

Vplyv rozdielnych technológií pestovania hrachu siateho na úrodu a vybrané ukazovatele kvality semena

Effect of different common pea cultivation technologies on the yield and quality of its seeds

Eva Hanáčková, Eva Candráková

The aim of the work was to assess the effect of different soil tillage in the interaction with fertilization and the use of post-harvest residues on yield and quality of seed pea, variety 'Dunaj'. The field experiment was established in years 2007–2011 on Experimental Base of the Slovak University of Agriculture in Dolná Malanta. There were evaluated two soil tillage methods (B_1 – conventional tillage, B_2 – minimal tillage) and three treatments of fertilization (0 – unfertilized control, PH – balance fertilization by mineral fertilizers based on soil analysis and planned common pea yield, PH + PZ – balance fertilization by mineral fertilizers + incorporation of post-harvest residues). Significantly higher seed yield was achieved at conventional tillage ($2.95 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$) than minimized tillage ($2.75 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$). Fertilized treatments reached higher yields of common pea than unfertilized control. Compared with the control, the yield was higher by 3.5% to 91.1% in respective years. The most significant effect on seed composition (crude protein, starch, fat, crude fiber, ash, nitrogen-free extract) showed year.

Different soil tillage influenced significantly only content of fiber and ash. On the other side, content of starch was affected by fertilization. The highest values of PDIN ($152.2 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ DM}$) and PDIE ($117.4 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ DM}$) were achieved in treatment rationally fertilized with mineral fertilizers with simultaneous incorporation of post-harvest residues.

common pea, soil tillage, fertilization, yield, quality parameters

Hrach siaty (*Pisum sativum* L.) je nielen najvýznamnejším zdrojom rastlinných bielkovín, zrelé semená obsahujú v závislosti od odrody a ekofyziologických faktorov od 23,3 do 31,7 % hrubého proteínu (4, 29), ale vyniká aj cennými biologickými a agronomickými vlastnosťami, ktoré priaznivo ovplyvňujú úrodnosť pôdy. Koreňovým systémom zlepšuje fyzikálne vlastnosti pôdy (štruktúrny stav pôdy, vodný režim, zvyšuje sa stabilita vytvorených agregátov), pôsobením agresívnejších koreňových výlučkov a intenzívnej sorpčnej schopnosti koreňov využíva značnú časť fosforu i z menej rozpustných zlúčenín (21). Vysoká predplodinová hodnota hrachu sa zhodnocuje vo vyššej úrode následných plodín (19), znižuje závislosť na dusíkatých priemyselných hnojivách (12) vďaka jeho schopnosti v symbióze s hrčkotvornými baktériami fixovať vzdušný dusík.

Napriek uvedeným pozitívam je Slovensko minoritným producentom hrachu siateho. V porovnaní s rokom 2000, keď jeho výmera pestovania predstavovala 20 461 ha, v roku 2016 sa jeho výmera znížila na 9 312 ha. Rizikovosť pestovania hrachu siateho spočíva v dosahovaní

kolísavých nestabilných úrod. Dôvodom je dlhé obdobie diferenciácie generatívnych orgánov, kvitnutia a dozrievania a ich veľká závislosť na vonkajších podmienkach prostredia. Environmentálny stres, nedostatok svetla, vysoké teploty, deficit vody a výživy redukujú produkciu plodín a ich kvalitu (6, 30). Pokles záujmu producentov o pestovanie hrachu siateho súvisí s rastom výrobných nákladov, s nízkymi realizačnými cenami a často s nízkymi cenami dovážaných komodít (28).

V súčasnom období sa prehodnocujú systémy obrábania pôdy. Okrem zlepšovania starostlivosti o pôdu hlavným cieľom je znižovanie nákladov.

Cieľom príspevku je posúdiť vplyv rozdielneho obrábania pôdy v interakcii s hnojením a využitím organickej hmoty pozberových zvyškov na úrodu a kvalitu semena hrachu siateho.

Materiál a metódy

Poľný pokus bol založený v rokoch 2007–2011 v troch opakovaniach na pozemkoch experimentálnej bázy SPU v Nitre v lokalite Dolná Malanta (súradnice $48^\circ 19' \text{ s. z. } \dot{\text{s.}}, 18^\circ 09' \text{ v. z. d.}$). Stanovište sa nachádza v kukuričnej výrobnej oblasti patriacej do veľmi teplej a suchej podoblasti s nadmorskou výškou 170 m n. m. Priemerná ročná teplota vzduchu je $9,8^\circ \text{C}$, priemerný ročný úhrn zrážok podľa dlhodobého normálu je 540 mm. Pôda je hlinitá hnedozem vytvorená na prolúviálnych zasprašovaných sedimentoch, subtyp je hnedozem kultizemná.

