

Jarosław Frączek, Marek Wróbel
Katedra Inżynierii Mechanicznej i Agrofizyki
Akademia Rolnicza w Krakowie

PRÓBA ZASTOSOWANIA METODY BERNALA-MASONA DO OKREŚLANIA LICZBY PUNKTÓW STYKU W ZŁOŻACH ROŚLINNYCH MATERIAŁÓW ZIARNISTYCH

Streszczenie

W pracy przedstawiono badania, mające na celu określenie przydatności metody Bernala-Masona do określania liczby punktów styku w złożach roślinnych materiałów ziarnistych.

Pomiary przeprowadzono na nasionach ośmiu różnych roślin uprawnych, zróżnicowanych pod względem kształtu i rozmiaru. Stwierdzono, że metoda Bernala-Masona może znaleźć zastosowanie tylko w złożach obciążonych, utworzonych z nasion o wilgotności powyżej 14%. Określono również zakres modyfikacji metody, dotyczący kształtu i wielkości pojemnika tworzącego próbkę oraz koloru i rodzaju farby użytej do oznaczania punktów styku.

Słowa kluczowe: roślinne materiały ziarniste, liczba punktów styku, geometria nasion

Wstęp

Modele materiałów ziarnistych tworzone są w oparciu o różną liczbę parametrów. Do podstawowych należy zaliczyć min. współczynnik wypełnienia φ , oraz liczbę punktów styku LS .

Bernal i Mason [1960] przeprowadzili badania mające na celu określenie liczby styków i prawie styków w złożu zbudowanym z jednakowej wielkości kulek łożyskowych. Do oznaczania miejsc, w których elementy składowe złoża pozostają w kontakcie lub prawie kontakcie, zastosowali farbę, którą zalewane było złożo. Następnie farbę odsączano, jednak działanie napięcia powierzchniowego zatrzymywało ją w miejscu styku kulek znacząc tym samym miejsce jak i charakter styku. Jak dotychczas metoda Bernala-Masona jest jedyną metodą pozwalającą na oznaczenie liczby punktów styku przypadającej na pojedynczy element składowy złoża.

Pomiar liczby punktów styku wg powyższej metody jest powszechnie stosowany [Scott 1962; Mason 1968; Donev i in. 2004]. Jej podstawowymi zaletami jest łatwość przeprowadzenia pomiaru, oraz jednoznaczna informacja o liczbie punktów styku każdego z analizowanych elementów złoża.

Materiałami, które poddano badaniom były materiały o elementach składowych złoża o regularnym kształcie i nieodkształcalnych. Natomiast do tej pory nie podejmowano takich prób w przypadku roślinnych materiałów ziarnistych, których ziarna stosunkowo łatwo ulegają odkształceniom i często posiadają nieregularny kształt.

Cel

Celem pracy była ocena możliwości zastosowania metody Bernala-Masona do pomiaru liczby punktów styku w złożach roślinnych materiałach ziarnistych. Badania przeprowadzono na nasionach o wilgotności z przedziału 10–22%.

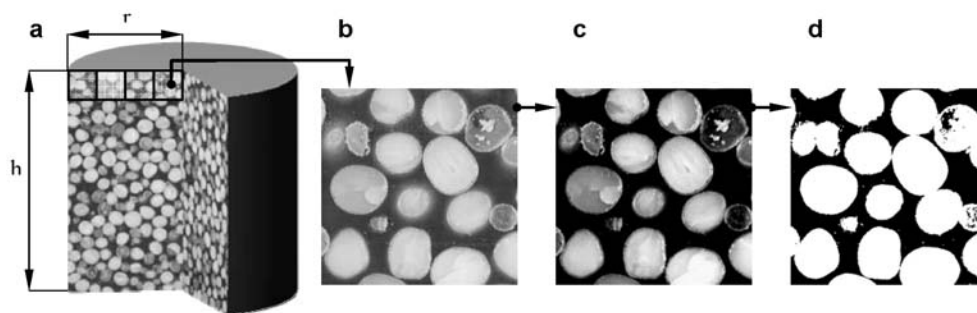
Materiał badawczy stanowiły nasiona ośmiu odmian roślin uprawnych zróżnicowane pod względem kształtu i wymiarów. Były to: soczewica Anita, wyka Szelejewska, gorczyca biała Nakielska, fasola Jubilatka, fasola Atena, pszenica Roma, pszenżyto Vanad, żyto Dańkowskie Złote.

