

VLIV PODMÍNEK USKLADNĚNÍ NA DEFORMACI A PROVZDUŠŇOVÁNÍ VRSTVY SEMEN ŘEPKY

The Storage Conditions` Influence on Deformation and Aerating of the Rape Seed Layer

Grzegorz SZWED¹, Josef PECEN²

¹ Instytut Agrofizyki Polskiej Akademii Nauk w Lublinie; ² Česká zemědělská univerzita v Praze

Summary: Abstract: Deformation and resistance of air flowing over rapeseed seeds layer was investigated. Seeds were stored for 30 days in compressive chambers, which simulate conditions in industrial garnerers. Seeds of winter rapeseed cultivars Californium and Bazyl and of spring rapeseed cultivar Star were used in an experiment. During the experiment (storage in compressive chambers) the seeds had different moisture, temperature and mutual mechanical strain (compression of seeds in sample). Changes of monitored characteristics were confirmed in dependence on changes simulating storage conditions. Storage time increasement causes increasement of volume density of storaged seeds sample and especially in dependence on seeds moisture also other monitored parameters are changing. After 30 days of seeds storage air resistance was significantly higher in seeds with 11% of moisture in comparison with seeds with 6% of moisture (under the same storage conditions). The main reason for air resistance increasement is seeds deformation.

Key words: rapeseed, moisture, air resistance, storage

Souhrn: Byla sledována deformace a odpor vzduchu proudícího přes vrstvu semen řepky. Semena byla uskladněna vždy 30 dnů v tlakových komorách, simulujících podmínky v průmyslových sílech. Pro pokusy byla použita semena ozimé řepky odrůd Californium a Bazyl a odrůda jarní řepky Star. Po dobu pokusu (uskladnění v tlakových komorách) měly semena různou vlhkost, teplotu a vzájemné mechanické napětí (stlačení semen ve vzorku). Byly potvrzeny změny sledovaných vlastností v závislosti na změnách simulujících skladovacích podmínky. Především se s vrůstem času skladování roste objemová hustota skladovaného vzorku semen hlavně v závislosti na vlhkosti semen se mění i ostatní sledované veličiny. Po 30 dnech skladování semen byl odpor vzduchu procházejícího vrstvou semen o vlhkosti 11% značně větší než u semen s vlhkostí 6% (za jinak stejných skladovacích podmínek). Hlavní příčinou vzrůstu odporu vzduchu procházejícího vrstvou semen řepky je trvalá deformace těchto semen.

Klíčová slova: řepka, vlhkost, odpor vzduchu, uskladnění

Úvod

Jedna z metod umožňující získání vyhovujících informací o vlhkosti semen uskladněných v sílech je provzdušňování uložené vrstvy materiálu (lože). V současné době je tato metoda stále více populární. Projektování a fungování systémů provzdušňování (aerace) vyžaduje dobrou znalost charakteristiky poklesu tlaku vzduchu proudícího přes vrstvu provětrávaného materiálu. To znamená znát veličiny, které o tomto poklesu rozhodují. Odpor proudění vzduchu vrstvou materiálu se vyjadřuje úbytkem velikosti tlaku ve směru proudění a záleží především na rychlosti proudění vzduchu a pórovitosti vrstvy materiálu. O pórovitosti rozhodují především rozměry a tvar semen jakož i množství nečistot a velikost deformací materiálu. Navíc, pórovitost může být různá v různých místech vrstvy a může tak způsobovat místní rozdíly velikosti odporu proudění vzduchu vrstvou.

Odpor proudění vzduchu v sypkých materiálech rostlinného původu je předmětem výzkumu již více než 80 let. Zabývali se jím Abrams a Fish [1], Agrawal a Chand [2], Bakker-Arkema aj.[3], Barrowman a Boyce [4]. Široký přehled prací této tematiky uvádí Jayas [5]. Szwed [9] i Szwed a Lukaszuk [10] zkoumali změnu odporu proudění vzduchu vrstvou semen řepky v závislosti na době a podmínkách skladování semen.

Cílem prezentovaného výzkumu bylo určení (odhadnutí) stupně změny deformace semen a odporu proudění vzduchu vrstvou semen řepky v závislosti na jejich skladovacích podmínkách (vlhkost, teplota, velikost namáhání semen) během jednoho měsíce. Určení odporu proudění je opřeno o ustálené údaje tlaku vzduchu potřebných k jeho průchodu vrstvou semen řepky.

