

Tomasz Leszczuk*, Krzysztof Miastkowski*

METODY OKREŚLANIA PARAMETRÓW GEOMETRYCZNYCH SYPKICH NAWOZÓW ROLNICZYCH I OGRODNICZYCH

Streszczenie. W pracy przedstawiono wyniki badań dotyczących pomiaru wielkości średnicy cząstek nawozów rolniczych i ogrodniczych obecnych na polskim rynku handlowym. W badaniach posłużono się programem komputerowym: AnalySis FIVE i zestawem sit wykorzystywanych w granulometrii sitowej. Oprogramowanie to jest najnowszą wersją systemu komputerowego umożliwiającego analizę obrazów, mogącego współpracować z różnymi urządzeniami zewnętrznymi (kamerą, skanerem itd.). Przedstawiono wnioski charakteryzujące obie metody pomiaru.

Słowa kluczowe: komputerowa analiza obrazu, granulometria sitowa, nawozy rolnicze i ogrodnicze, pomiar.

WSTĘP

W rolnictwie i ogrodnictwie mamy do czynienia z różnymi materiałami sypkimi takimi jak np. ziarno zbóż oraz produkty ich rozdrabniania, nasiona innych gatunków roślin uprawowych, nawozy rolnicze i ogrodnicze, środki ochrony roślin, pasze przemysłowe itp.

Materiał ziarnisty, który charakteryzuje się jednakowym wymiarem ziaren nosi nazwę monodyspersyjnego i występuje w rzeczywistych produktach pochodzenia biologicznego bardzo rzadko. Zwykle mamy do czynienia z materiałem polidyspersyjnym, który składa się z ziaren o różnych wymiarach. Skład materiału ziarnistego ma duże znaczenie w operacjach mechanicznych (np. transporcie mechanicznym, procesach dyfuzyjnych, dawkowaniu nawozów).

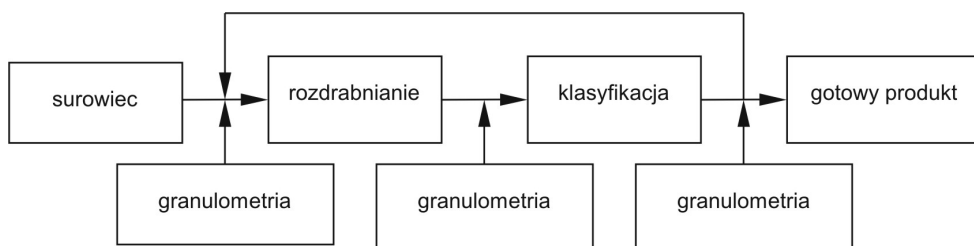
Metody pomiaru i analiza kształtu ziaren jak również badanie procentowej ich zawartości w rozdrobnionym materiale nazywane są granulometrią [3, 10]. Potrzebę zastosowania granulometrii w produkcji przedstawiono na rysunku 1.

MATERIAŁ I METODY

W badaniach wykorzystano nawozy ogrodnicze i rolnicze:

- nawóz ogrodniczy: A,
- nawóz rolniczy: B.

* Wydział Mechaniczny, Zakład Techniki Rolno Spożywczej, Politechnika Białostocka
tomasz.leszczuk@wp.pl