Metodyka

Dla realizacji celu pracy przeprowadzono w pierwszej kolejności szereg badań obejmujących dobór kształtu i rozmiarów pojemnika, w którym tworzona jest próbka oraz rodzaju i koloru używanej farby.

Liczni autorzy [Scott 1960; Bernal, Mason 1960; Pietrow, Gózdź 1999; Donev i in. 2004], powołując się na wyniki przeprowadzonych badań, dowodzą, że kształty i wielkość zbiornika mają istotny wpływ na charakter tworzonego w nich złoża. Zwracają oni uwagę na występowanie tzw. efektu krawędzi. Polega on na tendencji do tworzenia regularnego układu ziaren na dnie zbiornika oraz występowaniu większej porowatości lokalnej złoża w pobliżu ścian zbiornika w porównaniu z porowatością wewnętrznego obszaru złoża. Przykłady literaturowe dowodzą również, że najmniejszy wpływ na strukturę złoża mają zakrzywione ścianki zbiornika a największy ścianki płaskie oraz narożniki. W związku z powyższym, pod uwagę wzięto pojemniki o kształcie kulistym i cylindrycznym. Jednak problemy związane z wykonaniem próbki o kształcie kulistym spowodowały, że ostatecznie do dalszych badań wybrano pojemnik cylindryczny.

Wykorzystując autorską metodę pomiaru porowatości lokalnej ziół, bazującą na cyfrowej analizie obrazu [Frączek, Wróbel 2005], przeprowadzono analizę przebiegów zmian tej porowatości wzdłuż wysokości h i promienia próbki r (rys. 1).

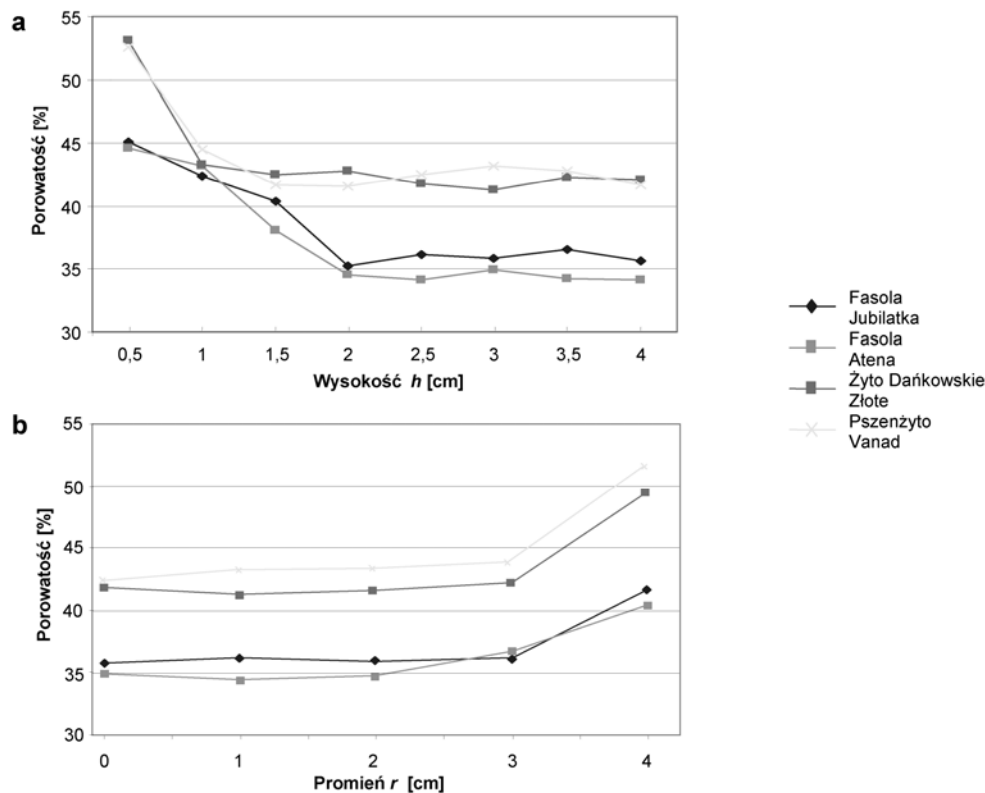


Rys. 1. Pomiar porowatości lokalnej: a – próbka, b – przykładowy podobraz, c – podobraz po operacji usuwania szumów, d – podobraz po binaryzacji. [wg Frączka i Wróbla 2005]

