

MOŽNOSTI DETEKCE ZMĚN PŘI SKLADOVÁNÍ SEMEN ŘEPKY

The possibilities of change detection during storage of rapeseed

Josef PECEN¹, Grzegorz SWED²

¹Česká zemědělská univerzita v Praze, ²Polytechnika Lubelská. Lublin

Abstract: This paper discusses two methods for detecting changes in a layer of stored seed rape under different conditions. These changes are determined by changes in the parameters of aeration layer seeds and analysis of a gas concentrations resulting layer of seeds during storage. Both methods are equally applicable, particularly at higher humidity seeds. The experiments were laboratory character.

Keywords: rapeseeds, mechanical deformation, viscoelasticity, aeration, gas analyzer

Abstrakt: Příspěvek se zabývá dvěma způsoby detekce změn ve vrstvě skladovaných semen řepky za odlišných podmínek. Tyto změny se určují ze změn parametrů aerace vrstvy semen nebo z analýzy a koncentrace plynů vznikajících ve vrstvě semen v průběhu jejich skladování. Oba způsoby jsou stejně použitelné, zejména při vyšší vlhkosti semen. Provedené experimenty byly laboratorního charakteru.

Klíčová slova: semena řepky, mechanická deformace, viskoelastičita, provzdušňování, plynový analyzátor

Úvod

Způsob, který umožňuje získávání informací o změnách vlastností materiálu analýzou jejich plynného prostředí, není ojedinělý a je závislý na možnostech instrumentace metody pro tuto analýzu. Takovým příkladem může být i sledování změn mechanických vlastností semen uskladněných v silech v různě vysoké vrstvě, která je provzdušňována a na tyto změny vlastností semen je usuzováno například z druhu a koncentrace zachycených plynů. To je celkem pohodlná metoda, zejména pokud je třeba sledovat delší časové období. Pro identifikaci a kvantifikaci plynů (jejich vlastností) se nejlépe hodí přímá metoda jejich detekce. Měřené plyny jsou nejčastěji složkou vzduchu, kterým jsou tato semena při jejich uskladnění provzdušňována, aby se zabránilo znehodnocení uskladněných semen. V současné době je metoda provzdušňování stále populární, vzhledem k její jednoduchosti a malé přístrojové náročnosti. Pohyb vzduchu vrstvou semen je prakticky stejný jako pohyb plynů touto vrstvou. Stačí tedy přidat k instrumentaci této metody přístroj umožňující identifikaci plynů ve směsi s provětrávaným vzduchem a máme informaci o jejich koncentraci v závislosti na čase, skladovacích podmínkách a změnách vlastností skladovaných semen. 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 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 dlouhodobě předmětem výzkumu a zabývali se jím např. [1,2,3] Široký přehled prací této tematiky uvádí i autoři [5,6], kteří zkoumali změnu odporu proudění vzduchu vrstvou semen řepky v závislosti na době a podmínkách skladování semen. Cílem bylo určení (odhadnutí) stupně změny deformace semen a odporu proudění vzduchu vrstvou semen řepky v závislosti na jejich skladovacích podmínkách

(vlhkost, teplota, a hlavně velikosti namáhání semen) během několika týdnů. Určení odporu proudění vrstvou semen se opírá o naměřené, ustálené hodnoty tlaku vzduchu nutných k jeho průchodu vrstvou semen řepky.

Chování semen řepky vystavené mechanickému namáhání je trochu komplikované. Semena řepky vystavená stalému zatížení se s ohledem na svou stavbu a chemické složení chovají jako tělesa **viskoelastická** (tj. s vlastnostmi mezi pevnými tělesy a kapalinami). To je nejvíce patrné na průběhu mechanické deformace semen, která je s procesem uskladnění semen vždy spojena. Z počátku to budou pružné deformace semen, které během delší doby skladování přejdou v deformace trvalé. Úloha doby skladování, tedy doby působení zatížení na semena je nepomíjitelná. Důsledkem těchto deformačních jevů bude až zničení struktury buněk semen. S ohledem na obvyklé uspořádání masy semen v silu, 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 především na rozdílu ve

velikostech skladovaných semen, jejich tvaru a také na koeficientu tření mezi nimi,

protože se jedná převážně o vzájemný pohyb semen na základě jejich vnějšího zatížení.