V pokuse sú hodnotené dva spôsoby základného obrábania pôdy: K – konvenčné obrábanie pôdy (orba do hĺbky 0,25 m) a M – minimalizačná technológia (tanierovanie do hĺbky 0,10 m) a tri varianty hnojenia: 0 – kontrola bez hnojenia, PH – racionálne hnojenie priemyselnými hnojivami na základe rozboru pôdy a plánovanej úrody hrachu siateho ($3 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$), PH + PZ – racionálne hnojenie priemyselnými hnojivami + zapravenie pozberových zvyškov predplodiny.

Obsah prístupného fosforu bol vyhovujúci pohybujúci sa od 75 do $82 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, obsah draslíka bol dobrý s obsahom 248–265 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, pôdna reakcia je slabó kyslá. Pri uvedených obsahoch prístupných živín v pôde sa využil nahradzovací systém hnojenia. Dusík v dávke $30 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ sa aplikoval vo forme liadku amónneho s vápencom, fosfor v dávke $32 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ sa aplikoval vo forme 19% jednoduchého superfosfátu a $37,5 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ draslíka sa dodalo do pôdy vo forme 60% draselnej soli.

Priebeh poveternostných podmienok počas pokusného obdobia je uvedený v tabuľke 1. Predplodinou hrachu siateho (odroda 'Dunaj') bola pšenica letná forma ozimná.

Použité analytické metódy rozboru rastlín:

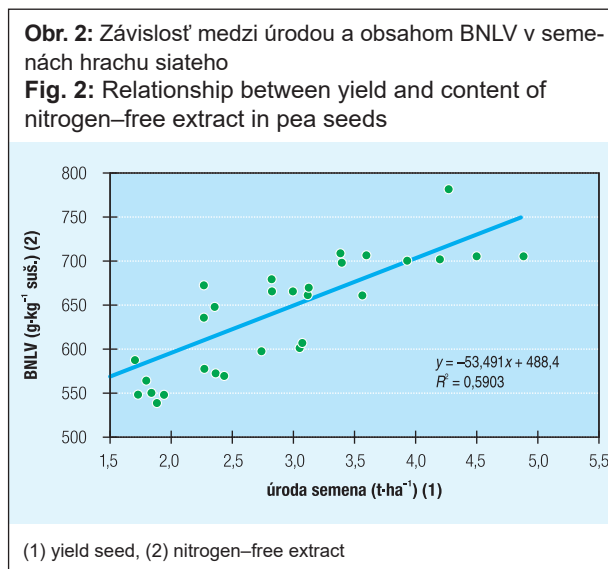
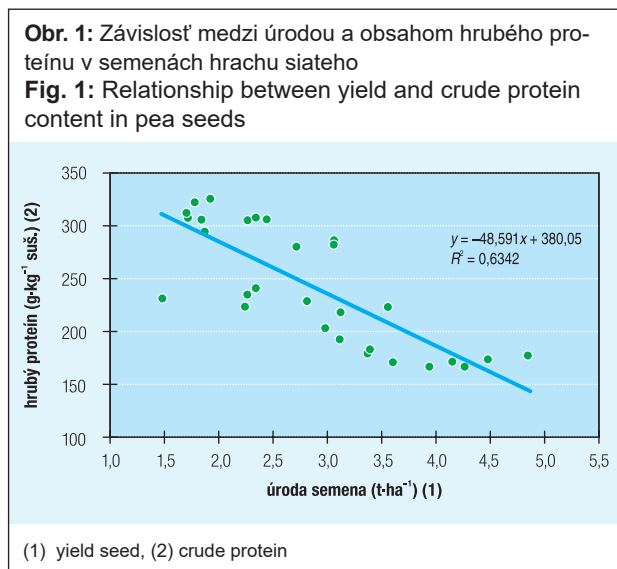
- obsah dusíkatých látok (% N podľa Kjeldahla destilačne na prístroji ProNitro x 6,25),
- obsah hrubej vlákniny podľa Hennenberg–Stohmanna (prístroj FiberTec),
- obsah tuku podľa Soxhleta (prístroj Soxtec),
- obsah škrobu – polarimetricky (Ewers)
- obsah bezdusíkatých látok bol stanovený nepriamo výpočtom.

Energetickú hodnotu krmiva a skutočne stráviteľné dusíkaté látky v tenkom čreve prežúvavcov sme vypočítali podľa Schiemanna et al. (22) a Sommera et al. (24) na základe analyticky stanovených živín. Pre výpočet NEL, NEV a PDI sa použili koeficienty stráviteľnosti živín z tabuliek výživnej hodnoty krmív (20).