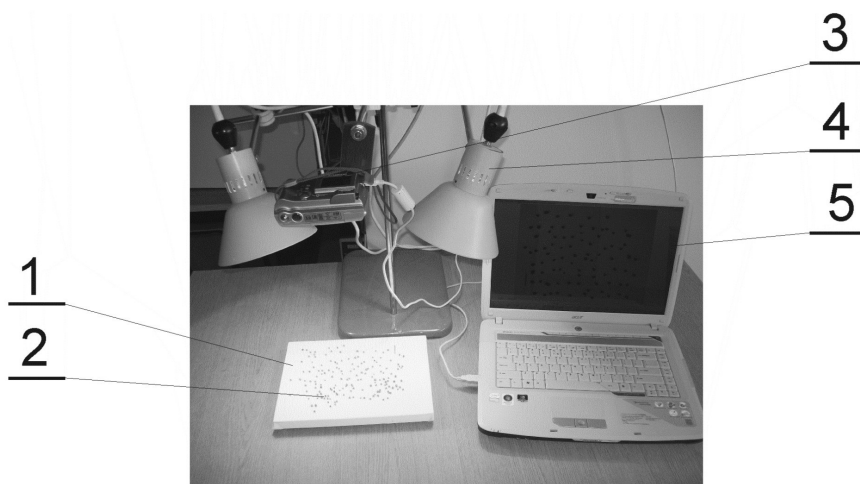
Rys. 1. Zastosowanie granulometrii w procesie produkcyjnym
Fig. 1. The use of grain size in the production process

Badania pomiaru maksymalnej średnicy cząstek nawozu prowadzono przy wykorzystaniu: komputerowej analizy obrazu (KAO) oraz analizy sitowej.

Komputerowa analiza obrazu umożliwia na podstawie obrazów przedstawiających materiał sypki (w postaci cyfrowej) pomiar wielkości geometrycznych cząstek nawozów rolniczych. [1, 4, 8, 9].

Analiza sitowa jest tradycyjną metodą charakteryzowania składu granulometrycznego poprzez wyznaczenie procentowego udziału masowego cząstek o różnych rozmiarach w mieszaninie sypkiej [6].

Na rysunku 2 przedstawiono stanowisko badawcze do pomiaru średnicy cząstek nawozu za pomocą komputerowej analizy obrazu. Wykorzystano aparat cyfrowy Kodak EasyShare C913, o parametrach: 9,2 mega pixels, 3x optical zoom oraz komputer wraz z zainstalowanym programem użytkowym: AnaliSys 5.



Rys. 2. Stanowisko do komputerowej analizy obrazu: 1 – blat pomiarowy, 2 – nawóz, 3 – aparat fotograficzny, 4 – oświetlenie, 5 – komputer z oprogramowaniem

Fig. 2. Position the computer image analysis: 1 – measuring top, 2 – the test fertilizer, 3 – camera, 4 – lighting, 5 – computer software

Stanowisko składa się z blatu pomiarowego, na którym umieszczono badany nawóz, elementów oświetleniowych, aparatu fotograficznego oraz komputera z oprogramowaniem.

Granule nawozu znajdują się na środku stolika, a odległość i kąt ustawienia aparatu fotograficznego jest dobrany w sposób umożliwiający właściwe uchwycenie wszystkich badanych elementów. Każda pojedyncza cząstka znajdująca się na blacie nie dotyka się z inną cząstką nawozu. W ten sposób eliminuje się błędy pomiarowe, które mogą wystąpić podczas pomiaru. Błat pomiarowy jest bardzo ważnym elementem, zapewniającym wysoki kontrast badanego obiektu oraz jego tła. Silne, jednokierunkowe oświetlenie od strony aparatu fotograficznego zapewnia usunięcie cieni i znacznie wpływa na jakość otrzymanego zdjęcia. Ze względu na potrzebę zachowania powtarzalności pomiarów głównym źródłem oświetlenia są tylko lampy wewnętrzne. Dobór natężenia oświetlenia odbywa się z uwzględnieniem zakresów czułości aparatu fotograficznego.

Komputerowa analiza obrazu składa się z etapów [1, 11]:

- uzyskiwania obrazu o właściwej jakości, który może być poddawany komputerowej analizie (akwizycja) i nadanie mu odpowiedniej rozdzielczości i kontrastowości. Akwizycja odbywa się za pomocą aparatu fotograficznego,
- wstępnego przetwarzania obrazu, zwykle proces ten polega na przefiltrowaniu obrazu i zapisie w pełnej skali poziomów jasności,
- binaryzacji obrazu zwanej również segmentacją progową. Segmentacja obrazu polega na podziale obrazu na rozłączne obszary o określonych cechach. W szczególnym przypadku segmentacja ma na celu wydzielenie z tła tych struktur, które będą podlegały dalszej analizie,
- kalibracji obrazu cyfrowego, za pomocą pomiaru długości płytki wzorcowej umieszczonej na blacie pomiarowym,
- wyboru jednostki pomiarowej w której wykonane będą pomiary,
- pomiaru wybranych parametrów geometrycznych wydzielonych części obrazu, w tym przypadku – maksymalnej średnicy,
- zapisu otrzymanych wyników.

