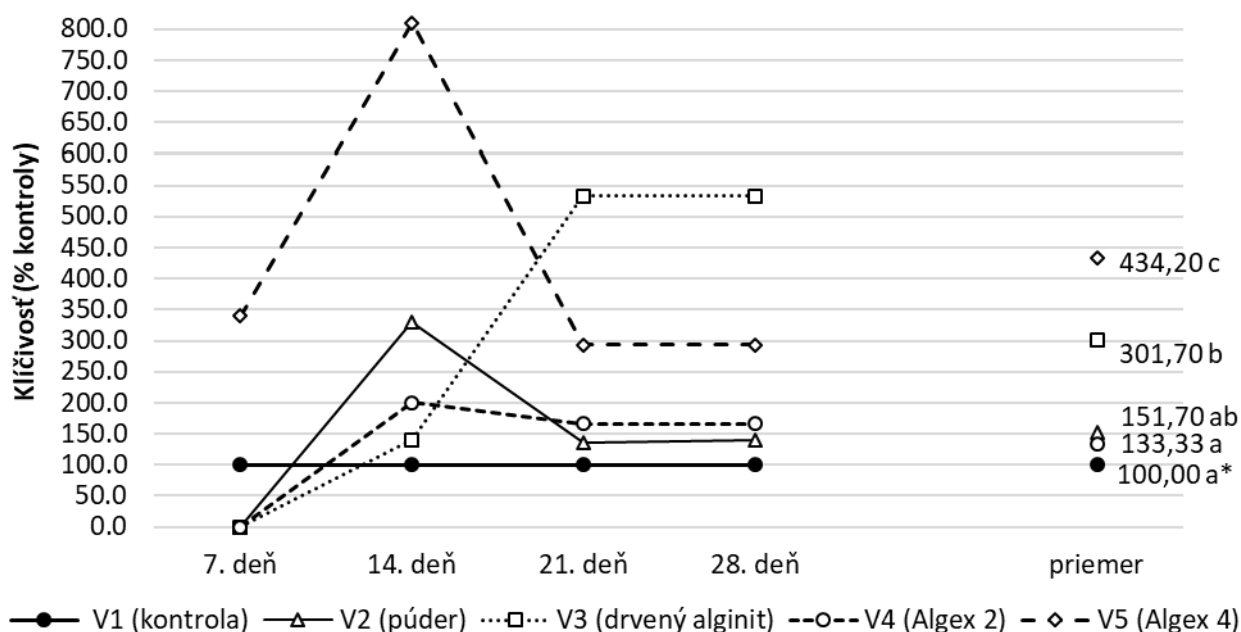
Hodnoty celkovej klíčivosti, rýchlosti klíčenia zrn a strednej doby klíčenia lipnice lúčnej sa vyhodnotili v programe Statistica (Statsoft Inc. (2010). Statistica Cz, verzia 10.0) jednofaktorovou analýzou rozptylu (ANOVA) s následným testovaním preukaznosti rozdielov Fischerovým LSD testom pri 95% hladine pravdepodobnosti ($\alpha = 0,05$).

Grafické spracovanie výsledkov bolo pomocou programu MS Excel.

Výsledky a diskusia

Priebeh klíčivosti zrn lipnice lúčnej je prezentovaný v grafe 1. V úvode experimentu (7. deň) neboli vo variantoch V2 (púder), V3 (drvený alginít) a V4 (ALGEX 2) zaznamenané žiadne vyklíčené zrná, čo je pochopiteľné vzhľadom na biológiu tohto pomaly sa vyvíjajúceho druhu. Gregorová (2009) uvádza, že lipnica lúčna vzchádza za 28–36 dní, čo môže byť problematické najmä v miešanke v kombinácii s rýchlejšie sa vyvíjajúcimi druhmi, napr. mätonohom trvácim (*Lolium perenne* L.). Najvýraznejšia stimulácia klíčenia lipnice lúčnej na 14. deň sledovania bola pozorovaná vo variante V5 (ALGEX 4), kde klíčivosť dosiahla 340,00 % v porovnaní s kontrolou. Následne sa vo všetkých variantoch pozorovalo zvýšenie klíčivosti, najvýraznejšie opäť vo V5 (o 470,00 %). Od 14. dňa trvania experimentu mala klíčivosť zrn lipnice lúčnej klesajúci charakter, s výnimkou V3 (drvený alginít), kde sa aj naďalej zaznamenal nárast hodnôt tohto ukazovateľa. Posledná štvrtina hodnoteného obdobia (22.–28. deň) sa vyznačovala stagnáciou a vo všetkých variantoch sme zaznamenali len minimálne prírastky vyklíčených zrn. Pri lipnici lúčnej možno na základe štatistického hodnotenia celého obdobia konštatovať preukazný ($p = 0,0000$) a zároveň stimulačný účinok použitého alginítu, ktorý zvýšil

klíčivost' v priemere o 33,33 % (V4) až 334,20 % (V5) v porovnaní s kontrolou bez použitia alginitu, resp. extraktov z neho. Podobne aj Szczepanek a Wilczewski (2011) vo svojom experimente zaznamenali výrazné zlepšenie klíčenia jačmeňa a pšenice po ošetrení prípravkom s obsahom humínových látok. Z hľadiska účinnosti použitej formy alginitu možno konštatovať preukazný ($p = 0,0141$) vplyv, pričom najvyššia hodnota priemernej klíčivosti lipnice lúčnej bola pri použití alginitu v tekutej forme (V4 a V5 – v priemere 283,80 %). Účinnosť alginitu v pevnej forme (V2 a V3) bola na úrovni 226,70 % v porovnaní s kontrolou bez alginitu ($V1 = 100$ %).

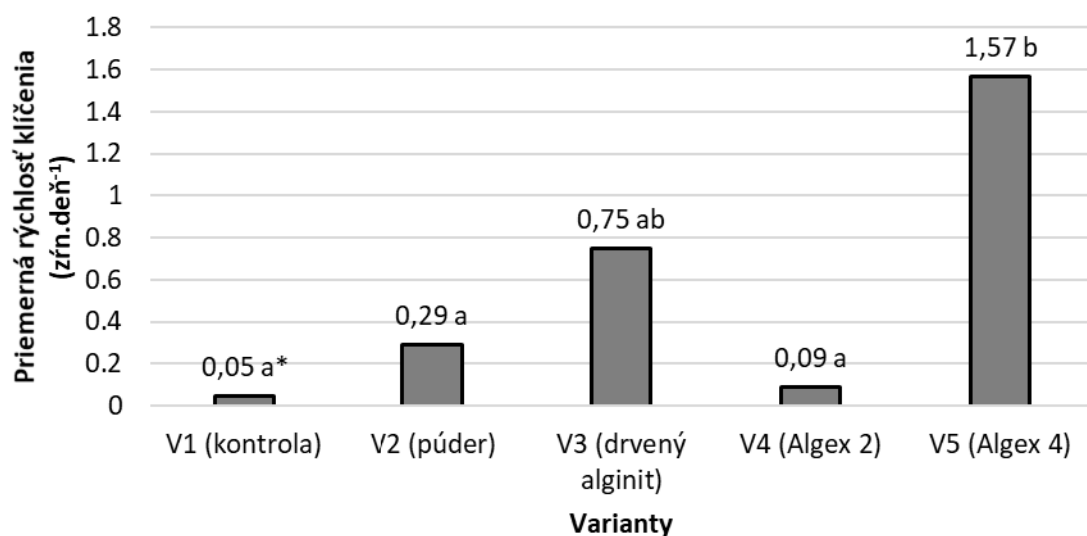


Graf 1: Dynamika klíčivosti zrn lipnice lúčnej (*Poa pratensis* L.)

*Rozdielne písmená (a – c) pri priemerných hodnotách znamenajú štatisticky preukazný rozdiel medzi variantmi (Fischerov LSD test, $\alpha = 0,05$).

