

VÝNOS A KVALITA LNU SETÉHO OLEJNÉHO (*LINUM USITATISSIMUM* L.) V RŮZNÝCH PĚSTITELSKÝCH PODMÍNKÁCH

T. Středa, M. Bjelková

Došlo: 22. ledna 2007

Abstract

STŘEDA, T., BJELKOVÁ, M.: *Yield and quality of Linseed (*Linum usitatissimum* L.) under different planting conditions*. Acta univ. agric. et silvic. Mendel. Brun., 2007, LV, No. 1, pp. 153–164

The aim of this study was on the basis of the field experiment in two different agroclimatic localities, two planting options (low and high input) and during three years find out the seed yield, seed oil content and composition of fatty acid in linseed oil (*Linum usitatissimum* L.), variety *Lola* (Linola™). By the help of standard laboratory analyses for paint parameter evaluation judge suitability of using the oil for painting industry. Linseed yield varied from 0.29 t.ha⁻¹ to 2.35 t.ha⁻¹. Statistical significant differences ($P = 0.01$) were found out for localities, years and planting options. Average seed oil content varied from 36.6% to 44.0%. Influence of locality was not significant, influence of year and planting option to seed oil content was highly significant ($P = 0.01$). Content of linoleic acid in oil was influenced mainly by locality and planting option and varied from 75.86% to 76.78%. Laboratory painting-technological evaluation of oils and alkyd resin experimental sample made for suitability of using low linolenic oil of linseed, variety *Lola* for production of non-yellowing alkyds and enamels.

linseed, seed yield, linoleic acid, green chemistry, painting industry

Vzhledem ke značné rozmanitosti mastných kyselin rostlinných olejů lišících se především délkou molekulového řetězce a zastoupením funkčních reaktivních skupin (nenasycené dvojné vazby, hydroxylové skupiny, oxíranové skupiny apod.) jsou rostlinné oleje využívány jako vstupní suroviny při výrobě paliv, maziv, nátěrových hmot, mýdel, PVC, inkoustů apod. Za tímto účelem jsou v ČR zpracovávány téměř výhradně oleje dovozové (sojový, lněný a ricinový). V budoucnu lze očekávat další nárůst zájmu o využití rostlinných olejů pro přípravu reaktivních ředidel nahrazujících zdraví škodlivá organická rozpouštědla. Důvodem je iniciativa Evropské unie sledující snížení emisí VOC (Volatile Organic Compounds, těkavých organických látek) v automobilovém průmyslu, nábytkářství a dalších odvětvích.

Možnostmi náhrady dovážených olejů oleji tuzemské produkce pro účely využití v chemickém průmyslu a zejména v průmyslu nátěrových hmot se od

roku 2002 zabývá studie prováděná pracovníky Ústavu pěstování, šlechtění rostlin a rostlinolékařství MZLU v Brně, ve spolupráci s dalšími výzkumnými institucemi. Hlavním kritériem při výběru vhodných druhů jsou, vzhledem k uvažovanému převládajícímu použití olejů, výnos a olejnatost semen, chemické složení olejů, vhodnost druhu pro pěstování v ČR, agroekologické nároky a předpokládaná ekonomika pěstování. Konkrétně pro použití na svrchní bezbarvé a bílé nátěry jsou vhodné oleje s vysokým podílem kyseliny linolové a nízkým podílem kyseliny linolenové. Sekvence třech dvojných vazeb kyseliny linolenové má ve svrchních nátěrových hmotách negativní vliv na odolnost proti povětrnostním podmínkám, který se projevuje žloutnutím nátěru. Proto jsou pro výrobu svrchních nátěrových hmot upřednostňovány ty olejnaté druhy, po jejichž zpracování je možné získat olej, u kterého je dominantní složkou kyselina linolová, obsahující v řetězci pouze dvě nenasyčené vazby.

S ohledem na uvedené faktory byl jako potenciálně vhodný druh vybrán len setý olejný (*Linum usitatissimum* L.) – odrůda *Lola* s nízkým obsahem kyseliny linolenové v oleji. Ostatní v ČR pěstované druhy olejnin nedosahují požadovaných kvalitativních parametrů (např. obsah mastných kyselin u řepky olejné) nebo je jejich pěstování pro zvažované využití příliš ekonomicky náročné (slunečnice roční, mák setý, sója luštěnatá a další).

Semeno lnu setého olejného obsahuje typicky 38–42 % oleje. V oleji původních genových zdrojů lnu setého převažuje polynenasycená mastná kyselina linolenová. Šlechtitelskými metodami, zejména mutačním šlechtěním, byly uměle vytvořeny i materiály se změněnou skladbou mastných kyselin. Z pohledu obsahu dominantní mastné kyseliny v oleji tak lze rozdělit len setý na tři hlavní skupiny. První skupinu tvoří lny s klasickou skladbou mastných kyselin, obsahující v oleji průměrně 13–18 % kyseliny linolové a 52–60 % kyseliny linolenové. Z dostupných údajů vyplývá, že v USA jsou produkovány hybridy (např. High Linolenic Flax M 5791), u kterých se obsah kyseliny linolenové v oleji pohybuje na úrovni až 73 % (UNITED STATES PATENT, 2005). Druhou skupinu tvoří lny, které v oleji obsahují 25–32 % kyseliny linolové, 25–35 % kyseliny linolenové a relativně vysoké množství kyseliny olejové – okolo 25 %. Třetí skupinu tvoří lny, které v oleji obsahují průměrně 50–75 % (až 80 %) kyseliny linolové a méně než 3 % kyseliny linolenové (nízkolino- lenový typ).

Semeno lnu setého olejného je v převážné míře používáno pro technické účely, když je lisováním a extrakcí získáván olej, využívaný především v průmyslu nátěrových hmot jako alternativa k petrochemickým surovinám. Hlavní předností epoxidových nátěrů připravených z rostlinných olejů je jejich stabilita vůči slunečnímu záření (ZAHRADNÍK, TÝNOVÁ a KALOUSKOVÁ; 2005). Dále je olej ze lnu setého používán při výrobě linolea, tiskařských barev, alkydových pryskyřic, změkčovadel a PVC stabilizátorů (MOUDRÝ a STRAŠIL, 1999). Naprostá většina lněného semene se z ČR vyváží. Zpět do ČR se potom ve velkém objemu vrací vylišovaný lněný olej.

