

## **METODA POMIARU POWIERZCHNI KONTAKTU MIĘDZY NASIONAMI**

Jarosław Frączek, Marek Wróbel

*Katedra Inżynierii Mechanicznej i Agrofizyki, Akademia Rolnicza w Krakowie*

**Streszczenie:** Jednym z głównych czynników decydujących o zachowaniu się roślinnego ośrodka ziarnistego jest powierzchnia kontaktu. Powstaje ona w wyniku odkształceń nasion wywołanych obciążeniem. W pracy zaprezentowano nową metodę pomiaru pola powierzchni kontaktu *PK* pomiędzy parą stykających się nasion. Opiera się ona na komputerowej analizie obrazów. Przedstawiono również wyniki badań wstępnych.

**Słowa kluczowe:** pole powierzchni kontaktu, roślinne materiały ziarniste, komputerowa analiza obrazu

### **Wstęp i cel pracy**

Wiele materiałów sypkich - np. surowce mineralne - może być uznanych za zbiór sztywnych granul, których wzajemny kontakt ma charakter punktowy. Jeśli chodzi o roślinne materiały ziarniste, ze względu na odkształcalne elementy składowe złoża, sytuacja jest odmienna. W materiałach tych, pomiędzy nasionami oraz nasionami i materiałem konstrukcyjnym powstaje powierzchnia kontaktu *PK*, jej wielkość determinowana jest przede wszystkim zawartością wody w nasionach oraz działającym naciskiem. Dotychczasowe badania [Horabik i Molenda 1989; Frączek 1999] dotyczyły wpływu tych czynników na wartość powierzchni kontaktu ziaren z powierzchnią płaską. Natomiast w przypadku pary stykających się nasion, w zasadzie brak metod pomiaru *PK* pomiędzy nimi. Jedyne wyjątek stanowi metoda opracowana przez Frączka i Wróbla [2003].

Celem prezentowanej pracy było opracowanie nowej metody pomiaru pola powierzchni kontaktu *PK* między parą stykających się nasion.

Badania wstępne przeprowadzono na nasionach ośmiu odmian roślin: soczewicy Anita, wyki Szelejewska, gorzycy Nakielska, fasoli Jubilatka i Atena, pszenicy Roma, pszenżyta Vanad oraz żyta Dańkowskie Złote.

### **Pomiar pola powierzchni kontaktu *PK***

Jak już wspomniano jedną z propozycji pomiaru *PK* jest metoda opracowana przez Frączka i Wróbla [2003], która wprawdzie pozwala na przeprowadzenie precyzyjnego pomiaru ale jest równocześnie bardzo praco- i czasochłonna. Powodem tego jest konieczność wykonania serii przekrojów pary stykających się nasion z zachowaniem stałej odległości międzyprzekrojowej 0,01 mm. W przypadku konieczności wykonania dużej liczby

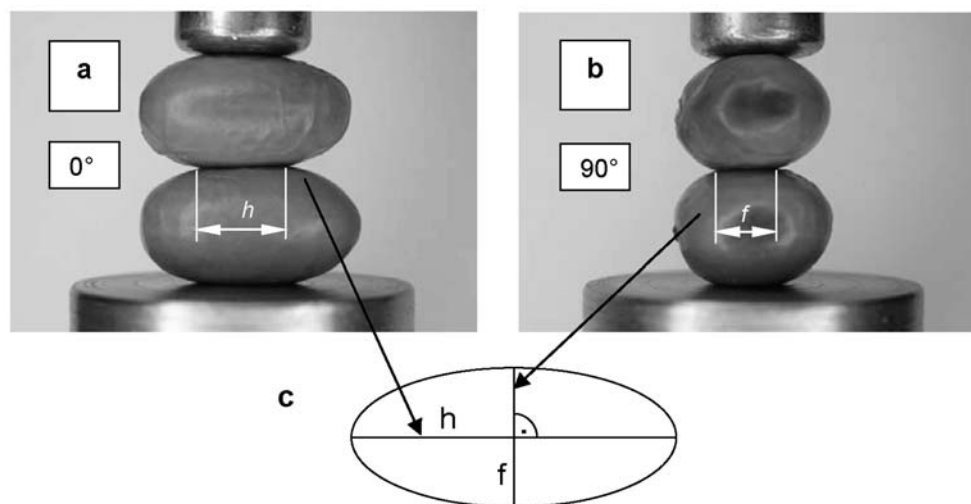
pomiarów (dla uzyskania próby reprezentatywnej), zastosowanie tej metody jest wręcz niemożliwe. Koniecznym stało się więc opracowanie nowej metody, pozwalającej na szybkie przeprowadzenie dużej liczby pomiarów.