Program AnaliSys 5 umożliwia pomiar wielu parametrów geometrycznych ciał stałych takich jak: powierzchnia, obwód, wydłużenie, średnica ziarna (minimalna, maksymalna), promień krzywizny.

W praktyce rolniczej każdy z nawozów należy stosować w ściśle określonej dawce, dostosowanej do potrzeb pokarmowych roślin. Automatyzację procesu precyzyjnego nawożenia umożliwia specjalnie skonstruowane urządzenia zwane aplikatorem. Dokładność dawkowania nawozu jest uzależniona od procentowego udziału w nawozie jego poszczególnych frakcji oraz maksymalnej średnicy nawozu.

Metoda komputerowa analiza obrazu umożliwi pomiar maksymalnej wielkości średnicy, cząstek nawozów rolniczych i ogrodniczych.

Na rysunku 3 przedstawiono drugie stanowisko badawcze do pomiaru średnicy cząstek nawozu. Wykorzystano wstrząsarkę laboratoryjną Typ LPzE-2e wraz z sitami, wyprodukowaną przez firmę MULTISERW-Morek.



Rys. 3. Stanowisko badawcze do oceny *składu granulometrycznego* nawozów rolniczych i ogrodniczych za pomocą analizy sitowej

Fig. 3. The test stand to evaluate the granulometric composition of agricultural and garden fertilizers by sieve analysis

Parametry techniczne wstrząsarki przedstawiono tabeli 1.

Tabela 1. Parametry techniczne wstrząsarki laboratoryjnej LPzE-2e

Table 1. Technical parameters of the laboratory shaker LPzE-2e

| L.p. | Parametr | Wartość | Jednostka |
|------|-------------------------------------|---------------|-----------|
| 1. | Średnica robocza sita | 0,193 | [m] |
| 2. | Wysokość robocza sita | 0,025 – 0,050 | [m] |
| 3. | Masa próbki | 0,0 – 1,5 | [kg] |
| 4. | Amplituda (drgania pionowo skrętne) | 0,0 – 2,5 | [mm] |
| 5. | Częstotliwość drgań [Hz] | 50 | [Hz] |
| 6. | Czas pracy nastawny | 0,0 – 99 | [min] |
| 7. | Waga wstrząsarki | 25 | [kg] |
| 8. | Zasilanie | 230 | [V] |

Analiza sitowa jest jedną z metod analizy granulometrycznej. Pozwala określić skład ziarnowy przesiewanego materiału [2]. Metoda ta polega na rozdzieleniu materiału ziarnistego na frakcje zawierające ziarna o różnej wielkości, poprzez przesiewanie przez zestaw sit, w wyniku czego ziarna o odpowiednich średnicach pozostają na kolejnych sitach (o coraz mniejszych oczkach). Po zważeniu poszczególnych klas ziarnowych określa się ile procent materiału pozostało na każdym sicie w stosunku do całości materiału.

Analizę sitową przeprowadzono metodą na sucho, zgodnie z PN-ISO 2591-1. Do badań pobrano losowo próbki nawozów o masie 300 gram. Na wstrząsarce ustawiono sita od najmniejszego do największego, od góry szczelnie nakryto. Na dole wstrząsarki umieszczono denko. Wstrząsano przez 3 minuty. Po upływie 3 minut przerywano przesiewanie mechanicznie i prowadzono przesiewanie ręczne zgodnie z wytycznymi zawartymi w PN, przesiewając nawóz na każdym sicie z osobna. Przesiewanie uznano za zakończone, gdy ilość przesiewu zebrana na kartce papieru w dwóch kolejnych próbkach kontrolnych nie różniła się od siebie więcej niż o 0,1% masy ładunku. Po zakończonym procesie przesiewania, omiatając powierzchnię sit oraz obrzeże miękką szczoteczką, zważono poszczególne frakcje zgromadzone na sitach z dokładnością do 0,001 kg. Na podstawie pomiarów, opracowano wyniki, obliczając procentowe udziały masowe zatrzymanej frakcji na sicie o danym oczku. Wykorzystując program Statistica sporządzono histogram.

