

# METODY BADAŃ ROZSIEWACZY TARCZOWYCH

Streszczenie

Poprzeczna i podłużna nierównomierność rozsiewu nawozów mineralnych jest głównym kryterium jakości wysiewu a także jakości rozsiewacza, którym wykonywany jest dany rozsiew. Na nierównomierność wysiewu nawozów mineralnych wpływ mają różnorodne czynniki konstrukcyjno-eksploatacyjne. Prawidłowy dobór tych parametrów, jak i sposobu ich regulacji wymaga wprowadzenia pracochłonnych badań empirycznych w warunkach laboratoryjnych, jak i polowych. Badania takie polegają na wykonywaniu próbnych wysiewów do pojemników zbierających a następnie liczeniu (ważeniu) granul nawozów wysianych przez tarcze rozsiewacza i określeniu współczynnika nierównomierności rozsiewu (CV). Badania takie prowadzone są na całym świecie, jednak nie wszędzie procedury wykonywania ich są takie same. W artykule przedstawiono różne metody oceny pracy rozsiewaczy tarczowych na podstawie przeglądu różnych standardów mających status norm.

**Słowa kluczowe:** wysiew, jakość, nawozy mineralne, rozsiewacze tarczowe, badania polowe

## Wprowadzenie

Jednym z ważniejszych problemów technicznych, które związane są bezpośrednio z dążeniem do intensyfikacji produkcji rolnej jest optymalizacja konstrukcji maszyn rolniczych w celu zwiększenia ich niezawodności i efektywności pracy. Wartość poszczególnych rozwiązań ujawnia się w podczas badań ich cech użytkowo-technicznych. Dla rozsiewaczy nawozów mineralnych podstawowymi informacjami o tych cechach dostarczają badania poprzecznej i podłużnej nierównomierności rozsiewu. Badania nad nierównomiernością rozsiewu nawozów prowadzone są na świecie według ujednoliconych zaleceń metodycznych ujętych w formie norm. Badania laboratoryjne ich wpływu na rozkład nawozu przeprowadza się w specjalnie dla tego celu wybudowanych halach, co sprawia, że są one bardzo kosztowne.

## Wskaźniki oceny jakości pracy rozsiewaczy nawozów

Ocena jakości nawożenia nawozami mineralnymi określa na jest przede wszystkim obrazem poprzecznego rozkładu rozsianego nawozu na powierzchni pola, na który mają wpływ trzy grupy czynników (konstrukcyjno-eksploatacyjne, właściwości fizyczne nawozów, warunki zewnętrzne). Ustawienia poprzecznego rozkładu wysiewanego nawozu w warunkach eksploatacyjnych uzyskuje się na podstawie tabel wysiewu lub wyników badań dokonanych przenośnymi stanowiskami pomiarowymi [6, 9, 10, 11].

Głównym parametrem określającym efektywność rozsiewu nawozu jest szerokość rozsiewu; według Europejskiej Normy EN 13739 definiowana jest jako odległość między lewą i prawą granicą pojedynczego pasa rozsiewu. Natomiast pod pojęciem szerokości roboczej rozumie się największą odległość między sąsiednimi przejazdami roboczymi rozsiewacza, przy której współczynnik nierównomierności poprzecznej rozsiewu nie przekracza wartości dopuszczalnej 15% [17].

Do wykonania oceny podstawowych parametrów pracy rozsiewaczy tarczowych należy wyznaczyć przestrzenny rozkład wysiewanych nawozów, który przedstawia ilość masy odniesionej do jednostki powierzchni pasa siewnego. Dintwa i in. [4] wyróżniają kilka rodzajów rozkładu nawozu. Jednym z nich jest rozkład styczny (ang. *tangential distribution pattern*), który obrazuje rozmieszczenie nawozu wokół tarczy i przy określonej odległości (promienia) liczonej od jej środka. Odzwierciedla on zachowanie się strumienia cząstek nawozu