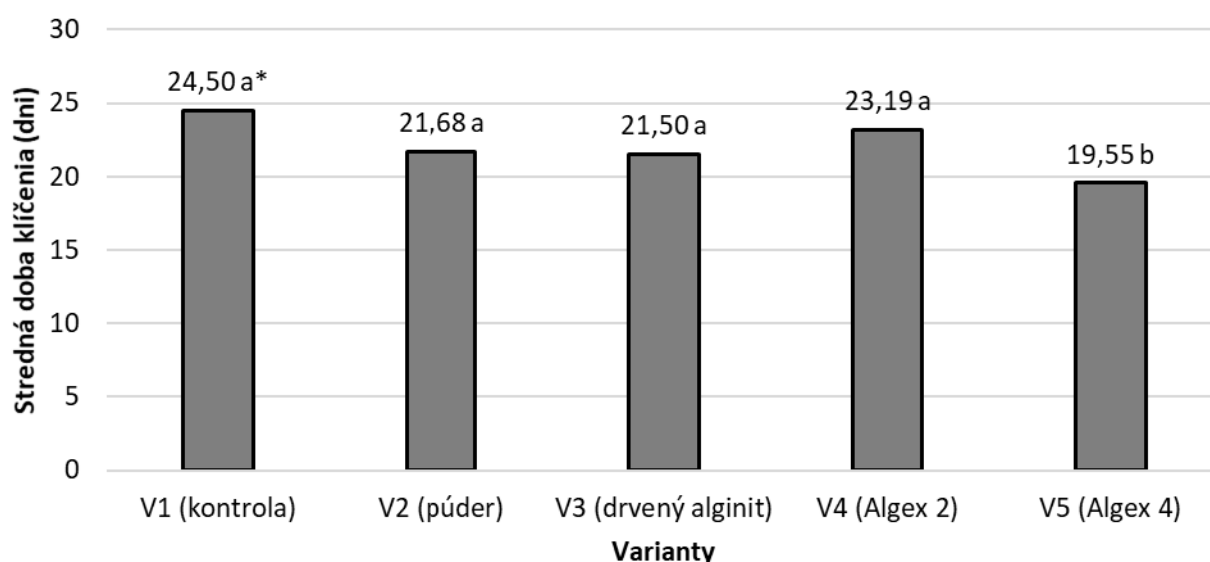
V prípade druhého hodnoteného znaku – rýchlosť klíčenia zrn (graf 2) – mala lipnica lúčna, ako predstaviteľ trávnych druhov s veľmi pomalým vývinom, rýchlosť klíčenia od $0,05 \text{ zrn.deň}^{-1}$ (V1) do $1,57 \text{ zrn.deň}^{-1}$ (V5) s preukaznými ($p = 0,0052$) rozdielmi medzi variantmi. Z porovnania účinnosti samotného alginitu a extraktov z neho vyplýva, že najvyššia rýchlosť klíčenia v rámci tohto druhu sa zaznamenala vo variante V5, kde sa použil extrakt ALGEX 4. Približne o polovicu pomalšie ako vo V5 klíčili zrná lipnice lúčnej v prítomnosti drveného alginitu (V3). Z praktického hľadiska môže zvýšenie rýchlosti klíčenia zlepšiť uplatnenie sa lipnice lúčnej (ale aj iných pomalšie sa vyvíjajúcich druhov) v poraste, najmä pri spoločnom výseve s rýchlo sa vyvíjajúcimi a konkurenčne silnými druhmi (Svobodová a Šantrůček, 2003).

Strednú dobu klíčenia (MGT), t.j. deň od založenia experimentu, kedy sa dosiahne úroveň 50 % vykličení zrn, dokumentuje graf 3. Z prezentovaných hodnôt rezultuje pozitívny a zároveň štatisticky preukazný ($p = 0,0008$) vplyv alginitu na tento hodnotený ukazovateľ, čo potvrdzujú aj výsledky niektorých autorov (Ebrahimi a Miri, 2016; Alhariri a Boras, 2020). Najmenej účinne sa tu prejavil extrakt ALGEX 2 (V4), ktorý skrátil klíčenie lipnice lúčnej o 1,31 dňa v porovnaní s kontrolou. Alginit aplikovaný v pevnej forme (púder, drvený alginít) mal takmer vyrovnané pôsobenie a urýchlil klíčenie v porovnaní s kontrolou o 2,82–3,00 dní. Najvýraznejšie skrátenie doby klíčenia sa dosiahlo použitím extraktu ALGEX 4 (V5), kde zrná klíčili v priemere po 19,55 dňoch, čo bolo takmer o 5 dní skôr ako pri ich klíčení vo vode (V1), resp. o 1,95–3,64 dňa skôr v porovnaní s ostatnými „alginitovými“ variantmi.



Graf 2: Priemerná rýchlosť klíčenia zrn lipnice lúčnej (*Poa pratensis* L.)

*Rozdielne písmená (a – b) znamenajú štatisticky preukazný rozdiel medzi variantmi (Fischerov LSD test, $\alpha = 0,05$).



Graf 3: Stredná doba klíčenia (MGT) zrn lipnice lúčnej (*Poa pratensis* L.)

*Rozdielne písmená (a – b) znamenajú štatisticky preukazný rozdiel medzi variantmi (Fischerov LSD test, $\alpha = 0,05$).

Záver

Výsledky experimentu ukazujú pozitívny účinok alginítu na celkovú klíčivosť, rýchlosť klíčenia a strednú dobu klíčenia lipnice lúčnej, pričom efektívnejší bol alginít v tekutej forme (extrakt) v porovnaní s alginítom v pevnej forme (púder, drvený alginít). Z použitých extraktov bol efektívnejší ALGEX 4 a z pevnej formy lepšie pôsobil drvený alginít na hodnotené ukazovatele. Z celkového hľadiska sa tak perspektívne javí možnosť využitia alginítu, resp. extraktov z neho, pre zlepšenie a urýchlenie procesu klíčenia lipnice lúčnej.

Pod'akovanie

Táto práca bola vytvorená v rámci realizácie projektu „Charakteristika a aplikácie produktov alginitu v poľnohospodárstve“ v spolupráci s firmou Geocomplex, a.s. a vznikla s podporou projektov KEGA 019SPU-4/2019 a KEGA 032SPU-4/2019.

Literatúra

- ALHARIRI A., BORAS M. (2020). Responses of seed germination and yield related traits to seed pretreatment and foliar spray of humic and amino acids compounds in carot (*Daucus carota* L.). In International Journal of Chemical Studies, 2020, vol. 8, no. 4, pp. 26-30, ISSN 2321-4902.
- AYUSO M., HERNANDEZ T., GARCIA C., PASCUAL J. (1996). Stimulation of barley growth and nutrient absorption by humic substances originating from various organic materials. In Biores. Technol., 1996, vol. 57, p. 251-257.
- ČERNOCH V., NAŠINEC I. (2009). Trávníkové druhy a odrůdy. In HRABĚ F. et al. Trávníky pro zahradu, krajinu a sport. Olomouc: Ing. Petr Baštan, 2009, 335 s., ISBN 978-80-87091-07-4.
- DJANAGUIRAMAN M., DEVI D.D., SHANKER A.K., SHEEBA A., BANGARUSAMY U. (2005). Selenium – an antioxidative protectant in soybean during senescence. In Plant Soil. 2005, vol. 272, pp. 77-86, ISSN 1573-5036.
- EBRAHIMI M., MIRI E. (2016). Effect of humic acid on seed germination and seedling growth of *Borago officinalis* and *Cichorium intybus*. In Ecopersia, 2016, vol. 4, no. 1, pp. 1239-1249, ISSN 2322-2700.
- ELLIS R.H., ROBERTS E.H. (1980). Towards a rational basis for testing seed quality. In Hebblethwaite PD, ed., Seed Production. Butterworths, London, pp. 605-635.
- GREGOROVÁ, H. (2009). Špeciálne trávníkárstvo. Nitra: VES SPU, 2009, 148 s. ISBN 978-80-552-0212-9
- KNOT P., VRZALOVÁ J., HRABĚ F. (2008). Moderní technologie ošetření obilek lipnice luční (dostupné na www.zahradaweb.cz/moderni-technologie-osetzeni-obilek-lipnice-lucni/) [cit. 2020-12-30].
- KOVÁR P., VOZÁR L., JANČOVIČ J., HRIC P. (2015). Využitie podporných prípravkov pre zlepšenie klíčenia zrn vybraných druhov krmných tráv. In Osivo a sadba. Praha: Česká zemědělská univerzita, 2015, s. 175–180. ISBN 978-80-213-2544-9.
- KULICH J., VALKO J., OBERNAUE, D. (2001). Perspective of exploitation of alginite in plant nutrition. In Journal of Central European Agriculture., 2001, vol. 2, no. 3-4, pp. 199-206, ISSN 1332-9049.
- LITAVEC T., BARANČÍKOVÁ G. (2013). Základná charakteristika alginitu. In Vedecké práce Výskumného ústavu pôdozvedectva a ochrany pôdy č. 35., 2013, s. 97–106, ISBN 978-80-8163-003-3.
- MAY J.H., CHALMERS D.R., HALL J.R. (2003). Nutrient Management for Lawn Service Companies (dostupné na <http://www.ext.vt.edu/pubs/turf/430-400/430-400.pdf>) [cit. 2020-12-18].
- PRZYBYSZ A., GAWROŃSKA H., GAJC-WOLSKA J. (2014). Biological mode of action of a nitrophenolates based biostimulants: case study. In Front. Plant. Sci., 2014, vol. 5, no. 713, ISSN 1664-462X.
- StatSoft, Inc. (2010). STATISTICA Cz [Softwarový systém na analýzu dat], verze 10.0. Wwww.StatSoft.Cz
- SVOBODOVÁ M., CAGAŠ B. (2013). Trávník – zakládání, ošetřování a údržba. Praha: Grada, 2013, 120 s., ISBN 978-80-247-4279-3.
- SVOBODOVÁ M., ŠANTRŮČEK J. (2003). Vztah jílku vytrvalého a lipnice luční při zakládání trávníků. In Trávníky 2003. Lednice na Moravě, s. 34, ISBN 80-7157-671-9.
- SZCZEPANEK M., WILCZEWSKI E. (2011). Effect of humic substances on germination of wheat and barley under laboratory conditions. In Acta Sci. Pol., Agricultura, 2011, vol. 10, no. 1, pp. 79-86, ISSN 2300-8504.
- TUŽINSKÝ M., KUPKA I., PODRÁZSKÝ V., PRKNOVÁ H. (2015). Influence of the mineral rock alginite on survival rate and re-growth of selected tree species on agricultural land. In Journal of Forest Science, 2015, vol. 61, no. 9, pp. 399 – 405, ISSN 1805-935X.
- VASS D., KONEČNÝ V., ELEČKO M., MILIČKA J., SNOPOKOVÁ P., ŠUCHA V., KOZAČ J., ŠKRABAN R. (1997). Alginit – nový zdroj slovenského nerudného surovinnového potenciálu (ložisko Pinciná). In Mineralia Slovaca, 1997, vol. 29, no. 1, s. 1-39, ISSN 0369-2086.

