

## Josef KRUPÍČKA

Czeski Uniwersytet Rolniczy w Pradze, Katedra Maszyn Rolniczych  
165 21 Praha - Suchdol, Kamýcká 129, Czeska Republika  
e-mail: [Krup@tf.czu.cz](mailto:Krup@tf.czu.cz)

## Tomasz K. DOBEK

Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie  
Katedra Budowy i Użytkowania Urządzeń Technicznych  
71-459 Szczecin, ul. Papieża Pawła VI/3  
e-mail: [tomasz.dobek@zut.edu.pl](mailto:tomasz.dobek@zut.edu.pl)

# QUALITY ASSESSMENT GRANULAR AMMONIUM NITRATE MINERAL FERTILIZER

## Summary

*Physical properties of commercial fertilizers play important role from precision application point of view. Granulometric evaluation is usually performed by sieve separation according ČSN 01 50 30 standard. The main subject of this work is the presentation of separation results when vertical airflow is used. The studies suggest that the average critical velocity is  $13,43 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , standard deviation  $3,69 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , and the coefficient of variation of 0.28%*

# OCENA JAKOŚCI AZOTANU AMONOWEGO GRANULOWANEGO NAWOZU MINERALNEGO

## Streszczenie

*Z punktu widzenia precyzyjnej aplikacji nawozów mineralnych bardzo istotną rolę odgrywają ich fizyczne właściwości, skład granulometryczny, który jest określony przez czeską normę ČSN 015030. W artykule przedstawiono wyniki klasyfikacji granul nawozów mineralnych, według ich masy, przy wykorzystaniu do rozdziału pionowego strumienia powietrza. Z przeprowadzonych badań wynika, że średnia krytyczna prędkość wynosi  $13,43 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , odchyłka standardowa  $3,69 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , a współczynnik zmienności 0,28 %.*

## 1. Wprowadzenie

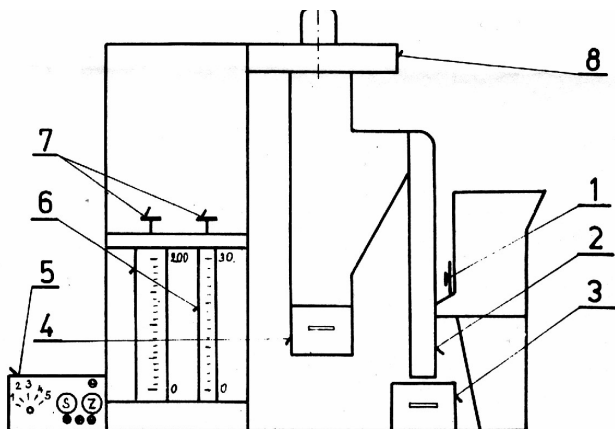
Podstawowym elementem oceny agrotechnicznej przy nawożeniu jest aplikacja określonej dawki na jednostkę powierzchni w wymaganym terminie agrotechnicznym, a także równomierne rozmieszczenie nawozu na powierzchni pola [1, 2, 3]. Dążenie do poprawy jakości rozsiewania nawozów mineralnych powoduje wprowadzanie nowych rozwiązań konstrukcyjnych, nowych technologii oraz poprawy jakości nawozów. W programie tworzenia precyzyjnych technologii w rolnictwie istotną rolę odgrywa aplikacja nawozów mineralnych, które w większości są granulowane. Jakość aplikacji tych nawozów zależy od składu chemicznego oraz od właściwości fizyczno-mechanicznych. Z tych właściwości bardzo duże znaczenie ma tzw. skład granulometryczny nawozu, który jest określany według ČSN 015030 za pomocą zestawu sit. Za pomocą tych sit uzyskuje się tylko strukturę wielkościową granul nawozów mineralnych, natomiast na równomierny rozkład nawozu na polu ma wpływ również masa granul. Prawidłowa granulacja nawozów i stała masa granul poprawiają rozkład podłużny i poprzeczny aplikowanych nawozów. Celem badań było określenie frakcji granul i stałości masy nawozu mineralnego – azotanu amonowego oraz określenie zależności między strumieniem powietrza, a jego prędkością.