Chování semen řepky a obecně podobného biologického materiálu vystaveného mechanickému namáhání je trochu komplikované. Semena řepky (vystavená stalému zatížení na horní vrstvy materiálu), se s ohledem na svou

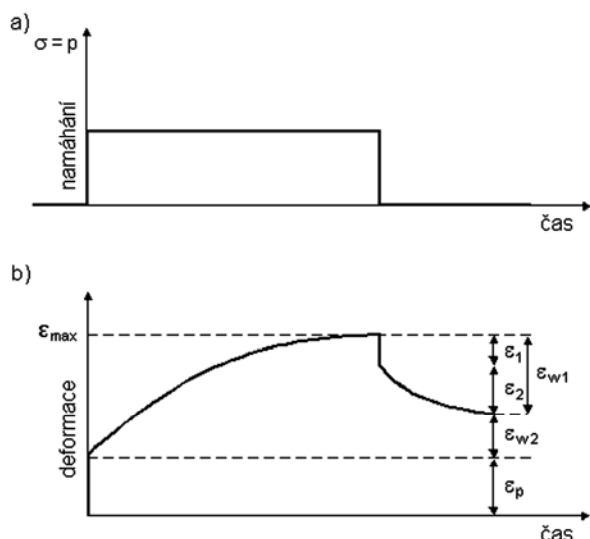
stavbu a chemické složení chovají jako tělesa (objekty) **viskoelastické** (s vlastnostmi mezi pevnými tělesy a kapalinami). Takovéto chování semen vyplývá mimo jiné z jejich nehomogenní struktury i chemického složení. To je nejvíce patrné na průběhu mechanické deformace semen. Z počátku to budou deformace pružné, které během delší doby skladování přejdou v deformace trvalé. Důsledkem těchto jevů bude deformace až zničení struktury buněk semen. Patříce na obvyklé uspořádání množství semen v sílu, můžeme vyjádřit následující druhy deformací celého vzorku vzniklých v důsledku již existujícího namáhání (obr. 1):

ϵ_p - prvotní deformace vzniklá v důsledku přemístování semen nebo změny jejich vzájemné polohy či orientace. Velikost těchto deformací záleží na rozdílu ve velikostech skladovaných semen, jejich tvaru a především na koeficientu tření mezi nimi., protože se jedná převážně o vzájemný pohyb semen na základě jejich vnějšího zatížení (vzorku).

ϵ_{w1} - druhotná deformace vzniklá deformací pružných a viskoelastických elementů vnitřní struktury semen jako výsledek existence volných vnitřních prostor (v semeněch). Na velikost těchto deformací má vliv struktura a stavba semen, místo působení namáhání, koeficient tření mezi jeho jednotlivými částicemi uvnitř semen a pod.

ϵ_{w2} - druhotná deformace – trvalá, postavši z deformací i destrukce jednotlivých buněk semen

V případě semen řepky o různém stupni zralosti a různých mechanických vlastnostech je možné se domnívat, že všechna semena nebudou reagovat stejně na působící namáhání (tlak). V mnoha případech je vhodným prostředkem, usnadňujícím dobré zachování skladovaných semen v sílu jejich provětrávání (provzdušňování, aerace). Základem návrhu pro použití tohoto postupu jsou tabulky, které určují podmínky aktivního větrání dovolující získat prospěch jak z chlazení, tak vysušování skladovaných semen [1,2].



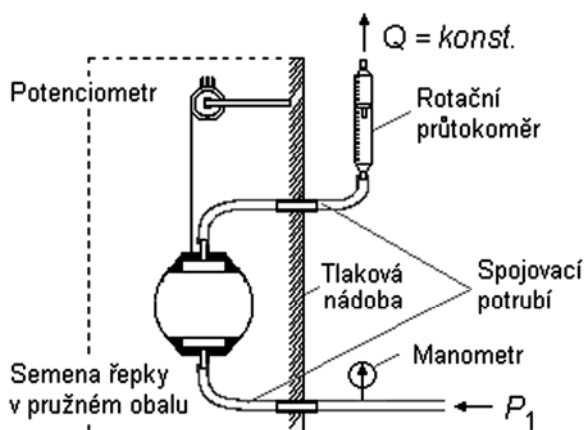
Obr.1. Chování semen vzorku pod vlivem nastaveného tlaku (namáhání σ) v tlakové komoře.