Contact address: Ing. Peter Kovár, PhD., Ing.-Paed.IGIP; Katedra rastlinnej výroby a trávnych ekosystémov FAPZ, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, E-mail: Peter.Kovar@uniag.sk

VLIV OŠETŘENÍ SEMENNÝCH POROSTŮ SVAZENKY SHLOUČENÉ NA KLÍČIVOST OSIVA

Influence of Herbicide Treatment of Seed Stands of Phacelia congesta Hook. on Germination of Seeds

Zuzana Kubíková¹, Hana Smejkalová¹, Helena Hutýrová¹, Daniela Knotová²

¹Zemědělský výzkum spol. s r. o. v Troubsku

²Výzkumný ústav pícninářský spol. s r. o. v Troubsku

Abstract

The influence of herbicide treatment of seed stands of the *Phacelia congesta* Hook. on the seed germination was investigated. There were 11 varieties of seed stand treatments. The combinations of weed management and preharvest desiccations were tested. The germinative energy, germination and number of dormant seeds were investigated after seed harvest. There were statistically significant differences between varieties in germinative energy. The lowest germinative energy (89%) was in control variant with no treatment against the weeds. In this variety was the lowest germination (94%) too. The number of dormant seeds ranged from 0 to 2%. There were no statistically significant differences between varieties in germination or number of dormant seeds. None of the tested active substances and their combinations had a negative effect on the germination energy, germination or increased the amount.

Keywords: *Phacelia congesta*, herbicide treatment, desiccations, germination

Souhrn

Cílem této práce bylo zjistit vliv ošetření semenných porostů svazenky shloučené na klíčivost osiva. Bylo testováno 11 variant ošetření. Jednalo se o kombinace ošetření porostů proti plevelům a předsklizňového ošetření porostu za účelem desikace a usnadnění sklizně. Po sklizni osiva bylo provedeno stanovení energie klíčení a klíčivosti. Bylo hodnoceno také množství dormantních semen. Mezi zkoušenými variantami byly statisticky průkazné rozdíly v energii klíčení, kdy nejnižší energii klíčení (89 %) měla kontrola bez ošetření proti plevelům. Tato varianta měla také nejnižší klíčivost (94 %). Rozdíly v klíčivostech nebyly statisticky průkazné. Množství dormantních semen bylo v rozmezí od 0 do 2 % a nebyly zde statisticky průkazné rozdíly. Z výsledků vyplývá, že žádná ze zkoušených účinných látek, ani jejich kombinace, neměla negativní vliv na energii klíčení, klíčivost ani nezvyšovala množství dormantních semen.

Klíčová slova: *svazenka shloučená*, herbicidní ošetření, desikace, klíčivost

Úvod

Pěstování rostlin je komplexní systém, který spojuje zásahy fyzikální, chemické i biologické. Ošetření chemickými látkami, ať už za účelem ochrany proti škodlivým činitelům nebo za účelem ovlivnění technologických vlastností plodiny, je u většiny plodin důležitou součástí agrotechnických postupů. Vhodné agrotechnické postupy jsou základním předpokladem pěstování určité plodiny. Se změnami ve spektru účinných látek, se zaváděním nových pěstebních systémů, jako jsou například smíšené kultury (Kintl et al., 2018; Kintl et al., 2020) a se zaváděním nových druhů a odrůd (Vymyslický, 2014; Glenn et al., 2017), je potřeba provádět výzkum zabývající se účinky chemických

látek na jednotlivé plodiny. Citlivost rostlin k různým účinným látkám může být mezi jednotlivými druhy značně rozdílná (Wiese et al., 2011). Aplikace herbicidů může v závislosti na účinné látce, termínu aplikace a druhu rostliny ovlivnit životnost vytvořených semen a klíčivost osiva (Steadman et al., 2006; Subedi et al., 2017; Nelemans et al., 2017).

Svazanka shloučená je novým druhem, který se zatím využívá poměrně krátce (Vymyslický, 2014). Je velmi vhodnou medonosnou plodinou, je možné ji využívat jako meziplodinu k pěstování ve směsích s dalšími plodinami, například se svazenkou vračičolistou, saflorem nebo jetelem alexandrijským. Základním předpokladem úspěšného zakládání porostů svazenky, ale i jiných plodin, je kvalitní osivo s vysokou klíčivostí. Při pěstování svazenky shloučené na semeno je vhodná herbicidní ochrana proti plevelům zejména v počátečních fázích vývoje svazenky (Kubíková et al., 2016). Před sklizní porostů na semeno je pak vhodná předsklizňová desikace za účelem snížení vlhkosti sklizené hmoty a usnadnění sklizně. V této práci byl zkoumán vliv herbicidů zkoušených k ochraně proti plevelům a k předsklizňové desikaci semenných porostů svazenky shloučené na energii klíčení, klíčivost osiva a množství dormantních semen.

Metodika

Tab. 1: Měsíční teploty a srážky

Rok	2018			2019			2020		
Měsíc	Průměrná měsíční teplota ve °C	Kumulativní měsíční teplota	Měsíční suma srážek v mm	Průměrná měsíční teplota ve °C	Kumulativní měsíční teplota	Měsíční suma srážek v mm	Průměrná měsíční teplota ve °C	Kumulativní měsíční teplota	Měsíční suma srážek v mm
Leden	1,9	-	33,4	-0,9	-	23,0	-0,2	-	8,5
Únor	-2,0	-	10,6	2,4	-	17,2	4,6	-	27,1
Březen	2,1	-	12,4	6,7	-	26,5	5,3	-	25,7
Duben	14,1	423,4	10,7	11,1	332,3	16,9	9,9	297,5	20,3
Květen	17,9	559,5	35,9	12,0	377,6	78,1	12,6	389,3	63,9
Červen	19,6	587,8	35,5	22,0	660,2	65,4	18,0	539,9	87,2
Červenec	21,4	667,9	39,7	20,3	630,8	59,4	19,1	593,7	59,0
Srpen	22,9	706,8	7,6	20,7	643,6	55,9	20,7	638,6	104,5

Rok 2018 byl velmi teplý a suchý, a to zejména v průběhu vegetačního období svazenky. Od dubna do srpna spadlo pouze 129 mm srážek. Rok 2019 byl také poměrně teplý a srážkově bohatší než rok 2018. Rok 2020 byl chladnější než předchozí dva roky s častými vytrvalejšími srážkami.

