

OCENA PRZYDATNOŚCI FOTOELEKTRYCZNEGO SEPARATORA
DO SORTOWANIA NASION GROCHU (*PISUM SATIVUM* L.)

Stanisław Konopka, Dariusz Choszcz

Katedra Maszyn Roboczych i Procesów Separacji, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski
ul. Oczapowskiego 11, 10-736 Olsztyn
e-mail: stanislaw.konopka@uwm.edu.pl

Streszczenie. Przedstawiono wyniki badań skuteczności rozdzielania nasion grochu zdrowych i porażonych chorobami oraz szkodnikami przy wykorzystaniu fotoelektrycznego separatora. Uzyskano wysoką skuteczność wydzielenia porażonych nasion, wynoszącą około 97%, przy stratach nasion zdrowych nie przekraczających 1%. Wyznaczono zależności regresyjne opisujące skuteczność wydzielenia nasion porażonych i straty nasion zdrowych od prędkości przesuwu taśmy separatora.

Słowa kluczowe: nasiona grochu, sortowanie, separator fotoelektryczny.

WSTĘP

Stosowanie surowców odpowiadających określonym standardom jest warunkiem uzyskania produktu o wysokiej jakości. Spełnienie wymagań jakościowych, które zależą od przeznaczenia surowca i niejednokrotnie są bardzo wysokie, prowadzi często do poszukiwania nowych metod w ich produkcji. Przykładem tego może być wykorzystywanie fotoelektrycznych separatorów do dokładnego czyszczenia i sortowania płodów rolnych. Są one zazwyczaj używane w procesach rozdzielania obiektów (nasion), w których za pomocą typowych separatorów nie można osiągnąć zadowalających efektów [4,5,11]. Wykorzystywane w nich techniki oceny różnic w barwie pozwalają nawet na wydzielenie z surowca składników mających „defekty” niewidzialne ludzkim okiem. Są one stosowane w czyszczeniu i sortowaniu np. wiśni, orzeszków ziemnych, kawy, cytryn, pomidorów, grochu. Jednak, na świecie jest niewiele firm specjalizujących się w produkcji tego typu urządzeń [3,8,11]. Poza tym konstrukcje te są skomplikowane, kosztowne, mało

wydajne i wymagające wykwalifikowanej obsługi, gdyż często nieodzownym wyposażeniem jest komputer z odpowiednim oprogramowaniem do rozpoznawania obiektów.

Niniejsza praca jest kontynuacją badań dotyczących wykorzystania do czyszczenia i sortowania płodów rolnych optoelektronicznego separatora zaprojektowanego i skonstruowanego w Katedrze Maszyn Roboczych i Procesów Separacji Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie [1,6].

Celem pracy jest ocena skuteczności rozdzielania zdrowych i uszkodzonych biotycznie nasion grochu przy wykorzystaniu fotoelektrycznego separatora.

MATERIAŁ

Do doświadczeń wykorzystano nasiona grochu siewnego odmiany Granit udostępnione przez Spółkę z o. o. „Polan – Krakowska Hodowla i Nasiennictwo Ogrodnicze”. Partię grochu (ok. 2,5 kg) rozdzielono manualnie na dwie części. Jedną stanowiły nasiona wizualnie zdrowe, zaś drugą – porażone chorobami i szkodnikami (rys. 1). Należy podkreślić, że stopień porażenia nasion był bardzo duży, co mogło wynikać z faktu przechowywania ich w niewłaściwych warunkach, tzn. w magazynie, w którym była zbyt wysoka temperatura i wilgotność [9].

