

Wykorzystanie elementów komputerowej analizy obrazu

Oznaczanie porowatości ziół nasion

Marek Wróbel*

W pracy przedstawiono metodę oznaczania porowatości złoza roślinnych materiałów ziarnistych. Metoda oparta jest na założeniu, że w materiałach ziarnistych o nieuporządkowanym charakterze ułożenia ziaren, porowatość powierzchniowa i objętościowa są sobie równe. Pomiary wykonane zostały przy użyciu elementów komputerowej analizy obrazu. Przedstawiono badania wstępne oraz weryfikację metody potwierdzającą jej przydatność do oznaczania lokalnej porowatości ziół. Dzięki tej metodzie możliwe jest określenie charakteru przebiegu zmian porowatości w całej analizowanej próbce złoza.

Wstęp

Roślinny materiał ziarnisty to grupa najliczniej reprezentowana wśród wszystkich materiałów przetwarzanych w rolnictwie, przemyśle spożywczym i transporcie. Podstawową fazę materiału ziarnistego stanowią ziarna pozostające we wzajemnym kontakcie, zazwyczaj punktowym. Przeszrenie pomiędzy elementami składowymi złoza, nazywane porami, wypełnione są gazem lub cieczą. Procentowy udział objętości porów do ogólnej objętości materiału nazywany jest porowatością. Zależność pomiędzy porowatością a gęstością rzeczywistą oznaczaną wg PN-74/Z-04002 oraz gęstością usypową oznaczaną wg PN-ISO 7971-2, określa zależność:

$$p = \frac{\rho_w - \rho_u}{\rho_w} \cdot 100 \quad (1)$$

gdzie:

 p – porowatość [%], ρ_w – gęstość rzeczywista [kg/m³], ρ_u – gęstość usypowa [kg/m³].

Powyższy sposób umożliwia określenie tylko średniej porowatości złoza, co w wielu przypadkach jest niewystarczające. Podczas badań dotyczących przebiegu procesów przechowywania i transportu, a zwłaszcza podczas symulowania zachowania się materiałów ziarnistych, potrzebna jest informacja dotycząca przebiegu zmian porowatości w złożu, a co za tym idzie istnieje konieczność opracowania sposobu określania porowatości lokalnej.

Cel

Celem prezentowanej pracy było opracowanie metody pozwalającej na określenie lokalnej porowatości złoza roślinnych materiałów ziarnistych. Założono, że metoda opierać się będzie na analizie obrazów przekrojów niewielkich fragmentów tychże ziół.

Metoda

W badaniach przeprowadzonych przez Debbas'a i Rumpfa [1966] autorzy wykazali, że w złożach o nieuporządkowa-

nym układzie ziaren istnieje równość pomiędzy porowatością objętościową złoza a porowatością powierzchniową przekrojów tego złoza.

$$p = p_s \quad (2)$$

gdzie:

 p – porowatość objętościowa [%], p_s – porowatość powierzchniowa [%].

Opracowana metoda bazuje na powyższej zależności, a do pomiaru porowatości powierzchniowej przekrojów próbki wykorzystano elementy komputerowej analizy obrazu, która znajduje coraz szersze zastosowanie w badaniach [Wojnar L. i in. 2002]. Proces pomiaru przebiega w następujących etapach:

- **Przygotowanie próbek.** Złoże, którego porowatość jest określana, zalewane jest żywicą. Takie utrwalenie pozwala, na wykonanie przekrojów próbki bez naruszenia sposobu ułożenia nasion w złożu.

- **Cięcie próbek wraz z akwizycją obrazów przekrojów.**

Cięcie przeprowadzane jest w taki sposób, aby możliwa była akwizycja obrazów przekrojów bezpośrednio po ich wykonaniu. Akwizycja obrazów przekrojów powinna być wykonana aparatem cyfrowym o rozdzielczości matrycy powyżej 4 mln pikseli pracującym w trybie makro. Stano-wisko musi zapewnić stałe warunki wykonania obrazów (dotyczy to zarówno oświetlenia, głębi ostrości jak i powiększenia) dla wszystkich przekrojów próbki.

- **Komputerowa analiza uzyskanych obrazów.** Przed pomiarem porowatości powierzchniowej przekrojów próbki wszystkie zarejestrowane obrazy poddaje się filtracji usuwającej szumy a w dalszej kolejności binaryzacji.

- **Oznaczenie porowatości objętościowej złoza.** Porowatość objętościowa wyznaczana jest na podstawie komputerowego pomiaru porowatości powierzchniowej przy zastosowaniu zależności (2).