Bylo zkoušeno 11 variant ošetření různými účinnými látkami. Byly zkoušeny účinné látky určené k ochraně porostu proti plevelům a účinné látky k předsklizňové desikaci porostů. K ochraně proti plevelům byly zkoušeny účinné látky *mesotrione* (Callisto 480), *tembotrione* v kombinaci s *isoxadifen-ethylem* (Laudis) a *metamitron* kombinaci s *quinmeracem* (Goltix Titan) proti dvouděložným plevelům a účinná látka *quizalofop-P-ethyl* (Targa Super) proti jednoděložným plevelům. Aplikace přípravků určených k ochraně proti plevelům probíhala ve fázi BBCH 14.

Dále byly zkoušeny přípravky určené k předsklizňové desikaci. Jednalo se o účinné látky *pyraflufen-ethyl* (Kabuki), *karfentrazon-ethyl* (Spotlight), *fluroxypyr* (Starane Forte) a *kyselinu pelargonovou* (Beloukha). Všechny varianty, kde byla zkoušena herbicidní ochrana, byly jednotně desikovány účinnou látkou *dikvát* (Reglone) a varianty, kde byly zkoušeny přípravky k předsklizňové desikaci, byly jednotně ošetřeny proti plevelům účinnými látkami *tembotrione* v kombinaci s *isoxadifen-ethylem* (Laudis) proti dvouděložným plevelům a *quizalofop-P-ethyl* (Targa Super) proti jednoděložným plevelům. Aplikace účinných látek určených k desikaci probíhala 10 až 14 dní před sklizní.

Byly zařazeny dvě kontrolní varianty: 1. kontrolní varianta bez desikace, která byla ošetřena proti plevelům stejně jako ostatní desikační varianty a 2. kontrolní varianta bez ošetření proti plevelům, která byla desikována účinnou látkou *dikvát* stejně jako ostatní herbicidní varianty. Zkoušené varianty jsou podrobně popsány v tabulce 2.

Tab. 2: Seznam zkoušených variant

Varianta	Ochrana proti plevelům		Desikace	
	Přípravek (účinná látka)	Dávka přípravku	Přípravek	Dávka přípravku
1	Kontrola bez desikace: Laudis + Targa Super (<i>tembotrione</i> , <i>isoxadifen-ethyl</i> + <i>quizalofop-P-ethyl</i>)	1,5 + 2,5 l/ha	Kontrola bez desikace	-
2	Kontrola bez herbicidního ošetření	-	Kontrola bez herbicidního ošetření: Reglone (<i>dikvát</i>)	3,5 l/ha
3	Calisto 480 (<i>mesotrione</i>)	0,2 l/ha	Reglone (<i>dikvát</i>)	3,5 l/ha
4	Calisto 480 + Targa super (<i>mesotrione</i> + <i>quizalofop-P-ethyl</i>)	0,2 + 2,5 l/ha	Reglone (<i>dikvát</i>)	3,5 l/ha
5	Laudis + Targa super (<i>tembotrione</i> , <i>isoxadifen-ethyl</i> + <i>quizalofop-P-ethyl</i>)	1,5 + 2,5 l/ha	Reglone (<i>dikvát</i>)	3,5 l/ha
6	Goltix titan (<i>metamitron</i> , <i>quinmerac</i>)	2 l/ha	Reglone (<i>dikvát</i>)	3,5 l/ha
7	Goltix titan + Targa super (<i>metamitron</i> , <i>quinmerac</i> + <i>quizalofop-P-ethyl</i>)	2 + 2,5 l/ha	Reglone (<i>dikvát</i>)	3,5 l/ha
8	Laudis + Targa super (<i>tembotrione</i> , <i>isoxadifen-ethyl</i> + <i>quizalofop-P-ethyl</i>)	1,5 + 2,5 l/ha	Kabuki + Dash HC + DAM (pyraflufen-ethyl + smáčedlo + DAM)	0,8 + 1 + 10 l/ha
9	Laudis + Targa super (<i>tembotrione</i> , <i>isoxadifen-ethyl</i> + <i>quizalofop-P-ethyl</i>)	1,5 + 2,5 l/ha	Kabuki + Starane Forte + Dash HC + DAM (pyraflufen-ethyl + fluroxypyr + smáčedlo + DAM)	0,8 + 0,6 + 1 + 10 l/ha
10	Laudis + Targa super (<i>tembotrione</i> , <i>isoxadifen-ethyl</i> + <i>quizalofop-P-ethyl</i>)	1,5 + 2,5 l/ha	Spotlight + Dash HC + DAM (carfentrazone-ethyl + smáčedlo + DAM)	1 + 1 + 10 l/ha
11	Laudis + Targa super (<i>tembotrione</i> , <i>isoxadifen-ethyl</i> + <i>quizalofop-P-ethyl</i>)	1,5 + 2,5 l/ha	Beloukha + Dash HC + DAM (kyselina pelargonová + smáčedlo + DAM)	16 l/ha

Pokusy byly sklizeny maloparcelkovým kombajnem Sampo, osivo bylo dle potřeby dosušeno a přečištěno. Klíčivosti byly stanoveny podle metodiky ISTA pro svazenko vratičolistou. Klíčivosti byly provedeny v Petriho miskách na filtračním papíru při teplotě 20 °C ve tmě s hodnocením po 5 dnech (energie klíčení) a 14 dnech (celková klíčivost). V tabulce 3 je uvedeno také procento dormantních semen (nenabobtnalých, nevyklíčených, zdravých semen). Výsledky byly zpracovány v programu Excel a statisticky vyhodnoceny v programu STATISTICA 12 metodou analýzy rozptylu a následným testováním pomocí Tukeyova HSD testu na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ (průkazný rozdíl) a $\alpha = 0,01$ (vysoce průkazný rozdíl). Byl vyhodnocen vliv ošetření semenného porostu svazenky na energii klíčení a klíčivost osiva svazenky shloučené.

Výsledky a diskuse

Vliv ošetření porostu proti plevelům

U variant zaměřených na ochranu proti plevelům se energie klíčení pohybovala v rozmezí od 89 do 98 %. Nejnížší energie klíčení byla zjištěna na kontrolní variantě bez ošetření proti plevelům. Byly zjištěny průkazné a vysoce průkazné rozdíly v energii klíčení (tab. 3). Nejvyšší energie klíčení byla zjištěna na variantě 4 ošetřené účinnými látkami *mesotrione* a *quizalofop-P-ethyl*. Klíčivost se pohybovala v rozmezí od 94 do 98 %, nejnížší klíčivost byla také na kontrole bez ošetření proti plevelům. Mezi variantami nebyly rozdíly. Množství dormantních semen se pohybovalo od 0 do 2 % a mezi variantami

nebyly statisticky průkazné rozdíly. Z výsledků vyplývá, že žádná z účinných látek zkoušených k ochraně proti plevelům nemá nepříznivý vliv na energii klíčení, klíčivost nebo na výskyt dormantních semen. Výsledky včetně statistických rozdílů jsou uvedeny v tabulce 3.

Vliv předsklizňové desikace

U variant, kde byla zkoušena předsklizňová desikace, byla energie klíčení 91 až 95 %. Nejnižší byla na kontrole bez desikace. Mezi kontrolou a zkoušenými variantami nebyly průkazné rozdíly. Klíčivost se pohybovala od 95 do 97 % a nebyly zde statisticky průkazné rozdíly mezi variantami. Množství dormantních semen bylo 1 až 2 % a nebyly zde průkazné rozdíly mezi variantami.

Vliv ročníku

V pokusech se projevil vliv ročníku na energii klíčení a klíčivost (tab. 3). Nejnižší energie klíčení i klíčivost byla zjištěna v roce 2020, kdy byla celková průměrná energie klíčení 90 % a klíčivost 95 %. Nejvyšší energie klíčení i klíčivost byla v roce 2019. Nižší energie klíčení a klíčivost v roce 2020 mohly být způsobeny vlhčím počasím, které přetrvávalo až do sklizně.