Cílem práce bylo prostřednictvím maloparcelového pokusu založeného na dvou agroekologicky odlišných stanovištích, ve dvou pěstitelských variantách a ve třech pokusných letech zjistit a vyhodnotit výnos semen, obsah oleje v semeni a obsah mastných kyselin v oleji lnu setého olejného, odrůda *Lola* v závislosti na prostředí, použité úrovni vstupů a ročníku. Pomocí standardních laboratorních analýz k hodnocení parametrů nátěrů posoudit vhodnost využití oleje lnu setého olejného v průmyslu nátěrových hmot.

MATERIÁL A METODIKA

Polní pokus s nízkolino- lenovou odrůdou lnu setého olejného *Lola* byl založen v letech 2002–2004 na pokusných stanovištích Šumperk a Ocmanice ve dvou pěstitelských variantách (low a high input).

Charakteristika použité odrůdy

Odrůda *Lola* byla vyšlechtěna v CDC Saskatoon v Kanadě. V ČR je registrována od roku 1999. Jedná se o první v ČR registrovanou odrůdu typu Linola™ se specifickou skladbou mastných kyselin. Odrůda má obrácený poměr kyseliny linolové (je velmi vysoký – cca 74 %) a linolenové (je velmi nízký – do 3 %). Svými dietetickými vlastnostmi je velmi vhodná i pro potravinářské využití semene a oleje.

Charakteristika pokusných lokalit

Stanoviště Šumperk

Pokusné stanoviště Šumperk se nachází v nadmořské výšce 340 m n. m. Lokalita spadá do bramborářské výrobní oblasti se středně těžkými ilimerizovanými, oglejenými půdami převážně hnědozemního typu. Podle agroklimatického členění (KURPELOVÁ, COUFAL a ČULÍK; 1975) spadá lokalita do makrooblasti mírně teplé, oblasti poměrně mírně teplé, podoblasti převážně vlhké, okrsku s převážně chladnými zimami. Půdní reakce je neutrální, obsah přístupných živin podle Mehlicha III je nízký až dobrý.

Stanoviště Ocmanice

Pokusná lokalita Ocmanice se nachází přibližně tři km severozápadně od Náměště nad Oslavou na pomezí obilnářské a bramborářské výrobní oblasti v nadmořské výšce okolo 390 metrů nad mořem. Podle agroklimatického členění (KURPELOVÁ, COUFAL a ČULÍK; 1975) spadá lokalita do makrooblasti teplé, oblasti poměrně teplé, podoblasti převážně suché, okrsku s poměrně mírnými zimami. Z půd převládají hlinité hnědozemě. Půdní reakce je neutrální, obsah přístupných živin stanovený podle Mehlicha III je dobrý až vysoký.

Metodika polních pokusů

Jednofaktorové polní pokusy byly založeny ve dvou pěstitelských variantách metodou znáhodněných bloků ve třech opakováních. Rozměry pokusných parcel byly 15,0 m².

Ve variantě *high input* bylo prostřednictvím minerálního hnojiva (ledek amonný s vápencem) před setím dodáno 40 kg dusíku v čistých živinách na hektar. Během vegetace byla prováděna intenzivní ochrana rostlin proti škodlivým činitelům podle doporučené

metodiky s cílem dosažení maximálního výnosu produktu (podrobně Tab. I a Tab. III).

Ve variantě *low input* nebyla minerální hnojiva použita. Stejně tak nebyly použity žádné přípravky na ochranu rostlin proti škodlivým činitelům.

Chemické analýzy

Laboratorně byla zjišťována olejnatost semen a obsah mastných kyselin v oleji. Stanovení olejnatosti semen bylo prováděno podle normy ČSN EN ISO 659 „Olejnatá semena – Stanovení obsahu oleje (Referenční metodou)“ extrakcí n-hexanem na Soxhletově extrakčním přístroji. Stanovení obsahu jednotlivých mastných kyselin v oleji bylo prováděno metodou plynové chromatografie podle normy ČSN ISO 5508 „Živočišné a rostlinné tuky a oleje. Analýza methylesterů mastných kyselin plynovou chromatografií“.

Statistické zpracování dat

Statistické zhodnocení výsledků bylo provedeno v programu STATISTICA 5.5, testováním minimálních průkazných diferencí Tukeyovým testem.

VÝSLEDKY

Hodnocení průběhu vegetace

Mimo agrotechnických opatření pro maximalizaci

výnosů a kvality produktu dle metodiky byla v průběhu vegetace prováděna fenologická pozorování porostů, zejména nástup a délka trvání fází růstu kritických pro tvorbu a výnos semene. Registrován byl také průběh meteorologických prvků, ovlivňujících zakládání porostů, průběh vegetace a tvorbu výnosotvorných prvků.

Průběh vegetace na stanovišti Šumperk

Po sklizni předplodiny (obilnina) byla ve všech třech pokusných letech provedena podmítka a na podzim střední orba. V rámci předseťové přípravy byl pozemek na jaře usmykván a kultivační technikou připraven do hloubky 6 cm. Pokusná plocha pro intenzivní variantu byla přihnojena minerálním dusíkatým hnojivem. Porost byl založen s certifikovaným (C1) osivem, namořeným přípravkem Vitavax. Osivové hodnoty: klíčivost 84 %, HTS 6,46 g. Parametry setí: hloubka setí 2 cm, meziřádková vzdálenost 12,5 cm, výsevek 65 kg.ha⁻¹ (tj. přibližně 9 miliónů klíčivých semen – MKS) s cílem dosáhnout po vzejití hustoty porostu 600 jedinců.m⁻². Termíny pracovních operací a fenologické údaje z pokusné lokality Šumperk jsou shrnuty v Tab. I. Průběh počasí v jednotlivých pokusných letech a srovnání s dlouhodobým normálem (1961–1990) jsou uvedeny v Tab. II.