W trakcie wykonywania analizy w celu wyeliminowania błędu rzutuującego na otrzymane wyniki, wykonano dla każdego z nawozu dwie analizy, przy czym dla każdej z klas ziarnowych różnica wyników z obydwu analiz nie przekroczyła 5%. Jako wynik końcowy przyjęto średnią arytmetyczną wyników poszczególnych analiz.

WYNIKI BADAŃ

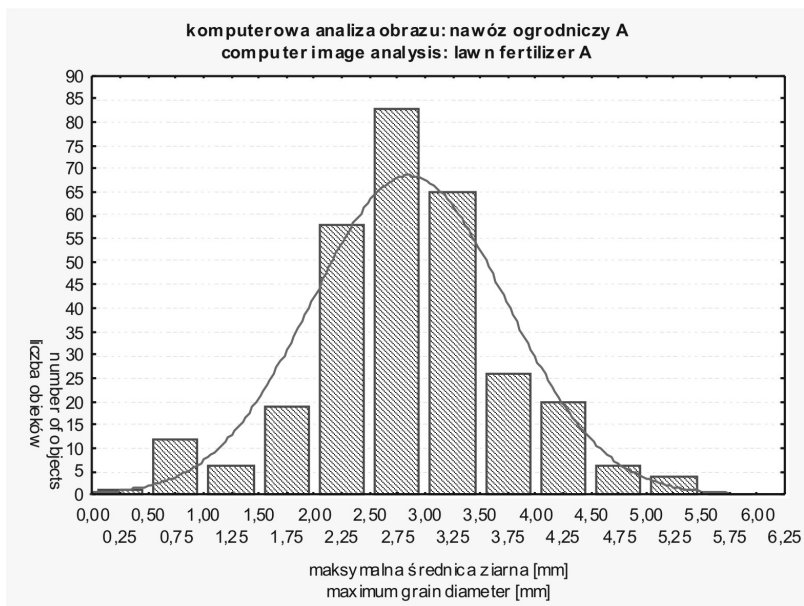
Wyniki opracowano przy pomocy programu komputerowego: Statistica 9 i przedstawiono na rysunku 4 i 5. W tabeli 2 umieszczono otrzymane wyniki uzyskane za pomocą programu Analisys 5.

Średnia wartość maksymalnej średnicy cząstek zmierzona za pomocą komputerowej analizy obrazu wyniosła odpowiednio 2,843 mm dla nawozu A i 5,264 mm dla nawozu B.

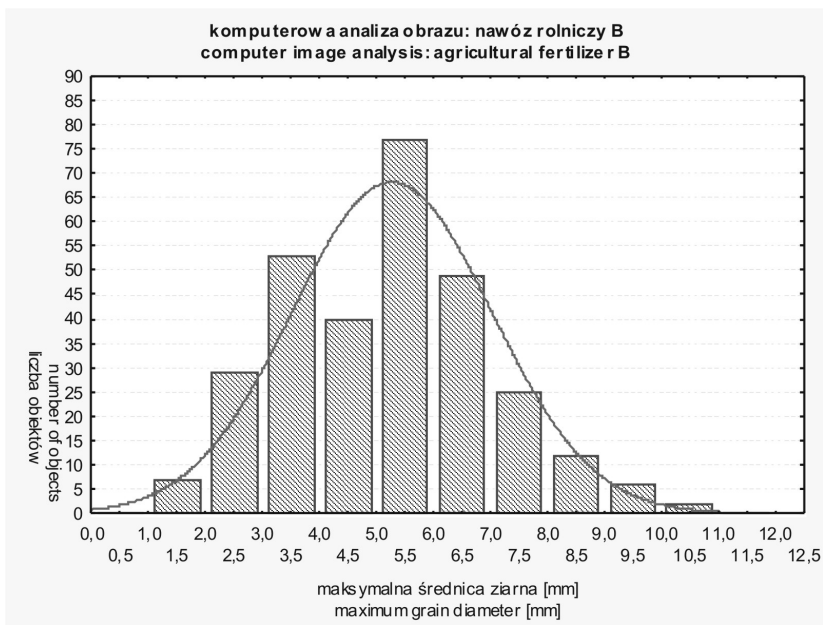
Tabela 2. Wyniki badanych nawozów uzyskanych za pomocą programu Analisys 5