Tab. 3: Vliv ošetření na energii klíčení, klíčivost a procento dormantních semen

Varianta	Účinná látka	Energie klíčení			Klíčivost			Dormantní semena		
		%	α 0,05	α 0,01	%	α 0,05	α 0,01	%	α 0,05	α 0,01
1	Kontrola (bez desikace)	91	ab	ab	96	a	a	2	a	a
2	Kontrola (bez ošetření proti plevelům)	89	a	a	94	a	a	2	a	a
Varianty s účinnými látkami k ochraně proti plevelům										
3	mesotrione	92	ab	ab	95	a	a	2	a	a
4	mesotrione + quizalofop-P-ethyl	98	c	c	98	a	a	0	a	a
5	tembotrione, isoxadifen-ethyl + quizalofop-P-ethyl	95	bc	abc	97	a	a	2	a	a
6	metamitron, quinmerac	94	abc	abc	95	a	a	1	a	a
7	metamitron, quinmerac + quizalofop-P-ethyl	96	bc	bc	97	a	a	1	a	a
Varianty s účinnými látkami k předsklizňové desikaci										
8	pyraflufen-ethyl + smáčedlo + DAM	95	bc	bc	97	a	a	2	a	a
9	pyraflufen-ethyl + fluroxypyr + smáčedlo + DAM	93	ab	abc	96	a	a	2	a	a
10	carfentrazon-ethyl + smáčedlo + DAM	94	bc	abc	95	a	a	1	a	a
11	kyselina pelargonová + smáčedlo + DAM	94	abc	abc	96	a	a	2	a	a
Rok										
2018		94	b	b	96	ab	ab	2	a	a
2019		97	c	c	98	b	b	1	a	a
2020		90	a	a	95	a	a	2	a	a

*písmenné indexy znázorňují statisticky průkazné rozdíly na hladině α 0,05 a 0,01

Vliv aplikace herbicidů k předsklizňové desikaci na klíčivost osiva studovali u čočky Subedi *et al.* (2017). Ve své studii se zbývali vlivem aplikace účinných látek *pyraflufen-ethyl* a *dikvát*. Zjistili, že *pyraflufen-ethyl* ani *dikvát* nepříznivě neovlivňují klíčivost čočky ve srovnání s neošetřenou kontrolou. Mezi účinnými látkami *dikvát* a *pyraflufen-ethyl* také nebyly průkazné rozdíly. K podobným výsledkům jsme v naší práci dospěli u svazenky shloučené. Ani v naší práci nebyly průkazné rozdíly mezi kontrolou bez desikace a ošetřením porostu účinnou látkou *dikvát* nebo *pyraflufen-ethyl*. Vliv *karfentrazon-ethylu* na klíčivost pšenice studovali Krenchinski *et al.* (2017). V jejich práci nebyly zjištěny průkazné rozdíly v energii klíčení ani v celkové klíčivosti mezi variantami ošetřenými *dikvát*em a *karfentrazon-ethylem*. Podobné výsledky jsme v naší práci získali u svazenky shloučené. Klíčivost svazenky shloučené na kontrolní variantě bez desikace byla srovnatelná jak s klíčivostí varianty ošetřené *dikvát*em, tak s klíčivostí varianty ošetřené *karfentrazon-ethylem*. Pradhan a Chakraborti (2010) studovali různé systémy ochrany pšenice proti plevelům a jejich vliv na kvalitu produkce semen.

Zjistili, že u neošetřené zaplevelené kontroly docházelo ve srovnání s variantami ošetřenými proti plevelům k omezení růstu rostlin, ke snížení produkce semen, a také ke snížení rychlosti klíčení sklizených semen. Také v naší práci došlo u zaplevelené kontroly bez ošetření proti plevelům ke snížení energie klíčení oproti ošetřeným variantám s nižším výskytem plevelů.

Závěr

Ze zjištěných výsledků vyplývá, že ošetření porostu svazenky účinnými látkami *mesotrione*, *tembotrione* v kombinaci s *isoxadifen-ethylem* a *metamitron* kombinaci s *quinmeracem* proti dvouděložným plevelům a účinnou látkou *quizalofop-P-ethyl* proti jednoděložným plevelům, nemá negativní vliv na energii klíčení, klíčivost osiva ani na množství dormantních semen. Negativní vliv ošetření porostu na energii klíčení osiva, klíčivost osiva a množství dormantních semen nebyl zjištěn ani u účinných látek *pyraflufen-ethyl*, *karfentrazon-ethyl*, *fluroxypyr* a *kyselina pelargonová* zkoušených k předsklizňové desikaci.

Dedikace

Príspevek byl zpracován v rámci řešení projektu "Národní program konzervace a využívání genetických zdrojů rostlin a agrobiodiversity", Jeteloviny a ostatní pícniny, VÚP Troubsko 51834/2017-MZE-17253/6.2.2. a z prostředků DKRVO, číslo MZE-RO1721, financovaného Ministerstvem zemědělství.

Literatura

- GLENN K. C., ALSOP B., BELL E., GOLEY M., JENKINSON J., LIU B., MARTIN CH., PARROTT W., SOUDER CH., SPARKS O., URQUHART W., WARD J. M., VICINI J. L. (2017). Bringing new plant varieties to market. plant breeding and selection practices advance beneficial characteristics while minimizing unintended changes. *Crop Sci.* 57:2906–2921, doi. 10.2135/cropsci2017.03.0199.
- KINTL A.; ELBL J.; LOŠÁK T.; VAVERKOVÁ M. D.; NEDĚLNÍK J. (2018). Mixed Intercropping of Wheat and White Clover to Enhance the Sustainability of the Conventional Cropping System. Effects on Biomass Production and Leaching of Mineral Nitrogen. *Sustainability* 2018, 10 (10). 3367; <https://doi.org/10.3390/su10103367>
- KINTL A., ELBL J., VÍTEŽ T., BRTNICKÝ M., SKLÁDANKA J., HAMMERSCHMIEDT T., VÍTEŽOVÁ M. (2020). Possibilities of Using White Sweetclover Grown in Mixture with Maize for Biomethane Production. *Agronomy*, 10, 1407. doi:10.3390/agronomy10091407.
- KRENCHINSKI F. H., CESCO V. J. S., RODRIGUES D. M., PEREIRA V. G. C., ALBRECHT A. J. P. (2017). Yield and physiological quality of wheat seeds after desiccation with different herbicides. *J. Seed Sci.* 39 (3). 254-261. <http://dx.doi.org/10.1590/2317-1545v39n3172506>.
- KUBÍKOVÁ Z., KOMÍNKOVÁ J., ŠMAHEL P. (2016). Srovnání zaplevelení u dvou druhů svazenek. *Úroda* 12, roč. LXIV, vědecká příloha. 249-252.
- NELEMANS J. B., VAN WIJNGAARDEN R. P. A., ROESSINK I. ARTS G. H. P. (2017). Effects of the Herbicide Metsulfuron-Methyl on a Plant Community, Including Seed Germination Success in the F1 Generation. *Front. Environ. Sci.* 5:10. doi. 10.3389/fenvs.2017.00010.
- PRADHAN A. C., CHAKRABORTI P. (2010). Quality Wheat Seed Production through Integrated Weed Management. *Indian J. Weed Sci.* 42 (3 & 4). 159-162.
- STEADMAN K. J., EATON D. M., PLUMMER J. A., FERRIS D. G., POWLES S. B. (2006). Late-season non-selective herbicide application reduces *Lolium rigidum* seed numbers, seed viability, and seedling fitness. *Australian Journal of Agricultural Research* 57 (1). 133-141 <https://doi.org/10.1071/AR05122>.
- SUBEDI M., WILLENBORG CH. J., VANDENBERG A. (2017). Influence of Harvest Aid Herbicides on Seed Germination, Seedling Vigor and Milling Quality Traits of Red Lentil (*Lens culinaris* L.). *Front. Plant Sci.*, <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00311>.
- VYMYSLICKÝ T. (2014). Breeding of Minor Fodder Crops for Sustainable Agriculture. *Ratar. Povrt.* 51(1). 1-6.
- WIESE J. L., KEREN E. N., MENALLED F. D. (2011). Tolerance of native wildflower species to postemergence herbicide. *Native Plants Journal*, Volume 12, Number 1, Spring, pp. 31-36, DOI. 10.1353/npj.2011.0001

Contact Address: Ing. Zuzana Kubíková, Ph.D., Výzkumný ústav pícninářský spol. s r. o., Zahradní 1, 664 41 Troubsko, E-mail: kubikova@vupt.cz

VLIV OŠETŘENÍ OSIVA LASEREM A HNOJENÍ POD PATU NA PRODUKČNÍ UKAZATELE CUKROVÉ ŘEPY

Effect of Laser Seed Treatment and Fertilization during Sowing on Production Parameters of Sugar Beet

Josef Pulkrábek, Lucie Bečková, Perla Kuchtová
Katedra agroekologie a rostlinné produkce, ČZU v Praze

Abstract

The effect of laser seeds treatment (FYTOLASER method) and fertilization with microgranulates applied during sowing on the production parameters of sugar beet stands were evaluated. Seed treatment, the availability of nutrients at the beginning of plant growth positively affects the vigour of plants and subsequently the yield and quality parameters of harvested sugar beet. The highest roots yield was achieved in variant fertilized with Mikrostar fertilizer (86.9 t.ha⁻¹). The variant to which NutriBOOST microgranulate was applied during sowing reached a yield of 83.9 t.ha⁻¹ and the variant with laser-treated seed had a yield of 83.5 t.ha⁻¹. The sugar content was generally low, it was higher in the experimental variants than in the control and the highest in the variant fertilized with Mikrostart fertilizer (15.3%). The monitored variants also had better other indicators of the technological quality of harvested roots. The root yield calculated at 16% sugar content was by 7.6 to 13.3% higher in the monitored variants compared to the untreated control.