I: Fenologické údaje a termíny pracovních operací v Šumperku

Pracovní operace a fenologická fáze	Low input varianta			High input varianta		
	Rok			Rok		
	2002	2003	2004	2002	2003	2004
Založení porostu	9. 4.	22. 4.	14. 4.	9. 4.	22. 4.	14. 4.
Počátek vzcházení	19. 4.	30. 4.	23. 4.	19. 4.	30. 4.	23. 4.
První aplikace insekticidu ¹	-	-	-	23. 4.	2. 5.	3. 5.
Druhá aplikace insekticidu ²	-	-	-	26. 4.	6. 5.	6. 5.
Třetí aplikace insekticidu ³	-	-	-	-	10. 5.	11. 5.
Fáze stroměčku, první aplikace herbicidu ⁴	7. 5.	17. 5.	15. 5.	9. 5.	17. 5.	15. 5.
Druhá aplikace herbicidu ⁵	-	-	-	14. 5.	22. 5.	28. 5.
Konec kvetení, počátek tvorby tobolek	14. 6.	27. 6.	1. 7.	16. 6.	30. 6.	3. 7.
Žlutá zralost, aplikace desikantu ⁶	30. 7.	8. 8.	16. 8.	30. 7.	8. 8.	16. 8.
Sklizeň	15. 8.	21. 8.	1. 9.	11. 8.	18. 8.	1. 9.

Poznámka: ¹ Decis Flow 2,5 proti dřepčikům, 0,3 l.ha⁻¹

² Nurelle D proti dřepčikům, 0,6 l.ha⁻¹

³ Sumithion proti dřepčikům, 1 l.ha⁻¹

⁴ Glean a Basagran super proti dvouděložným plevelům, 12 g a 1,2 g.ha⁻¹ (jen u high input)

⁵ Pantera proti jednoděložným plevelům, 2,5 kg.ha⁻¹ (jen u high input)

⁶ Roundup Biaktiv, 3,0 l.ha⁻¹ (jen u high input)

II: Průměrné měsíční teploty a úhrny srážek v pokusných letech a normál (Šumperk)

Měsíc	Průměrná teplota (°C)				Srážkový úhrn (mm)			
	2002	2003	2004	normál	2002	2003	2004	normál
Leden	-3,1	-3,1	-5,4	-3,3	35	75	88	55
Únor	2,2	-6,5	-1,4	-1,3	121	19	32	39
Březen	3,7	2,0	2,2	2,4	34	10	12	41
Duben	7,6	6,7	9,0	7,5	36	26	34	35
Květen	15,8	14,9	11,6	12,6	36	81	21	69
Červen	16,9	18,4	15,4	15,6	118	32	65	81
Červenec	19,1	18,3	17,0	16,9	50	60	52	79
Srpen	18,9	19,2	17,5	16,3	85	26	59	76
Září	11,8	12,2	12,1	12,7	65	24	41	52
Říjen	6,7	5,0	9,5	7,9	96	70	50	46
Listopad	5,0	5,2	3,4	2,9	64	25	76	55
Prosinec	-4,1	-1,4	-1,1	-1,2	55	87	41	62
Rok	8,4	7,6	7,5	7,4	793	534	572	690

Průběh vegetace na stanovišti Ocmanice

Operace prováděné v rámci základní a předsetové přípravy půdy v Ocmanicích se plně shodovaly s postupem kultivace v Šumperku. Stejně tak bylo k založení porostu na obou lokalitách použito iden-

tické osivo. Průběh vegetace a termíny jednotlivých pracovních operací jsou uvedeny v Tab. III. Průběh počasí v jednotlivých pokusných letech a srovnání s dlouhodobým normálem (1961–1990) jsou uvedeny v Tab. IV.

III: Fenologické údaje a termíny pracovních operací v Ocmanicích

Pracovní operace a fenologická fáze	Low input varianta			High input varianta		
	Rok			Rok		
	2002	2003	2004	2002	2003	2004
Založení porostu	22. 4.	20. 4.	12. 4.	22. 4.	20. 4.	12. 4.
Počátek vzcházení	1. 5.	1. 5.	21. 4.	1. 5.	1. 5.	21. 4.
První aplikace insekticidu ¹	-	-	-	8. 5.	10. 5.	29. 4.
Druhá aplikace insekticidu ²	-	-	-	13. 5.	15. 5.	6. 5.
Třetí aplikace insekticidu ³	-	-	-	18. 5.	20. 5.	-
Fáze stromečku, první aplikace herbicidu ⁴	3. 6.	28. 5.	18. 5.	1. 6.	28. 5.	18. 5.
Druhá aplikace herbicidu ⁵	-	-	-	7. 6.	-	23. 5.
Konec kvetení, počátek tvorby tobolek	20. 6.	21. 6.	13. 6.	23. 6.	25. 6.	15. 6.
Žlutá zralost, aplikace desikantu ⁶	7. 8.	4. 8.	25. 7.	12. 8.	8. 8.	1. 8.
Sklizeň	20. 8.	20. 8.	10. 8.	20. 8.	20. 8.	10. 8.

Poznámka: ¹ Decis Flow 2,5 proti dřepčíkům, 0,3 l. ha⁻¹

² Nurelle D proti dřepčíkům, 0,6 l. ha⁻¹

³ Sumithion proti dřepčíkům, 1 l. ha⁻¹

⁴ Glean a Basagran super proti dvouděložným plevelům, 12 g a 1,2 g. ha⁻¹ (jen u high input)

⁵ Pantera proti jednoděložným plevelům, 2,5 kg. ha⁻¹ (jen u high input)

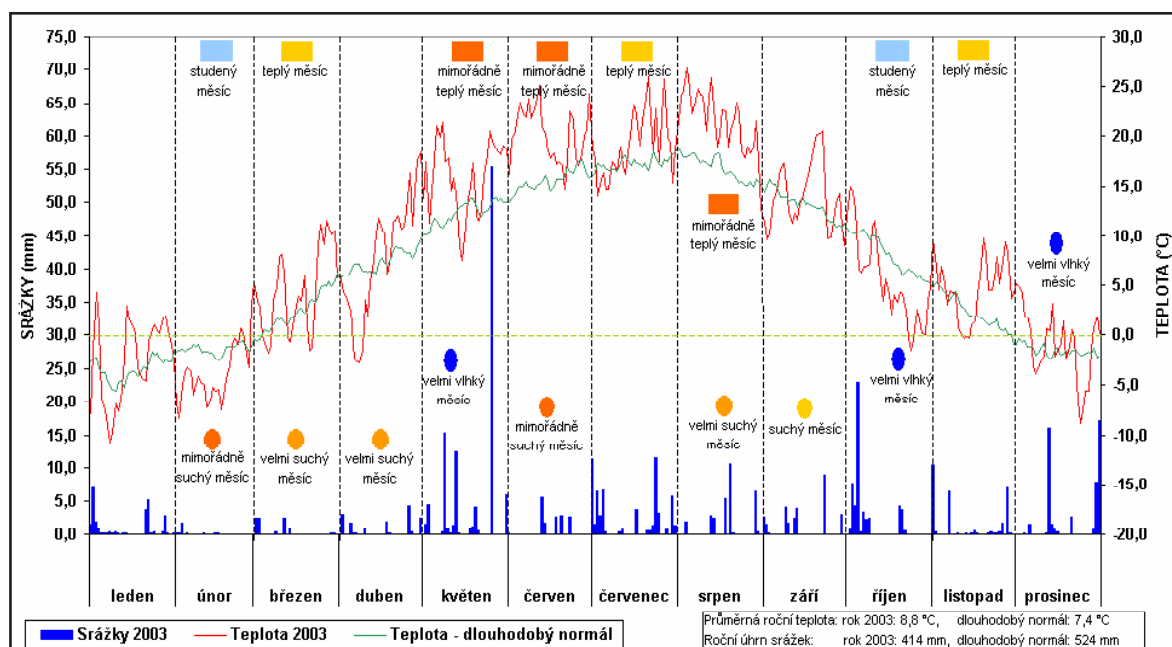
⁶ Roundup Biaktiv, 3,0 l. ha⁻¹ (jen u high input varianty, v roce 2003 nedesikováno vůbec)