Przykłady literaturowe [Molenda i in. 1995; Ślipek i in. 1999; Frączek i in. 2000; Frączek 2003] oraz badania własne pozwalają założyć, że kształt powierzchni kontaktu jest zbliżony do elipsy o osiach  $h$  i  $f$ . Wykorzystując to spostrzeżenie, nową metodę oparto na pomiarze długości tych osi przy wykorzystaniu elementów komputerowej analizy obrazu (rys. 1). Wartości  $PK$  uzyskujemy wówczas z zależności:

$$PK = \pi \frac{h \cdot f}{4} \quad (1)$$

gdzie:

$h$  i  $f$  – osie główne elipsy (rys. 1).



Źródło: opracowanie własne

Rys. 1. Pomiar pola powierzchni kontaktu (fasola Jubilatka): a – nasiona w położeniu  $0^\circ$ , b – nasiona w położeniu  $90^\circ$ , c – teoretyczny kształt i wymiary główne  $h$  i  $f$  pola powierzchni kontaktu

Fig. 1. Contact area measurement (the Jubilatka variety bean): a – seeds in position  $0^\circ$ , b – seeds in position  $90^\circ$ , c – theoretical shape and main dimensions ( $h$  and  $f$ ) of contact area.

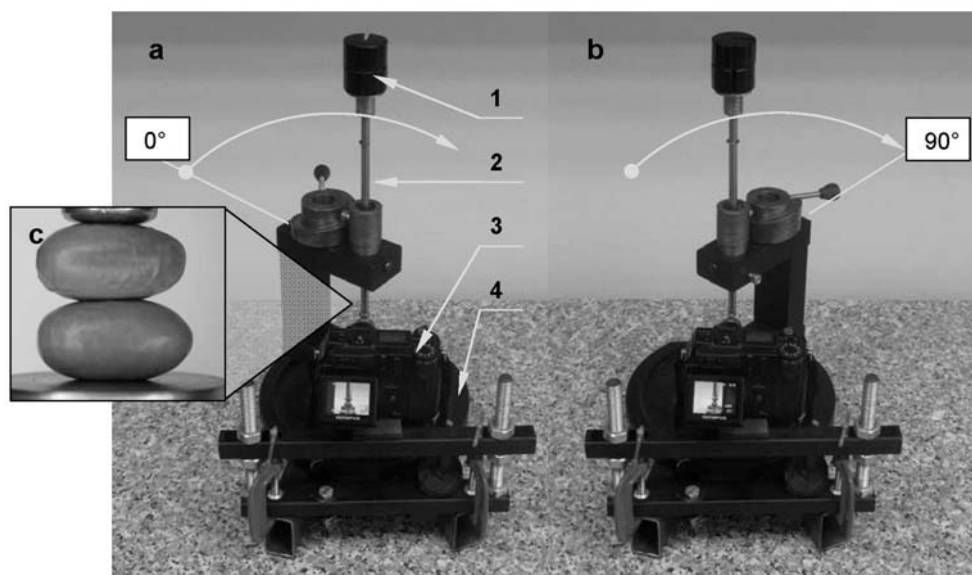
W przypadku gdy elipsoidalne ziarna stykają się przy prostopadłym ułożeniu najdłuższych osi powstające pomiędzy nimi pole powierzchni będzie miało kształt zbliżony do koła, a więc określenie jego wartości bazować będzie również na średnicy odcinka pomiarowego.

### Stanowisko pomiarowe

Aby możliwe było przeprowadzenie pomiaru *PK* wykonano stanowisko pomiarowe zapewniające możliwość:

- stopniowego zwiększania nacisku wywieranego na badaną parę nasion,
- wykonania obrazów stykających się nasion z różnych stron bez konieczności przemieszczania samych nasion.