## 2. Materiał i metody

Granulometryczny skład nawozu mineralnego azotanu amonowego można bardzo dobrze określić za pomocą pio-

nowego strumienia powietrza wykorzystywanego w laboratoryjnym pneumatycznym sortowniku. Przy różnych ilościach strumienia powietrza, w określonym wcześniej zakresie, następuje podział na grupy granul badanej próbki nawozu mineralnego ze względu na ich masę. Liczba grup odpowiada ilości wykorzystanego powietrza ( $\text{m}^3\cdot\text{h}^{-1}$ ). Waznieniem grup, określeniem liczby granul w poszczególnych grupach oraz rozdzielaniem granul za pomocą sit uzyskujemy kompleksową informację dotyczącą badanej próbki nawozów mineralnych. Następnie określa się względną liczbę granul w o klasyfikowanych grupach i jej zależność od parametrów strumienia powietrza. Badaniom poddano granulowany nawóz mineralny – azotan amonu. Badania przeprowadzono z wykorzystaniem pneumatycznego sortownika K-293, elektronicznej wagi oraz zestawu sit. W laboratorium na stanowisku pomiarowym określono minimalną i maksymalną ilość oraz prędkość powietrza, przy której były unoszone cząsteczki nawozu i następowało rozdzielanie granul. Następnie za pomocą walców pomiarowych określono przedziały prędkości pomiarowych, tak żeby było 8-10 klas. W badaniach wykorzystywano sita o zakresie 2, 3,5 i 5 mm, a próbki miały masę 500 g. Próbką była wsypana do zbiornika 1. z regulowaną zasuwą. Ze zbiornika za pomocą wibratora dostaje się do strumienia powietrza w kanale pionowym 2. Tu następuje separacja. Granule z większą prędkością krytyczną niż jest nastawiona spada kanałem do zbiornika 3.

Na rys. 1 przedstawiono schemat laboratoryjnego pneumatycznego sortownika K-293 służącego do rozdziału granul na frakcje nawozów mineralnych.



Rys. 1. Schemat laboratoryjnego pneumatycznego sortownika K-293 do rozdziału na frakcje granул nawozu mineralnego: 1. regulowana zasuwa zsypu, 2. kanał pionowy, 3. pojemnik, 4. pojemnik, 5. tablica sterująca, 6. mały i duży walec pomiarowy, 7. śruby regulacyjne walców, 8. wentylator

Fig. 1. Schematic of laboratory air sorters K-293 to the chapter on fractions of granular fertilizer mineral: 1. adjustable latch repose, 2. vertical channel, 3. container, 4. container, 5. control panel, 6. small and large measuring cylinder, 7. needles rollers, 8. fan

Granule z mniejszą prędkością krytyczną są unoszone pionowo przez strumień powietrza i w rozszerzonej części kanału wpadają do zbiornika 4. Cała masa z tego zbiornika jest przepisywana do pomiarowego naczynia. Następnie po zmianie prędkości i zmianie strumienia powietrza nawóz ze zbiornika 3 podawany jest do zbiornika 1 i cały cykl jest powtarzany tak długo, aż zostanie rozdzielona cała próbka. Dla następnej próbki cały ten proces jest powtarzany. Badania powtarzano 8-krotnie. Pomiaru wykonywano w laboratorium, w który średnia temperatura wyniosła 22°C, a średnia wilgotność 22%. Do oceny statystycznej uzyskanych wyników wykorzystano program statystyczny SAS [4, 5].