Fig. 1. Measurement of local porosity: a – sample, b – subimage example, c – subimage after noise removal, d – subimage after decimal-to-binary conversion. [according to Frączek and Wróbel 2005].

Analiza uzyskanych wyników wykazała, że w ziółach, warstwa nasion ułożonych w pobliżu ścianek pojemnika i znajdująca się na jego dnie (warstwa przyścienna), cechuje się wyższą wartością porowatości w porównaniu z pozostałym, wewnętrznym fragmentem próbki (rys 2a i b). Jest to w pełni zgodne z wynikami cytowanych powyżej badań. Dla ziół utworzonych z nasion drobnych (soczewica, wyka, gorczyca, zboża), warstwa przyścienna ma grubość około 1cm, natomiast w ziółach utworzonych z nasion dużych (fasole), ma ona grubość od ok. 1cm (przy ściance bocznej) do ok. 1,5 cm (przy dnie).

Na podstawie analizy przebiegu zmian porowatości lokalnej zióła utworzonego w cylindrycznym zbiorniku ustalono jego minimalne wymiary. Dodatkowym ograniczeniem było założenie, że pomiar LS przeprowadzony będzie dla stu nasion znajdujących się w centrum zióła. Tak więc pojemnik musi być na tyle duży, aby jego wewnętrzna część, (bez warstwy przyściennej), zawierała minimum sto nasion.

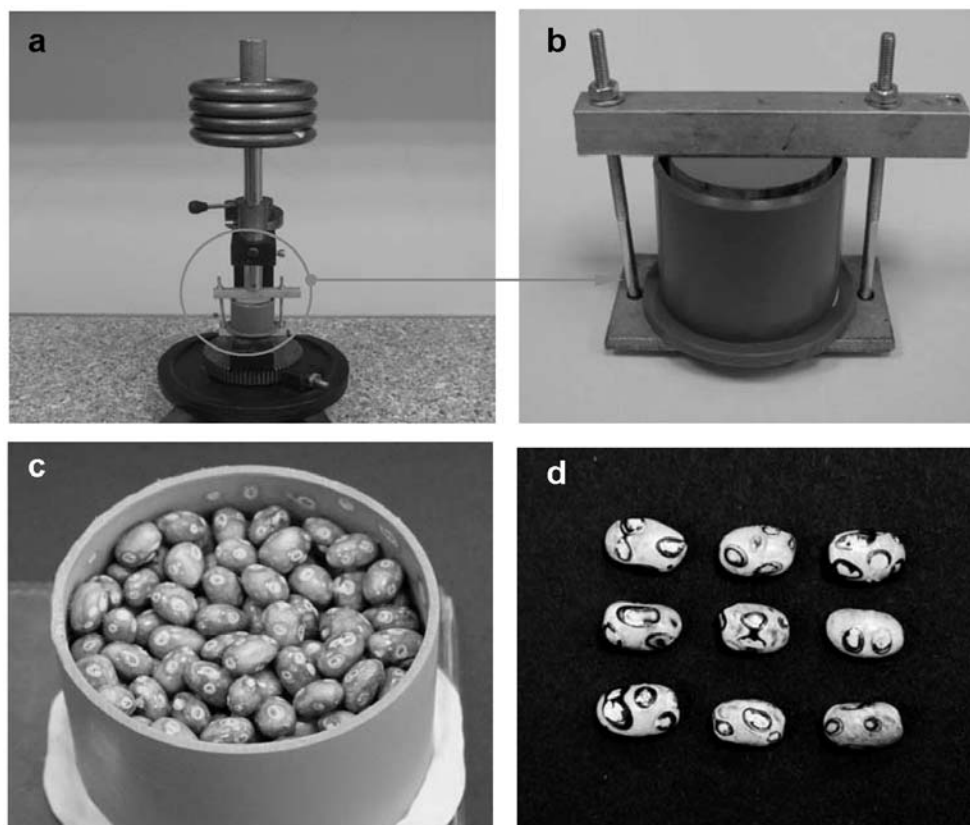


Rys. 2. Zmiany porowatości lokalnej w zależności od: a – wysokości, b – średnicy
 Fig. 2. Changes of local porosity depending on: a – height, b – diameter