Tabuľka 1: Zrážky a teploty v rokoch 2007–2011
Table 1: Precipitation and temperature in years 2007–2011

Rok (2)	Mesiac (1)													spolu (3)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
	Zrážky (mm) (4)													
1961–1990	31,0	32,0	30,0	39,0	58,0	66,0	52,0	61,0	40,0	36,0	55,0	40,0	540,0	
2007	45,0	35,0	64,0	0,0	102,0	42,0	28,0	113,0	82,0	35,0	80,5	19,0	645,5	
2008	30,0	20,2	62,7	36,3	55,4	86,2	90,0	9,8	51,5	30,2	33,1	68,0	573,4	
2009	41,7	57,3	53,6	10,1	38,1	79,4	69,8	49,8	13,4	65,3	55,4	47,4	581,3	
2010	48,2	28,8	20,8	95,3	156,3	158,3	51,9	103,3	76,7	28,7	97,4	52,7	918,4	
2011	24,6	6,2	27,2	13,2	48,4	91,1	121,6	152,3	92,1	36,7	1,2	42,0	656,6	
	Teplota (°C) (5)													\bar{x}
1961–1990	-1,7	0,7	4,0	10,4	15,1	18,0	19,8	19,3	15,6	10,4	4,5	0,1	9,7	
2007	4,1	4,6	7,9	12,5	17,2	21,2	22,4	21,2	13,7	9,9	3,6	-1,1	11,4	
2008	1,4	3,5	5,5	11,0	16,0	19,9	20,4	20,5	15,4	11,2	6,7	3,0	11,2	
2009	-1,3	1,2	5,5	14,0	15,5	17,1	20,6	21,0	18,1	10,3	6,7	1,3	10,8	
2010	-2,8	0,2	5,3	10,6	15,2	20,1	23,0	19,5	14,0	7,8	7,6	-2,3	9,85	
2011	-0,9	-0,6	5,9	12,7	15,8	19,8	19,7	20,9	17,7	9,9	3,0	2,2	10,5	

(1) month, (2) year, (3) sum, (4) precipitation, (5) temperature

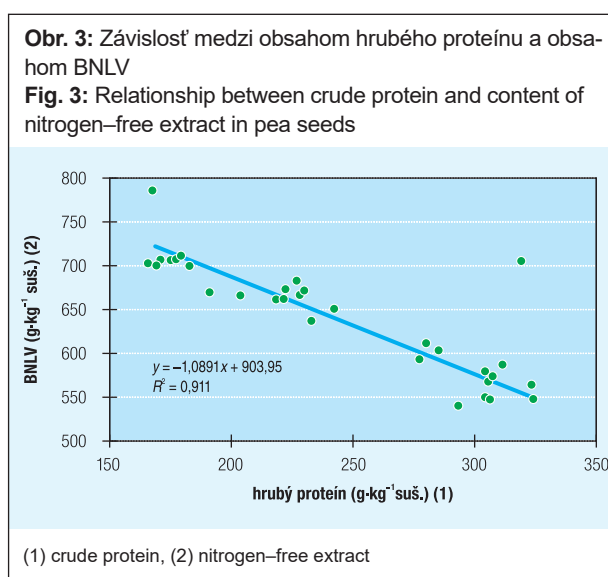


Získané výsledky boli vyhodnotené štatistickým softwarom Statgraphics Plus. Pre vyhodnotenie významnosti jednotlivých faktorov na sledované parametre bola použitá viacfaktorová analýza rozptylu (ANOVA). Rozdiely medzi variantmi boli posúdené Tukey testom s minimálnou hladinou významnosti P0,05. Na zistenie vzájomných vzťahov medzi chemickými vlastnosťami sme použili korelačnú analýzu.

Výsledky a diskusia

Úroda semien hrachu siateho v rokoch 2009–2011 bola ovplyvnená priebehom poveternostných podmienok, spôsobom základného obrábania pôdy a hnojením. V priemere za varianty pokusu sa dosiahla v maloparcelovom pokuse úroda semena 2,85 t·ha⁻¹.

Hrach je mimoriadne citlivý na teplotné a vlhové podmienky stanovišťa v tzv. kritických obdobiach (16). Najväčšie nároky na vlahu má v období maximálnej tvorby sušiny (7). Na úrode sa významne podieľajú najmä medzné



Tabuľka 2: Chemické zloženie semena hrachu siateho (roky 2007 – 2011)

Table 2: Chemical composition of common pea seeds (years 2007 – 2011)