Zaprojektowane i zbudowane stanowisko przedstawiono na rysunku 2. Na nasiona umieszczone pomiędzy szczękami modułu obciążającego działa nacisk, który można zmieniać poprzez dodawanie lub zdejmowanie obciążenia (1). Unieruchomiony, obciążony materiał możemy obracać o wybrany kąt dzięki zastosowaniu podziałnicy, której podziałka wynosi 5°. Do podstawy przyrządu (4) zamocowany jest nieruchomo aparat fotograficzny Camedia 5050 firmy OLYMPUS (3). Para nasion może być więc fotografowana w dowolnym kierunku. Obrazy nasion wykonane aparatem wczytywane są do pamięci komputera w postaci plików w formacie JPEG i następuje ich dalsza obróbka cyfrowa



*Źródło: opracowanie własne*

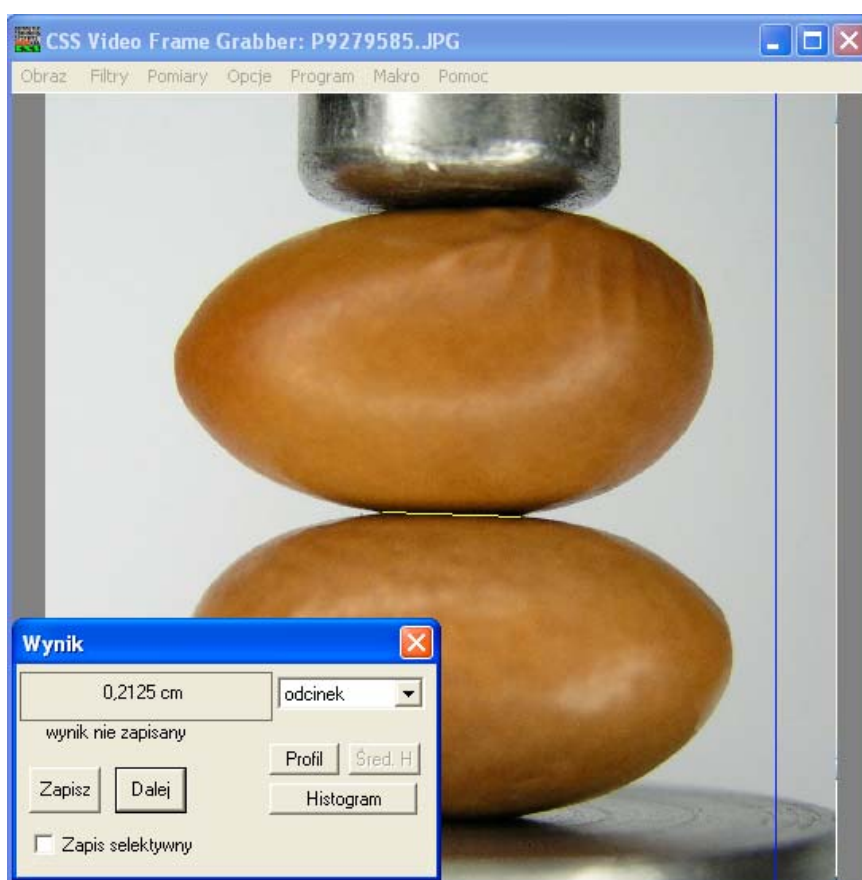
Rys. 2. Stanowisko pomiarowe: 1 – obciążenie, 2 – trzpień obciążający, 3 – aparat cyfrowy, 4 – podstawa. a – położenie 0°, b – położenie 90°, c – badane nasiona

Fig. 2. Measurement station: 1 – load, 2 – loading pin, 3 – digital apparatus, 4 – base. a – position 0°, b – position 90°, c – examined seeds

Pomiar pola powierzchni przebiegał w kilku etapach:

- **Przygotowanie materiału** – obejmowało selekcję i pomiar geometrii nasion, po których nawilżano materiał do ustalonych poziomów wilgotności: 10; 14; 18 i 22%,

- **Obciążanie nasion** – parę nasion umieszczano na stanowisku pomiędzy dwoma płytkami i obciążano grawitacyjnie (ciężarki – 2,5; 5; 7,5 oraz 10N).
- **Akwizycja obrazów** – para nasion fotografowana była w położeniu  $0^\circ$  (najdłuższa oś nasion ustawiona prostopadle do osi obiektywu), następnie szczęki obracano o  $90^\circ$  i nasiona ponownie fotografowano (por. rys. 2). Procedurę powtarzano dla każdego poziomu siły. Obrazy archiwizowano w postaci plików formatu JPEG o rozdzielczości 2560x1920 pikseli.
- **Pomiar średnic i obliczenie PK** – cyfrowe obrazy nasion wczytywane były do pamięci komputera gdzie następowała ich dalsza obróbka przy użyciu programu Multiscan v.14 (rys. 3). Po pomiarze średnic wartości *PK* obliczono z zależności (1).