IV: Průměrné měsíční teploty a úhrny srážek v pokusných letech a normál (Ocmanice)

Měsíc	Průměrná teplota (°C)				Srážkový úhrn (mm)			
	2002	2003	2004	normál	2002	2003	2004	normál
Leden	-1,2	-2,6	-4,2	-3,4	12	25	44	28
Únor	3,1	-3,9	0,2	-1,5	24	2	27	25
Březen	4,6	4,3	2,4	2,4	22	9	42	26
Duben	7,9	7,8	9,1	7,4	40	15	29	35
Květen	15,6	15,9	11,5	12,3	50	104	34	69
Červen	18,1	20,2	15,9	15,5	75	15	74	67
Červenec	19,4	19,0	17,7	17,2	77	58	49	72
Srpen	19,2	21,6	18,8	16,8	119	30	40	67
Září	12,7	14,0	13,4	13,1	36	28	47	39
Říjen	6,6	5,4	9,4	8,1	70	52	47	32
Listopad	4,9	4,7	3,4	2,3	48	28	42	35
Prosinec	-3,4	-1,0	-1,1	-1,6	40	48	16	28
Rok	9,0	8,8	8,0	7,4	611	414	491	524

Na Obr. 1 je znázorněn chod průměrných denních teplot vzduchu a denní srážkové úhrny na pokusné lokalitě Ocmanice v roce 2003. Abnormální průběh počasí v roce 2003 v Ocmanicích měl negativní vliv na zakládání porostů, tvorbu výnosu a přispěl ke značnému přemnožení škůdců, zejména dřepčků. I přes

intenzivní chemickou ochranu v high input variantě byly porosty v Ocmanicích v tomto roce silně zdecimovány a poskytly jen extrémně nízký výnos semen ($0,37 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$). V low input variantě byly podle předpokladu dopady na porost a výnos semen ($0,29 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$) ještě citelnější.

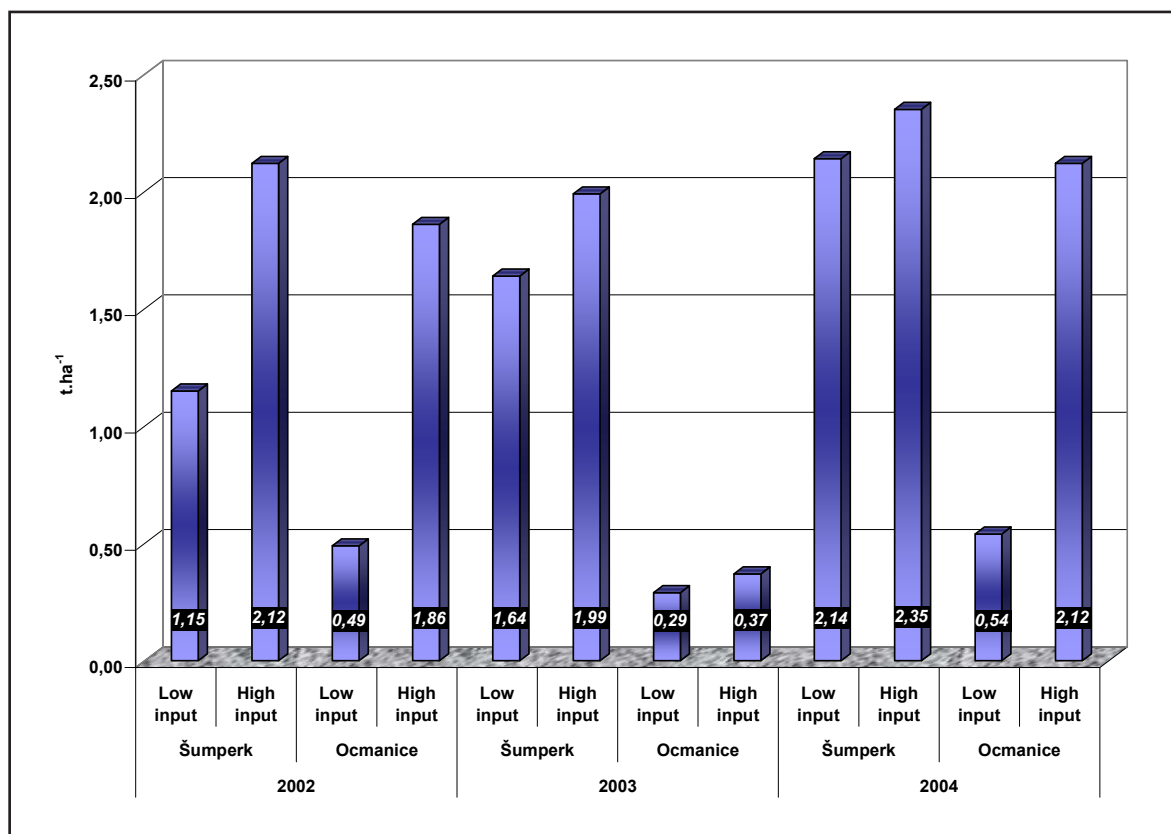


1: Průměrná denní teplota vzduchu a denní úhrny srážek – Ocmanice, rok 2003 a dlouhodobý normál

Výnos semen

Výnos semen se pohyboval od 0,29 t.ha⁻¹ do 2,35 t.ha⁻¹ (Obr. 2). Značné výnosové rozdíly byly zjištěny mezi stanovišti, roky i variantami. Nejstabilnější výnos semen byl zaznamenán v Šumperku,

varianta high input (2002 2,12 t.ha⁻¹, 2003 1,99 t.ha⁻¹ a 2004 2,35 t.ha⁻¹ – absolutně nejvyšší výnos zjištěný v pokusu). Nejnižší výnosy semen byly v Ocmanicích, varianta low input (2002 0,49 t.ha⁻¹, 2003 0,29 – absolutně nejnižší výnos v pokusu a 2004 0,54 t.ha⁻¹).