Rok (1)	Obrábanie (2)	Varianty hnojenia (3)	Úroda semena (4)	Hrubý proteín (5)	Škrob (6)	Tuk (7)	Vlák. (8)	Popol (9)	BNLV (10)
			t·ha ⁻¹	g·kg ⁻¹ sušiny (11)					
2007	K (12)	0 (14)	2,71	278,1	462,0	9,3	64,0	51,5	597,1
		PH (15)	3,06	285,7	477,1	10,2	58,1	42,9	603,1
		PH + PZ (16)	3,07	279,9	467,4	10,7	57,2	42,9	609,3
	M (13)	0	2,27	304,8	451,4	12,1	61,3	43,7	578,1
		PH	2,35	307,4	423,6	13,1	64,2	41,0	574,3
		PH + PZ	2,43	305,8	474,3	12,3	69,4	41,4	571,1
2008	K	0	2,25	223,3	401,8	14,7	51,4	36,0	674,6
		PH	2,82	227,1	389,0	11,6	45,0	34,9	681,4
		PH + PZ	2,35	241,9	424,4	13,8	57,4	35,9	651,0
	M	0	1,47	230,9	387,0	10,4	52,8	35,1	670,8
		PH	2,81	228,4	351,0	13,1	54,5	36,5	667,5
		PH + PZ	2,25	233,4	399,7	11,9	81,3	36,2	637,2
2009	K	0	1,70	311,3	337,2	13,3	53,7	35,7	586,0
		PH	1,78	323,3	351,9	14,5	61,4	36,7	564,1
		PH + PZ	1,92	324,4	365,8	17,3	71,8	37,1	549,4
	M	0	1,72	306,9	406,0	13,8	90,5	39,1	549,7
		PH	1,88	293,8	337,6	17,9	98,4	47,1	542,8
		PH + PZ	1,84	304,7	328,2	15,8	86,5	41,2	551,8
2010	K	0	3,93	167,8	221,9	16,0	71,0	42,8	702,4
		PH	4,18	170,9	434,9	15,1	67,9	43,6	702,5
		PH + PZ	4,86	177,4	369,1	14,8	57,0	44,3	706,5
	M	0	3,61	172,0	414,8	16,0	62,0	43,6	706,4
		PH	4,50	175,3	357,9	15,9	62,2	42,2	704,4
		PH + PZ	4,26	167,6	424,4	12,1	58,1	43,8	718,4
2011	K	0	3,00	203,7	502,9	15,9	73,8	39,5	667,1
		PH	3,13	191,7	499,2	14,6	83,4	40,8	669,5
		PH + PZ	3,56	222,3	538,7	14,5	62,4	38,6	662,2
	M	0	3,12	219,1	516,7	15,1	63,4	40,6	661,8
		PH	3,38	180,3	514,0	14,9	56,0	39,6	709,2
		PH + PZ	3,39	182,9	547,7	15,7	57,4	45,8	698,2

(1) year, (2) tillage, (3) treatments of fertilization, (4) seeds yield, (5) crude protein, (6) starch, (7) fat, (8) crude fiber, (9) ash, (10) nitrogen-free extract, (11) g·kg⁻¹ dry matter, (12) – konvenčné obrábanie – conventional tillage, (13) minimalizačné – minimal tillage, (14) kontrola – control, (15) priemyselné hnojivá – mineral fertilizers, (16) priemyselné hnojivá + pozberové zvyšky – mineral fertilizers + post-harvest residues

situácie t. j. nadmerný deficit vody, alebo prebytok vody a extrémne teploty (9).

Vysoko preukazne najnižšia priemerná úroda (1,80 t·ha⁻¹) v hodnotenom období sa dosiahla v roku 2009. Veľmi vlhký február a marec posunuli termín sejby až na začiatok apríla, ktorý bol mimoriadne teplý a veľmi suchý, čo sa nepriaznivo prejavilo na počte rastlín na jednotke plochy a nízkom vzraste.

V roku 2010 i napriek veľkým výkyvom počasia sa dosiahla v porovnaní s rokmi 2007 až 2011 vysoko preukazne najvyššia úroda semena hrachu (4,22 t·ha⁻¹). Mesiace apríl až jún boli mimoriadne vlhké, jún veľmi teplý, júl mimoriadne teplý, porast však bol kompletný a zdravý.

Znižovaním hĺbky základného obrábania pôdy sa úroda hlavného produktu znižovala. V porovnaní s minimalizáciou úroda semena hrachu siateho bola štatisticky významne vyššia pri orbe, čo je súlade s výsledkami iných autorov (23, 11).

Hnojené varianty poskytli preukazne vyššiu úrodu hrachu siateho ako nehnojená kontrola. Pozitívny vplyv hno-

jenia na výšku úrody hrachu siateho uvádzajú viacerí autori (5, 26, 10). Na hnojených variantoch sa v jednotlivých pokusných rokoch dosiahla v porovnaní s nehnojenou kontrolou vyššia priemerná úroda semena o 3,5 až 91,1%.

Chemické zloženie semena hrachu siateho je uvedené v tabuľke 2 a 3. Z päťročných výsledkov vyplýva, že najvýznamnejší vplyv na obsah dôležitých látok v semene hrachu (hrubý proteín, škrob, tuk, vlákna, popol a BNLV) mal ročník pestovania. Výsledky sa zhodujú s poznatkami autorov Chrenková et al. (13), ktorí zistili, že rozdiely obsahu živín v semene hrachu sú v menšej miere dané geneticky, ale významnejšie ich ovplyvňujú klimatické podmienky.

Spôsoby obrábania pôdy a hnojenie mali na sledované ukazovatele miernejší vplyv. Štatisticky významne vyšší obsah vlákna a popola bol pri minimalizácii ako pri orbe. Preukazne vyšší obsah škrobu v semene hrachu sme zistili len variante racionálne hnojenom priemyselnými hnojivami a zapravení pozberových zvyškov.