### 3. Wyniki i dyskusja

Wstępne pomiary w laboratorium na pneumatycznym sortowniku K-292 pozwoliły na określenie zakresu krytycznej prędkości strumienia powietrza w zależności od wielkości granул i masy w poszczególnych grupach granул, co z kolei dało możliwość przeliczenia uzyskanych wartości na strumień powietrza wykorzystywany do podziału na frakcje badany nawóz. Dla przyjętych zakresów granул 2,0-3,5 mm i 3,5-5,0 mm ustalono prędkości krytyczne oraz przeliczono na strumień powietrza wykorzystywany w pneumatycznym sortowniku, a uzyskane wartości przedstawiono w tab. 1.

Jak wynika z przeprowadzonych badań krytyczne prędkości dla frakcji 2-3,5 mm wynosiły od 7,94 m·s<sup>-1</sup> do 16,48 m·s<sup>-1</sup>, a obliczony strumień powietrza dla poszczególnych prędkości od 65 m<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup> do 135 m<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup>, natomiast dla frakcji 3,5-5 mm krytyczne prędkości wahały się od 9,15 m·s<sup>-1</sup> do 18,91 m·s<sup>-1</sup>, a obliczony strumień powietrza dla poszczególnych prędkości 75 m<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup> do 155 m<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup>. Średnia prędkość krytyczna dla badanej próbki nawozu mineralnego wyniosła 13,43 m·s<sup>-1</sup>, obliczony średni strumień powietrza 110 m<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup>, odchyłka standardowa dla prędkości krytycznej wniósła 3,69 m·s<sup>-1</sup>, natomiast dla strumienia powietrza 30,28 m<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup>, a średni współczynnik wariancji 0,28%.

Z przeprowadzonych badań wynika, że biorąc pod uwagę masę granул oraz ich wielkość, to największą grupę stanowiły granule nawozu mineralnego – azotanu amonowego o wielkości granул 2-3,5 mm oraz 3,5-5 mm. Średnia masa wykorzystywanych próbek wyniosła 498,65 g i wahała się od 498,12 do 499,75 g. Największą średnią masę granул uzyskano dla prędkości strumienia powietrza 125 m<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup> i wyniosła ona 172,82 g, a najmniejszą 0,82 g przy strumieniu 155 m<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup>. Największą masą charakteryzowała się frakcja 3,5-5 mm, jej średnia wartość wyniosła 370,94 g i wahała się od 346,31,14 do 391,94 g. Na drugim miejscu pod względem masy była frakcja 2-3,5 mm, której średnia masa wyniosła 118,76 g i wahała się od 99,52 do 142,66 g.

Tab. 1. Wyznaczone wartości krytyczne prędkości strumienia powietrza oraz wyliczone strumienie powietrza wykorzystywane w badaniach

Table 1. Designated critical value of air flow velocity and calculated air streams used in research

	Wielkości granул 2-3,5		Wielkości granул 3,5-5		Razem	
	v [m·s <sup>-1</sup> ]	V [m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> ]	v [m·s <sup>-1</sup> ]	V [m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> ]	v [m·s <sup>-1</sup> ]	V [m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> ]
	7,94	65			7,94	65
	9,15	75	9,15	75	9,15	75
	10,37	85	10,37	85	10,37	85
	11,60	95	11,60	95	11,60	95
	12,82	105	12,82	105	12,82	105
	14,04	115	14,04	115	14,04	115
	15,26	125	15,26	125	15,26	125
	16,48	135	16,48	135	16,48	135
			17,70	145	17,70	145
			18,91	155	18,91	155
x	12,21	100	14,04	115	13,43	110
σ	2,99	24,49	3,34	27,39	3,69	30,28
Va	0,24	0,24	0,24	0,24	0,28	0,28

gdzie: x – średnia arytmetyczna  
σ – odchyłka standardowa  
Va – współczynnik wariancji

