

PRÓBA WYRÓWNANIA STRUGI NASIENNEJ W SIEWNIKU RZĘDOWYM Z GRAWITACYJNYM TRANSPORTEM NASION

*Piotr Markowski, Łukasz Letki, Tadeusz Rawa, Zdzisław Kaliniewicz, Andrzej Anders
Katedra Maszyn Roboczych i Metodologii Badań, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie*

Janusz Zarajczyk

Katedra Maszyn Ogrodniczych i Leśnych, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

Streszczenie. Badano dwa rozwiązania funkcjonalne zespołu wysiewającego siewnika: I – zespół wysiewający wraz z teleskopowym przewodem nasiennym, i II – kołeczkowy zespół wysiewający z teleskopowym przewodem nasiennym z dodatkowym wałkiem wyrównującym strugę nasion systemu Reguline oraz prędkość siewu i ilość wysiewu nasion pszenicy ozimej odmiany *Tonacja*. Stwierdzono, że wałek wyrównujący strugę nasion istotnie wpływa na poprawę wskaźnika nierównomierności wysiewu nasion, mając dodatkowo tę zaletę, że na wartość tego wskaźnika nie wpływa prędkość robocza agregatu i ilość wysiewu nasion w przyjętym w badaniach zakresie. Wartość wskaźnika nierównomierności wysiewu nasion po zastosowaniu wałka wyrównującego strugę nasion zmniejszyła się o 8% – z 0,48 do 0,44.

Słowa kluczowe: zespół wysiewający, wałek wyrównujący, nierównomierność wysiewu

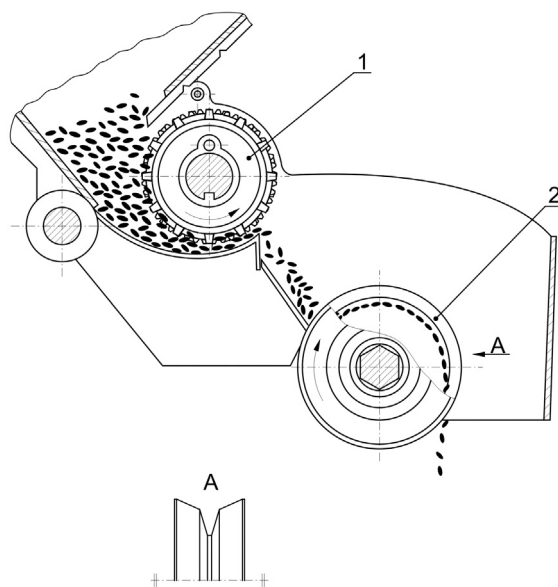
Wstęp i cel pracy

W ostatnich latach obserwuje się zwiększone zainteresowanie doskonaleniem konstrukcji podzespołów funkcjonalnych siewników uniwersalnych (zespołów wysiewających, redlic), mających bezpośredni wpływ na jakość siewu. Zmiany konstrukcyjne wprowadzane w siewnikach z mechanicznym rozdziałem i dozowaniem oraz grawitacyjnym transportem nasion dotyczą głównie zwiększenia uniwersalności zespołów wysiewających przy zachowaniu wskaźnika nierównomierności wysiewu [Lejman, Owsiak 1994a; 1994b; Łazarczyk 1997; Rawa, Markowski 2001; Lipiński 2006; Markowski 2007; Markowski, Rawa 2008; 2009]. Jak dotąd, w siewnikach mechanicznych z grawitacyjnym transportem nasion brak jest rozwiązań w postaci dodatkowych elementów wyrównujących strugę nasienną, jak ma to w miejsce w siewnikach mechaniczno-pneumatycznych firmy Sulky.

W związku z tym celem pracy było określenie wpływu dodatkowego elementu wyrównującego strugę nasion wysiewaną typowym dwusegmentowym kołeczkowym zespołem wysiewającym na równomierność wysiewu nasion pszenicy ozimej odmiany *Tonacja* przy różnej prędkości siewu i ilości wysiewu.