Tabuľka 3: Testovanie rozdielov medzi úrovňami skúmaných faktorov
Table 3: Testing of the differences between the levels of examined factors

Faktor (1)	Úroda (2)	Hrubý proteín (3)	Škrob (4)	Tuk (5)	Vláknina (6)	Popol (7)	BNLV (8)
	t·ha ⁻¹	g·kg ⁻¹ sušiny					
Rok (9)	P _{0,05} = 0,1568	P _{0,05} = 9,7541	P _{0,05} = 2,3101	P _{0,05} = 1,0095	P _{0,05} = 4,9014	P _{0,05} = 1,4621	P _{0,05} = 16,74
2007	2,64 c	293,61 d	459,30 c	11,28 a	62,36 b	43,90 c	594,98 b
2008	2,32 b	230,83 c	392,15 b	12,58 b	57,06 a	35,76 a	663,75 c
2009	1,80 a	310,73 c	354,45 a	15,43 c	77,05 c	39,48 b	557,02 a
2010	4,22 e	171,83 a	370,50 ab	14,98 c	63,03 b	43,38 c	717,26 d
2011	3,26 d	200,00 b	519,86 d	15,11 c	66,06 b	40,81 b	678,00 c
Obráb. (10)	P _{0,05} = 0,0704	P _{0,05} = 4,3806	P _{0,05} = 15,9665	P _{0,05} = 0,4534	P _{0,05} = 2,9330	P _{0,05} = 0,6566	P _{0,05} = 7,516
Konven. (11)	2,95 b	241,92 a	416,22 a	13,75 a	62,36 a	40,21 a	641,63 a
Minimál. (12)	2,75 a	240,88 a	422,28 a	14,00 a	67,86 b	41,12 b	642,53 a
Hnojenie (13)	P _{0,05} = 0,1037	P _{0,05} = 6,4511	P _{0,05} = 23,4670	P _{0,05} = 0,6677	P _{0,05} = 3,2417	P _{0,05} = 0,9669	P _{0,05} = 11,0687
0 (14)	2,57 a	241,79 a	410,17 a	13,66 a	64,39 a	40,76 a	639,40 a
PH (15)	2,98 b	238,39 a	413,62 ab	14,09 a	65,11 a	40,53 a	645,21 a
PH+PZ (16)	2,99 b	244,03 a	433,97 b	13,89 a	65,85 a	40,72 a	641,64 a

(1) factor, (2) seeds yield, (3) crude protein, (4) starch, (5) fat, (6) crude fiber, (7) ash, (8) nitrogen-free extract, (9) year, (10) soil tillage, (11) conventional tillage, (12) minimal tillage, (13) fertilization, (14) kontrola – control, (15) priemyselné hnojivá – mineral fertilizers, (16) priemyselné hnojivá + pozberové zvyšky – mineral fertilizers + post-harvest residues

Tabuľka 4: Korelačné koeficienty medzi úrodou a chemickým zložením semena hrachu sateho
Table 4: Correlation coefficient between yield and chemical composition of common pea seeds

Parameter (1)	Úroda semena (2)	Hrubý proteín (3)	Škrob (4)	Tuk (5)	Vláknina (6)	Popol (7)	BNLV (8)
Úroda	–	-0,7964 ^{xxx}	0,1648	0,1579	-0,2507	0,4258*	0,7683 ^{xxx}
N-látky	-0,7964 ^{xxx}	–	-0,1433	-0,2278	0,2451	-0,1302	-0,9545 ^{xxx}
Škrob	0,1648	-0,1433	–	-0,2107	-0,1513	0,1772	0,1538
Tuk	0,1579	-0,2278	-0,2107	–	0,4162*	0,0179	0,0540
Vláknina	-0,2507	0,2451	-0,1513	0,4162*	–	0,2513	-0,4610
Popol	0,4258*	-0,1302	0,1772	0,0179	0,2513	–	0,0279
BNLV	0,7683 ^{xxx}	-0,9545 ^{xxx}	0,1538	0,0540	-0,4610	0,0279	–

(1) parameter, (2) seeds yield, (3) crude protein, (4) starch, (5) fat, (6) crude fiber, (7) ash, (8) nitrogen-free extract

Tabuľka 5: Obsah živín, energetická a dusíkatá hodnota a úroda semena hrachu sateho (priemer rokov 2007–2011)
Table 5: Content of nutrients, energy and nitrogen value and yield of pea (average years 2007–2011)

Ukazovateľ (1)		Variety hnojenia (18)			
		kontrola (19)	PH (20)	PH + PZ (21)	\bar{x}
Obsah g·kg ⁻¹ sušiny (2)	sušina (6)	887,3	891,4	888,3	889,0
	hrubý proteín (7)	241,8	238,4	244,0	241,4
	škrob (8)	410,2	413,6	434,0	419,3
	tuk (9)	13,7	14,1	13,9	13,9
	vláknina (10)	64,4	65,1	65,9	65,1
	popol (11)	40,8	40,5	40,7	40,7
	BNLV (12)	639,3	641,9	635,5	638,9
Energetická hodnota MJ·kg ⁻¹ suš. (3)	organická hmota (13)	959,2	959,5	959,3	959,3
	NEL (14)	8,42	8,43	8,42	8,42
Dusíkatá hodnota g·kg ⁻¹ sušiny (4)	NEV (15)	9,02	9,03	9,01	9,02
	PDIN (16)	150,8	148,7	152,2	150,6
	PDIE (17)	117,1	116,6	117,4	117,0
Úroda semena t·ha ⁻¹ (5)		2,57	2,98	2,99	2,85