Ostatecznie przyjęto cylindryczne pojemniki o wymiarach: $\varnothing = 45$ mm i $h = 40$ mm (dla nasion drobnych), oraz $\varnothing = 75$ mm i $h = 70$ mm (dla nasion fasoli Jubilatki i Ateny). W efekcie przeprowadzonych prób określono również rodzaj farby stosowany do zalewania złoży. Wykluczono zastosowanie farb na bazie wody, (nasiona wchłaniają wodę zawartą w farbie, przez co zmieniają swoją wilgotność), z tych względów w badaniach zastosowano farbę nitrocelulozową, która nie była wchłaniana przez nasiona, a dodatkowo charakteryzowała się krótkim okresem schnięcia. Ważnym parametrem okazał się także kolor farby. Musiał on, bowiem kontrastować z kolorem nasion, dzięki czemu pomiar liczby punktów styku był dokładniejszy. Nasiona wybrane do badań charakteryzowały się różnymi kolorami: od białego poprzez żółty, odcienie brązu na czarnym kończąc. Z tego też względu do dalszych badań zastosowano farbę w dwóch kolorach: żółtym i czarnym.

Wyniki badań

Dla oceny możliwości zastosowania metody Bernala-Masona, niezbędne było przeprowadzenie pomiarów przy uwzględnieniu różnych wilgotności nasion i różnych wartościach nacisku. Pomiary przeprowadzono zgodnie z następującą procedurą. Próbki ziół utworzone w pojemniku o ustalonych wymiarach umieszczano na stanowisku (rys. 3a). Następnie na powierzchni badanej próbki umieszczano tłok i obciążano go siłą wywołującą wartość nacisku z założonego zakresu (tzn. 5,9; 17,7 oraz 35,4 kPa). Po zdjęciu obciążenia tłok blokowany był specjalną klamrą (rys. 3b).

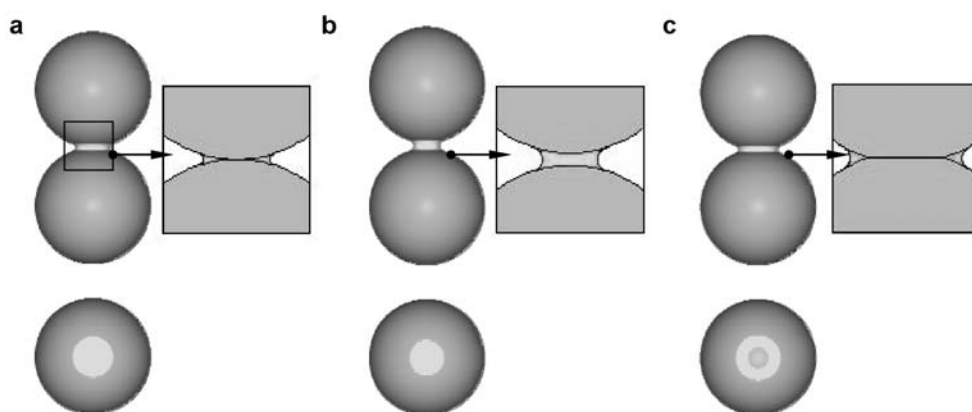


Rys. 3. Pomiar liczby punktów styku: a – stanowisko z próbką, b – próbka z klamrą blokującą tłok, c – próbka przed pomiarem (fasola Jubilatka), d – nasiona z zaznaczonymi farbą punktami styku (fasola Atena)

Fig. 3. Measurement of contact point number: a – sample test bench, c – sample before measurement (bean Jubilatka), b – sample with piston locking buckle, d – seeds with contact points marked with paint (grain Atena)

Tak przygotowane próbki zalewano farbą, która po chwili była usuwana przez otwór w dnie zbiornika. Farba całkowicie wypływała ze zbiornika, jednak na styku nasion w wyniku działającego napięcia powierzchniowego pozostawała niewielka jej ilość. Po wyschnięciu farby na powierzchni nasion powstawały charakterystyczne znaki (rys. 3c i d), których liczba i rodzaj poddany został analizie.