Rys. 1. Przykładowa próbka fragmentu złoza – żyto Dańkowskie Złote

Badania i analiza wyników

Próbki do badań stanowiły cylindryczne fragmenty złoza o wysokości 40mm i średnicy podstawy 45mm (rys. 1) zalane żywicą Technovit 7100. Badane złoza stanowiły nasiona żyta odmiany Dańkowskie Złote, pszenicy ozimej Roma oraz gorczycy Nakielskiej (rys.2). Zastosowano procedurę utrwalania próbek zaproponowaną przez Hebdę [2003] z późniejszymi modyfikacjami, [Frączek, Wróbel 2003], uwzględniającymi skrócenie czasu infiltracji oraz barwienie żywicy kolorem kontrastującym z kolorem nasion. Zabieg ten pozwolił uniknąć w fazie obróbki obrazów konieczności stosowania nadmiernej liczby filtrów. W celu weryfikacji prezentowanej metody, przed zalaniem próbek żywicą zmierzono porowatość badanych ziół poprzez dokonanie pomiaru zgodnie z wymienionymi już normami.

Do cięcia próbki wykorzystano Mikrotom saneczkowy HM 200 (rys. 3a), pozwalający na uzyskanie przekrojów charak-

teryzujących się wysoką gładkością powierzchni, co w dalszym etapie ułatwiało proces ich analizy.

Obraz każdego przekroju rejestrowany był bezpośrednio po odcięciu plastra próbki. Do tego celu użyto aparatu cyfrowego, CAMEDIA C-5050 firmy Olympus, który został zamocowany na suporcie Mikrotomu (rys. 3b). Takie umiejscowienie aparatu pozwalało na wykonanie wszystkich obrazów przekrojów próbki w jednakowych warunkach oświetleniowych i przy niezmiennym powiększeniu.

Obrazy przekrojów próbek (rys. 4a), archiwizowane były w postaci plików zapisywanych w formacie JPEG.

Kolejnym etapem było przeprowadzenie komputerowej analizy otrzymanych przekrojów za pomocą programu MultiScan v.14 firmy CSS. Polegała ona na zastosowaniu filtracji usuwającej szumy z obrazu i następującej po niej binaryzacji wg poziomu, w wyniku której otrzymano obrazy czarno – białe. Ostat-



Rys. 2. Badane złoza stanowiły nasiona żyta odmiany Dańkowskie Złote, pszenicy ozimej Roma oraz gorczycy Nakielskiej

nim etapem analizy był pomiar procentowego udziału obszaru czarnego na przekroju.

Wszystkie przekroje danej próbki binaryzowane były wg tego samego poziomu.



Rys. 3. Stanowisko badawcze: a – mikrotom, b – sposób zamocowania aparatu



Rys. 4. Przykładowy obraz przekroju próbki: a – przed binaryzacją, b – po binaryzacji

Dzięki barwieniu żywicy czarnym tuszem uzyskano wysoki kontrast między tłem (czarne) a nasionami (jasne). Umożliwiło to stosunkowo łatwe dobranie progu binaryzacji, który wynosił odpowiednio: dla żyta – 134, dla pszenicy – 150 oraz dla gorczycy - 124. Po binaryzacji obszary przekroju zajmowane przez nasiona przyjęły kolor biały natomiast pozostałe obszary – będące powierzchnią przekrojów porów – kolor czarny (rys. 4b). Tak więc procentowy udział

powierzchni czarnej w stosunku do powierzchni całego jest odpowiednikiem porowatości powierzchniowej. Analizie poddano 8 obrazów przekrojów badanych próbek a wyniki pomiarów porowatości wyrażone w procentach zestawiono w tabeli 1. Porowatość powierzchniowa na poszczególnych przekrojach zmienia się następująco: żyto – od 48,1% do 52,45%, pszenica – od 47,1% do 52,18% oraz gorczyca – od 36,5% do 39,8%.

Analiza wyników przedstawionych w tabeli 1 pozwala na potwierdzenie przyjętej hipotezy o równości porowatości objętościowej i powierzchniowej.

W celu zweryfikowania proponowanej metody, średnie wartości porowatości powierzchniowej badanych ziół (tab. 1) porównano z wartościami porowatości objętościowej oznaczonej wg wyznaczonych wcześniej Polskich Norm. Porównanie to wykazało iż maksymalna różnica pomiędzy wynikami wynosi 2,04% (dla pszenicy) a minimalna 0,74% (dla gorczycy), tak więc błąd względny szacowania porowatości zaproponowaną metoda mieści się w granicach od 4,09% do 1,92%. Należy więc uznać, że proponowana metoda w sposób wystarczająco dokładny pozwala na określenie porowatości objętościowej.