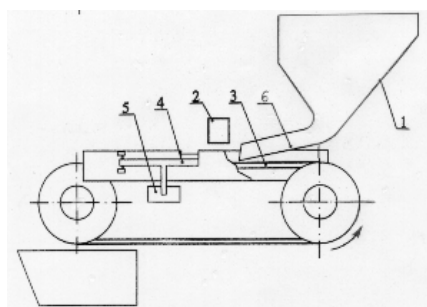


Rys. 1. Nasiona grochu porażone chorobami i szkodnikami

Fig. 1. Pea seeds damaged by diseases and pests

STANOWISKO BADAWCZE

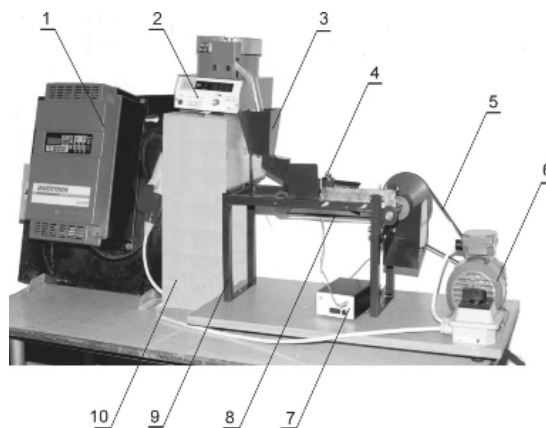
Schemat ideowy fotoelektrycznego separatora przedstawiono na rysunku 2.



Rys. 2. Schemat ideowy fotoelektrycznego separatora: 1 – dozownik nasion, 2 – fotokomórka, 3 – taśma, 4 – dźwignia sterowana elektromagnetycznie, 5 – elektromagnes, 6 – zgarniacz ustalający nasiona centralnie

Fig. 2. Schematic of photoelectric separator: 1 – feed hopper, 2 – photocell, 3 – belt, 4 – lever controlled electromagnetically, 5 – electromagnet, 6 – scraper positioning seeds centrally

Na bazie tej koncepcji w Katedrze Maszyn Roboczych i Procesów Separacji Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego wykonano laboratoryjny separator fotoelektryczny, którego widok przedstawiono na rysunku 3.



Rys. 3. Stanowisko badawcze: 1 – przemiennik częstotliwości INVERTRON GMI-S13, 2 – licznik nasion LN-S-50 (dozownik), 3 – zsyp, 4 – zespół detekcji, 5 – przekładnia pasowa napędu taśmy, 6 – silnik napędowy, 7 – analizator, 8 – taśma transportująca obiekty, 9 – rama, 10 – podstawa

Fig. 3. Measurement station: 1 – frequency converter INVERTRON GMI-S 13, 2 – seeds counter LN-S-50 (feeder), 3 – chute, 4 – detector, 5 – gear of belt drive, 6 – driving engine, 7 – analyser, 8 – belt with transported objects, 9 – frame, 10 – base

Materiał przeznaczony do rozdzielania zasypywany jest do dozownika (2), z którego pojedyncze obiekty (nasiona) podawane są na taśmę (8) separatora. Taśma, wraz ze składnikami, przesuwa się pod zespołem detekcji (4) z prędkością regulowaną za pomocą przemiennika częstotliwości (1). Układ detekcji barwy obiektów składa się z żarówki stosowanej w laparoskopach oraz fotodiody. Odbijane od obiektu promienie świetlne są odbierane przez fotodiodę. Ich natężenie jest zróżnicowane, w zależności od barwy obiektu, a sygnał ten zostaje zamieniony na prąd i odpowiednio zamplifikowany przez wzmacniacz wmontowany w analizatorze (7). Wzmocniony prąd jest przesłany do zespołu separacji i gdy osiągnie tzw. wartość progową wywoła wytworzenie pola magnetycznego w rdzeniu cewki elektromagnesu tego zespołu, powodując ruch dźwigni separującej, która z kolei spowoduje zsuniecie obiektu ocenionego negatywnie do pojemnika na odpad. Pozostałe obiekty przemieszczają się wraz z taśmą i są odbierane na końcu separatora do podstawianego pojemnika.

Jak wykazano we wcześniejszych badaniach [2], do podstawowych parametrów mających wpływ na przebieg procesu rozdzielania należą: czas reakcji układu optoelektrycznego (T), odległość między kolejnymi obiektami (l), prędkość przesuwu taśmy wraz z obiektami (V), częstość podawania obiektów przez dozownik (μ), odległość detektora od taśmy rozdzielacza (L). Stwierdzono również, że pomiędzy odległością między kolejnymi obiektami (l), prędkością przesuwu taśmy (V) oraz częstością dozowania (μ) istnieje ścisła współzależność oraz że parametry te są determinowane przez czas reakcji układu optoelektrycznego (T). Ustalono także, że czas reakcji układu optoelektrycznego (T) potrzebny do rozpoznania barwy obiektu i separacji składnika ocenionego negatywnie jest sumą czasów: T_1 – określającego bezwładność zespołu detekcji oraz T_2 – charakteryzującego bezwładność zespołu separacji. Pomiary czasu (T) pozwoliły określić jego średnią wartość, która wynosi 5,6 s.