na tarczy i jest stosowany do budowy modeli symulacyjnych, które uwzględniają różne czynniki (skład granulometryczny, budowa tarczy i łopatek, współczynniki tarcia nawozu o tarczę i łopatkę.). Bazując na tej informacji buduje się model ruchu nawozu po tarczy. Kolejnym rozkładem jest rozkład całkowity statyczny (ang. *total static distribution pattern*) będący odwzorowaniem dwuwymiarowego rozkładu pola rozsiewu nawozu przy braku ruchu rozsiewacza. Parametry tego rozkładu zależą od czynników wymienionych przy definiowaniu rozkładu styczego oraz wysokości usytuowania tarczy rozsiewacza, właściwości aerodynamicznych nawozu, kierunku i prędkości wiatru. Inne rozkłady jest rozkład promieniowy (ang. *radial distribution pattern*) i rozkład podłużny (ang. *longitudinal distribution pattern*) nie znalazły odpowiedniego zastosowania przy ocenie jakości pracy rozsiewaczy i budowie modeli symulacyjnych. Rozkład poprzeczny najbardziej wykorzystywany (ang. *transverse distribution pattern*) pozwala oceniać pracę różnych modeli rozsiewaczy, które pracują ze stałą prędkością roboczą. Szerokość i kształt tego rozkładu są parametrami bardzo ważnymi dla konstrukcji rozsiewaczy i wykorzystuje się je do określania optymalnej szerokości pracy, która opiera się na wyborze odpowiedniego stopnia pokrycia nawozem pasa rozsiewu pochodzącego z poprzedniego przejazdu roboczego.

## Tradycyjne metody badania rozsiewaczy tarczowych

Jednym z podstawowych parametrów charakteryzujących jakość pracy maszyn do nawożenia mineralnego jest współczynnik zmienności (CV) wyrażany w procentach, który określa poprzeczną nierównomierność rozsiewu i obliczany jest według następującego wzoru [18]:

$$CV = \frac{S}{x} \cdot 100\%, \quad (1)$$

gdzie  $S$  jest odchyleniem standardowym, które określamy równaniem:

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}, \quad (2)$$

gdzie:

$n$  - liczba pojemników ustawionych na szerokości roboczej rozsiewacza (rys. 1),

$x_i$  - ilość nawozu zebranego z  $i$ -tego pojemnika (po przejeździe maszyny tam i z powrotem), [g],

$\bar{x}$  - średnia ilość nawozu w pudełkach (po przejeździe maszyny

ny tam i z powrotem) wyrażana w gramach, którą oblicza się według wzoru:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (3)$$

Należy jednak dodać, że współczynnik zmienności (CV) dla szerokości przejścia nie jest poprawnie nazywany nawet w takim dokumencie, jakim jest norma PN-EN 13739-2: 2004. W wymienionej normie określa się go następująco: współczynnik szerokości przejścia (CT). Można przypuszczać, że jest to wynikiem braku staranności w tłumaczeniu normy europejskiej EN 13739-2: 2003, które zostało zrealizowane przez Polski Komitet Normalizacyjny. W wersji angielskiej zapis tego współczynnika jest następujący: *coefficient of variation for the transition width*.

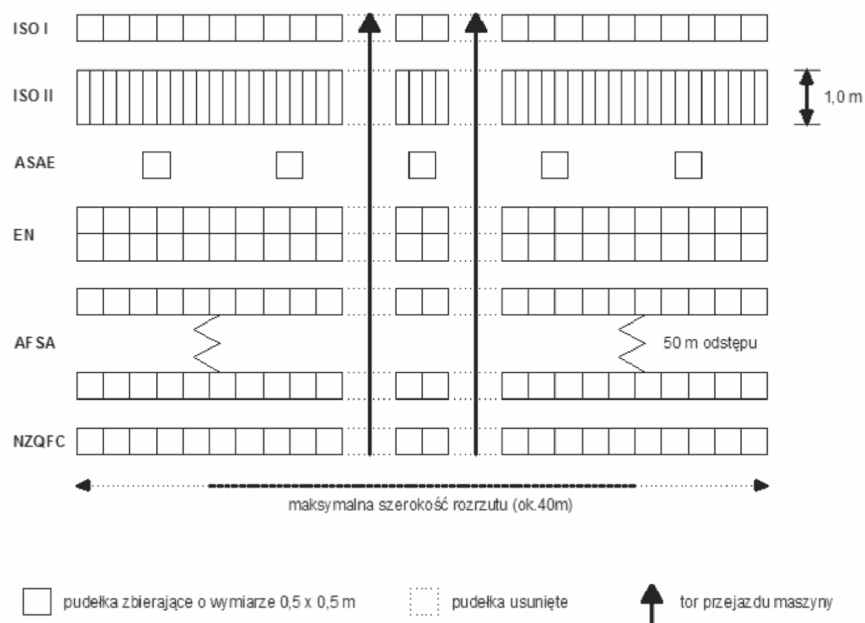
Według EN 13739-2: 2004 wartość współczynnika zmienności (CV) nie powinna przekraczać 15% zarówno dla nawożenia przedsiewnego jak i pogłównego. Wymaganie te powinno być spełnione we wszystkich warunkach pracy (na przykład przy różnych szerokościach roboczych i różnych nawozach) wykluczając rozsiew na skraju pola.