Table 2. The results obtained fertilizers tested using Analisys 5

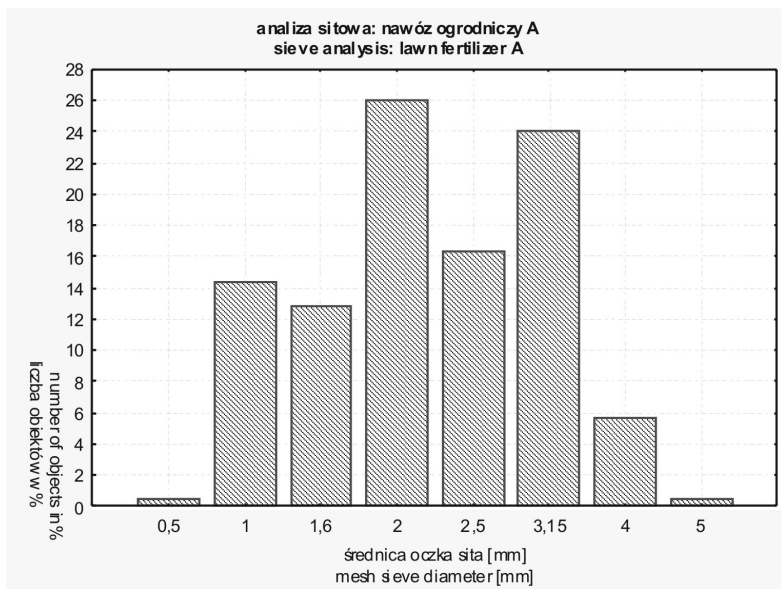
| L.p. | Badany nawóz | Uzyskane wartości | | | | odchylenie standardowe |
|------|---------------------|-------------------|--------------------------|----------------------------|-----------------------------|------------------------|
| | | ważnych wyników | średnia wartość średnicy | minimalna wartość średnicy | maksymalna wartość średnicy | |
| 1. | Nawóz ogrodniczy: A | 300,0 | 2,843 | 0,230 | 5,433 | 0,873 |
| 2. | Nawóz rolniczy: B | 300,0 | 5,264 | 1,044 | 10,687 | 1,757 |



Rys. 4. Rozkład statystyczny średnicy nawozu: nawóz ogrodniczy A
Fig. 4. Statistical distribution of fertilizer in diameter: lawn fertilizer A