Obiekt i metodyka badań

Obiektem badań był dwusegmentowy kołeczkowy zespół wysiewający z wałkiem wyrównującym strugę nasion zapożyczony z siewnika SPI SOLO Reguline firmy Sulky (rys. 1). Badania przeprowadzono dla kołeczkowego zespołu wysiewającego wraz z teleskopowym przewodem nasiennym (I sytuacja badawcza), i kołeczkowego zespołu wysiewającego z wałkiem wyrównującym strugę nasion z teleskopowym przewodem nasiennym (sytuacja II – system Reguline). Eksperyment realizowano w warunkach laboratoryjnych na stanowisku badawczym z lepką taśmą klejową do oceny równomierności wysiewu nasion [Markowski i in. 2007].



Rys. 1. System wysiewu nasion Reguline firmy Sulky: 1 – wałek dozujący, 2 – wałek wyrównujący strugę nasion

Fig. 1. Reguline sowing system of Sulky company: 1 – dispensing shaft, 2 – levelling shaft of seeds stream

Źródło: opracowanie własne

Materiał doświadczalny stanowiły nasiona pszenicy ozimej odmiany *Tonacja* o czystości 100%, wilgotności względnej 11,8% i masie tysiąca nasion 55,03 g.

W badaniach przyjęto następujące czynniki:

1. Stałe:

- szerokość międzyrzędzi – 0,1 m,
- szerokość szczeliny wysiewającej – 2 mm,
- szerokość szczeliny zasilającej w skrzyni nasiennej – 28 mm,

- kąt pochylenia przewodu nasiennego – 35° ,
 - długość przewodu nasiennego – 600 mm.
2. Zmienne niezależne:
- ilość wysiewu nasion pszenicy – $165\text{--}275 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, skokowo co $27,5 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, co odpowiada obsadzie od 300 do 500 roślin $\cdot\text{m}^{-2}$, skokowo co 50 roślin $\cdot\text{m}^{-2}$,
 - prędkość siewu – $1,5\text{--}3,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, skokowo co $0,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.
3. Wynikowe:
- nierównomierność wysiewu nasion – δ .

Badania przeprowadzono w dwóch etapach. W pierwszym wykonano pomiary związane z wyznaczeniem charakterystyki wydajnościowej kołeczkowego zespołu wysiewającego, na podstawie której dla założonych parametrów roboczych (prędkości taśmy klejowej i ilości wysiewu nasion) wyznaczono prędkości obrotowe wałka wysiewającego. W etapie tym wyznaczono także prędkości obrotowe wałka wyrównującego systemu Reguline. W etapie drugim, związanym z wyznaczeniem nierównomierności dozowania nasion, badania przeprowadzono w trzech powtórzeniach, zgodnie z normą PN-84/R-55050.

Wyniki pomiarów poddano analizie statystycznej, w której uwzględniono analizę korelacji, analizę wariancji i analizę regresji wielu zmiennych stopnia drugiego, z procedurą krokowej eliminacji nieistotnych zmiennych i stopnia wielomianu.

Wyniki badań

Na podstawie analizy korelacji liniowej czynników stwierdzono, że na poziomie statystycznej istotności $\alpha=0,05$, na nierównomierność wysiewu nasion pszenicy kołeczkowym zespołem wysiewającym (I sytuacja badawcza) wpływ mają obydwie zmienne niezależne: ilość wysiewu nasion i prędkość siewu – współczynnik korelacji wynosi odpowiednio $-0,48$ i $-0,31$, przy wartości krytycznej wynoszącej $0,23$ (tab. 1). W przypadku drugiej sytuacji badawczej (nasiona wysiewane kołeczkowym zespołem wysiewającym z wałkiem wyrównującym strugę nasion i teleskopowym przewodem nasiennym), wpływ na nierównomierność wysiewu nasion ma tylko jedna zmienna niezależna, ilość wysiewu – współczynnik korelacji wynosi $-0,28$ i jest tylko nieznacznie większy od wartości krytycznej (tab. 1).

Przeprowadzona analiza statystyczna nie pozwoliła na wyznaczenie statystycznie istotnych równań, opisujących nierównomierność wysiewu nasion pszenicy – procent wyjaśnionej zmienności dla I sytuacji badawczej wyniósł prawie 33, a dla II zaledwie 7,6%.