ϵ_{w1} **druhotná deformace** vzniklá deformací pružných a viskoelastických elementů vnitřní

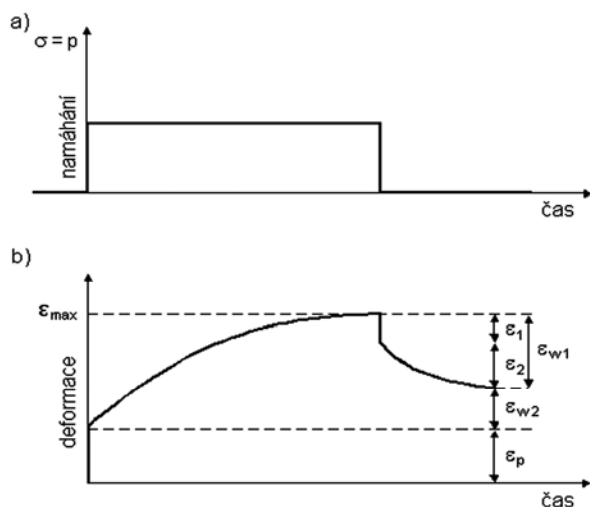
struktury semen jako výsledek existence volných vnitřních prostor (v semenech). Na

velikost těchto deformací má vliv struktura a stavba semen, místo působení zatížení,

koeficient tření mezi jeho jednotlivými částicemi uvnitř semen a pod.

ϵ_{w2} **druhotná deformace – trvalá**, povstavší z deformací i destrukce jednotlivých buněk semen.

Obr.1. Chování semen řepky pod vlivem nastaveného 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

V případě skladovaných semen řepky o různém stupni zralosti (což je realita) a tedy i jejich různých mechanických vlastnostech je možné se oprávněně domnívat, že **všechna semena nebudou reagovat stejně (ve stejný čas) na působící namáhání**. Proto je v mnoha případech vhodným prostředkem, který usnadňuje dobré uložení a dlouhodobé zachování nepoškozených skladovaných semen v silu, jejich provětrávání (provzdušňování, areace). Tím se pouze vylepšují fyzikální podmínky skladování semen tak, aby v nich nenastaly nežádoucí procesy. Semena řepky jsou v porovnání se zrny obilnin mnohem snadněji náchylná na deformace vzniklé z mechanických napětí (namáhání) působících v silách. Jejich vlivem dochází v krajních případech i ke spékání semen, což znesnadňuje nejen průtok vzduchu (plynů) vrstvou skladovaných semen ale i jejich vyskladňování. Spečená semena jsou většinou napadena plísněmi a zcela ztratila, z hlediska jejich pevnosti, svou pružnost ($\epsilon_1 = 0$). Jejich provětrávání tak kleslo na minimum.

Materiál a metoda

K laboratorním pokusům byla využita jedna odrůda ozimé řepky Californium a jedna odrůda jarní řepky Star. Vyčištěné vzorky semen o hmotnosti 0,9 kg byly nasypány do plastové průhledné trubky ve třech vrstvách a vždy zatíženy závažím, aby se dosáhlo potřebného tlaku uvnitř vrstvy. Tím bylo v experimentu realizováno rozdílné zatížení skladovaných semen. Pokus probíhal při dvou hodnotách vlhkosti: 6 a 11 %.

Základní částí uspořádání pokusu v laboratoři byly 2 válce z umaplexu (polymetylmakrylát) o vnitřním průměru 93 mm a délce 1,8 m upevněné ve svislém směru. V každém válci byla jedna odrůda řepky ve třech vrstvách výšky 15 cm. Tyto tři vrstvy semen řepky byly od sebe odděleny (ve svislém směru) válcovými závažími délky 0,6 m. Uspořádání v obou válcích, směrem zdola nahoru, tedy bylo následující:

- 1. vrstva 15 cm semen řepky, hmotnosti 0,9 kg (dole u podlahy)
- 1. betonové válcové závaží průměru 90 mm a délky 0,6 m (nad 1.vrstvou semen) hmotnosti 8,8 kg
- 2. vrstva 15 cm semen řepky, hmotnosti 0,9 kg
- 2. betonové válcové závaží průměru 90 mm a délky 0,6 m (nad 2.vrstvou semen) hmotnosti 8,8 kg
- 3. vrstva semen (nahore ve válci)

Tímto uspořádáním vznikly ve třech vrstvách tři různé hodnoty tlaku, napodobující tlaky ve vrstvě semen v silu.

Tlak $p_5 = 129\,850$ Pa (spodní okraj dolní vrstvy semen)

Tlak $p_4 = 128\,500$ Pa (horní okraj dolní vrstvy semen), rozhraní 1. vrstvy a 1. závaží

Tlak $p_3 = 115\,600$ Pa (spodní okraj 2. vrstvy semen)

Tlak $p_2 = 114\,250$ Pa (horní okraj 2. vrstvy semen)

Tlak $p_1 = 101\,350$ Pa (spodní okraj 1. vrstvy semen)

Tlak $p_0 = 100\,000$ Pa (horní okraj 1. vrstvy), atmosférický tlak

To znamená, že tlak p_5 ve vrstvě semen na dolním konci válce odpovídá vrstvě uskladněných semen 3,3 m. (Synná hmotnost semen řepky je asi 900 kg/m^3).