2: Průměrný výnos semen (t.ha⁻¹)

Statistické hodnocení výnosu semen Tukeyovým testem (Tab. V), zohledňující vliv jednoho faktoru, potvrdilo průkazné rozdíly ($P = 0,01$) mezi stanovišti, když průměrný výnos semen v Šumperku (1,89 t.ha⁻¹) byl dvojnásobný oproti Ocmanicím. Z pohledu vlivu ročníku byl pro tvorbu výnosu semen nejlepší rok 2004 (1,79 t.ha⁻¹), nejméně vhodným byl 2003 (1,07 t.ha⁻¹ – rozdíl 40 %). Z variant měla jednoznačně pozitivní vliv na výnos high input. Rozdíl mezi variantami hodnocený napříč znaky činil 0,76 t.ha⁻¹. U znaku výnos semen byla zaznamenána značná variabilita, která vyjádřená variačním koeficientem činila 22,4 až 81,4 %.

Olejnatost semen

Obsah oleje v semenech, vyjádřený jako obsah tuku v sušině v % je uveden na Obr. 3. Na obsah oleje měly vliv všechny sledované faktory. Průměrný obsah oleje

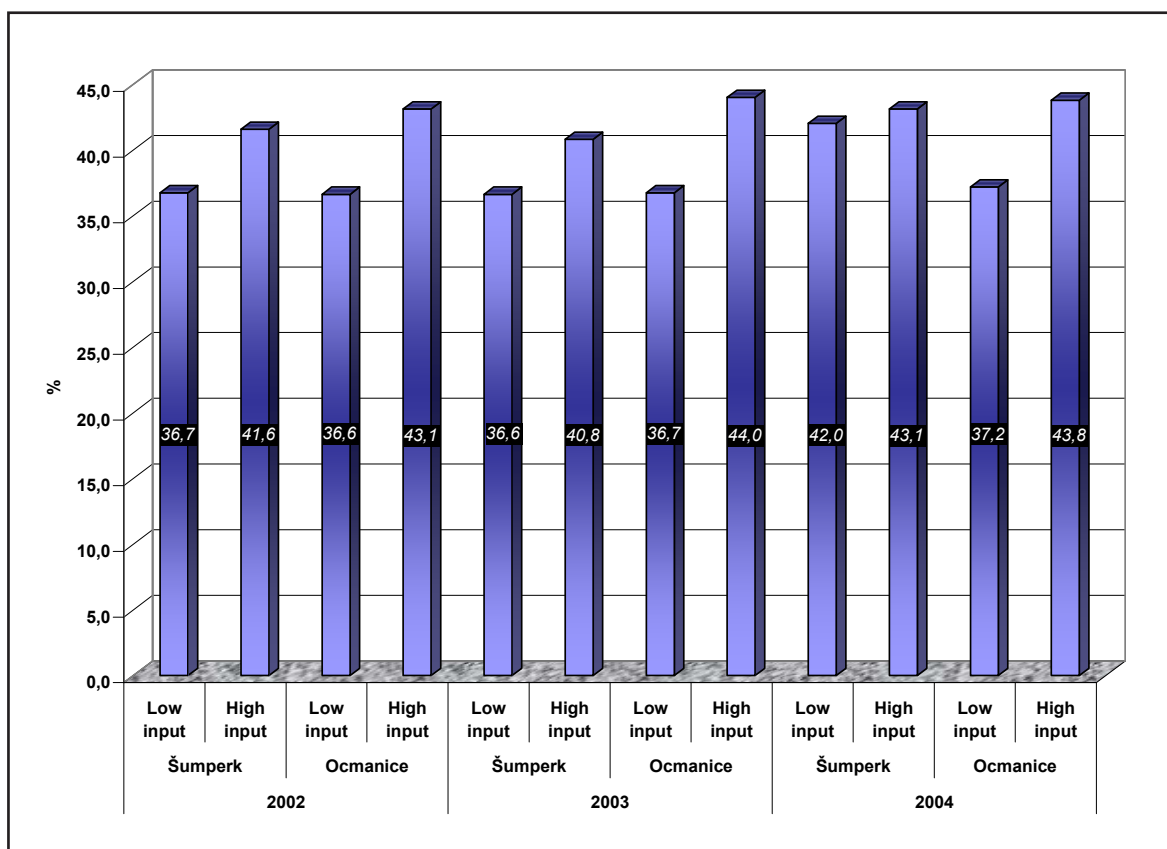
v semeni kolísal od 36,6 % do 44,0 %. Nejvyšších hodnot v rámci ročníku bylo dosaženo vždy v Ocmanicích, high input (2002 43,1 %, 2003 44,0 % a 2004 43,8 %). Absolutně nejnižší hodnota (36,6 %) byla zaznamenána v roce 2002 v Ocmanicích, low input, a současně také v roce 2003 v Šumperku, low input.

Průměrná olejnatost semen v Šumperku (40,2 %) byla téměř shodná s olejnatostí semen v Ocmanicích (40,3 %). Rozdíl průměrů hodnocený metodou minimálních průkazných diferencí Tukeyovým testem byl tak neprůkazný (Tab. VI). V letech 2002 a 2003 byla bez zohlednění vlivu stanoviště a varianty naměřena stejná olejnatost 39,5 %, průkazně odlišná od 41,6 % v roce 2004 ($P = 0,01$). Na obsah oleje v semeni měla z použitých variant jednoznačně pozitivní vliv high input s průměrnou zjištěnou olejnatostí 42,8 %. Rozdíl oproti olejnatosti semen z low input (37,7 %) byl vysoce průkazný ($P = 0,01$ %).