W związku z powyższym przeprowadzono analizę wariancji, stosując klasyfikację podwójną z interakcją (tab. 2 i 3) rozpatrując następujące hipotezy statystyczne:

1. Dla ilości wysiewu Q_i :
 - **Hipoteza H_0** – średnie wartości nierównomierności wysiewu nasion pszenicy, przy pięciu różnych ilościach wysiewu są sobie równe,
2. Dla prędkości siewu v_s :
 - **Hipoteza H_0** – średnie wartości nierównomierności wysiewu nasion pszenicy, przy pięciu różnych prędkościach siewu, są sobie równe,

3. Dla interakcji ilości wysiewu Q_i i prędkości siewu v_s :
- **Hipoteza H_0** – średnie wartości nierównomierności wysiewu nasion pszenicy, przy pięciu różnych ilościach wysiewu i pięciu prędkościach siewu, są sobie równe.
- Dla tak postawionych hipotez H_0 rozpatrywano hipotezy alternatywne H_1 o braku równości wartości średnich nierównomierności wysiewu nasion pszenicy.

Tabela 1. Analiza regresji nierównomierności wysiewu nasion pszenicy
Table 1. Unevenness regression analysis of sowing wheat seeds

Informacje ogólne: Liczba zmiennych 3 Liczba obserwacji 75							
Lp.	Zmienna	Wartość średnia		Odchylenie standardowe		Współczynnik zmienności [%]	
		sytuacja I	sytuacja II	sytuacja I	sytuacja II	sytuacja I	sytuacja II
1.	Ilość wysiewu Q_i [$\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$]	220,00		39,1528		17,80	
2.	Prędkość siewu v_s [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$]	2,5		0,7119		28,47	
3.	Nierównomierność wysiewu nasion δ [-]	0,47	0,44	0,0641	0,0674	13,51	15,44
Macierz korelacji							
I sytuacja badawcza				II sytuacja badawcza			
	Q_i	v_s	δ	Q_i	v_s	δ	
Q_i	1,000	0,000	-0,476	1,000	0,000	-0,275	
v_s	0,000	1,000	-0,309	0,000	1,000	0,058	
δ	-0,476	-0,309	1,000	-0,275	0,058	1,000	
Weryfikacja hipotezy o istotności współczynników równania regresji							
Wartość krytyczna współczynnika korelacji				sytuacja I	sytuacja II		
Wartość statystyki F				0,227	0,227		
Prawdopodobieństwo przekroczenia statystyki F p(F)				17,534	5,991		
Procent wyjaśnionej zmienności				0,000	0,017		
Odchylenie standardowe reszt				32,75	7,58		
				0,053	0,065		
Równania regresji							
Sytuacja badawcza I				Sytuacja badawcza II			
$\delta = -0,00046 \cdot Q_i - 0,000128 \cdot Q_i \cdot v_s + 0,646205$				$\delta = -0,000474 \cdot Q_i + 0,540488$			

– przyjęty poziom istotności $\alpha = 0,05$

Źródło: obliczenia własne autorów

– accepted significance level $\alpha = 0.05$

Analiza wariancji (tab. 2 i 3), dotycząca nierównomierności wysiewu nasion pszenicy wykazała, że w I sytuacji badawczej tylko w przypadku drugiej zmiennej niezależnej, tj. ilości wysiewu hipotezę H_0 o równości wartości średnich nierównomierności wysiewu nasion pszenicy należy odrzucić na korzyść hipotezy alternatywnej H_1 . Z kolei w II sytuacji badawczej nie ma podstaw do odrzucenia hipotez H_0 podanych powyżej. Można, zatem w tej sytuacji przyjąć, że w całym przyjętym zakresie zmienności prędkości siewu i ilości wysiewu, nierównomierność wysiewu nasion pszenicy kształtuje się na praktycznie stałym poziomie.

Ponadto, przeprowadzona analiza wariancji z interakcją dwóch zmiennych niezależnych nie wykazała ich istotnego wpływu na średnią wartość wskaźnika nierównomierności wysiewu nasion pszenicy, zarówno dla I, jak i II sytuacji badawczej.