W złożach idealnie niejednorodnych, procentowy udział powierzchni zajmowanej przez pory na przekrojach tych ziół, niezależnie od miejsca wykonania przekroju, jest wielkością stałą a co za tym idzie porowatość całego zioła nie ulega zmianie w całej jego objętości. W przypadku analizowanych ziół zauważono wprawdzie zmiany wartości porowatości powierzchniowej, ale są one na tyle niewielkie, że można je uznać za nieistotne. Potwierdziła to analiza wariancji przeprowadzona przy poziomie istotności 0,05. Należy więc stwierdzić, że mamy do czynienia ze złożem o nieuporządkowanym układzie ziaren. Dzięki opracowanej metodzie istnieje możliwość pomiaru przebiegu zmian porowatości w dowolnym fragmencie badanego zioła, czego nie możemy uzyskać za pomocą metody klasycznej.

Podsumowanie

Prezentowana metoda pozwala na określanie lokalnej porowatości objętościowej zioła na podstawie pomiaru porowatości powierzchniowej przekrojów tego zioła. Przy jej wykorzystaniu możliwa jest obserwacja przebiegu zmian porowatości w złożu dzięki analizie dowolnie

Tabela 1. Wyniki pomiarów

Próbka	Porowatość powierzchniowa na kolejnych przekrojach [%]								Porowatość średnia [%]	Wariancja	Porowatość wg norm [%]
	1	2	3	4	5	6	7	8			
żyto	50,49	51,09	52,45	51,37	48,1	48,74	48,18	49,18	49,95	2,64	50,86
pszenica	47,75	49,13	47,88	46,98	46,48	50,39	46,95	46,79	47,79	1,81	49,83
gorczyca	39,14	38,58	37,41	36,5	36,9	38,76	36,63	39,8	37,96	1,59	38,71



wybranego przekroju złoża. Metoda ta może znaleźć zastosowanie m.in. w badaniach przebiegu zmian porowatości w silosach. Jej mankamentem – powodującym zwiększenie pracochłonności – jest konieczność usztywnienia złoża i wykonania jego przekroju. Niezbędne są więc dalsze poszukiwania mające na celu uproszczenie metody. Podjęte zostaną próby wykorzystania obrazów powierzchni złożeń do

określania ich porowatości (bez konieczności wykonywania przekrojów).

Literatura

1. Debbas S., Rumpf H. 1966. On the randomness of beds packed with spheres or irregular shaped particles. Chem. Eng. Sci 21.
2. Frączek J., Wróbel M. 2003. Metoda określenia powierzchni styku pomiędzy nasionami. Acta Agrophysica, 97, 519-529.

3. Hebda T. 2003. Ocena twardości i sprężystości ziarnistych materiałów roślinnych. Rozprawa doktorska. Kraków.

4. Polska Norma PN-74/Z-04002. Badania fizycznych właściwości pyłów. Oznaczenie gęstości pozornych. Oznaczenie bezwzględnej gęstości pyłu.

5. Polska Norma PN-ISO 7971-2. Ziarno zbóż. Oznaczenie gęstości w stanie zsypanym, zwanej „masą hektolitra”.

6. Wojnar L. i in. 2002. Praktyka analizy obrazu. Polskie Towarzystwo Stereologiczne, Kraków.

Oryginalny artykuł został wydrukowany w „Inżynierii Rolniczej” Nr 6 (66) 2005. s. 169-176

*Katedra Inżynierii Mechanicznej i Agrofizyki; Uniwersytet Rolniczy w Krakowie



METTLER TOLEDO

W naszej ofercie:

- mikrowagi
- wagi analityczne, precyzyjne i przemysłowe
- komparatory
- wagosuszarki
- ph-/jonometry i elektrody
- pipety automatyczne
- aparaty do miareczkowania
- systemy analizy termicznej
- gęstościomierze, refraktometry, wiskozymetry
- automatyczne reaktory laboratoryjne
- systemy pomiarowe ph-/Redox, O₂, przewodności, zmętnienia



Mettler-Toledo Sp. z o.o., 02-822 Warszawa, ul. Poleczki 21
tel. (22) 545 06 80; fax (22) 545 06 88
e-mail: Polska@mt.com, www.mt.com



Zadzwoń, dowiesz się więcej: 601 77 50 47