Keywords: *seeds, sugar beet, fertilization, root yield, sugar content, emergence, nutrients*

Souhrn

Úprava osiva, dostupnost živin na počátku růstu rostlin příznivě ovlivňuje vitalitu rostlin a následně i výnosové a kvalitativní ukazatele sklizených bulev cukrové řepy. V příspěvku hodnotíme vliv ošetření osiva laserovým světlem (metoda FYTOLASER) a hnojení mikrogranuláty aplikovanými při seti na produkční ukazatele porostu cukrové řepy. Nejvyšší výnos bulev byl u varianty hnojené hnojivem Mikrostar (86,9 t.ha⁻¹). Varianta, na které byl při seti aplikován mikrogranulát NutriBOOST dosáhla výnosu 83,9 t.ha⁻¹ a varianta s osivem ošetřeným laserem měla výnos 83,5 t.ha⁻¹. Cukernatost byla celkově nízká, vyšší u pokusných variant než u kontroly, nejvyšší u varianty hnojené hnojivem Mikrostart (15,3 %). Sledované varianty měly také příznivější další kvalitativní ukazatele technologické jakosti sklizených bulev. Výnos bulev, přepočítaný na 16% cukernatost, sledované varianty zvýšily proti neošetřené kontrole o 7,6 až 13,3 %.

Klíčová slova: *osivo, cukrová řepa, hnojení, výnos bulev, cukernatost, vzcházivost, živiny*

Kvalita osiva je jedním z nejvýznamnějších faktorů ovlivňujících produktivitu a efektivitu produkce. Úprava osiva příznivě ovlivňuje vitalitu rostlin a při pěstování cukrové řepy může ovlivnit výnosové a kvalitativní ukazatele sklizených bulev (Michalska-Klimczak a kol., 2019 a 2020); (Prosba-Bialczyk a kol. 2011). Při zdokonalování osiva cukrové řepy jsou široce užívány mechanické metody, jako je kalibrace osiva a chemické metody, které chrání osivo před patogeny v raných stádiích vývoje. Dále pro zlepšování osiva mohou být aplikovány také metody využívající mimo jiné působení elektrického pole, magnetického pole, mikrovlnné radiace, ionizujícího záření, laserové radiace a dalších záření (Zardzewiały, 2019; Rochalska a kol., 2005, 2008). Podle výzkumníků závisí účinky předsetěvé stimulace osiva na druhu, odrůdě a genotypu rostliny, také na počasí během vegetace a

hnojení (Hernandez, et. al., 2010). Ve výzkumu byla sledována i interakce mezi odrůdami a velikostí dávky radiace. V experimentech prováděných WÓJCIKEM (2006) s aplikací laseru, jako faktoru zlepšujícího kvalitu osiva cukrové řepy, byly sledovány různé dávky laserových paprsků. Autor pozoroval zvýšení výnosu vlivem dvojnásobné dávky a zvýšení obsahu cukru vlivem trojnásobné dávky.

Řada autorů, např. Černý a kol. (2019), Rašovský, Pačuta (2016) a Pačuta a kol. (2020) uvádí, že listová a další komplexní hnojiva slouží nejen k cílenému řízení růstu a vývoje polních plodin, ale také k vytváření podmínek pro vyšší odolnost rostlin vůči stresovým faktorům. Žalud a kol. (2020) zdůrazňují klimaticky podmíněná či stimulovaná aktuální rizika pro pěstování cukrové řepy a nezbytnost hledání nových technologií. Hájková a kol. (2020) naznačují základní adaptační opatření proti měnícím se klimatickým podmínkám.

Cílem předkládaného příspěvku bylo posoudit vliv osiva ošetřeného laserovým světlem (metoda FYTOLASER) na růst rostlin, produkci a technologickou kvalitu bulev cukrové řepy. Porovnat získané výsledky s aplikací mikrogranulátů k osivu při jeho výsevu.

Metodika

Pokusy hodnotící vliv ošetření osiva laserovým světlem (metoda FYTOLASER) a hnojení mikrogranuláty aplikovanými při setí na produkční ukazatele porostu cukrové řepy byly založeny 30. března 2020 v lokalitě Senice na Hané (Zemědělské družstvo Haná v okrese Olomouc). Osivo odrůdy Dalmatin bylo těsně před výsevem ošetřeno laserovým světlem metodou FYTOLASER. K ošetření osiva bylo použito unikátní zařízení, aktuálně v konfiguraci se třemi laserovými moduly (červený, zelený, modrý) a výkonem řádově 500 mW, optomechanikou pro transformaci laserového svazku a jeho rovnoměrnou distribuci. Součástí zařízení je zásobník s dopravníkem zajišťující řízenou a rovnoměrnou expozici.

Sledované ošetření bylo porovnáváno s neošetřenou kontrolou a s mikrogranuláty aplikovanými při výsevu (hnojení pod patu). Sledován byl mikrogranulát NutriBOOST NP 10,45 + 5 % S + 1 % Zn v dávce 30 kg.ha⁻¹ a mikrogranulát Mikrostar C2 P₂O₅ 45, MgO 3, Cu 0,5 a Mn 0,5 v dávce 20 kg.ha⁻¹. Jednotlivá hodnocení v průběhu vegetace a při sklizni probíhala dle zásad poloprovozního řepářského pokusnictví. Ve fázi 6-10 listů a před zapojením porostu byl proveden odběr nadzemní části rostlin na obsah živin v sušině. Technologická jakost sklizených bulev byla hodnocena v laboratoři f. SynTech Research.

Výsledky a diskuse

Nejvyšší vzešlost porostu byla spočítána na variantě založené z osiva ošetřeného laserovým světlem (86,5 %), což se promítlo i do počtu rostlin na 1 ha, který dosáhl 98,6 tis. (tab. 1). Celkově lze ale uvést, že počty rostlin po vzejití cukrové řepy byly velmi vyrovnané (rozdíly statisticky nevýznamné). Rozdíly vzhledem k časnému výsevu byly mezi jednotlivými variantami minimální. S ohledem na velmi časnou setí a následné jarní sucho v tomto porostu dovzcházelo velmi málo rostlin, porost byl kompletní s minimem mezer a dvojáků. Přesto porosty ve velikosti rostlin vykazovaly rozdíly, což je patrné z produkce sušiny v době odběru rostlin na obsah jednotlivých prvků v sušině. Osivo ošetřené laserovým světlem mělo nepatrně nižší produkci sušiny nadzemní části rostliny.

Příjem sledovaných živin byl mezi sledovanými variantami velmi vyrovnaný. Více dusíku přijaly rostliny na variantách s aplikovaným mikrogranulátem při setí. Varianta s aplikací 30 kg mikrogranulátu NutriBOOST (hnojivo NP (10 : 45) + 5 % S + 1 % Zn) při setí měla nejvyšší příjem N při prvním hodnocení (4,93 %), ve druhém (před zapojením porostu) to byla varianta, na které bylo použito osivo ošetřené laserovým světlem (4,26 %). Rámcově lze uvést, že rostliny, u kterých byl aplikován mikrogranulát při setí, měly nepatrně vyšší obsahy sledovaných živin (tab. 2 a 3). V předsklizňovém rozboru byly jednotlivé živiny v sušině bulev velmi vyrovnané, nepotvrdila se hypotéza, že osivo ošetřené laserovým světlem bude mít výrazně rychlejší a vyšší příjem živin (tab. 4).

Tendence k vyššímu příjmu živin byly u varianty s hnojivem NutriBOOST aplikovaném při setí. Z mikroprvků vykazuje cukrová řepa nejvyšší citlivost na nedostatek bóru, hořčíku a mědi v půdě. U sledovaných variant byly proti kontrole vyšší hodnoty i u bóru. Při hodnocení ve fázi 6-10 listů vykázaly sledované varianty nepatrně vyšší příjem hořčíku.

V září byly odebrány vzorky bulv a hodnocena struktura porostu (tab. 1). Obsah sušiny byl mezi variantami velmi vyrovnaný. Nejvyšší hmotnost bulv byla stanovena u varianty založené z osiva ošetřeného laserem (1 093 g), obdobnou hmotnost měla i varianta s mikrogranulátem Mikrostar (1 070 g). Celkově lze uvést, že v porostu byly rostliny i bulvy velmi nevyrovnané a některé napadeny chorobami a škůdci. Nahnílé bulvy nebyly zahrnuty do hodnocení.