Tabela 2. Analiza wariancji nierównomierności wysiewu nasion pszenicy kołeczkowym zespołem wysiewającym wraz z teleskopowym przewodem nasiennym (klasyfikacja podwójna – model stały ortogonalny)

Table 2. Unevenness regression analysis of sowing wheat seeds with a pin sowing unit with a levelling shaft with a telescopic delivery tube (double classification – fixed orthogonal model)

Lp.	Prędkość siewu v_s [$m \cdot s^{-1}$] Czynnik A	Liczebność	Wartość średnia [-]	Odchylenie standardowe [-]	Współczynnik zmienności [%]	
A1	1,5	15	0,5065	0,0624	12,32	
A2	2,0	15	0,4842	0,0679	14,02	
A3	2,5	15	0,4730	0,0610	12,89	
A4	3,0	15	0,4608	0,0634	13,75	
A5	3,5	15	0,4486	0,0582	12,97	
Lp.	Ilość wysiewu Q_i [$kg \cdot ha^{-1}$] Czynnik B	Liczebność	Wartość średnia [-]	Odchylenie standardowe [-]	Współczynnik zmienności [%]	
B1	165,0	15	0,5215	0,0566	10,86	
B2	192,5	15	0,4996	0,0539	12,79	
B3	220,0	15	0,4706	0,0492	10,46	
B4	247,5	15	0,4347	0,0620	14,25	
B5	275,0	15	0,4467	0,0510	11,42	
Tablica analizy wariancji						
Źródło zmienności		Stopnie swobody	Suma kwadratów	Średni kwadrat		
Czynnik A		4	0,0297	0,0074		
Czynnik B		4	0,0782	0,0195		
Interakcja kombinacji czynników A×B		16	0,0218	0,0014		
Błąd		50	0,1746	0,0035		
Wartość statystyki F_A czynnika A			2,1264			
Prawdopodobieństwo przekroczenia wartości F_A			0,0903			
Ponieważ $p(F_A) > \alpha$ – nie ma podstaw do odrzucenia hipotezy H_0						
Wartość statystyki F_B czynnika B			5,5962			
Prawdopodobieństwo przekroczenia wartości F_B			0,0009			
Ponieważ $p(F_B) < \alpha$ – hipotezę H_0 należy odrzucić na korzyść hipotezy alternatywnej H_1						
	średnia δ	B5	B4	B3	B2	B1
B1	0,5215	1	1	5	0	0
B2	0,4996	5	1	0	0	
B3	0,4706	5	0	0		
B4	0,4347	5	0			
B5	0,4467	0				
Wartość statystyki F_{AB} kombinacji czynników A×B			0,3907			
Prawdopodobieństwo przekroczenia wartości F_{AB}			0,8143			
Ponieważ $p(F_{AB}) > \alpha$ – nie ma podstaw do odrzucenia hipotezy H_0						

– przyjęty poziom istotności $\alpha = 0,05$

– accepted significance level $\alpha = 0.05$

Źródło: obliczenia własne autorów

Tabela 3. Analiza wariancji nierównomierności wysiewu nasion pszenicy kołeczkowym zespołem wysiewającym z wałkiem wyrównującym i teleskopowym przewodem nasiennym (klasyfikacja podwójna – model stały ortogonalny)

Table 3. Unevenness regression analysis of sowing wheat seeds with a pin sowing unit with a levelling shaft and a telescopic delivery tube (double classification – fixed orthogonal model)