- a) způsob namáhání semen
 b) průběh deformace semen vlivem namáhání
 ϵ_{w1} – deformace druhotná, vratná
 ϵ_1 - pružná
 ϵ_2 - viskoelastičná
 ϵ_{w2} - deformace druhotná – trvalá
 ϵ_p – prvotní deformace

Semena řepky jsou v porovnání se zrný obilnin mnohem snadněji náchylná na deformace vzniklé z mechanických napětí (namáhání) působících v sílech. Jejich vlivem dochází v krajních případech k hrudkování (spékání) semen, což znesnadňuje nejen průtok vzduchu vrstvou skladovaných semen ale i jejich vyskladňování ze síla. Spečená semena zcela ztratily, z hlediska jejich pevnosti, svou pružnost ($\epsilon_1 = 0$) a jejich provětrávání kleslo na minimum.

Materiál a metoda

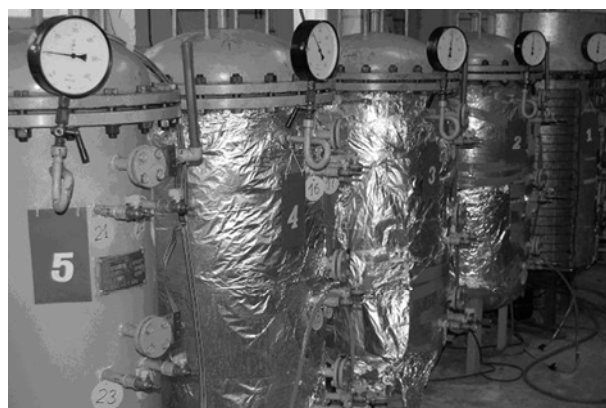
K pokusům byly využity dvě odrůdy ozimé řepky (Californium a Bazyl = odrůda registrovaná v Polsku), jedna odrůda jarní řepky (Star) a tři hodnoty počáteční vlhkosti semen (6, 9, 11%). Vyčištěné vzorky semen o hmotnosti 2,5 kg byly vytvarovány do téměř kulového tvaru pomocí gumových vzdušnic do kterých byla semena nasypána a umístěny v tlakové komoře (obr. 2).



Obr. 2. Schéma pokusné aparatury

Atmosféra vzorku semen (uvnitř gumové vzdušnice) byla spojena s venkovní atmosférou (okolí tlakové komory) pomocí uzavíracího ventilačního zařízení. V pravidelných časových intervalech byly měřeny průměry vzorku semen (průměr gumové vzdušnice se semeny) a tlak vstupujícího vzduchu P_1 , při kterém byl nastaven ustálený průtok vzduchu $0,7 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ (měřeno rotačním průtokoměrem). Hodnota tlaku P_1 byla nastavena a ustálena pomocí

ventilu oddělujícího atmosféru vzorku semen uvnitř gumové vzdušnice od nádoby kompresoru. Průměr vzorku (rozměr gumové vzdušnice se semeny řepky) byl měřen pomocí potenciometru mechanicky spojeného se vzorkem (gumovou vzdušnicí). Velikost průtoku vzduchu vzorkem byla měřena rotačním průtokoměrem. Měřitkem odporu průchodu vzduchu vzorkem byla hodnota tlaku P_1 nezbytná pro vynucení konstantního průtoku vzduchu Q vrstvou semen vzorku ($0,7 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$). Průtok vzduchu vzorkem byl přímo odečítán na rotačním průtokoměru, stejně tak i tlak P_1 byl přímo odečítán na manometru. Všechny pokusy byly realizovány vždy v délce 30dnů, při různých hodnotách vlhkosti a teploty vzorků a různé velikosti tlaku v tlakových komorách.



Obr. 3. Pohled na baterii tlakových nádob se vzorky semen řepky.

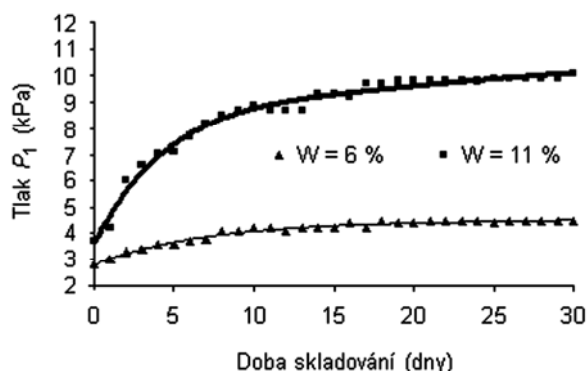
Výsledky

Charakteristiky změn odporu průchodu vzduchu vrstvou semen řepky odrůdy Californium jsou na obr. 4. Obecně vykazují značné rozdíly průběhů změn odporu v závislosti na čase.