Do wyznaczenia współczynnika zmienności (CV) konieczne są wyniki z badań rozsiewaczy, które przeprowadza się według ściśle określonych standardów mających status norm. Wśród wielu różnych standardów badań należy

wymienić: Normy ISO (*International Organization for Standardization*), które mają dwie formy (ISO 5690/1 i ISO 5690/2), EN 1999 (*European Committee for Standardization*), AFSA 2001 (*Australian Fertilizer Service Association*), ASAE 2001 (*American Society of Agricultural Engineers*), NZQFC 2006 (*New Zealand Fertilizer Quality Council*).

W większości tych norm zaleca się stosowanie pojemników (pudełek) o wymiarach 0,5 × 0,5 m, które powinny zostać rozmieszczone w jednym rzędzie w taki sposób, aby przylegały do siebie bokami równoległymi do kierunku ruchu rozsiewacza (rys. 1, tab.). Podczas wysiewu nawozu pudełka powinny być wyposażone w zabezpieczenia zapobiegające wypadaniu z nich granul na skutek odbijania się od dna i bocznych ścianek.

Według normy ISO II (ISO 5690/2) do badań zaleca się stosowanie pudełek o wymiarach 0,25 × 1,0 m, których dłuższy bok powinien być usytuowany równoległe do kierunku ruchu badanego rozsiewacza. Należy również zwrócić uwagę, iż norma ASAE w sposób dość różniący się od pozostałych standardów wymaga stosowania tylko dziesięciu pudełek, które ustawia się w jednym rzędzie, a odstęp między nimi powinny być równe. Norma NZQFC 2006 zaleca ustawianie pudełek w dwóch rzędach, gdzie odstęp między nimi powinien wynosić 50 m. Rozstawienie pojemników w ten sposób pozwala na uzyskanie wyników przydatnych do określenia wskaźnika nierównomierności podłużnej.



Rys. 1. Ustawienia pojemników zbierających na stanowisku pomiarowym według sześciu norm [8]

Fig. 1. Test tray layouts on the measuring position according to six international test methods [8]

Tab. Porównanie metod rozmieszczenia pudełek zbierających przeznaczonych do badania rozkładu poprzecznego nawozów według sześciu norm [8]

Table. Comparison of the collectors arrangement methods in transverse distribution according to six international standards [8]

Norma	Wymiary pudełek	Ustawienie pudełek	Poprzeczny układ rzędów	Liczba rzędów	Liczba badanych nawozów (liczba przejazdów)
ISO I	0,5×0,5 m	na całej szerokości rozsiewu	ciągły	1	3 (1)
ISO II	0,25×1,0 m	na całej szerokości rozsiewu	ciągły	1	3 (1)
ASAE	0,5×0,5 m	10 na rząd	w odstępach	1	
EN	0,5×0,5 m	112 na 56 m	ciągły	2 (przyległe do siebie)	6 (1)
AFSA	0,5×0,5 m	50 na 25 m	ciągły	2 (co 50 m)	1 (1)
NZQFC	0,5×0,5 m	60 na 30 m	ciągły	1	3 (1)

Z danych przedstawionych na rys. 1 i w tab. wynika, że wymienione standardy badań rozsiewaczy poza wymiarami pojemników i ich rozmieszczeniem w rzędach różnią również liczbą użytych nawozów do badań. W opracowaniach dotyczących oceny jakości pracy rozsiewaczy zwraca się uwagę na potrzebę prowadzenia badań z wykorzystaniem wielu nawozów o znacznie zróżnicowanych właściwościach fizycznych [3, 12, 15, 16]. Zalecenia tego rodzaju zawarte są również w normach ISO (ISO 5690/1 i ISO 5690/2), NZQFC i EN. Pierwsze trzy z wymienionych wymagają badania rozsiewaczy przy użyciu trzech nawozów. Norma EN opracowana przez Europejski Komitet Normalizacyjny wymaga stosowania aż sześciu nawozów, zaś pozostałe normy sugerują stosowanie jedynie jednego nawozu mineralnego.