Poznámka: Odečtením atmosférického tlaku $100\,000$ Pa od každé, jednotlivě uváděné hodnoty tlaku, dostaneme tlak vyvozený pouze vrstvou semen spolu s působením závaží.

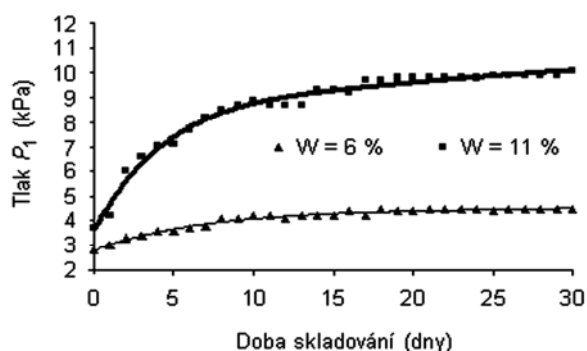
Do každé vrstvy válce byly zavedeny pro stálé použití dvě tenké teflonové trubičky o vnitřním průměru 3 mm, které sloužily jak k provzdušňování, tak k měření koncentrace ve vrstvě vznikajících plynů. Přitom více pozornosti bylo věnováno měření koncentrace plynů ve vrstvách semen, než areaci vrstvy semen. Koncentrace plynů byla měřena fotoakustickým plynovým analyzátozem INNOVA 1412.

Velikost průtoku vzduchu vzorkem byla měřena rotačním průtokoměrem. Měřítkem odporu průchodu vzduchu vrstvou byla hodnota tlaku p nezbytná pro zajištění konstantního průtoku vzduchu Q vrstvou semen. ($0,5\text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$). Průtok vzduchu vrstvou byl přímo odečítán na rotačním průtokoměru, stejně tak i tlak p byl přímo odečítán na manometru.

Výsledky a diskuse

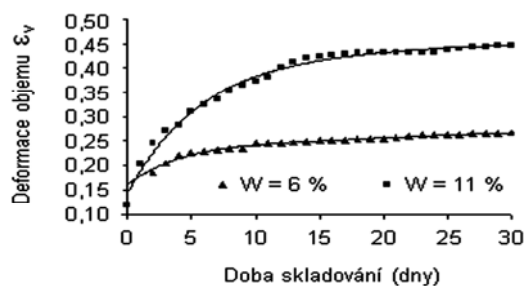
Charakteristiky změn odporu průchodu vzduchu vrstvou semen řepky odrůdy California jsou na obr. 2. Obecně vykazují značné rozdíly průběhů změn odporu v závislosti na čase. To mimo jiné ukazuje, že semena díky svým viskoelastickým vlastnostem se postupně deformují a zmenšují se mezery mezi nimi. Zmenšuje se pórovitost vrstvy semen.

Obr. 2. Průběh změn odporu průtoku vzduchu vrstvou semen odrůdy Californium při dvou hodnotách vlhkosti.



Tlak v poslední vrstvě semen řepky je 29 850 Pa a to odpovídá výšce vrstvy semen 3,3 m. Údaj tlaku na svislé ose grafu je třeba dělit deseti.

Obr. 3. Průběhy deformace objemu ε_v vzorků semen řepky odrůdy Star s počáteční vlhkostí 6 a 11 %. Tlak ve vrstvě semen je 29 850 Pa.



Tato rozdílnost vyplývá především z různé hodnoty vlhkosti semen použitých v pokusech. Použitá odrůda řepky (jarní nebo ozimá) má rovněž vliv na průběh odporu v závislosti na době skladování semen. Vlhkost semen ovlivňuje především mechanické vlastnosti semen (viskoelasticitu) a rozhoduje o hustotě a pórovitosti vrstvy semen. Semena řepky jsou ve srovnání se zrnými obilovinami 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 existujícího

v sílech. Stejně příčiny mají za následek vzrůst hustoty vzorku a úbytek jeho pórovitosti. Výsledkem těchto vlivů je zmenšení propustnosti vzduchu danou vrstvou semen.

V souvislosti s provedenými pokusy je možné říci, že semena řepky 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.3, než vrstva semen řepky odrůdy Californium (obr.2) 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 i obecně známá větší náchylnost k trvalé deformaci semen ozimých odrůd řepky.

Prezentované výsledky výzkumu chování semen řepky jsou uvedeny pro krajní vlhkosti semen skladovaných ve vrstvě semen pod tlakem 29 850 Pa a teplotu kolem 20°C. Uvedený příklad výsledků ukazuje, že semena řepky vystavená 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 2 a 3) se změny asymptoticky blíží ke konstantní hodnotě. Z vypočtených a naměřených výsledků 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.