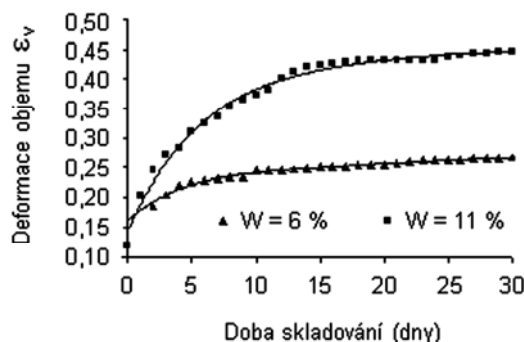
Tato různost vyplývá především z různé hodnoty vlhkosti semen použitých v pokusech. Použitá odrůda

řepky má rovněž vliv na průběh odporu v závislosti na době skladování semen. Vlhkost semen ovlivňuje především mechanické vlastnosti semen (viskoelasticitu) a také rozhoduje o hustotě a pórovitosti vrstvy semen. Semena řepky jsou ve srovnání se zrný obilnin semeny „měkkými“ (to je způsobené také velkým obsahem oleje) a jejich větší vlhkost způsobuje změny viskoelastických vlastností

směrem ke kapalinám. Semena jsou více náchylná k deformování se pod vlivem zatížení panujících v sílech. Stejně příčiny mají za následek vzrůst hustoty vzorku a úbytek jeho pórovitosti. Výsledkem těchto vlivů je zmenšení propustnosti vzduchu danou vrstvou semen.



Obr. 4. Průběh změn odporu průtoku vzduchu vrstvou semen odrůdy Californium při dvou hodnotách vlhkosti. Tlak v tlakové komoře 300 kPa, teplota 20°C.



Obr. 5. Průběhy deformace objemu ϵ_v vzorků semen řepky odrůdy Star s počáteční vlhkostí 6 a 11%. Tlak v tlakové komoře 300 kPa, teplota 20°C.

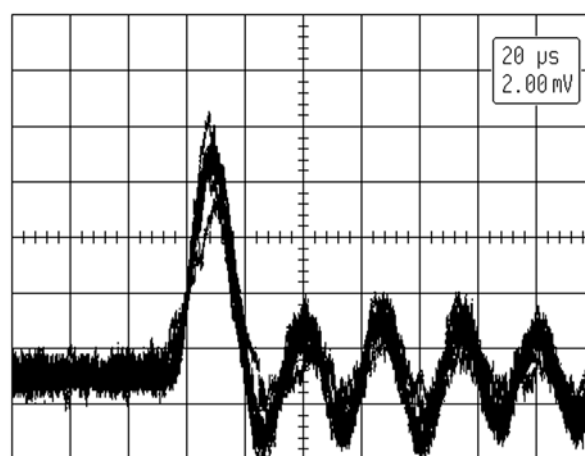
V souvislosti s provedenými pokusy je možné říci, že semena řepky různých odrůd o vlhkosti 11% vykazovaly větší hodnoty odporu průtoku vzduchu (větší hodnoty tlaku vzduchu P_1), než semena stejných odrůd s nižší vlhkostí. Mimo to, vrstva semen řepky odrůdy Star byla propustnější ve větší míře, jak ukazuje obr.5, než vrstva semen řepky odrůd Californium a Bazyl (obr.4) a to pro obě hodnoty vlhkosti. Tento jev nepochybně vyplývá z různých mechanických vlastností semen řepky, jakož i pórovitosti a hustoty vrstvy. S tím souvisí větší náchylnost k trvalé deformaci semen ozimých odrůd řepky, což ukázaly výzkumy v rámci uvedených experimentů, krátce popsáné v tab. 1.

Prezentované výsledky výzkumu chování semen řepky uvedené v tab. 1 jsou pro krajní vlhkosti semen skladovaných v tlakových nádobách pod tlakem 300 kPa a teplotě 20°C. Uvedený příklad výsledků ukazuje, že semena řepky vystavené zatížení (namáhání) se chovají jako tělesa viskoelastická, podléhající jevům tečení a tím měnící s časem hustotu i pórovitost celého vzorku semen a následkem toho i propustnost plynů jejich vrstvou. Největší změny odporu proudění vzduchu vrstvou semen nastávají v počátečním období uskladnění a postupně (ve

shodě s obrázky 4 a 5) se změny asymptoticky blíží ke konstantní hodnotě. Z vypočtených výsledků v tab. 1 vyplývá, že vzorek semen řepky s nižší vlhkostí (6%) má stabilnější a „stejnější“ průběhy změn odporu proudění vzduchu vrstvou semen, než semena s větší vlhkostí, jak dokládá v tabulce 1 koeficient R^2 .