V: Tabulka rozdílů mezi naměřenými hodnotami – výnos semen ($t \cdot ha^{-1}$)

Faktor		n	Výnos	V [%]
Stanoviště	Šumperk	18	1,89 A	22,4
	Ocmanice	18	0,95 B	81,4
Rok	2002	12	1,40 B	47,8
	2003	12	1,07 C	73,6
	2004	12	1,79 A	42,8
Varianta	Low input	18	1,04 B	67,1
	High input	18	1,80 A	37,7
Hodnoty minimální průkazné difference				
Stanoviště	P = 0,05		0,10	
	P = 0,01		0,14	
Ročník	P = 0,05		0,15	
	P = 0,01		0,20	
Varianta	P = 0,05		0,10	
	P = 0,01		0,14	

Vysvětlivky: průměrné hodnoty označené odlišným písmeny představují statisticky významné rozdíly na hladině významnosti ($P = 0,01$); hodnoty označené shodnými písmeny se statisticky neliší; V – variační koeficient



3: Průměrný obsah oleje v semeni (%)

VI: Tabulka rozdílů mezi naměřenými hodnotami – olejnatost semen (%)

Faktor		n	Olejnatost	V [%]
Stanoviště	Šumperk	18	40,15 a	7,59
	Ocmanice	18	40,26 a	7,48
Rok	2002	12	39,49 B	8,69
	2003	12	39,49 B	9,46
	2004	12	41,58 A	7,15
Varianta	Low input	18	37,73 B	6,05
	High input	18	42,79 A	4,07
Hodnoty minimální průkazné difference				
Stanoviště	P = 0,05		0,88	
	P = 0,01		1,21	
Ročník	P = 0,05		1,33	
	P = 0,01		1,79	
Varianta	P = 0,05		0,88	
	P = 0,01		1,21	

Vysvětlivky: průměrné hodnoty označené odlišnými malými, resp. velkými písmeny představují statisticky významné rozdíly na hladině významnosti $P = 0,05$, resp. $P = 0,01$; hodnoty označené shodnými písmeny se statisticky neliší; V – variační koeficient

Obsah mastných kyselin v oleji

Průměrný obsah mastných kyselin napříč hodnocenými znaky je uveden v Tab. VII. Vzhledem k malému počtu sledování (jedno z každé varianty) nebylo prováděno statistické hodnocení rozdílů mezi průměry. Průměrný obsah kyseliny linolové v Šumperku (76,78 %) byl v průměru o 0,92 % vyšší než v Ocmanicích. Z hlediska ročníkových vlivů byl nejvyšší obsah kyseliny linolové zjištěn v roce 2002 (76,48 %), když

rozdíl mezi obsahy v jednotlivých pokusných letech byl minimální. Více než půlprocentní rozdíl v obsahu kyseliny linolové byl zaznamenán mezi variantami. Více kyseliny linolové bylo v průměru v low input variantě (76,58 %). Průměrný obsah kyseliny olejové byl v Ocmanicích o 1,41 % vyšší než v Šumperku, když se potvrdil vzájemný vztah mezi obsahem kyseliny linolové a olejové. Meziroční rozdíly a rozdíly mezi variantami byly minimální.

VII: Průměrný obsah mastných kyselin (%) v oleji lnu setého

Faktor		Mastná kyselina				
		Palmitová C 16:0	Stearová C 18:0	Olejová C 18:1	Linolová C 18:2	Linolenová C 18:3
Stanoviště	Šumperk	6,95	1,70	12,07	76,78	2,52
	Ocmanice	6,80	1,95	13,48	75,86	2,21
Ročník	2002	6,97	1,70	12,77	76,48	2,34
	2003	6,69	1,84	12,90	76,15	2,47
	2004	6,96	1,94	12,65	76,35	2,29
Varianta	Low input	6,85	1,55	12,82	76,58	2,51
	High input	6,90	2,10	12,72	76,06	2,22

Výsledky lakařsko-technologického hodnocení olejů

V laboratořích SYNPO Pardubice, a. s., byly provedeny chemické analýzy surového oleje, získaného

lisováním za studena na šnekovém lisu. Standardní lněný olej s jodovým číslem nad 170 g na 100 g patří mezi vysychavé oleje. Analyzovaný lněný olej odrůdy *Lola* s jodovým číslem 146 má charakter polovysy-

chavého oleje. Z mastných kyselin v olejích nízkolinolenového typu lnu setého převládá kyselina linolová. Zvýšený obsah kyseliny linolové ve struktuře triglyceridů je pro kvalitu nátěrových hmot na bázi rostlinných olejů podstatný. Mononenasyčené, případně nasycené mastné kyseliny v prvotní fázi zasychání působí jako změkčovadla a podporují tak nadměrnou lepivost povrchu nátěru.

Rafinované oleje byly poté použity pro přípravu řady modelových vzorků alkydových pryskyřic s různě dlouhou olejovou délkou. Fyzikálně-mechanické vlastnosti alkydových pryskyřic, připravených z vybraných druhů olejů, byly porovnány s doposud komerčně využívaným typem lněného oleje. Experi-

mentálně byla provedena syntéza modelových vzorků alkydových pryskyřic, včetně lakařsko-technologických hodnocení naformulovaných nátěrových hmot. U laků byly hodnoceny průběhy zasychání, hodnoty tvrdostí kyvadlem a mechanické vlastnosti. Emaily byly studovány především z hlediska předpokládaného potlačení efektu žloutnutí. Urychlená zkouška stárnutí vlivem UV (6 h; 80 °C) bílých emailů na bázi nízkolinolenového lněného oleje jednoznačně potvrdila předpokládaný pozitivní vliv zvýšeného obsahu linolové kyseliny na proces žloutnutí filmů. Ve srovnání s emailem na bázi komerčně dostupného lněného oleje došlo k pětinasobnému zpomalení procesu žloutnutí (Tab. VIII), ztráty bělosti a lesku.