Źródło: obliczenia własne autorów

Średni procentowy udział tych dwóch frakcji w badanej próbce wyniósł 98,2%. Natomiast średni procentowy udział masy dla frakcji nawozu 3,5-5,0 mm wyniósł 48,51% i maksymalną wartość osiągnął przy strumieniu powietrza wynoszącym  $135 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  i wyniósł 95,59%, a najmniejszy procentowy udział masy w tej grupie uzyskano dla strumienia wynoszącego  $65 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  – 1,2%. Dla drugiej grupy frakcji 2–3,5 mm średni procentowy udział masy granul wyniósł 40% i wahał się od 82,85% dla strumienia powietrza wynoszącego  $95 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  do 1,36% przy strumieniu powietrza  $135 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . Dla pozostałych frakcji średni procentowy udział masy granul poniżej 2 mm wyniósł 5,83% i wahał się od 36,14% przy strumieniu powietrza  $65 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  do 0,01% i strumieniu  $125 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , a dla frakcji powyżej 5 mm średni procentowy udział masy granul wyniósł 5,66%, a jego maksymalna wartość 40,24% wystąpiła w strumieniu powietrza  $155 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , natomiast wartość minimalna to 0% w strumieniu powietrza 75-  $85 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . Szczegółowe dane dotyczące przeprowadzonych badań przedstawiono w tab. 2.

Analizując natomiast liczbę granul w czterech frakcjach wynika, że największą grupę stanowiły granule nawozu mineralnego azotanu amonowego o wielkości 2–3,5 mm oraz 3,5–5 mm. Średnia liczba granul w badanych próbkach wyniosła 12897 granul i wahała się od 12349 do 14003. Największą średnią liczbę granul uzyskano dla prędkości strumienia powietrza  $125 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  i wyniosła ona 3396 granul, a najmniejszą 9 granul przy strumieniu  $155 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . Największą liczbą granul charakteryzowała się frakcja 3,5–5 mm, jej średnia wartość wyniosła 6840 granul i wahała się od 6447 do 7274. Na drugim miejscu pod względem liczby była frakcja 2–3,5 mm, której średnia liczba wyniosła 5666 granul i wahała się od 4760 do 7055. Średni procentowy udział tych dwóch frakcji w badanej próbce wyniósł 96,97%. Średni procentowy udział liczby granul dla frakcji nawozu 2–3,5 mm wyniósł 43,95% i maksymalną wartość osiągnął przy strumieniu powietrza wy-

noszącym  $135 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  i wyniósł on 89,39%, a najmniejszy procentowy udział w tej grupie uzyskano dla strumienia wynoszącego  $155 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  – 0% i  $145 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  – 0,54%. Natomiast na drugim miejscu była frakcja o średnicy granul 3,5–mm, której maksymalny procentowy udział liczby granul wyniósł w strumieniu powietrza  $135 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  – 95,73%, a najmniejszy procentowy udział liczby granul uzyskano w strumieniu powietrza wynoszącym  $65 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  – 0,25%. Uzyskane wyniki procentowego udziału liczby granul badanego azotanu amonowego przedstawiono w tab. 3.

#### 4. Podsumowanie

Należy stwierdzić, że klasyfikacja granulowanych nawozów mineralnych za pomocą pionowego strumienia powietrza z wykorzystaniem zestawu sit umożliwiła ich kompleksową analizę granulometryczną. Oprócz oceny składu granul nawozów mineralnych otrzymujemy również informacje o masie i aerodynamicznych właściwościach nawozów. Z przeprowadzonych badań wynika, że pod względem jakości badany nawóz odpowiada obowiązującym w Czeskiej Republice normom ČSN 015030. Biorąc pod uwagę średnicę granul od 2 do 5 mm, to w przypadku badanego nawozu (azotanu amonowego) ich średni udział wyniósł 96,97%. Pozostałą liczbę granul stanowiły granule poniżej 2 mm (średnio 0,5%) i powyżej 5 mm (średnio 2,53%). Podobnie wygląda struktura masy granul w badanych próbkach. We frakcjach o średnicy od 2 do 5 mm średni udział w całej masie próbki wyniósł 98,2%, a pozostałe 1,8% to frakcje poniżej 2 mm (0,01%) i powyżej 5 mm (1,79%). Za pomocą programu statystycznego SAS określono, że rozdział strumieniem powietrza granul z uwzględnieniem ich masy i liczby jest rozkładem normalnym, który charakteryzowany jest za pomocą wartości średniej, odchyłki standardowej oraz współczynnikiem korelacji.