Tab. 1. Rovnice nelineární regrese popisující změny odporu průtoku vzduchu P na čase τ pro tlak vzduchu v tlakové komoře 300 kPa a teplotu 20°C.

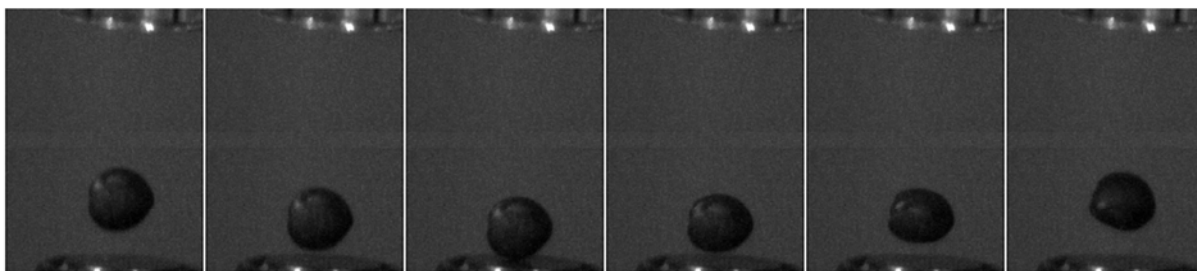
Odrůda řepky	Vlhkost semen (%)	Odpor průtoku vzduchu $P = f(t)$	Koeficient determinace R^2
Californium	6	$14,48 \ln t + 1,42$	0,83
	11	$56,53 \ln t - 58,13$	0,72
Bazyl	6	$18 \ln t - 48,3$	0,80
	11	$68 \ln t - 34$	0,68
Star	6	$3,95 \ln t + 21$	0,97
	11	$13,30 \ln t + 31,26$	0,96



10 sweeps:	average	low	high	sigma
period(1)	85.509 μ s	67.675	95.453	15.479
width(1)	15.788 μ s	12.635	18.277	1.916
rise(1)	7.869 μ s	4.890	14.245	2.884
fall(1)	11.207 μ s	9.105	12.760	1.284
delay(1)	0.582 μ s	-0.057	1.986	0.666

Obr. 6. Časový průběh opakovaného impaktu semena řepky na snímač síly. Stejně semeno dopadlo desetkrát.

Je třeba mít na paměti, že v celé práci se vlastně posuzuje chování vzorku velkého množství semen jako celku (zkoumá se chování semen ve formě vrstvy materiálu) a přitom toto chování celého vzorku je zejména ovlivněno i chováním a vlastnostmi jednotlivých semen, které mohou být trochu odlišné, ve srovnání s vlastnostmi celého vzorku. Podrobnější poznatky v tomto směru uvádějí práce [7,8], které částečně studovaly chování jednotlivých semen řepky metodou impaktu (nárazu semene na tuhou podložku). Semena řepky padala volným pádem z výšky asi 20 cm na piezoelektrický snímač, který zaznamenával časový průběh síly při dopadu semene. Celý proces dopadu semena byl takto zaznamenán a popsán několika parametry jak ukazuje obr.6. Na něm je zachyceno deset průběhů dopadu stejného semena řepky odrůdy Californium.



Obr. 7. Příklad chování semena řepky (hmotnost 4,6 mg) při dopadu na piezoelektrický snímač síly a jeho zpětný odraz. Dole v obrázku je vidět snímač síly a nahoře ústí pádová trubice. Časová odlehlost mezi prvním a druhým snímkem je 0,0004 s, mezi druhým a třetím snímkem 0,0002 s, stejně tak mezi třetím a čtvrtým snímkem. Semeno při dopadu i po odrazu rotuje

Ačkoli semeno řepky nemá dostatečně kulový tvar, jak dokládá obr. 7, který představuje fázi dopadu semene na snímač a jeho následný odraz, tak náhodné místo dopadu semene nemá podstatný vliv na tvar průběhu. To dokumentují i standardní odchylky časových parametrů průběhů v obr.6 (poslední sloupec pěti řádků parametrů popisujících znázorněný průběh a označený „sigma“). „Width“ znamená šířku pulsu (dobu trvání průběhu podle definovaných podmínek), „rise“ představuje dobu růstu síly a „fall“ dobu klesání síly v zaznamenaném průběhu dopadu. V uvedeném obrázku představuje jeden dílek mřížky ve vodorovném směru čas 20 μ s a jeden dílek ve svislém směru sílu 0,002 N. Zdá se,