Lp.	Prędkość siewu v_s [$m \cdot s^{-1}$] Czynnik A	Liczebność	Wartość średnia [-]	Odchylenie standardowe [-]	Współczynnik zmienności [%]
A1	1,5	15	0,4334	0,0500	11,53
A2	2,0	15	0,4246	0,0628	14,78
A3	2,5	15	0,4352	0,0804	18,49
A4	3,0	15	0,4573	0,0867	18,96
A5	3,5	15	0,4308	0,0539	12,50
Lp.	Ilość wysiewu Q_i [$kg \cdot ha^{-1}$] Czynnik B	Liczebność	Wartość średnia [-]	Odchylenie standardowe [-]	Współczynnik zmienności [%]
B1	165,0	15	0,4790	0,0554	11,56
B2	192,5	15	0,4307	0,0709	16,46
B3	220,0	15	0,4392	0,0742	16,89
B4	247,5	15	0,4060	0,0615	15,14
B5	275,0	15	0,4262	0,0594	13,94
Tablica analizy wariancji					
Źródło zmienności	Stopnie swobody	Suma kwadratów	Średni kwadrat		
Czynnik A	4	0,0093	0,0023		
Czynnik B	4	0,0433	0,0108		
Interakcja kombinacji czynników A×B	16	0,0502	0,0031		
Błąd	50	0,2331	0,0047		
Wartość statystyki F_A czynnika A				0,4969	
Prawdopodobieństwo przekroczenia wartości F_A				0,7380	
Ponieważ $p(F_A) > \alpha$ – nie ma podstaw do odrzucenia hipotezy H_0					
Wartość statystyki F_B czynnika B				2,3200	
Prawdopodobieństwo przekroczenia wartości F_B				0,0689	
Ponieważ $p(F_B) > \alpha$ – nie ma podstaw do odrzucenia hipotezy H_0					
Wartość statystyki F_{AB} kombinacji czynników A×B				0,6735	
Prawdopodobieństwo przekroczenia wartości F_{AB}				0,6135	
Ponieważ $p(F_{AB}) > \alpha$ – nie ma podstaw do odrzucenia hipotezy H_0					

– przyjęty poziom istotności $\alpha = 0,05$

Źródło: obliczenia własne autorów

– accepted significance level $\alpha = 0.05$

Postanowiono także odpowiedzieć na pytanie: czy zastosowanie dodatkowego wałka wyrównującego strugę nasion wpłynie na poprawę równomierności ich wysiewu? W związku z tym przeprowadzono test t-Studenta dla prób zależnych, weryfikując hipotezę zerową H_0 zakładającą, że średnia wartość nierównomierności wysiewu nasion kołeczkowym zespołem wysiewającym i teleskopowym przewodem nasiennym (I sytuacja badawcza) nie różni się istotnie na poziomie $\alpha=0,05$ od średniej wartości nierównomierności wysiewu nasion kołeczkowym zespołem wysiewającym z dodatkowym wałkiem wyrówn-

nującym strugę nasion i teleskopowym przewodem nasiennym (II sytuacja badawcza), i hipotezę alternatywną H_1 w brzmieniu przeciwstawnym.

Z analizy statystycznej (tab. 4) wynika, że nierównomierność wysiewu nasion pszenicy w I i II sytuacji badawczej, przy różnej ilości wysiewu i prędkości siewu, wynosi odpowiednio 0,48 i 0,44. Zastosowanie za kołeczkowym zespołem wysiewającym, a przed teleskopowym przewodem nasiennym, dodatkowego wałka wyrównującego strugę nasion wpłynęło na poprawę równomierności wysiewu nasion o 8%.

Tabela 4. Wyniki testu t-Studenta o równości średnich nierównomierności wysiewu nasion pszenicy dla obydwu sytuacji badawczych (test dla prób zależnych)

Table 4. Results of student's t-test on equality of average unevenness of sowing wheat seeds for both experimental situations (a test for independent experiments)

Cecha	Sytuacja badawcza	
	I	II
Wartość średnia [-]	0,4746	0,4362
Odchylenie standardowe [-]	0,0641	0,0674
Średnia różnic	-0,0384	
Odchylenie standardowe różnic	0,0796	
Wartość statystyki t-Studenta	-4,1444	
Prawdopodobieństwo przekroczenia obliczonej wartości t-Studenta	0,0000	
Liczba stopni swobody	74	