Natomiast ustalona empirycznie odległość detektora od taśmy rozdzielacza (wraz z analizowanym obiektem) powinna wynosić 31 mm.

METODYKA I TECHNIKA PROWADZENIA DOŚWIADCZEŃ

Do oceny przydatności separatora przygotowano próbki, z których każda składała się z 500 nasion grochu wizualnie zdrowych i 500 porażonych chorobami i szkodnikami.

Doświadczenia rozpoczynano od ustalenia odpowiedniej prędkości taśmy separatora w przedziale od 0,003 do 0,006 m·s⁻¹, zmienianej co 0,5·10⁻³ m·s⁻¹. Zakres ten ustalono na podstawie opisanych współzależności parametrów technicznych i eksploatacyjnych separatora, mając na względzie zapewnienie jak największej wydajności, przy stosunkowo dużej precyzji rozdzielania. Następnie

zasypywano przygotowaną próbkę do dozownika i rozpoczynano podawanie nasion na taśmę. Po przejściu wszystkich obiektów przez optoelektryczny układ separujący rozdzielacza, zliczano nasiona wydzielone do pojemnika na odpad, dzieląc je na zdrowe i porażone. Ponieważ w produkcie występowały nasiona porażone, postanowiono go poddać ponownej operacji rozdzielania. Efekty rozdzielania oceniano na podstawie wyznaczenia skuteczności wydzielania nasion porażonych (η_i) i strat nasion zdrowych (S_i), po każdym etapie sortowania, zgodnie z zależnościami (1) oraz (2):

$$S_i = \frac{\sum_{i=1}^k n_{pi}}{n_{pc}} \cdot 100, (\%) \quad (1)$$

gdzie:

n_{pi} – liczba porażonych nasion grochu wydzielonych do pojemnika na odpad po i -tym etapie sortowania ($k = 1, 2$),
 $n_{pc} = 500$ – liczba porażonych nasion grochu zawartych w próbce przed sortowaniem,

$$S_i = \frac{\sum_{i=1}^k n_{zi}}{n_{zc}} \cdot 100, (\%) \quad (2)$$

gdzie:

n_{zi} – liczba zdrowych nasion grochu wydzielonych do pojemnika na odpad po i -tym etapie sortowania ($k = 1, 2$),
 $n_{zc} = 500$ – liczba zdrowych nasion grochu zawartych w próbce przed sortowaniem.

Eksperyment dla danej prędkości taśmy rozdzielacza powtarzano 3-krotnie.

W celu określenia wpływu prędkości przesuwu taśmy na skuteczność wydzielania nasion porażonych i straty nasion zdrowych, wyniki badań opracowano statystycznie, przy wykorzystaniu pakietów programów statystycznych „StatisticaPl” i „WINSTAT”. Stosowano procedury analizy regresji wielomianowej z krokową redukcją stopnia wielomianu, przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$ [7,10].

WYNIKI BADAŃ

Zestawienie uśrednionych wyników skuteczności wydzielania nasion porażonych (η_i) i strat nasion zdrowych (S_i) przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Zestawienie uśrednionych wyników skuteczności wydzielenia nasion porażonych (η_i) i strat nasion zdrowych (S_i) w zależności od prędkości (V) przesuwu taśmy separatora

Table 1. Mean results of effectiveness (η_i) of damaged seeds separation and losses (S_i) of sound seeds in dependence from speed (V) of belt feed

Prędkość przesuwu taśmy Speed of belt feed $V \text{ (m}\cdot\text{s}^{-1}) \cdot 10^{-3}$	Straty nasion zdrowych Losses of sound seeds $S_i \text{ (%)}$	Skuteczność wydzielenia nasion porażonych Effectiveness of damaged seeds separation $\eta_i \text{ (%)}$
1-krotne sortowanie – Single sorting		
3,0	1,74	27,00
3,5	2,46	44,14
4,0	0,46	73,86
4,5	0,40	68,86
5,0	1,14	40,54
5,5	4,00	34,40
6,0	3,66	19,66
2-krotne sortowanie – Sorting repeated twice		
3,0	2,46	43,06
3,5	3,54	56,00
4,0	0,80	96,80
4,5	0,66	91,86
5,0	1,66	57,46
5,5	5,94	47,14
6,0	5,40	27,00