Výnos bulv, ale i výnos cukru byl silně ovlivněn vysokými dešťovými srážkami před sklizní, která byla uskutečněna v první dekádě prosince (tab. 6 a 7). Výnos bulv byl vyšší u pokusných variant, nejvyšší u varianty hnojené hnojivem Mikrostar (86,9 t.ha⁻¹). Varianta, na které byl při setí aplikován mikrogranulát NutriBOOST v dávce 30 kg.ha⁻¹, dosáhla výnosu 83,9 t.ha⁻¹ a varianta s osivem ošetřeným laserem měla výnos 83,5 t.ha⁻¹. Cukernatost byla celkově nízká, vyšší u pokusných variant než u kontroly, nejvyšší u hnojené hnojivem Mikrostar (15,3 %). Sledované varianty měly také příznivější další kvalitativní ukazatele technologické jakosti sklizených bulv (tab. 6 a 7). Pro pěstitele je důležitým ukazatelem výnos bulv přepočítaný na 16% cukernatost, který sledované varianty zvýšily proti neošetřené kontrole o 7,6 až 13,3 %. Obdobné zvýšení bylo i u výnosu bílého cukru.

Předkládané jednoleté výsledky potvrzují údaje uváděné dalšími pokusníky, že metoda FYTOLASER napomáhá ke zvýšení výnosu bulv a následně i cukru. Provozní výsledky ukazují, že významného efektu je dosahováno ve stresových podmínkách aridní oblasti. Naše výsledky korespondují i se závěry Pačuty a kol. (2020), Černého a kol. (2019) a dalších, že výživa a hnojení rostlin patří mezi významné produkční faktory tvorby výnosu cukrové řepy a její rozložení v rámci vegetačního období přispívá k jejímu racionálnímu využívání.

Tab. 1: Analýza porostu bulv cukrové řepy

Varianta	Vzešlost porostu	Průměrný počet rostlin	Minimální hmotnost bulvy	Maximální hmotnost bulvy	Průměrná hmotnost bulvy	Procento sušiny	Průměrná hmotnost sušiny
	%	tis. / ha	g	g	g	%	g
Kontrola	83.7	95.4	670	1574	962.8	20.5	197.4
Osivo aktivované Laserem	86.5	98.6	850	1456	1093.8	20.8	227.7
Při setí pod patu Mikrostar, 20 kg	84.6	96.5	438	1594	1070.0	19.8	212.1
Při setí pod patu NutriBOOST, 30	85.1	97.0	612	1550	961.1	19.5	187.0

Tab. 2: Vliv ošetření osiva laserem a hnojení pod patu při setí na obsah jednotlivých prvků v sušině listů cukrové řepy - květen 2020

Sledovaná varianta	Hmotnost	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Zn
	g	%	%	%	%	%	%	mg/kg	mg/kg
Kontrola	4.50	4.61	0.37	4.61	1.12	0.72	0.37	27.10	29.60
Osivo aktivované laserem	4.12	4.50	0.37	4.50	1.24	0.85	0.39	27.60	28.40
Při setí pod patu Mikrostar, 20 kg	3.98	4.84	0.37	4.84	1.29	0.83	0.42	29.20	31.40
Při setí pod patu NutriBOOST, 30 kg	4.15	4.93	0.39	4.93	1.19	0.77	0.47	27.10	31.70

Tab. 3: Vliv ošetření osiva laserem a hnojení pod patu při setí na obsah jednotlivých prvků v sušině listů cukrové řepy - červen 2020

Sledovaná varianta	Hmotnost	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Zn
	g	%	%	%	%	%	%	mg/kg	mg/kg
Kontrola	53.00	3.36	0.31	4.12	1.04	0.61	0.47	51.70	15.00
Osivo aktivované laserem	46.30	4.26	0.36	3.80	1.01	0.63	0.56	55.20	21.00
Při setí pod patu Mikrostar, 20 kg	54.30	3.80	0.33	3.96	0.83	0.52	0.63	54.40	15.90
Při setí pod patu NutriBOOST, 30 kg	50.30	3.83	0.37	4.43	0.96	0.61	0.67	58.40	19.30

Tab. 4: Vliv ošetření osiva laserem a hnojení pod patu při setí na obsah jednotlivých prvků v sušině sklizených bulev cukrové řepy (dne 21. 9., průměr ze dvou stanovení)

Sledovaná varianta	Hmotnost sušiny	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Zn
	g	%	%	%	%	%	%	mg/kg	mg/kg
Kontrola	183.97	0.58	0.09	0.38	0.13	0.13	0.04	5.58	5.80
Osivo aktivované Laserem	227.73	0.48	0.09	0.40	0.12	0.13	0.03	5.65	5.90
Při setí pod patu Mikrostar, 20 kg	212.07	0.72	0.11	0.61	0.11	0.15	0.05	7.43	6.95
Při setí pod patu NutriBOOST, 30 kg	167.59	0.79	0.08	0.53	0.16	0.15	0.05	8.05	6.93

Tab. 5: Vliv ošetření osiva laserem a hnojení pod patu při setí na obsah chlorofylu vyjádřený v chlorofylových jednotkách

	Datum hodnocení					
Varianta	18. 5.	1.6.	2.7.	27. 7.	20.8.	Průměr
Kontrola	516	538	539	555	492	528
Osivo aktivované Laserem	524	544	545	549	460	524
Při setí pod patu Mikrostar, 20 kg	517	553	553	550	431	521
Při setí pod patu NutriBOOST, 30 kg	526	541	543	554	489	531

Poděkování

Príspevek vznikl za podpory Programu rozvoje venkova, operace 16.2.1 Podpora vývoje nových produktů, postupů a technologií v zemědělské prvovýrobě, při řešení projektu Spolupráce. Vývoj a aplikace progresivní technologie zakládání porostů cukrové řepy v aridní oblasti (č. 18/006/16210/671/000055).

Literatura

- ČERNÝ I., PAČUTA V., ERNST D., MAREK J., ŠULIK R., BUŠOR., GAŽO J. (2019). Tvorba úrody a cukrnatosti repy cukrové v závislosti od genetického potenciálu odrůdy a agroekologických podmínek ročníka. Listy cukrovarnické a řepářské 135, č. 12, 2019 str. 396-400
- HERMANDEZ ET. AL. (2010). Laser in agriculture. Int. Agrophysics, 24, s. 407–422.
- HÁJKOVÁ L., KOŽNAROVÁ V., MOŽNÝ M., ŽALUD Z. (2020). Vliv klimatické změny na termíny setí, vzházení a sklizně cukrové řepy. Influence of Climate Change on Terms of Sugar Beet Sowing, Emergence and Harvest. Listy cukrovarnické a řepářské 136, č. 7–8, str. 256-261.
- MICHALSKA-KLIMCZAK B., WYSZYŃSKI Z., PAČUTA V., RAŠOVSKÝ M., BREZOVSKÝ O. (2020). Within-field variability of plant and canopy traits of sugar beet and their relation to individual root mass during harvest. Plant Soil Environ., 66: 437–445. <https://doi.org/10.17221/325/2020-PSE>
- MICHALSKA-KLIMCZAK B., WYSZYŃSKI Z., PAČUTA V., RAŠOVSKÝ M., LEŚNIEWSKA J. (2019). Impact of sugar beet seedpriming on molasses components, sugar content and technological white sugar yield. Plant Soil Environ., 65: 41–45. <https://doi.org/10.17221/720/2018-PSE>

- PROŚBA-BIAŁCZYK U., SZAJSNER H., GRZYŚ E., DEMCZUK A., SACALA E., BĄK K. (2011). Vliv stimulace osiva na produktivitu cukrové řepy. *Listy cukrovarnické a řepářské* 127, č. 11, str. 344-347.
- RAŠOVSKÝ M.; PAČUTA V. (2016). Influence of selected agrotechnical measures and climate conditions on root yield and digestion of sugar beet. *J. Central European Agricult.*, 17, (4), s. 1070–1081.
- ROCHALSKA M., ORZESZKO-RYWKA A. (2008). Influence of alternating magnetic field on respiration of sugar beet seeds. *Inter. Agrophysics*, 22, 2008, s. 255–260.
- ROCHALSKA M. (2005). Influence of frequent magnetic field on chlorophyll content in leaves of sugar beet plants. *Nukleonika*, 50, 2005 (Supplement 2), s. 25–28.
- PAČUTA V., ČERNÝ I., RAŠOVSKÝ M., PULKRÁBEK J., ERNSTI D., BUDAY M. (2020). Vplyv biostimulátorov rastu, odrody a ročníka na úrodu buliev, cukornatosť a úrodu polarizačného cukru repy cukrovej. *Listy cukrovarnické a řepářské* 136, č. 3, str. 114-117.
- WÓJCIK S. (2006). Plonowanie i jakość technologiczna korzeni buraka cukrowego w zależności od stymulacji nasion. *Inżynieria rolnicza*, 2006 (6), s. 383–388.
- ZARDZEWIAŁY M., GORZELANY J., ZAGUŁA G. (2019). Vplyv predsejbovej magnetickej stimulácie semien a hnojenia na úrodu a kvalitu buliev cukrovej repy. *Listy cukrovarnické a řepářské* 135, č. 3, str. 102-105.
- ŽALUD Z., HLAVINKA P., RŮŽEK P., KLEM K., ZAHRADNÍČEK P., ŠTĚPÁNEK P., MOŽNÝ M., TRNKA M. (2020). Změna klimatu a její dopady pro polní produkci se zaměřením na cukrovou řepu v České republice. *Listy cukrovarnické a řepářské* 136, č. 7–8, str. 248-255.