(1) parameter, (2) content dry matter, (3) energy value, (4) nitrogen value, (5) seed yield, (6) dry matter, (7) crude protein, (8) starch, (9) fat, (10) crude fiber, (11) ash, (12) bezdusíkaté látky výtlačkové – nitrogen-free extract, (13) organická hmota – organic matter, (14) netto energia laktácie – net energy of lactation, (15) netto energia výkrmu – net energy of gain, (16, 17) skutočne stráviteľné dusíkaté látky v tenkom čreve – protein digestible in intestine, (18) treatments of fertilization, (19) kontrola, (20) priemyselné hnojivá – mineral fertilizers, (21) priemyselné hnojivá + pozberové zvyšky – mineral fertilizers + post-harvest residues

Najväčší význam zo všetkých látok obsiahnutých v semenách hrachu majú bielkoviny pre ich nutričnú a kŕmnu hodnotu. Obsah bielkovín (hrubého proteínu) v semenách hrachu siateho v rokoch 2007–2011 bol štatisticky významne ovplyvnený ročníkom. Priemerný obsah bol $241,4 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, čo je hodnota porovnateľná s výsledkami iných autorov (30, 20). Áli-Khan a Yuong (1) analýzou 506 rastlín zistili obsah hrubého proteínu v rozpätí 22–32%, pričom obsah sa menil v závislosti od kultivaru, lokality a od ročníka. V našich pokusoch sa obsah hrubého proteínu v jednotlivých rokoch pohyboval od 17,9 do 32,5%.

Obsah škrobu v semenách hrachu siateho je v porovnaní s obilninami nízky. Canibe a Bach Knudsen (8) uvádzajú obsah škrobu od 400 do $450 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ sušiny. V našich pokusoch bol priemerný obsah škrobu $419 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ sušiny.

Najenergetickejšou živinou organickej hmoty krmív je tuk. Z výsledkov viacerých autorov (17, 24, 2, 15) vyplýva, že obsah tuku v semenách hrachu sa pohybuje od 10 do $20 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ sušiny. Analyticky stanovený obsah tuku v semenách hrachu odrody Dunaj pohybujúci sa v jednotlivých rokoch od 11,28 do $15,43 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ sušiny plne korešponduje s výsledkami uvedených autorov.

Limitujúcim faktorom stráviteľnosti a príjmu krmiva je množstvo vlákniny. Pokiaľ je v kŕmnej dávke vlákniny mnoho, koncentrácia energie je nízka, príjem je nízky a produktivita klesá (18). V semenách hrachu je obsah vlákniny relatívne nízky (25). V semenách hrachu sme v priemere stanovili $65,1 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ sušiny vlákniny, čo je hodnota porovnateľná s údajmi iných autorov (27, 14).

Korelačné koeficienty medzi úrodou a chemickým zložením semena hrachu siateho sú uvedené v tabuľke 4. Veľmi vysoká negatívna korelačná závislosť bola zistená medzi úrodou a obsahom hrubého proteínu ($r = -0,7964^{xxx}$) (obr. 1) a veľmi vysoká kladná korelačná závislosť medzi úrodou a obsahom BNLV ($r = 0,7683^{xxx}$) (obr. 2). Veľmi vysoká negatívna korelačná závislosť bola medzi obsahom hrubého proteínu a obsahom BNLV ($r = -0,9545^{xxx}$) (obr. 3). Negatívna závislosť (štatisticky nevýznamná) bola zistená aj medzi obsahom hrubého proteínu a obsahom škrobu, tuku a vlákniny.

Výživná hodnota semena hrachu siateho vyjadrená obsahom energie (NEL, NEV) a obsahom nenahraditeľných organických živín (N-látky, PDI) je uvedená v tabuľke 5. Pri hodnotách netto energie za laktáciu (NEL) a netto energie za výkrm (NEV) sú rozdiely medzi variantmi hnojenia zanedbateľné. Nami zistené energetické hodnoty NEL ($8,42 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$ suš.) a NEV ($9,02 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$ suš.) sú však nižšie ako uvádzajú Sommer et al. (24).

Pri hodnotení dusíkatých látok sa využíva PDI systém, ktorý zohľadňuje mikrobiálnu fermentáciu v bachore prežívavcov, degradáciu N-látok i rozdielne využitie N-látok vstupujúcich do tenkého čreva.

Priemerná hodnota PDIN v semene hrachu je $150,5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ sušiny, čo je hodnota o $11,5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ sušiny nižšia ako uvádzajú Sommer et al. (24). Na jednotlivých variantoch hnojenia sa pohybovala od 148,7 do $152,2 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ sušiny.