Tab. 2. Procentowy udział granul badanego nawozu azotanu amonowego w zależności od ich wielkości i masy  
Table 2. Percentage of test granules of ammonium nitrate fertilizer, depending on their size and weight

V [ $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ ]	Względna wartość masy w [%]									
	65	75	85	95	105	115	125	135	145	155
$f_m$	0,17	0,62	1,49	4,29	11,82	26,13	34,65	17,46	3,21	0,16
< 2	36,14	13,64	6,88	1,26	0,31	0,04	0,01	0,03	0,00	0,00
2 – 3,5	62,65	72,40	79,76	82,85	61,23	31,37	8,21	1,36	0,19	0,00
3,5 – 5	1,2	13,96	13,36	15,84	38,06	68,10	90,89	95,59	88,32	59,76
> 5	0,00	0,00	0,00	0,05	0,41	0,49	0,89	3,02	11,49	40,24
< 2	0,06	0,08	0,10	0,05	0,04	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00
2 – 3,5	0,10	0,45	1,19	3,56	7,24	8,20	2,85	0,24	0,01	0,00
3,5 – 5	0,00	0,09	0,20	0,68	4,50	17,79	31,50	16,69	2,84	0,10
> 5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,13	0,31	0,53	0,37	0,07

gdzie:  $f_m$  – wartość średnia próbki

Źródło: obliczenia własne autorów

Tab. 3. Procentowy udział granul badanego nawozu azotanu amonowego w zależności od ich wielkości i liczby  
Table 3. Percentage of test granules of ammonium nitrate fertilizer, depending on their size and number of

V [ $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ ]	Względna wartość liczby granul w [%]									
	65	75	85	95	105	115	125	135	145	155
$f_{l}$	1,20	2,88	5,39	10,19	16,56	25,11	26,33	10,64	1,63	0,07
< 2	42,97	23,00	14,43	3,89	0,81	0,17	0,00	0,00	0,00	0,00
2 – 3,5	56,78	75,01	80,65	89,39	77,17	44,30	13,11	2,59	0,54	0,00
3,5 – 5	0,25	1,99	4,92	6,70	21,95	55,34	86,45	95,73	91,81	66,22
> 5	0,00	0,00	0,00	0,02	0,07	0,19	0,43	1,68	7,60	33,78
< 2	0,52	0,66	0,78	0,40	0,13	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00
2 – 3,5	0,68	2,16	4,35	9,10	12,78	11,12	3,45	0,28	0,01	0,00
3,5 – 5	0,00	0,06	0,27	0,68	3,63	13,89	22,77	10,19	1,50	0,05
> 5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,05	0,11	0,18	0,12	0,02

gdzie:  $f_{l}$  – wartość średnia próbki

Źródło: obliczenia własne autorów

## 5. Literatura

- [1] Bartoš V., Waradzin, W. 1981. K problematike hodnotenia granulovaných hnojív. *Agrochémia*, 21, 220 s.
- [2] Csizmazia Z. 2000. Some physical properties of fertilizer. In: Proc. 11<sup>th</sup> Int. Conf. and Exhibition of Mechanization of Field Experiments. Debrecen. University Debrecen, s.219-226.
- [3] Jager L., Hegner P. 1987. Kvalita tuhých průmyslových hnojív. Praha: SNTL, 226 s.
- [4] Kába, B., Svatošová, L. 2001. *Statistika*, ČZU, Praha 2001.
- [5] Svatošová L., Hříbal J., Volma M. 2000. *Systém SAS - příručka pro uživatele*, ČZU Praha.