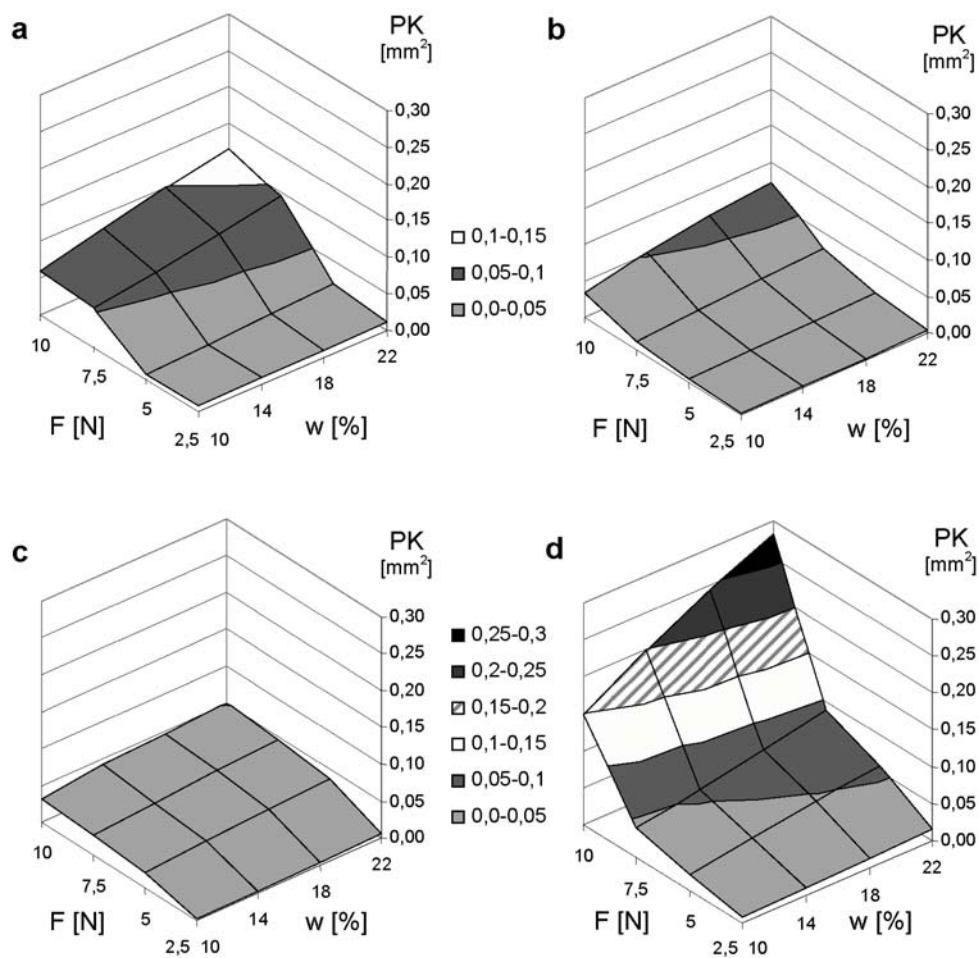


Źródło: opracowanie własne

Rys. 3. Pomiar średnic pola powierzchni kontaktu w programie Multiscan v.14.  
Fig. 3. Measurement of contact area diameters using the Multiscan v.14 application.