Wyniki przeprowadzonych eksperymentów potwierdzają opisane zależności między parametrami separatora. W przyjętym do badań zakresie zmian prędkości ruchu taśmy, najlepsze efekty rozdzielania, tj. wysoką skuteczność wydzielenia nasion porażonych, przy stosunkowo niskich stratach nasion zdrowych odnotowano w zakresie prędkości od 0,004 do 0,0045 $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$. Jednakże, uzyskanie wysokiej precyzji podziału wymagało przeprowadzenia 2-krotnego sortowania. Wynika to z faktu, że w stosowanym separatorze detekcji podlega tylko jedna strona nasiona, a ich ułożenie (orientacja) na taśmie jest losowe. Stochastyczne jest również rozmieszczenie i intensywność przebarwień odpowiadających obecności szkodnika (choroby).

Doświadczenia przeprowadzone przy pozostałych prędkościach przesuwu taśmy wykazały niską precyzję separacji. W przypadku wolniejszego przesuwu taśmy (w zakresie od 0,003 do 0,0035 $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$) dźwignia zespołu separującego wykonywała ruch „zsuwający nasiono”, gdy znajdowało się ono przed jej ramieniem wygiętym równoległe do kierunku ruchu taśmy. Dlatego też nie następowało

zsuwanie nasion, gdyż ta część ramienia dźwigni nie trafiała dokładnie w obiekty poddawane detekcji lub następowało zsuwanie nasiona poprzedniego (zdrowego lub porażonego). W przypadku prędkości większej od $0,0045 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ruch dźwigni następował, gdy nasiono znajdowało się poza obszarem zsuwania go z taśmy i separacji podlegało np. nasiono znajdujące się na taśmie za obiektem poddanym detekcji.

Tabela 2. Rezultaty opracowania statystycznego wyników badań

Table 2. Statistical analysis of investigation results

Równanie regresji – Regression equations	Oceny dopasowania funkcji regresji Evaluation of regression function fitting				
	F	p (F)	R ²	S _e	V _e
$\eta_1 = 2393,2 - 2566,2 V + 994,4 V^2 - 162,7 V^3 + 9,5 V^4$	48,9	0,000	0,911	7,27	14,88
$S_1 = -524,1 + 506,1 V - 178,1 V^2 + 27,1 V^3 - 1,3 V^4$	217,2	0,000	0,979	0,23	13,14
$\eta_2 = 3724,1 - 3815,1 V + 1426,6 V^2 - 227,2 V^3 + 13,1 V^4$	55,9	0,000	0,922	8,08	12,46
$S_2 = -760,9 + 733,8 V - 257,8 V^2 + 39,2 V^3 - 2,2 V^4$	198,7	0,000	0,977	0,35	13,46

F – wartość statystyki F-Snedecora – Snedecor value,

$p(F)$ – prawdopodobieństwo przekroczenia obliczonej wartości statystyki F-Snedecora – probability of exceeding of calculated F-Snedecor value,

R^2 – współczynnik determinacji – coefficient of determination,

S_e – odchylenie standardowe reszt – standard deviation of the residuals, %,

V_e – współczynnik zmienności losowej – coefficient of random changeability, %.

Rezultaty analizy statystycznej wyników badań przedstawiono w tabeli 2. Stwierdzono, że spośród testowanych modeli funkcją najlepiej opisującą zależność skuteczności wydzielenia nasion porażonych i strat nasion zdrowych od prędkości przesuwu taśmy jest wielomian stopnia czwartego. Jako kryteria wyboru postaci wielomianu przyjęto wartości współczynników determinacji i zmienności losowej oraz odchylenie standardowe reszt [10]. Dla wszystkich opracowanych zależności, współczynniki równań regresji były istotne, gdyż wartość prawdopodobieństwa przekroczenia obliczonej wartości F-Snedecora była niższa od przyjętej wartości poziomu istotności $\alpha = 0,05$.