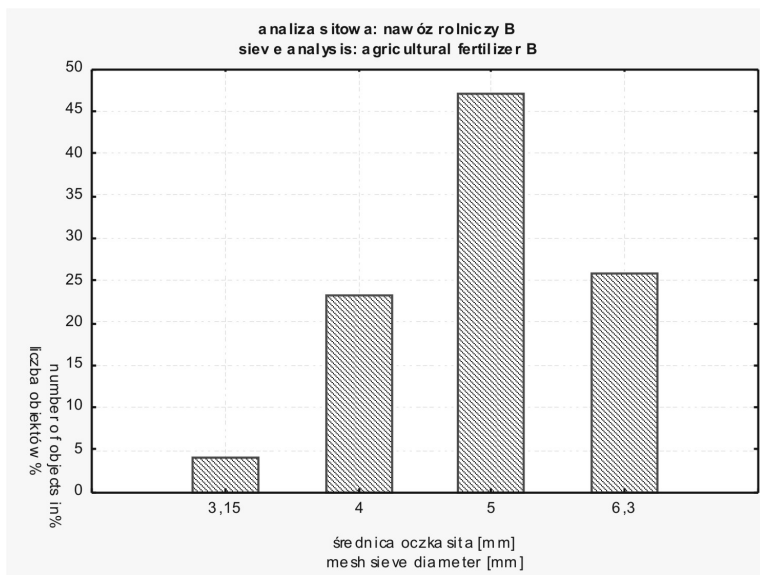


Rys. 5. Rozkład statystyczny średnicy nawozu rolniczego B
Fig. 5. Statistical distribution of the diameter of agricultural fertilizer B



Rys. 6. Rozkład granulometryczny nawozu ogrodniczego A, uzyskany za pomocą analizy sitowej

Fig. 6. The size distribution of horticultural fertilizer A, obtained by sieving



Rys. 7. Rozkład granulometryczny nawozu rolniczego A, uzyskany za pomocą analizy sitowej

Fig. 7. The size distribution of fertilizer A, farm obtained by sieving

Tabela 3. Wyniki analizy sitowej dla nawozu ogrodniczego A

Table 3. Results of sieve analysis for garden fertilizer A

| Wielkość ziarna d [mm] | Frakcje sitowe | | Nominalna wielkość oczka [mm] | Zbiorcze podziarno [%] |
|--|----------------|-------|----------------------------------|---------------------------|
| | [g] | [%] | | |
| $d > 5,00$ | 1 | 0,51 | 5,00 | 99,49 |
| $5,00 \geq d > 4,00$ | 11 | 5,61 | 4,00 | 93,88 |
| $4,00 \geq d > 3,15$ | 47 | 23,98 | 3,15 | 69,90 |
| $3,15 \geq d > 2,50$ | 32 | 16,33 | 2,50 | 53,57 |
| $2,50 \geq d > 2,00$ | 51 | 26,02 | 2,00 | 27,55 |
| $2,00 \geq d > 1,60$ | 25 | 12,76 | 1,60 | 14,79 |
| $1,60 \geq d > 1,00$ | 28 | 14,29 | 1,00 | 0,5 |
| $d \leq 1,00$ | 1 | 0,51 | końcowe podziarno | |
| Suma | 196 | 100 | – | – |
| Masa wyjściowa: 200 g Suma mas frakcji: 196 g Straty: 4 g = 2% | | | | |

Tabela 4. Wyniki analizy sitowej dla nawozu rolniczego B

Table 4. Results of sieve analysis for agricultural fertilizer B

| Wielkość ziarna d [mm] | Frakcje sitowe | | Nominalna wielkość oczka [mm] | Zbiorcze podziarno [%] |
|--|----------------|-------|----------------------------------|---------------------------|
| | [g] | [%] | | |
| $d > 6,30$ | 51 | 25,62 | 6,30 | 74,5 |
| $6,30 \geq d > 5,00$ | 94 | 47,23 | 5,00 | 27,23 |
| $5,00 \geq d > 4,00$ | 46 | 23,11 | 4,00 | 3,96 |
| $4,00 \geq d > 3,15$ | 8 | 4,02 | 3,15 | końcowe podziarno |
| Suma | 199 | 100 | – | – |
| Masa wyjściowa: 200 g Suma mas frakcji: 199 g Straty: 1 g = 0,5% | | | | |

Wyniki analizy sitowej, na podstawie uzyskanych wag odsiewów wskazują, że średnia wartość maksymalnej średnica ziarna nawozu A mieści się w zakresie od 3,150 mm do 2,500 mm zaś nawozu B w zakresie od 5,000 mm do 6,300 mm. Suma mas poszczególnych ziaren nie różni się więcej niż 2% od całkowitej masy ładunku w przypadku nawozu ogrodniczego A i 0,5% w przypadku nawozu rolniczego B.