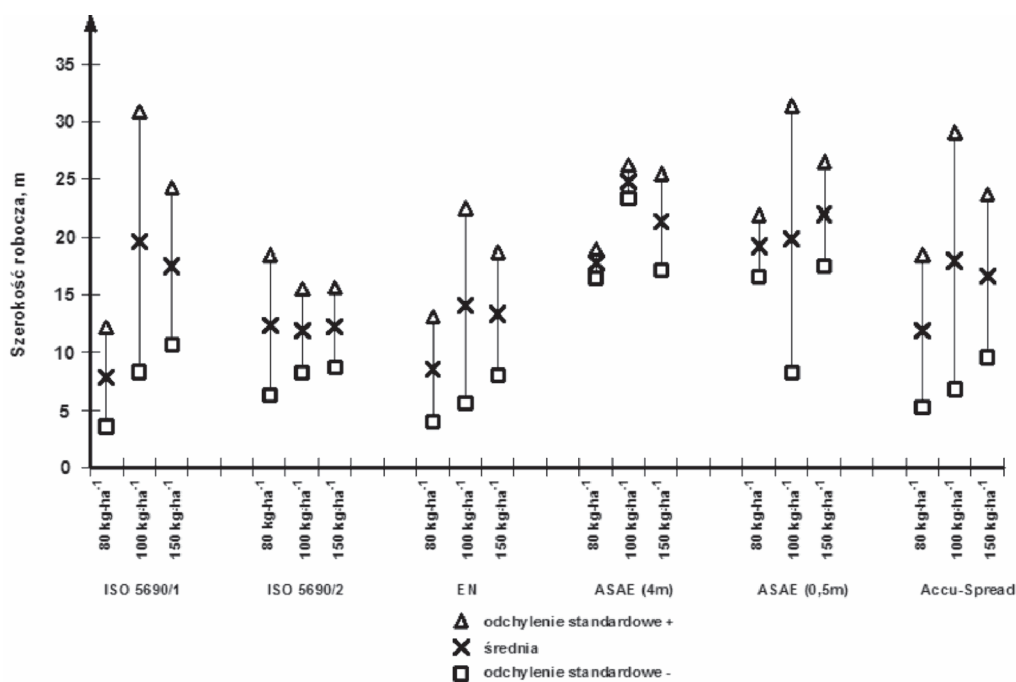
Różnice między analizowanymi normami wynikają również z zaleceń odnoszących się do poziomu stosowanych dawek nawozu. Normy ASAE i NZQFC nie narzucają dawki nawozu, a jedynie stosują określenia opisowe w postaci dawka „typowa” (ang. *typical*) czy też średnia (ang. *average*). Natomiast norma AFSA wymaga stosowania dawki  $600 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , którą uzyskuje się w kilku przejazdach rozsiewaczem. Zarówno norma ISO (5690/1) jak i ISO (5690/2) wymaga stosowania zróżnicowanych dawek w zależności od postaci występowania nawozu ( $600 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  - nawozy pyliste,  $400 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  - nawozy granulowane i  $150 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  - nawozy, które powstały ze zmieszania minerałów i nie zawierają frakcji pylistych).

Równie ważnym czynnikiem decydującym o jakości wysiewu nawozu jest miejsce prowadzenia badań. Obie normy, NZQFC 2006 i EN 1999, zalecają przeprowadzanie badań w pomieszczeniach zamkniętych (hale), w których zmienność warunków atmosferycznych, szczególnie kierunek i prędkość wiatru, jest pomijana. Nie mniej jednak nie zakazują ich prowadzenia na wolnym powietrzu. Natomiast normy AFSA, ISO i ASAE nie wskazują na jedno miejsce, a badania mogą być prowadzone zarówno na wolnym powietrzu, jak i w pomieszczeniach zamkniętych. Wyniki uzyskane w badaniach na otwartej przestrzeni są bardziej miarodajne dla oceny rozsiewaczy w warunkach ich eksploatacji. Jednak wyniki badań prowadzonych w pomieszczeniach zamkniętych

stanowią niezbędne i najbardziej oczekiwane źródło informacji dla konstruktorów tych maszyn. Wymagania standardów związane z miejscem prowadzonych badań odnoszą się także do czynników dotyczących m.in. rodzaju powierzchni terenu, jego nachylenia oraz prędkości wiatru, który ma istotny wpływ na rozkład nawozu na powierzchni terenu. Najbardziej restrykcyjne pod tym względem są normy ISO (5690/1 i 5690/2) określające graniczną prędkość wiatru na poziomie  $2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . Natomiast wartość ta określona w normie AFSA 2001 wynosi  $2,78 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . Normy EN i NZQFC nie określają maksymalnej prędkości wiatru podczas prowadzenia badań, lecz jego wartość musi być podana przy prezentowaniu wyników.