## Wyniki pomiarów

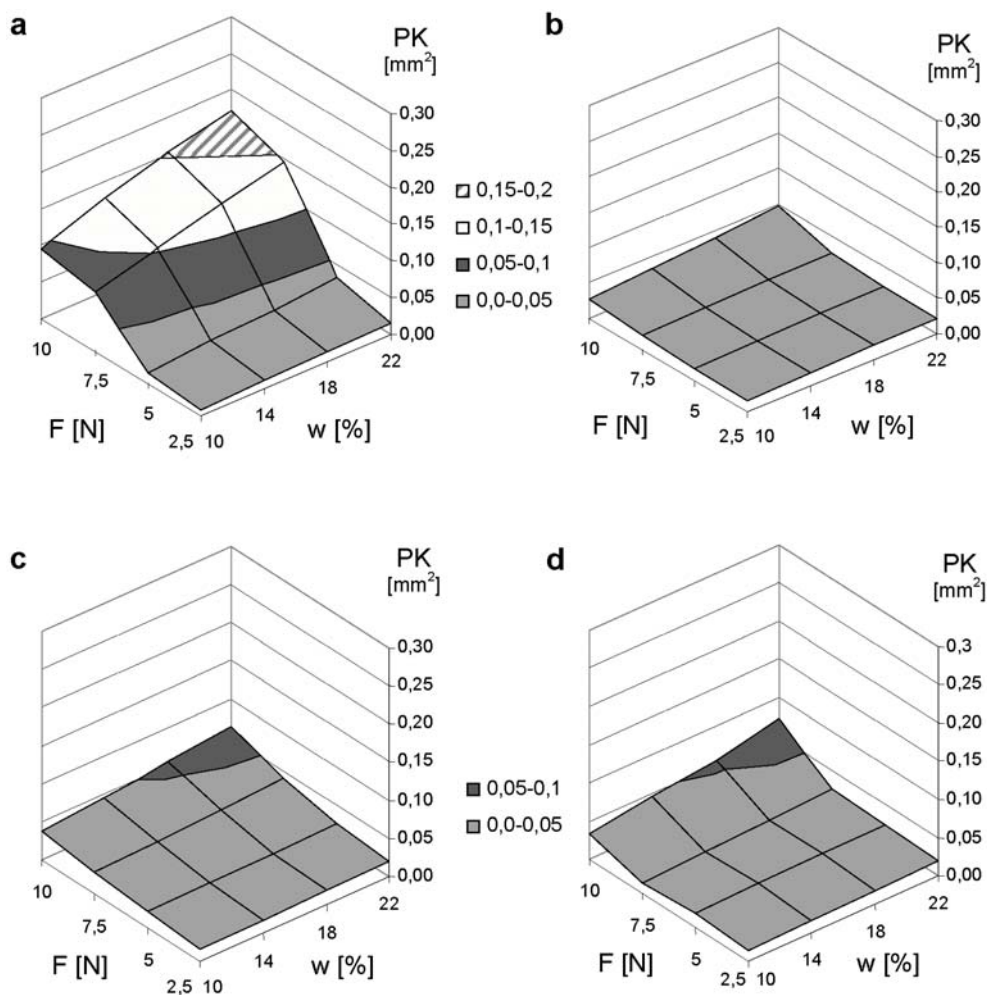
Przeprowadzone pomiary pozwoliły określić średnie wartości pola powierzchni kontaktu  $PK$  pomiędzy dwoma stykającymi się nasionami, przy ustalonych poziomach wilgotności i nacisku. Uzyskane wyniki pozwalają na śledzenie tendencji i szybkości zmian  $PK$  wraz ze wzrostem wilgotności i obciążenia nasion. Graficzny obraz tych tendencji przedstawiono na wykresach na rysunkach 4 i 5.



Źródło: opracowanie własne

Rys. 4. Zależność  $PK$  od wilgotności ( $w$ ) i siły nacisku ( $F$ ): a – soczewica Anita, b – wyka Szelejewska, c – gorczyca Nakielska, d – fasola Jubilatka

Fig. 4. Relation between  $PK$  and moisture content ( $w$ ) and pressure ( $F$ ): a – Anita variety lentil, b – Szelejewska variety vetch, c – Nakielska variety mustard, d – Jubilatka variety bean



Źródło: opracowanie własne

Rys. 5. Zależność PK od wilgotności ( $w$ ) i siły nacisku ( $F$ ): a – fasola Atena, b – pszenica Roma, c – pszenżyto Vanad, d – żyto Dańkowskie Złote