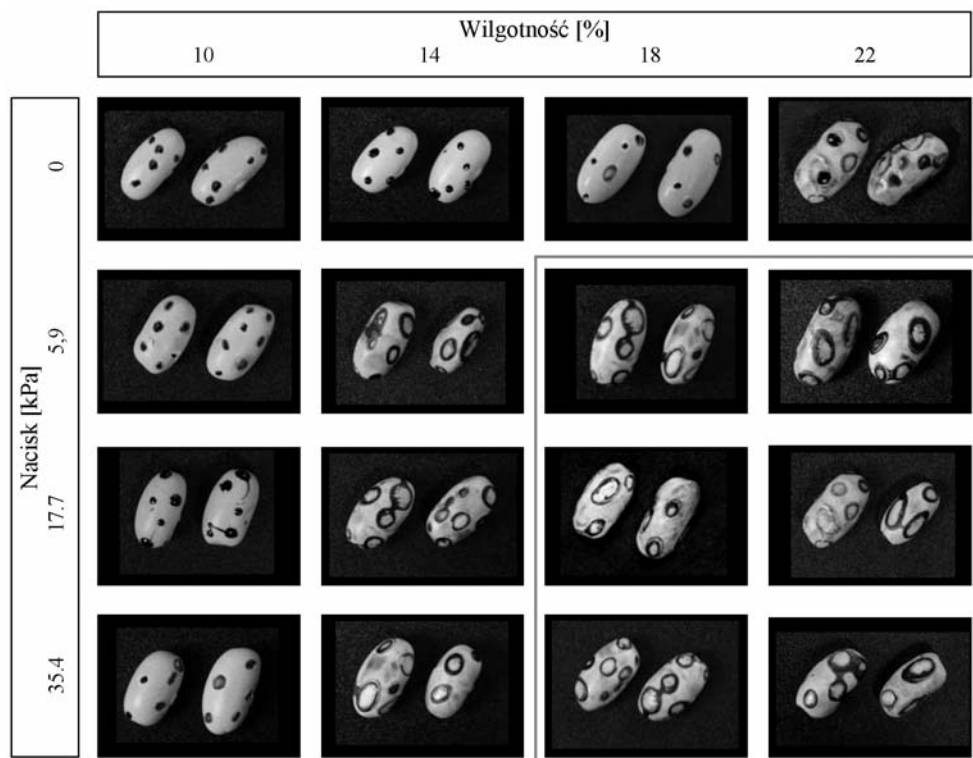
W przeprowadzonych badaniach napotkano na trzy rodzaje styku nasion (rys. 4). Każdy z nich powinien znajdować swoje odbicie w uzyskiwanych znakach pozostawianych przez farbę. Niestety jak to przedstawia rysunek 4, nie można jednoznacznie stwierdzić czy nasiona już się stykają (rys. 4a), czy też jeszcze nie nastąpiło ich zetknięcie i pozostają w tzw. prawie-styku (rys. 4b). Tylko w przypadku styku powierzchniowego znak pozostawiony przez farbę na nasieniu jest jednoznaczny (rys. 4c). W związku z powyższym należało przeprowadzić dalsze pomiary pozwalające ustalić, dla jakich złoź (wilgotność nasion i wartość nacisku) uzyskane wyniki pomiaru będą wiarygodne.