Je třeba mít na paměti, že se vlastně posuzuje chování vzorku velkého množství semen jako celku (zkoumá se chování semen ve formě vrstvy materiálu) a přitom toto chování vrstvy semen je ovlivněno chováním a vlastnostmi jednotlivých semen, které může být odlišné. Podrobnější poznatky v tomto směru uvádí práce [4], která částečně studovala 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.

Prakticky souběžně s provzdušňováním vrstvy semen probíhalo měření koncentrace plynů ve vrstvě semen: CH₄, CO₂ a N₂O fotoakustickým analyzátozem INNOVA. Jiné plyny nebyly sledovány. Hodnoty koncentrace se zaznamenávaly každých 15 minut, takže zacíleno bylo na dlouhodobé změny koncentrace. Pro vlhkost semen 6 % nabyla zaznamenána, ani při opakovaném měření, žádná podstatná diference koncentrace uvedených plynů ve vrstvě semen ve srovnání s okolní koncentrací. Časový průběh byl téměř vyrovnaný během několika týdnů, s nepatrně nižší hodnotou koncentrace uvedených plynů na začátku měření. Výsledky změny koncentrace uvedených plynů tak zhruba korespondují s výsledky na obr. 2, pro semena

s vlhkostí 6 % a na obr 3. také pro menší vlhkost. Pro semena s vlhkostí 11 % již koncentrace CO₂ a NH₄ nebyla konstantní po celou dobu čtyřech týdnů, ale u obou plynů se téměř lineárně zvětšovala od konce třetího týdne. Vizualně také bylo možné naměřit zmenšení vrstvy semen z 15 cm asi na 14,6 cm a v některých místech této vrstvy bylo vidět ostrůvky plísňe na semenech. Zřejmě činnost mikroorganismů byla příčinou vzrůstu koncentrace obou plynů (u CO₂ na konci 4. týdne na 655 ppm a u CH₄ na 560 ppm) Což není mnoho, ale svědčí to o nějakém procesu probíhajícím ve vrstvě semen. Je pravděpodobné, že při vlhkosti nad 20 % by tyto koncentrace plynů měly větší hodnotu a pravděpodobně by jejich nárůst začal i dříve. Plíseň na semenech jde detekovat i ze změn parametrů aerace,

ale zdá se, že ze změny koncentrace vybraných plynů to je minimálně stejně spolehlivé a jednodušší. Změna koncentrace CO₂ i CH₄ vlastně indikuje nějaký proces ve vrstvě semen, který ani měřením změny tlaku nemusí být detekován. U měření změny koncentrace plynů je tento detekční limit nižší. To je výhoda u sledování skladování semen s nižší vlhkostí. Celé uspořádání experimentu bylo zjednodušené, přesto z něj vyplynulo, že i tímto způsobem (ze změny koncentrace vybraných plynů) lze kontrolovat kvalitu procesu skladování. Další měření změn koncentrace plynů je podmíněno pečlivějším stanovením a realizací podmínek měření. V práci [7] jsou uvedeny i jiné způsoby kontroly skladování semen řepky.

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.
- Borowman R., Boyce D.S.:** Air distribution from lateral ducts in barley. J. Agric. Eng., Res. 11(4), 243-247, 1966.
- 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, Łukaszyk J.:** Ocena oporu przepływu powietrza przez warstwę nasion rzepaku. Acta Agrophysica, 2(3), 645-650, 2003
- PECEN, J., ZABLOUDILOVÁ, P.,** 2009. Vybrané způsoby kontroly kvality uskladnění řepky v průběhu jejího skladování. Prosperující olejniný, 11-12.12. 2009, ČZU Praha, Zemědělská společnost při ČZU v Praze, s. 67-71. ISBN 978-80-213-2012-3.
- SZWED, G., PECEN, J., GRUNDAS, S., ZABLOUDILOVÁ, P.,** 2011. Vliv skladovacích podmínek semen řepky na změny modulu stlačitelnosti a deformaci semen. Prosperující olejniný, 8-9.12.2011, ČZU Praha, Zemědělská společnost při ČZU v Praze, s. 78-81. ISBN 978-80-213-2218-9.

Kontaktní adresa

Josef Pecen, ČZU, Kamýcká 129, 16521 Praha 6 – Suchbát, e-mail: pecen@its.czu.cz
Gzegorz Szwed, Polytechnika Lubelská, ul.Nabystrzycká 38 D, 20-618 Lublin, Polska

Práce byla realizována s částečnou podporou grantu ČZU v rámci projektu IGA č. 51130/1312/3113.