Priemerná hodnota PDIE je $117,0 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ sušiny. Sommer et al. (24) uvádzajú hodnotu PDIE v semene hrachu nižšiu, t. j. $110 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ sušiny.

Najvyššie hodnoty PDIN ($152,2 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ suš.) a PDIE ($117,4 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ suš.) boli na variante racionálne hnojenom priemyselnými hnojivami a zapravení pozberových zvyškov.

Záver

Úroda semena hrachu siateho bola štatisticky významne vyššia pri orbe ako pri minimalizácii. Na hnojených variantoch sa v jednotlivých pokusných rokoch dosiahla v porovnaní s nehnojenou kontrolou vyššia priemerná úroda semena o 3,5 až 91,1%.

Najvýznamnejší vplyv na zloženie semena (hrubý proteín, škrob, tuk, popol, vláknina, BNLV) mal ročník pestovania. Rozdielny spôsob obrábania pôdy štatisticky významne ovplyvnil len obsah vlákniny a popola, hnojenie len obsah škrobu.

Potvrdila sa veľmi vysoká negatívna korelačná závislosť medzi úrodou semena a obsahom hrubého proteínu.

Najvyššie hodnoty skutočne stráviteľných dusíkatých látok v tenkom čreve (PDIN a PDIE) boli na variante racionálne hnojenom priemyselnými hnojivami a zapravení pozberových zvyškov.

Hrach siaty je pre svoj vyvážený obsah bielkovín, tukov, sacharidov, vlákniny, minerálnych látok a vitamínov považovaný za kvalitnú potravinu a krmivo. Je perspektívnou plodinou a nezastupiteľnou súčasťou udržateľného agroekosystému.

Literatúra

- (1) ÁLI-KHAN, S. T. – YOUNGS, C. G. 1973. Variation in protein content of field peas. In Canadian Journal of Plant Science, vol. 53, no. 1, pp. 37–41.
- (2) ALUKO, R. E. – MOFOLASAYO, O. A. – WATTS, B. M. Emulsifying and foaming properties of commercial yellow pea (*Pisum sativum* L.) seed flour. J. Agric Food Chem, 57 (2009), pp. 9793–9800.
- (3) BÄHR, M. – FECHNER, A. – HASENKOPF, K. – MITTERMAIER, S. 2014. Chemical composition of dehulled seeds of selected lupin cultivars in comparison to pea and soya bean. TWT – Food Science and Technology, 59, p. 587–590.
- (4) BARAC, M. – CABRILLO, S. – PESIC, M. – STANOJEVIC, S. – ZILIC, S. – MACEJ, O. et al. 2010. Profile and functional properties of seed proteins from six pea (*Pisum sativum*) genotypes. Int. J. Mol. Sci., 11 (12), pp. 4973–4990.
- (5) BOJŇANSKÁ, T. – VOLOŠINOVÁ, V. 2005. Dependence of pea quality on growing system. In Agriculture (Poľnohospodárstvo), vol. 51, no. 10, pp. 539–547.
- (6) BOYER, J.D. 1982. Plant productivity and environment. Science, 218, pp. 443–448.
- (7) CANDRÁKOVÁ, E. – LÍŠKA, E. 2006. Vplyv teplotných a vlhkových podmienok na tvorbu úrody hrachu siateho. Acta fytotechnica et zootechnica, 9, 3, s. 57–61.
- (8) CANIBE, N. – BACH KNUDSEN, K. E. 1997. Digestibility of dried and toasted peas in pigs: 1. ileal and total tract digestibilities of carbohydrates. Anim. Feed Sci. Technol., 64, 293–310.
- (9) HÁJEK, D. – STRÍDA, J. 1974. Studium vlivu povětrnostních prvků na výnosnost a jakost hrachu: Závěrečná správa. Šumperk: VŠÚTL, 1974, 120 s.
- (10) HANÁČKOVÁ, E. – CANDRÁKOVÁ, E. 2007. Vplyv pestovateľských systémov na úrodový potenciál hrachu siateho (*Pisum sativum* L.). Acta fytotechnica et zootechnica, 10, 4, s. 99–105.
- (11) HANÁČKOVÁ, E. – CANDRÁKOVÁ, E. – MACÁK, M. 2010. Udržateľný technologický systém pestovania hrachu siateho (*Pisum sativum* L.) [Technological system for sustainable growing of common peas]. Nitra : SPU, 162 p. ISBN 978–80–552–0345–4.
- (12) HANÁČKOVÁ, E. – SLAMKA, P. 2011. Production process of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) under different soil cultivation and fertilization. In Research Journal of Agricultural Science, vol. 43, no. 1, pp. 56–61.
- (13) CHRENKOVÁ, M. – ČEREŠŇÁKOVÁ, Z. – SLAMKA, P. 1995. Faktory ovplyvňujúce biologickú hodnotu a stráviteľnosť N-látok v novošľachtených odrodách hrachu siateho. Journal of farm Animal Science.