Rys. 4. Rodzaje znaków na nasionach: a – styk punktowy, b – prawie-styk, c – styk powierzchniowy

Fig. 4. Types of seed marks: a – contact point, b – almost-contact, c – surface contact

Analiza uzyskanych znaków wykazała, iż jedynie w przypadku nasion obciążonych, o wilgotności wyższej niż 14%, można w sposób jednoznaczny określić rodzaj styku. Wszystkie stwierdzone kontakty pomiędzy nasionami mają wówczas charakter powierzchniowy. Przy niższych wilgotnościach oraz braku obciążenia zaobserwowano liczne znaki punktowe, które jak już wspomniano są odbiciem zarówno styku punktowego i prawie styku. Ich liczba była tym większa im niższa była wilgotność nasion i niższy nacisk wywierany na powierzchnie złoź. Powyższą sytuację przykładowo zilustrowano dla fasoli Ateny na rysunku 5.



Rys. 5. Wyniki pomiaru liczby punktów styku. (fasola Atena)

Fig. 5. Results of contact point number measurement (Atena bean)

Dzięki przeprowadzonym badaniom stwierdzono, że uzyskane wartości liczby punktów styku są wiarygodne dla ziół roślinnych materiałów ziarnistych o wilgotności powyżej 14% z wywieranym na ich powierzchni naciskiem. Związane jest to z faktem, że w ziółach takich styk nasion, powodowany ich odkształcalnością, ma charakter powierzchniowy a co za tym idzie znak pozostawiony przez farbę jest czytelny i jednoznaczny.

Wnioski

Wyniki przeprowadzonych badań pozwoliły określić zakres koniecznych modyfikacji, jakie należy wprowadzić do metody pomiaru liczby punktów styku Bernala-Masona, aby możliwe było jej zastosowanie w przypadku złóż zbudowanych z nasion. Sprecyzowano następujące wnioski:

1. Metoda może znaleźć zastosowanie do pomiaru liczby punktów styku jedynie w przypadku obciążonych złóż o wilgotności nasion powyżej 14%.
2. Ustalono, że wymiary cylindrycznego zbiornika w którym tworzona jest próbka zależą od wielkości nasion. Dla nasion drobnych (soczewica, wyka, gorczyca, zboża), $\varnothing = 45\text{mm}$ i $h = 40\text{mm}$, natomiast dla nasion dużych (fasole), $\varnothing = 75\text{mm}$ i $h = 70\text{mm}$.
3. Do zalewania próbki należy użyć farby nitrocelulozowej. Jej kolor powinien kontrastować z kolorem nasion. Dla nasion ciemnych proponuje się zastosowanie farby żółtej, a dla jasnych czarnej.

Bibliografia

Bernal J.D., Mason J. 1960. Co-ordination of Randomly Packed Spheres. Nature vol. 188, 910-911.

Donev A., Cisse I., Sachs D., Vario E.A., Stillinger F.H., Connelly R., Torquato S., Chaikin P.M. 2004. Improving the density of Jammed Disordered Packings using Elipsoids. Science vol.303, 990-993.

Frączek J., Wróbel M. 2003. Metoda określania powierzchni styku pomiędzy nasionami. Acta Agrophysica, 97,519-529.

Frączek J., Wróbel M. 2005. Oznaczanie porowatości złóż nasion przy wykorzystaniu elementów komputerowej analizy obrazu. Inżynieria Rolnicza, 6, 169-176.

Mason G. 1968. Nature, 217, 733.

Pietrow M., Gózdź A. 1999. Quantum mechanical approach to randomly-packed beds of spheres in the container. Int. Agrophysics 13, 185-189.

Scott G.D. 1960. Packing of equal spheres. Nature vol. 188, 908-909.

Praca wykonana w ramach projektu badawczego nr 2 P06R 076 27, finansowanego przez Komitet Badań Naukowych.

**ATTEMPT TO USE BERNAL-MASON'S METHOD
TO DETERMINE A NUMBER OF CONTACT POINTS
IN PLANT BEDS OF GRANULAR MATERIALS**

Summary

The paper presents studies, performed in order to determine suitability of Bernal-Mason's method to set out the number of contact points in plant beds of granular materials.

The tests were carried out on seeds of eight different cultivated plants, varying in terms of shape and size. It was shown that the Bernal-Mason's method could only be used with loaded beds, formed from seeds with moisture higher than 14%. A scope of method modifications, regarding the shape and size of the container forming the sample and color and type of the paint used for marking the contact points, was also determined.

Key words: plant granular materials, number of contact points, seed geometry