Parish i Bergeron [14] wykazali, że istnieją niekorzystne zjawiska zachodzące podczas badania rozsiewaczy na podłożach gładkich i twardych. W trakcie wysiewu dochodzi do masowego odbijania się dużych granul nawozu od podłoża, które następnie wpadają do pudełek. Wobec tego normy ISO (5690/1 i 5690/2) i NZQFC zalecają stosowanie specjalnych powierzchni, które pozwalają na eliminację tego niekorzystnego efektu. Należy jednak dodać, że nie ma potrzeby ich stosowania podczas badań prowadzonych na przykład na łące lub pastwisku, których powierzchnie skutecznie absorbują energię zgromadzoną w spadających granulach nawozu. Część norm określa także minimalny rozmiar powierzchni pomieszczeń zamkniętych, w których mogą być przeprowadzone badania rozsiewaczy. Norma NZQFC zaleca pomieszczenia o wymiarach nie mniejszych niż  $25 \times 45 \text{ m}$ . Natomiast w normie EN wymaga się pomieszczeń o wymiarach nie mniejszych niż  $60 \times 80 \text{ m}$ .

Dotychczasowe rozważania tradycyjnych metod badania rozsiewaczy nawozów mineralnych nie odnosiły się do oceny ich wpływu na analizowane parametry rozsiewu. Nieczęsto podejmowane są problemy porównania wyników badań uzyskanych według różnych światowych standardów [12, 17]. Jednak doniosłe znaczenie w tym zakresie mają rezultaty doświadczeń Lawrence'a i in. [12] oraz Jonesa i in. [8]. Badania tych zespołów badawczych wykazały, że zróżnicowane dawki nawozu oraz metody prowadzenia badań według różnych standardów stosowane podczas badań tego samego rozsiewacza



Rys. 2. Zakres szerokości roboczych rozsiewacza tarczowego według różnych standardów [12]  
 Fig. 2. Working width range of disc spreader according to different standards [12]



wacza prowadzą do zupełnie odmiennych ocen parametrów rozsiwu. Potwierdzają to dane zamieszczone na rys. 2, które otrzymano z badań rozsiewacza dwutarczowego Transpread "W". Wynika z nich, że średnia szerokość robocza (dopuszczalna wartość CV = 15%) dla dawki nawozu azotowego 80 kg·ha<sup>-1</sup> wynosi 12,9 m.

Podana wartość stanowi tylko 71,6% średniej szerokości roboczej przy dawce 100 kg·ha<sup>-1</sup>. Natomiast dla dawki 150 kg·ha<sup>-1</sup> szerokość robocza określona stanowiła 95,2% średniej szerokości roboczej uzyskanej przy dawce pośredniej. Godne zwrócenia uwagi są średnie szerokości robocze rozsiewacza określone na podstawie wyników pomiarów realizowanych według sześciu standardów (bez względu na poziom dawki nawozu). Na ich podstawie wynika, że parametr ten określany zgodnie z normą ASAE (wymiar pudełek 0,5 × 0,5 m) miał największą wartość (21,27 m). Wartość ta stanowi ponad 170% szerokości roboczej określonej zgodnie z normą EN. Średnia szerokość robocza określona na podstawie wyników badań przeprowadzonych według normy ISO (5690/1) i AFSA wyniosła 15,2 m. Podana wartość jest o 1,8 m mniejsza w zestawieniu z rezultatem innych badań tego samego rozsiewacza, a realizowanych również zgodnie z podanymi standardami.

### Podsumowanie

Dominującą grupę maszyn, które służą do wysiewu nawozów mineralnych, stanowią rozsiewacze z tarczowym aparatem wysiewającym. Badanie nierównomierności rozsiwu nawozów mineralnych za pomocą tych maszyn jest głównym kryterium jakości wysiewu. Przeprowadzone rozważania nad metodami badań rozsiewaczy nawozów mineralnych wykazały, że określenie współczynnika nierównomierności rozsiwu CV według zaleceń różnych norm, dla badanej maszyny prowadzi do zupełnie odmiennych ocen wyników. W celu określenia porównywalnych parametrów oceny rozsiwu danego rozsiewacza należałoby we wszystkich standardach ujednoczyć przepisy dotyczące omawianych zaleceń (wymiarów pojemników zbierających wysiany nawóz i ich sposobu ustawiania, dawek nawozu, miejsca realizowania doświadczeń). Zminimalizowanie rozbieżności zaleceń normalizacyjnych przyczyniłoby się do bardziej obiektywnego wyznaczenia współczynnika nierównomierności rozsiwu nawozu CV dla każdej maszyny poddanej badaniu.