VIII: Výsledky zkoušky urychleného stárnutí po expozici filmů 6 h; 80 °C

Označení hodnoceného emailu	Index bělosti		Index žloutnutí	
	před expozicí	po expozici	před expozicí	po expozici
Lněný olej – standard	84,92	59,46	3,93	15,14
Lněný olej – Lola	80,52	74,73	7,85	9,81

DISKUSE

Průměrný hektarový výnos semen se pohyboval od 0,29 t.ha⁻¹ do 2,35 t.ha⁻¹. Průkazné rozdíly ($P = 0,01$) mezi výnosy byly zjištěny mezi stanovišti, roky i variantami. Zjištění koresponduje s výsledky uváděnými STRAŠILEM a VORLÍČKEM (2004). Jako příznivější se pro tvorbu výnosu semen lnu setého olejného ukázaly agroklimatické podmínky lokality Šumperk. Ve všech sledovaných případech byl výnos semen dosažený v Šumperku vyšší. Průměrný tříletý výnos semen v Šumperku 1,89 t.ha⁻¹ dosahoval střední úrovně, uváděné pro danou odrůdu. V Ocmanicích bylo dosaženo podprůměrného tříletého výnosu semen 0,95 t.ha⁻¹. Výnosové rozdíly mezi pokusnými stanovišti činily 10 % (high input, rok 2004) až 82 % (low input, rok 2003). Rozdíly mezi stanovišti jsou dány především značnými rozdíly ve srážkových úhrnech v zimních měsících, ovlivňujících jarní vlhkost půdy a následné vzházení porostů. Nejvhodnější podmínky pro tvorbu semen lnu setého byly na obou stanovištích v roce 2004 ($P = 0,01$). Nejvyšší výnosy semen v tomto roce byly v Šumperku v high input 2,35 t.ha⁻¹ a v Ocmanicích ve stejné variantě 2,12 t.ha⁻¹. Odrůda *Lola* v pokusech Ústředního kontrolního a zkušebního ústavu zemědělského (ÚKZÚZ; 2007) dosáhla v tomto roce také vysokých výnosů. V teplejších lokalitách v průměru 2,67 t.ha⁻¹ (Žatec), 3,06 t.ha⁻¹ (Lednice) a 1,72 t.ha⁻¹ (Staňkov, lokalita agroekologickými podmínkami velice blízká Ocmanicím). Na lokalitě Horažďovice, s podmínkami srovnatelnými s podmínkami v Šumperku, 2,33 t.ha⁻¹. Nej-

méně příznivý byl pro tvorbu výnosu semen lnu setého rok 2003 ($P = 0,01$), kdy suché a chladné jarní počasí a následné extrémní sucha a vysoké teploty v letních měsících způsobily decimování porostů škůdci a citelné snížení výnosů semen. Redukce výnosů byla patrná především v Ocmanicích, kdy výnosy semen poklesly na 0,29 t.ha⁻¹ v low input a 0,37 t.ha⁻¹ v high input.

Citelné rozdíly ($P = 0,01$) ve výnosu semen byly zaznamenány mezi použitými úrovněmi vstupů (variantami). I když je len setý řazen mezi plodiny s nižšími nároky na výživu, podle předpokladu rostliny pozitivně reagovaly na zvýšené dávky živin a prostředků na ochranu rostlin. Výnosy semen ve variantě high input byly až čtyřnásobné oproti low input (Ocmanice, 2004). V tříletém průměru byl rozdíl mezi variantami 0,76 t.ha⁻¹. Z pokusů ŠTAUDA (2001) se stupňovanými hladinami dusíku při pěstování lnu setého olejného v podmínkách ČR vyplývá, že výnos semene roste do 20–30 kg dusíku na hektar. Při vyšších dávkách výnos klesá. V pokusu ze srovnatelných agroekologických podmínek (Slovensko) zjistil ZUBAL (2001) nejvyšší výnosy semene lnu setého olejného při dávkách 30 kg dusíku, 25 kg fosforu a 60 kg draslíku v čistých živinách na hektar. Růst výnosů semen se zvyšující hladinou dusíku až do 143 kg na hektar uvádí z Egypta KHOLOSÝ *et al.* (1996). Olejnatost semen ve stejném pokusu rostla do dávky 72 kg dusíku na hektar.

Obsah oleje odpovídal standardním hodnotám uváděným literaturou (38–44 %) pro len setý olejný.

Pohyboval se od 36,6 % (Ocmanice 2002 low input a Šumperk 2003 low input) do 44,0 % (Ocmanice 2003 high input) a byl průkazně ($P = 0,01$) ovlivněn ročníkem a variantou. Vliv lokality nebyl průkazný. Průměrná olejnatost semen v roce 2004 (41,6 %) se lišila od obsahu oleje v ostatních letech (39,5 %). ÚKZÚZ (2007) pro odrůdu *Lola* uvádí v roce 2004 průměrnou olejnatost 37,7 % až 43,2 % v závislosti na lokalitě. Vyšší vstupy (high input varianta) v našem pokusu působily pozitivně na olejnatost semen. Průměrná tříletá olejnatost v high input tak činila 42,8 % a v low input 37,7 % (rozdíl 5,1 %). Produkce oleje z plochy by se v případě použití nejnižších a nejvyšších hodnot dosažených v pokusu pohybovala od 0,11 t.ha⁻¹ (při výnosu semen 0,29 t.ha⁻¹ a olejnatosti 36,6 %) do 1,03 t.ha⁻¹ (výnos 2,35 t.ha⁻¹ a olejnatost 44,0 %). Výrazný vliv stanoviště a intenzity vstupů na množství oleje získaného z jednoho hektaru poukazují na nároky zkoušené odrůdy na prostředí a úroveň výživy a chemické ochrany. Na základě dosažených výsledků nelze odrůdu *Lola* doporučit do teplých lokalit se sníženou vláhovou jistotou a pěstitelských systémů s nízkou intenzitou.

Obsah mastných kyselin v oleji odpovídal hodnotám uváděným pro odrůdu *Lola*. V oleji dominovala obsahem okolo 76,5 % nenasycená kyselina linolová. Ve významné míře se v oleji dále vyskytovala kyselina olejová s obsahem okolo 12,7 %, palmitová (6,9 %), linolenová (2,4 %) a kyselina stearová (1,8 %).

Z pohledu sledovaných faktorů mělo na obsah jednotlivých kyselin v oleji vliv pouze stanoviště. V Šumperku byl zjištěn vyšší průměrný obsah polynenasycené kyseliny linolové než v Ocmanicích. Množství linolové kyseliny rostlo na úkor mononenasycené kyseliny olejové. Příčinou může být celkově teplejší a sušší ráz počasí v Ocmanicích při dozrávání semen než v Šumperku. To by korespondovalo se závěry, které uvádí pro slunečnici roční FÁBRY (1992) nebo pro světlici barvířskou SAMANCI a ŮZKAYNAK (2003) a další. Vlivem stupňovaných dávek dusíku na kvalitu oleje lnu setého se ve Velké Británii zabývali FROMENT *et al.* (2000). Při vyšších dávkách dusíku klesal obsah oleje v semenech, stejně jako obsah kyseliny linolové v oleji. Naproti tomu rostl obsah mononenasycené kyseliny olejové.