WNIOSKI

1. Uzyskana skuteczność wydzielenia porażonych chorobami i szkodnikami nasion grochu, wynosząca ok. 97%, przy stratach nasion zdrowych nie przekraczających 1%, potwierdza przydatność fotoelektrycznego separatora do rozdzielania tego rodzaju materiałów.

2. Osiągnięcie wysokiej precyzji rozdzielania obiektów o jednolitej barwie od obiektów z przebarwieniami w pojedynczej operacji w proponowanym separatorze wymaga modyfikacji układu detekcji tak, aby możliwa była ocena barwy jak największej powierzchni analizowanego obiektu.

3. Dalsze prace związane z konstrukcją separatora powinny dotyczyć opracowania zespołu dozującego oraz zwiększenia wydajności procesu rozdzielania.

PIŚMIENNICTWO

1. **Choszcz D., Konopka S., Wierzbicki K.:** Separator fotoelektryczny do czyszczenia mieszanin nasiennych. Patent PL 191573 B1 z dn. 30.06.2006 WUP 06/06.
2. **Choszcz D., Konopka S., Wierzbicki K.:** Wyniki badań wstępnych skuteczności czyszczenia nasion gryki w fotoelektrycznym separatorze. *Inżynieria Rolnicza*, 7(49), 17-22, 2003.
3. **Grochowicz J.:** Maszyny do czyszczenia i sortowania nasion. Wyd. AR Lublin, 1994.
4. **Jadwisieńczyk K., Wierzbicki K.:** Badanie jakości czyszczenia nasion zielonego grochu w zakładzie przetwórczym. *Acta Agrophysica*, 2(1), 265-270, 2003.
5. **Jadwisieńczyk K., Wierzbicki K.:** Efektywność procesu czyszczenia nasion grochu zielonego przeznaczonego do przetwórstwa. Materiały VII Międzynarodowej Konferencji Naukowej pt.: "Teoretyczne i aplikacyjne problemy inżynierii rolniczej w aspekcie przystosowania do programów badawczych w UE", AR Wrocław – Polanica Zdrój, 177-181, 2002.
6. **Konopka S., Choszcz D., Wierzbicki K.:** Conception of a device for photoelectric separation of grain mixtures. *Techn. Sc.*, No 3, 15-24, 2000.
7. **Mikołajczak J.:** Statystyka matematyczna z pakietem „WINSTAT” na CD. Wyd. UWM w Olsztynie, 2001.
8. **Pabis S., Pabis J.:** Technologia suszenia i czyszczenia nasion. PWRiL Warszawa, 1984.
9. *Polowa uprawa warzyw. Opracowanie zbiorowe.* Wyd. Brasika, Szczecin, 2000.
10. *Statistica Pl. Podręcznik użytkownika.* Wyd. „STATSOFT POLSKA” sp. z o.o., Kraków, 1997.
11. **Wierzbicki K., Choszcz D., Konopka S.:** Analiza jakości procesu rozdzielczego nasion grochu siewnego (*Pisum Sativum* L.) w przedsiębiorstwie nasiennictwa ogrodniczego i szkółkarstwa. Materiały V Międzynarodowego Sympozjum pt.: „Efektywność eksploatacji systemów technicznych”, Olsztyn, 363-369, 1999.

EVALUATION OF USEFULNESS OF PHOTOELECTRIC SEPARATOR FOR SORTING OF PEA SEEDS (*PISUM SATIVUM* L.)

Stanisław Konopka, Dariusz Choszcz

Chair of Working Machinery and Separation Processes, Warmia and Masuria University
ul. Oczapowskiego 11, 10-736 Olsztyn
e-mail: stanislaw.konopka@uwm.edu.pl

Abstract. The paper presents the results of investigations on the separation effectiveness of sound and damaged by diseases and pests pea seeds by means of a photoelectric separator. A high level of effectiveness of damaged seeds separation was obtained, at ca. 97%, with sound seeds losses below 1%. Relationships describing the effectiveness of damaged seeds separation and losses of sound seeds in the function of belt feed speed were determined.

Keywords: pea seeds, sorting, photoelectric separator