Contact address: Prof. Ing. Josef Pulkrábek, CSc. Katedra agroekologie a rostlinné produkce, ČZU v Praze, Kamýcká 957, 165 21 Praha 6 – Suchbátka, E-mail: pulkrabek@af.czu.cz

Tab. 6: Vliv ošetření osiva laserem a hnojení pod patu při setí na obsah jednotlivých prvků v sušině sklizených bulev cukrové řepy

Varianta	Výnos bulev (t.ha ⁻¹)	Počet bulev (tis.ks.ha ⁻¹)	Cukernatost (%)	Výnos polar. cukru (t.ha ⁻¹)	Obsah melasotvorných látek			Zůstatek cukru v melase (%)	Teoretická výtěžnost (%)	Výnos bílého cukru (t.ha ⁻¹)	Výnos bulev na 16 % (t.ha ⁻¹)
					draslík (mmol.100g ⁻¹)	sodík (mmol.100g ⁻¹)	aminodusík (mmol.100g ⁻¹)				
Kontrola	80.6	95.4	14.70	11.9	3.31	1.74	2.05	1.57	8.23	6.6	72.6
Osivo aktivované laserem	83.5	98.6	15.20	12.7	3.27	1.53	2.06	1.52	8.62	7.2	78.4
Při setí pod patu Mikrostar, 20 kg	86.9	96.5	15.30	13.3	3.30	1.26	1.61	1.43	8.77	7.6	82.2
Při setí pod patu NutriBOOST, 30 kg	83.9	97.0	15.10	12.7	3.41	1.66	2.20	1.59	8.48	7.1	78.1

Tab. 7: Vliv ošetření osiva laserem a hnojení pod patu při setí na obsah jednotlivých prvků v sušině sklizených bulev cukrové řepy, vyjádřeno v procentech kontroly

Varianta	Výnos bulev (t.ha ⁻¹)	Počet bulev (tis.ks.ha ⁻¹)	Cukernatost (%)	Výnos polar. cukru (t.ha ⁻¹)	Obsah melasotvorných látek			Zůstatek cukru v melase (%)	Teoretická výtěžnost (%)	Výnos bílého cukru (t.ha ⁻¹)	Výnos bulev na 16 % (t.ha ⁻¹)
					draslík (mmol.100g ⁻¹)	sodík (mmol.100g ⁻¹)	aminodusík (mmol.100g ⁻¹)				
Kontrola	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Osivo aktivované laserem	103.6	103.4	103.4	107.1	98.8	88.2	100.7	96.5	104.7	108.5	108.0
Při setí pod patu Mikrostar, 20 kg	107.8	101.2	104.1	112.2	99.8	72.3	78.5	91.2	106.5	114.8	113.3
Při setí pod patu NutriBOOST, 30 kg	104.0	101.7	102.7	106.9	103.2	95.4	107.3	101.0	103.1	107.2	107.6

SLADOVNICKÝ JEČMEN JARNÍ

Francin

- doporučený pro „České pivo“
- preferovaná odrůda
Plzeňského Prazdroje, Budvaru
a dalších pivovarů

Spitfire

- výběrová sladovnická jakost
- velmi vysoký výnos ve všech
oblastech

HRÁCH POLNÍ

Eso

 Žlutosemenná
odrůda

- nejprodávanější odrůda v ČR
- odolný k suchu i jarním mrazíkům
- vysoký výnos N-látek

PŠENICE JARNÍ

Astrid^E

- nejprodávanější jarní pšenice
- vynikající odolnost ke rzi plevové
- výborná pekařská jakost

Alicia^E

- nejvýnosnější „Elita“
- zdravá pšenice do všech oblastí

Impuls

 Zelenosemenná
odrůda

- nejvyšší výnosy ze „zelených“
v SDO 2016
- odolný ke kořenovým chorobám
a fuzáriím
- nejvyšší barevná vyrovnanost semen
ze zelenosemenných hrachů



selgen[®]

SELGEN, a. s. • Stupice 24, 250 84 Sibřina tel.: 281 091 441 (43, 45, 46)

e-mail: selgen@selgen.cz • www.selgen.cz

VYUŽITÍ PRO MEZIPLODINY

Světlice barvířská cv. ARA

Sírokolistý přerušovač obilných a brukvovitých sledů.

Lnička setá cv. ZUZANA

Přerušovač obilných sledů, rychlý počáteční růst.

Jetel šípovitý cv. VASIL

Jednoletý vícečetný jetel pro déle rostoucí meziplodiny.

Svazenka shloučená cv. FIONA

Vynikající do směsí se lničkou a svazenkou vratičolistou.

PÍCNINÁŘSKÉ VYUŽITÍ

Komonice bílá (jednoletá forma) cv. ADÉLA

Vysoký výnos hmoty, vhodná včelařská rostlina.

Lesknice kanárská cv. JUDITA

Vhodná na meziplodiny, semeno dobré pro krmení ptactva.

Štírovník jednoletý cv. JUNÁK

Příznivý vliv na dojivost, včelařská rostlina.

Svatojánské žito cv. LESAN

Typ přesívka, vysoký výnos hmoty (až 25 t/ha), vhodný do BPS, předplodina pro čirok, kukuřici do 190 FAO.

PESTRÁ LUČNÍ SPOLEČENSTVA A SMĚSI

Čičorka pestrá cv. EROZA

Vhodná do suchých a svažitých podmínek, motýlokvětá komponenta do lučních směsí, vhodná pro opylovače, nevhodná pro krmení monogastričních zvířat.

Tolice dětelová cv. EKOLA

Vhodná do suchých oblastí, komponenta do travních směsí.

Mája

Jednoletá směs pro opylovače. Oceněna Zlatým klassem s kyticí 2011.



Dále nabízíme:

- Stanovení kvality semen (čistota, HTS, klíčivost).
- Testování účinnosti přípravků na ochranu rostlin.
- Stanovení obsahu mykotoxinů.
- Testování odrůd.
- Úlky s domácími druhy čmeláků.



Kontakt:

Výzkumný ústav pícninářský, spol. s r. o.
Zemědělský výzkum, spol. s r. o.

Zahradní 1, 664 41 Troubsko

tel.: +420 547 138 811

fax: +420 547 138 800

email: vupt@vupt.cz

www.vupt.cz



Vážení pěstitelé,

Nabízíme osiva pro profesionální
pěstitele i barevné HOBBY balení
pro zahrádkáře.

SEMO a.s.
798 17 Smržice u Prostějova
Tel: 582 301 900-3, 582 301 911
fax: 582 381 189
e-mail: semo@semo.cz
www.semo.cz



OSIVO A SADBA

Vydala: Česká zemědělská univerzita v Praze

Katedra agroekologie a rostlinné produkce

Autor: kolektiv autorů

Druh publikace: Sborník referátů

Editor: Ing. Kateřina Pazderů, Ph.D.

Odborní garanti: Ing. Kateřina Pazderů, Ph.D.

Ing. Vlasta Horká

Lektorka: Prof. Ing. Ivana Capouchová, CSc.

Vydání: První, 2021

Počet stran: 155

Tisk: Power Print, Brandejsovo nám. 1219/1, 165 00 Praha Suchdol

Náklad: 50 kusů

Určeno: účastníkům semináře

Publikace neprošla jazykovou úpravou.

Doporučená cena 200,- Kč

ISBN 978-80-213-3080-1