Lakařsko-technologické hodnocení olejů ukázalo specifické chemické a fyzikální vlastnosti nízkolinolenové odrůdy *Lola* oproti častěji používaným odrůdám lnu setého se standardním složením mastných kyselin. Následující lakařsko-technologické hodnocení modelových vzorků alkydových pryskyřic potvrdilo hypotézu o vhodnosti použití nízkolinolenového oleje lnu setého olejného, odrůda *Lola* k výrobě nežloutnoucích alkydů a emailů. Pozitivní vlastnosti vysokého obsahu kyseliny linolové v molekule se projevily zejména pětinasobným zpomalením procesu žloutnutí, ztráty bělosti a lesku nátěrového filmu.

SOUHRN

Cílem práce bylo prostřednictvím maloparcelového pokusu založeného na dvou agroekologicky odlišných stanovištích, ve dvou pěstitelských variantách (low a high input) a ve třech pokusných letech, zjistit a vyhodnotit výnos semen, obsah oleje v semeni a obsah mastných kyselin v oleji lnu setého olejného, odrůda *Lola* (Linola™ typ). Pomocí standardních laboratorních analýz k hodnocení parametrů nátěrů potom posoudit vhodnost využití oleje v průmyslu nátěrových hmot. Výnos semen se pohyboval od 0,29 t.ha⁻¹ do 2,35 t.ha⁻¹, když statisticky průkazné rozdíly ($P = 0,01$) byly zjištěny mezi lokalitami, ročníky i použitými variantami pěstování. Průměrný obsah oleje v semeni kolísal od 36,6 % do 44,0 %. Vliv lokality nebyl průkazný, vliv ročníku a varianty na olejnatost semen byl vysoce průkazný ($P = 0,01$). Obsah kyseliny linolové v oleji se pohyboval od 75,86 % do 76,78 % a ovlivněn byl především lokalitou a dále variantou. Lakařsko-technologické hodnocení modelových vzorků alkydových pryskyřic potvrdilo hypotézu o vhodnosti použití nízkolinolenového oleje lnu setého olejného, odrůda *Lola* k výrobě nežloutnoucích alkydů a emailů.

len setý olejný, výnos semen, kyselina linolová, zelená chemie, průmysl nátěrových hmot

Práce vznikla s podporou grantu GA ČR GA525/02/1502 „Pěstitelské technologie a jejich vliv na obsah rizikových kontaminantů v semeni hrachu a lnu“.

LITERATURA

ČSN EN ISO 659. Praha: Český normalizační institut, 1999. 16 s.

ČSN ISO 5508. Praha: Český normalizační institut, 1994. 12 s.

FÁBRY, A. *et al.*: *Olejníny*. MZe ČR, 1992, 420 s. ISBN 80-7084-043-9.

- FROMENT, M. A. *et al.*: Effect of nutrition on growth and oil quality in linseed. *Tests of Agrochemicals and Cultivars*, 2000, No. 21, s. 29–30.
- High linolenic acid flax. United States Patent 6870077 [on line]. Dostupné z: <http://www.patentstorm.us/patents/6870077-description.html>. Citováno 1. 2. 2005.
- KHOLOSÝ, A. S. *et al.*: Effect of nitrogen fertilization and weed control in flax. *Annals of Agricultural Science*, Moshtohor, 1996, vol. 34, No. 1, s. 93–106.
- KURPELOVÁ, M., COUFAL, L., ČULÍK, J.: *Agroklimatické podmienky ČSSR*. Hydrometeorologický ústav, Bratislava, 1975, 270 s.
- MOUDRÝ, J., STRAŠIL, Z.: *Pěstování alternativních plodin*. Skriptum. ZF JU v Českých Budějovicích, 1999, 165 s.
- SAMANCI, B., ÖZKAYNAK, E.: Effect of planting date on seed yield, oil content and fatty acid composition of safflower (*Carthamus tinctorius*) cultivars grown in the Mediterranean region of Turkey. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 2003, vol. 189, No. 5, s. 359–360. ISSN 0931-2250.
- STRAŠIL, Z., VORLÍČEK, Z.: Effect of soil and weather conditions and some agricultural practices on yield and yield components in linseed (*Linum usitatissimum* L.). *Scientia Agriculturae Bohemica*, 2004, vol. 35, No. 2, s. 52–56. ISSN 0582-2343.
- ŠTAUD, J.: Zásady pěstitelské technologie přádného lnu. *Úroda*, 2001, roč. 49, č. 2, Tematická příloha Len, s. 3–5. ISSN 0139-6013.
- Výsledky zkoušek užitné hodnoty ze sklizně 2002–2006. Len olejný (linseed) *Linum usitatissimum* L. [on line]. Editori: Holubář, J., Klepáčová, Z. ÚKZÚZ, Odbor odrůdového zkušebnictví, Brno. Dostupné z <http://www.ukzuz.cz>. Citováno 3. 1. 2007.
- ZAHRADNÍK, L., TÝNOVÁ, E., KALOUSKOVÁ, H.: Stabilní epoxidové pryskyřice z obnovitelných netradičních zdrojů – ekonomicky a ekologicky přijatelné řešení. *Koroze a ochrana materiálu*, 2005, roč. 49, č. 4, s. 83–86. ISSN 0452-599X.
- ZUBAL, P.: The effects of sowing date, seeding rate and nutrition on yields of the oilseed flax cultivars (*Linum usitatissimum* L.). *Vedecke práce Výskumneho Ustavu Rastlinnej Výroby*, Piest'any, 2001, roč. 30, s. 33–38. ISBN 80-88790-20-4.

Adresa

Ing. Tomáš Středa, Ústav pěstování, šlechtění rostlin a rostlinolékařství, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Zemědělská 1, 613 00 Brno, Česká republika, e-mail: streda@mendelu.cz, Ing. Marie Bjelková, AGRITEC, výzkum, šlechtění a služby, s. r. o., Zemědělská 2520/16, 787 01 Šumperk, e-mail: bjelkova@agritec.cz.