– przyjęty poziom istotności $\alpha = 0,05$

– accepted significance level $\alpha = 0,05$

Źródło: obliczenia własne autorów

Wnioski

1. Zastosowanie w zespole wysiewającym typu kołeczkowego z teleskopowym przewodem nasiennym dodatkowego elementu w postaci wałka wyrównującego strugę nasion powoduje istotną poprawę równomierności wysiewu nasion pszenicy. Wartość wskaźnika nierównomierności wysiewu nasion po zastosowaniu wałka wyrównującego strugę nasion zmniejszyła się o 8% – z wartości 0,48 do wartości 0,44.
2. Z analizy korelacji wynika, że spośród przyjętych zmiennych niezależnych, tj. prędkości siewu i ilości wysiewu, na nierównomierność wysiewu nasion pszenicy kołeczkowym zespołem wysiewającym z teleskopowym przewodem nasiennym ma wpływ ilość wysiewu nasion. W II sytuacji badawczej (kołeczkowy zespół wysiewający z wałkiem wyrównującym strugę nasion oraz teleskopowym przewodem nasiennym), żadna z przyjętych zmiennych niezależnych nie ma wpływu.
3. Kołeczkowy zespół wysiewający z dodatkowym elementem wyrównującym strugę nasion w postaci wałka przeciwbieżnego (system Regul-line), przy wysiewie nasion pszenicy w ilości od 165 do 275 kg·ha⁻¹ spełnia wymagania zawarte w PN-84/R-55050, wg której współczynnik nierównomierności podłużnej siewu nasion powinien wynosić poniżej wartości 0,45.

Bibliografia

- Lejman K., Owsiak Z. (1994a): Analiza konstrukcji przewodu nasiennego w aspekcie podłużnej nierównomierności wysiewu. Roczniki Nauk Rolniczych, T. 80-C-1, 143-149.
- Lejman K., Owsiak Z. (1994b): Badania elastycznych gumowych przewodów nasiennych. Roczniki Nauk Rolniczych, T. 80-C-1, 135-141.
- Lipiński A.J. (2006): Studia nad procesem rozpraszania nasion zbóż siewnikami mechanicznymi. Inżynieria Rolnicza, 1(76), ISSN 1429-7264.
- Łazarczyk A. (1997): Tendencje w konstrukcji zespołów wysiewających siewników uniwersalnych. Materiały VII Sympozjum im. prof. Cz. Kanafojskiego, nt.: „Problemy budowy oraz eksploatacji maszyn i urządzeń rolniczych”, Płock, 327-330.
- Markowski P. (2007): Analiza równomierności dozowania nasion kołeczkowymi zespołami wysiewającymi. Rozprawa doktorska. Wydział Nauk Technicznych UWM w Olsztynie. Maszynopis.
- Markowski P., Rawa T. (2008): Porównanie parametrów geometrycznych dwusegmentowych kołeczkowych zespołów wysiewających. Inżynieria Rolnicza, 10(108), 175-183.
- Markowski P., Rawa T. (2009): Kołeczkowy zespół wysiewający. Część I. Budowa i zasada funkcjonowania. Inżynieria Rolnicza, 5(114), 201-209.
- Markowski P., Rawa T., Warych G. (2007): Próba określenia wpływu przewodu nasiennego i redlicy siewnika na równomierność wysiewu nasion pszenicy. Inżynieria Rolnicza, 7(95), 137-143.
- Rawa T., Markowski P. (2001): Analiza kołeczkowych zespołów wysiewających w aspekcie ich konstrukcji i równomierności dozowania nasion. Inżynieria Rolnicza, 13(33), 383-389. PN-84/R-55050.1985: Metody badań siewników polowych rzędowych i rzutowych.

AN ATTEMPT TO EVEN THE SEED STREAM IN A SEED DRILL WITH GRAVITATIONAL TRANSPORT OF SEEDS

Abstract. Two functional solutions of the sowing unit of a seeder were investigated: I – a sowing unit along with a telescopic delivery tube and II – a pin sowing unit with a telescopic delivery tube with additional levelling shaft of the seed stream of Reguline system and the sowing speed and the amount of sowing wheat seeds of Tonacja variety. It was found that the levelling shaft of the seed stream significantly influences the improvement of the unevenness index of sowing seeds and additionally is advantageous because the value of this index is not affected by the operational speed of the aggregate and the amount of sowing in the scope accepted in the research. The value of the unevenness index of sowing after using the levelling shaft of the seed stream decreased of 8% – from the value of 0.48 to the value of 0.44.

Key words: sowing unit, levelling shaft, unevenness of sowing

Adres do korespondencji:

Piotr Markowski; e-mail: piotr.markowski@uwm.edu.pl
Katedra Maszyn Roboczych i Procesów Separacji
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
ul. M. Oczapowskiego 11
10-757 Olsztyn