Fig. 5. Relation between PK and moisture content ( $w$ ) and pressure ( $F$ ): a – Atena variety bean, b – Roma variety wheat, c – Vanad variety triticale, d – Dańkowskie Złote variety rye

Przy minimalnych wartościach wilgotności i siły nacisku, najniższą wartość pola powierzchni kontaktu zanotowano dla gorczycy Nakielskiej –  $0,22 \text{ mm}^2$ , a najwyższą dla pszenicy Romy –  $1,7 \text{ mm}^2$ . Dla wartości maksymalnych (wilgotność – 22%, obciążenie – 10 N), najmniejszą wartość pola powierzchni kontaktu uzyskała pszenica Roma –  $4,79 \text{ mm}^2$ , a największą fasola Jubilatka –  $28,06 \text{ mm}^2$ .

## Metoda pomiaru...

---

Wielkość przyrostu pola powierzchni kontaktu *PK* w badanym zakresie pomiarowym była zależna od rodzaju nasion. Największy wzrost *PK* wystąpił u fasoli Jubilatki – 3003,7%, a najmniejszy dla pszenicy Romy 181,3%.

Przeprowadzone obliczenia statystyczne wykazały, iż zarówno obciążenie i wilgotność ma istotny statystycznie wpływ na wartość *PK*. Analiza wariancji wykazała również, iż występuje interakcja trzeciego stopnia pomiędzy wspomnianymi czynnikami oraz odmianą nasion. Należy więc uznać, że tempo wzrostu wartości *PK* powodowane wzrostem wilgotności i obciążenia jest cechą odmianową. Prezentowane badania powinny być kontynuowane w celu precyzyjnego określenia tej tendencji.

## Wnioski

1. Opracowana metoda pozwala na szybkie i łatwe określenie wartości *PK* pomiędzy nasionami. Umożliwia dokonywanie pomiarów przy różnych poziomach wilgotności nasion oraz wartościach siły nacisku.
2. Badania wykazały statystycznie istotny wpływ uwzględnionych czynników (obciążenie i wilgotność) na wartość *PK*.
3. Statystycznie istotna interakcja trzeciego rzędu dowodzi, iż tempo wzrostu wartości *PK* wywołane wzrostem wilgotności i obciążenia zależy od odmiany nasion.

## Bibliografia

- Horabik J., Molenda M.** 1989. True contact area between wheat grain and a flat surface. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., z 378. s. 63-68.
- Frączek J.** 1999. Tarcie ziarnistych materiałów roślinnych. ZNAR w Krakowie z. 252, ISSN 0239-8117.
- Frączek J., Wróbel M.** 2003. Metoda określania powierzchni styku pomiędzy nasionami. Acta Agrophysica 97. s. 519-529.
- Molenda M., Horabik J., Grochowicz M., Szot B.** 1995. Tarcie ziarna pszenicy. Acta Agrophysica 4, ISSN 1234-4125.
- Ślipek Z., Kaczorowski J., Frączek J.** 1999. Analiza teoretyczno-doświadczalna tarcia materiałów roślinnych. PTIR, Kraków, ISBN 83-907553-9-4.
- Frączek J., Kaczorowski J., Ślipek Z.** 2000. Pomiar rzeczywistej powierzchni kontaktu trących się materiałów. Inżynieria Rolnicza 7 (49). s. 55-63.
- Frączek J.** 2003. Wpływ kształtu nasion na wartość pola powierzchni kontaktu. Inżynieria Rolnicza 9 (51). s. 81-88.

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

## **METHOD USED TO MEASURE CONTACT AREA BETWEEN SEEDS**

**Summary.** Contact area is one of the main factors, which determine behaviour of vegetable grainy medium. It is formed as a result of seed deformation due to the load. The paper presents a new method used to measure the *PK* contact area between two seeds touching each other. The method is based on a computer analysis of images. The results of preliminary research are shown as well.

**Key words:** contact area, vegetable grainy materials, computer image analysis

**Adres do korespondencji:**

Jarosław Frączek; e-mail: [fraczek@ar.krakow.pl](mailto:fraczek@ar.krakow.pl)  
Katedra Inżynierii Mechanicznej i Agrofizyki  
Akademia Rolnicza w Krakowie  
ul. Balicka 120  
30-149 Kraków