### Bibliografia

- [1] AFSA: Accu-Spread-Code of Particle for spreading. Glenthompson, Australia, Australian Fertilizer Services Association, 2001.
- [2] ASAE: S341.3. Procedure for measuring distribution uniformity and calibrating broadcast spreaders American Society of Agricultural Engineers, 2001.
- [3] Csizmazia Z.: Some physical properties of fertilizer particles. Aspects of Applied Biology, 2000, 61, p. 219-226.
- [4] Dintwa E., Tijskens E., Olieslagers R., De Baerdemaeker J., Ramon H.: Calibration of a spinning disc spreader simulation model for accurate site-specific fertilizer application. Biosystems Engineering, 88 (1), p. 49-62. 2004.
- [5] EN: 12761-1,2,3: Sprayers and liquid fertilizer distributors - environmental protection. European Committee for Standardization, 1999.
- [6] Grochowicz J., Laskowski J. Dyskusyjnie o metodykach badań nierównomierności wysiewaczy odśrodkowych. Maszyny i Ciągniki Rolnicze, 1974, 5, s. 8-11.
- [7] ISO 1985. ISO 5690/1: Equipment for distributing fertilizers - test methods - Part 1: Full width fertilizer distributors. ISO Standard Handbook 13. Agricultural Machinery, International Organization for Standardization: 373-386.
- [8] Jones J., Lawrence G., Yule J.: A statistical comparison of international fertilizer spreader test methods Confidence in bout width calculations. Powder Technology, 2008, 184 (3), p. 337-351.
- [9] Kamiński E., Witek A.: Ocena jakości rozsiwu nawozów granulowanych. Problemy Inżynierii Rolniczej, 1996, 6, s. 2-9.
- [10] Kamionka J.: Zasady wysiewu nawozów mineralnych rozsiewaczami odśrodkowymi. Mechanizacja Rolnictwa, 1981, s. 5-6, 29-30.
- [11] Kweon G., Grift T.: Feed gate adaptation of a spinner spreader for uniformity control. Biosystems Engineering, 2006, 95(1), p. 19-34.
- [12] Lawrence H., Yule I., Jones J.: A statistical analysis of international test methods used for analyzing spreader performance. New Zealand Journal of Agricultural Research, 2006, 49 (4), p. 451-463.
- [13] NZQFC: Spreadmark Code of Particle for the placement of fertilizer in New Zealand. Ashburton, New Zealand, New Zealand Fertilizer Quality Council, 2006.
- [14] Parish R.L., Bergeron P.: Field and laboratory study of a pendulum-action spreader. Applied Engineering in Agriculture, 1991, 7 (2), p. 163-167.
- [15] Parish R.L.: The effect of spreader fill level on delivery rate. Applied Engineering in Agriculture, 1999, 15(6), p. 647-648.
- [16] Parish R.L.: Granular spreaders: selection, calibration, testing and use. Louisiana Agricultural Station. Baton Rouge, Louisiana, USA, 1999.
- [17] Parish R.L.: Evaluation of a homeowner rotary spreader with deflector to close one side of the pattern. Applied Engineering in Agriculture, 2003, 19(6), p. 641-643.
- [18] PN-EN 13739-2 Polska Norma: Maszyny rolnicze. Rozsiewacze i siewniki rzutowe nawozów stałych. Ochrona Środowiska. Metody badań, 2004.

## TEST METHODS OF CETRIFUGAL SPREADERS

### Summary

*The transverse and longitudinal distribution of mineral fertilizers is the main criterion of the quality of spread dispersion as well as of the quality of fertilizer spreaders and salt spreaders. Various constructional and operating factors have an influence on the distributing variation of mineral fertilizers. The correct choice of these parameters and their adjustment requires intensive laborious empirical research in the laboratory and the field. Such studies rely on the performance test for spreading into the collectors and then counting (weighing) fertilizer granules spread by fertilizer spreader discs and on the determination of coefficient of variation (CV). Such studies are conducted all over the world, but not all the procedures are the same. The article shows different methods of evaluation of disc fertilizer spreaders based on the review of different standards.*

**Key words:** spread, quality, mineral fertilizers, centrifugal spreaders, field experimentation