- (14) KOIVUNEN, E. – PARTANEN, K. – PERTTILÄ, S. – PALANDRE, S. – TUUNAINEN, P. – VALAJA, J. 2016. Digestibility and energy value of pea (*Pisum sative* L.), faba bean (*Vicia faba* L.) and blue lupin (narrow-leaf) (*Lupinus angustifolius*) seeds in broilers. *Animal Feed Science Technology*, 2018, pp.120–127.
- (15) LANDERO, J.L. – WANG, L.F. – BELTRANENA, E. – ZIJLSTRA, R.T. 2014. Diet nutrient digestibility and growth performance of weaned pigs fed field pea. *Animal Feed Science and Technology*, 198, pp. 295–303.
- (16) MATHE–GASPAR, G. – FODOR, N. – POKOVALI, K. – KOVACS, G.J. 2005. Crop modeling as a tool to separate the influence of the soil and weather on crop yields. In *Physics and Chemistry of the Earth*, vol. 30, no. 1–3, pp. 165–169.
- (17) MEINERS, C.R. – DERISE, N.L. – LAU, C. – RITCHEY, S.J. – MURPHY, E.W. Proximate composition and yield of raw and cooked mature dry legumes. *J. Agric. Food Chem.*, 24 (1976), pp. 1122–1126.
- (18) MUDŘÍK, Z. – DOLEZAL, P. – KOUKAL, P. et al. 2006. Základy moderní výživy skotu. Praha: ČZU, 270 s. 1. vyd. ISBN 80–213–1559–8
- (19) NAYYAR, A. – HAMEL, CH. – GOSSEN, B.D. – HANSON, K. – GERMIDA, J. 2009. Soil microbial quality associated with yield reduction in continuous-pea. *Applied Soil Ecology*, 43, pp. 115–121.
- (20) PETRIKOVIČ, P. – SOMMER, A. – ČEREŠŇÁKOVÁ, Z. et al. 2000. Výživná hodnota krmív. 1. vyd. Nitra : VÚŽV, 2000. ISBN 80–88872–12–X.
- (21) RICHTER, R. – HLUŠEK, J. 1999. Výživa a hnojení rostlin. I. obecná část [Plants nutrition and fertilization. I. general part]. Brno : MZLU, 177 p. ISBN 80–7157–138–5.
- (22) SCHIEMANN, R. – NEHRING, K. – HOFFMANN, L. et al. 1972. *Energetische Futterbewertung und Energienormen*. Berlin : VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, 1972.
- (23) SMATANA, J. – MACÁK, M. – DEMJANOVÁ, E. 2006. The influence of soil tillage on soil moisture parameters under cropping of common peas. *Lucrari științifice*, 38, pp. 19–24.
- (24) SOMMER, A. – ČEREŠŇÁKOVÁ, Z. – FRYDRICH, Z. et al. 1994. Potreba živín a výživná hodnota krmív pre hovädzí dobytok, ovce a kozy. 1. vyd. Nitra : VÚŽV, 1994, 116 s. ISBN 80–967057–1–7.
- (25) STEIN, H. H. – LAGOS, L. V. – CASAS, G. A. 2016. Nutritional value of feed ingredients of plant origin fed to pigs. *Animal Feed Science and Technology*, 218, pp. 33–69.
- (26) ŠARIKOVÁ, D. 2005. Vplyv hnojenia na úrodu a úrodnotvorné prvky sledovaných odrôd hrachu siateho [Effect of fertilization on yield and yield components of common pea varieties]. In *Zborník vedeckých prác 21*. Michalovce: VÚRV–ÚA, s. 31–39. ISBN 80–88790–44.
- (27) ŠIMKO, M. – BÍRO, D. – JURÁČEK, M. et al. 2009. Vplyv mechanickej úpravy jadrových krmív na stráviteľnosť živín u oviec. *Acta fytotechnica et zootechnica* 2, s. 35–38.
- (28) UBREŽIOVÁ, I. – HORSKÁ, E. – DOBÁK, 2005. Porovnanie ekonomiky výroby hrachu siateho (*Pisum sativum* L.) v Českej a Slovenskej republike [Comparison of pea (*Pisum sativum* L.) production economics in the Czech and the Slovak Republics]. In *Agriculture (Poľnohospodárstvo)*, vol. 51, no. 2, pp. 68–72.
- (29) WANG, N. – HATCHER, D.W. – WARKENTIN, T.D. – TOEWS, R. 2010. Effect of cultivar and environment on physicochemical and cooking characteristics of field pea a (). *Food Chem.* 111, 1, pp. 132–138.
- (30) XIONG, L. – ISHITANI, M. – ZHU, J.K. 1999. Interaction of osmotic stress, temperature and abscisic acid in the regulation of gene expression in *Arabidopsis*. *Plant Physiology*, 119, pp. 205 – 212.

doc. Ing. Eva Hanáčková, PhD.,
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre,
Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra,
email: Eva.Hanackova@uniag.sk