že příliš malá vlhkost semen řepky nemá podstatný vliv na velikost maximální síly při impaktu, ale semena jsou „křehčí“, málo se deformují a mají sklon k praskání (mechanické destrukci celého semene) na rozdíl od vlhkosti kolem 10%, kdy se semena více „tvarují“ vlivem vnějšího namáhání a tolik nepraskají. Maximální síla při impaktu je často dosahována v rozmezí vlhkosti 10 – 13%. Částečně to závisí na odrůdě. Analýza poznatků vyplývajících z použití této metody využívá statistické zhodnocení získaných dat a pomáhá nám vysvětlit a částečně predikovat chování semen řepky za různých podmínek. Podrobný popis použité metody a aparatury je uveden v [6].

Závěry

Na základě výše uvedených výsledků popsaných pokusů a zpracovaných naměřených dat, je možno i s přihlédnutím k poznatkům získaných jinými autory konstatovat, že:

- větší vlhkost semen řepky způsobuje zvětšení podílu deformace semen na změně hustoty a zvětšení odporu průtoku vzduchu vrstvou semen
- vzrůst odporu průtoku vzduchu dosahuje největších změn v počátečním období skladování semen řepky

- oblast dynamického růstu odporu průtoku vzduchu se zvyšuje se vzrůstající vlhkostí skladovaných semen řepky
- po 30 dnech skladování je deformace semen řepky o počáteční vlhkosti 11% dvakrát větší (měřeno odporem proudění vzduchu), než pro semena s počáteční vlhkostí 6%.
- použití metody impaktu pro jednotlivá semena řepky dovoluje využít získané poznatky i pro popis chování velkého množství semen

Použitá literatura

- Abrams C.F., Fish J.D.: Resistance of sweet potatoes to airflow. ASAE Paper no. 78-4523, St. Joseph, Mich, 1978.
- Agrawal K.K., Chand P.: Pressure drop across fixed beds of rough rice. Trans. ASAE, 17(3), 560-563, 1974.
- Bakker-Arkema F.W., Patter-Son R.J., Bickert W.G.: Static pressure-airflow relationships in packed beds of granular biological materials such as cherry pits. Trans. ASAE, 12(1), 134-136, 140, 1969.
- Borrowman R., Boyce D.S.: Air distribution from lateral ducts in barley. J. Agric. Eng., Res. 11(4), 243-247, 1966.
- Jayas D. S.: Resistance of bulk canola oilseed to airflow. Unpublished Ph. D. thesis. Department of Agricultural Engineering, University of Saskatchewan, Saskatoon, Sask, 1987.
- Pecen J.: Parameters of Impact Load on Wheat Kernel. Acta Agrophysica 6(2), 2005. p. 485 – 496. Lublin, Instytut Agrofizyki PAN.
- Pecen J.: Recurrence of Impact Load on Wheat Kernel. In *Management and Production Systems with Support of Information Technologies and Control Engineering*. 19 – 20.9.2006. Nitra. Nitra, SPU v Nitre. 2006, p. 229 – 237.
- Pecen J., Szwed G.: Rape Seed Elasticity Changes Detected by Impact. In *Quality of Grain, Flour, Bakery and Pasta Product*, 5.-7.12.2006. Moskva, Mezinárodní průmyslová akademie, 2006. s 117-119.
- Szwed G.: Wpływ czasu przechowywania na zmianę oporu przepływu powietrza przez warstwę nasion rzepaku. Acta Agrophysica, 37, 225-235, 2000.
- Szwed G., Łukaszuk J.: Ocena oporu przepływu powietrza przez warstwę nasion rzepaku. Acta Agrophysica, 2(3), 645-650, 2003

Kontaktní adresa

Gzegorz Szwed, IA PAN, Doswiadczalna 4, 20-290 Lublin, Polska. gszwed@ipan.lublin.pl
Josef Pecen, ČZU, Kamýcká 129, 16521 Praha 6 – Suchbát, e-mail: pecen@tf.czu.cz

Prezentovaná práce byla finančně podporována polským grantem Nr 2 PO6T 051 30 a českým grantem MSM 6046070905.