Mała wartość odchylenia standardowego przy pomiarach wielkości średnicy, cząstek nawozów w komputerowej analizie obrazu świadczy o tym, że wyniki pomiarów są skupione wokół średniej wartości i mogą różnić się od swej wartości średniej, dla nawozu ogrodniczego A o 0,873. Duża wartość tego parametru uzyskana dla nawozu ogrodniczego B świadczy o dużym rozrzucie wyników pomiarowych.

PODSUMOWANIE i WNIOSKI

Mierzona maksymalna średnica jest parametrem, który odgrywa ważną rolę w procesie aplikacji nawozów. Równomierność i powtarzalność dawki nawozu zależy od wymiarów poszczególnych cząstek.

Na podstawie przeprowadzonych pomiarów sformułowano następujące wnioski:

- w przypadku pomiaru średnicy cząstek nawozu, przedstawione metody można stosować zamiennie,
- metoda pomiaru z wykorzystaniem komputerowej analizy obrazu podaje dokładny wymiar każdego pojedynczego ziarna zaś analiza sitowa tylko zakres, do którego ono należy. Uwarunkowane to jest rodzajem sit a konkretnie rozmiarem ich oczek,
- do komputerowej analizy obrazu próbkę do badań pobiera się znacznie mniejszą niż w przypadku analizy sitowej. W analizie sitowej jej masa wynosi do 1500 g, w komputerowej analizie obrazu około 15 g.

BIBLIOGRAFIA

1. Borowski G. Zastosowanie komputerowej analizy obrazu do badań struktury brykietów z materiałów drobnoziarnistych. *Postępy Nauki i Techniki*, nr 1, 2007: 17–24.
2. Chlebowski J., Nowakowski T. Analiza stopnia rozdrobnienia ziarna pszenicy. *Inżynieria Rolnicza*, nr 1(99) 2008.
3. *Encyklopedia popularna*. PWN, 2006.
4. Hann D., Strazisar J. Influence of Particle Size Distribution, Moisture Content, and Particle Shape on the Flow Properties of Bulk Solids; *Instrumentation Science and Technology*, 35, 2007: 571–584.
5. Kubiak J. 2007. Technika precyzyjnego nawożenia krzewów ozdobnych w uprawach kontenerowych. *Inżynieria Rolnicza*, nr 9(97): 79–78.
6. Malczewski J. *Mechanika materiałów sypkich – operacje jednostkowe*, Politechnika Warszawska, Warszawa 1990.
7. Suchecki W. *Metody opracowania wyników pomiarów*. Wydawnictwo Politechniki Warszawskiej, Płock 1999.
8. Szala J. Zastosowanie metod komputerowej analizy obrazu do ilościowej oceny struktury materiałów. *Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej*, 61, Gliwice 2001.
9. Tukiendorf M., Szwedziak K., Sobkowicz J. Określenie czystości ziarna konsumpcyjnego za pomocą komputerowej analizy obrazu, *Inżynieria Rolnicza*, nr 12(87), 2006: 519–525.
10. Wiśniakowska L. *Słownik wyrazów obcych*. PWN, Warszawa 2005.
11. Zieliński W.K., Strzelecki M. *Komputerowa analiza obrazu biomedycznego. Wstęp do morfometrii i patologii ilościowej*. PWN, Warszawa-Łódź 2002.

METHOD FOR DETERMINING GEOMETRIC PARAMETERS OF LOOSE FERTILIZERS AGRICULTURAL AND HORTICULTURAL

Summary

The results of studies measuring the diameter of the agricultural and horticultural fertilizer present in the Polish markets for trade. The study used a computer program: Analysis Five and a set of sieves used in grain size sieve. This software is the latest version of the computer system enabling the analysis of images, which can cooperate with various external devices (cameras, scanners, etc.). Presents conclusions characterizing the two methods of measurement.

Key words: computer image analysis, particle size sieve, fertilizers, agriculture and gardening, taking measurements.