

Jacek MAJCHER
Grzegorz SZWED

SEGREGACJA SZCZEGÓLNIIE TRUDNYCH DO ROZDZIELENIA GRUP ROŚLIN PRZY POMOCY POLA ELEKTROSTATYCZNEGO

STRZESZCZENIE *W niniejszej pracy autorzy przedstawili zagadnienia dotyczące rozdzielania mieszaniny składającej się z nasion podstawowego gatunku oraz nasion innych gatunków stanowiących składnik niepożądany. Istnieje wiele metod segregacji nasion. Metody te wykorzystują różne cechy rozdzielcze takie jak masa, kształt czy też chropowatość powierzchni. Istotny problem pojawia się w przypadku chęci rozdzielenia nasion o porównywalnych właściwościach zewnętrznych. W takich przypadkach należy poszukać innych cech rozdzielczych. Taka cechą może być przenikalność elektryczna nasion. Na podstawie różnic w przenikalności elektrycznej poszczególnych odmian nasion możliwa jest ich segregacja.*

Słowa kluczowe: segregacja, pole elektrostatyczne, nasiona.

mgr inż. Jacek MAJCHER
e-mail: j.majcher@pollub.pl

Katedra Inżynierii Komputerowej i Elektrycznej,
Politechnika Lubelska

dr hab. inż. Grzegorz SZWED
e-mail: g.szwed@pollub.pl

Katedra Podstaw Techniki,
Politechnika Lubelska

1. WSTĘP

Przy hodowli roślin niezmiernie istotne jest uzyskanie jednolitego materiału. Niestety z powodu zachwaszczenia plantacji podczas zbiorów uzyskujemy materiał podstawowy wraz z zanieczyszczeniami. Uzyskana mieszanina składa się z:

- nasion gatunku podstawowego,
- nasion innych gatunków uprawnych,
- nasion chwastów,
- zanieczyszczeń mineralnych (grudki ziemi, piasek),
- zanieczyszczeń organicznych (szczątki roślin).

Uzyskanie jednolitego materiału siewnego jest niezmiernie ważna w hodowli twórczej i zachowawczej roślin. Jakość materiału roślinnego jest podstawową cechą w produkcji nasiennej. Szczegółowe parametry nasion zapisane są w Dzienniku Ustaw z 21 lutego 2007 Nr 29 poz. 189 w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących wytwarzania i jakości materiału siewnego. W rozporządzeniu tym znajduje się zapis „plantacje na których jest wytwarzany materiał siewny powinny być wolne od:

- obcych gatunków roślin uprawnych,
- innych odmian tego samego gatunku,
- chwastów w szczególności takich gatunków, których nasiona są trudne do oddzielenia od nasion odmiany uprawnej,
- chorób i szkodników mających wpływ na wytwarzanie i jakość materiału siewnego,
- organizmów kwarantannowych”[4].

Aby spełnić wymagania jakościowe dla nasion klasy elitarnie czy też kwalifikowane należy materiał poddać czyszczeniu. Istnieje wiele metod segregacji materiałów roślinnych. Każda z nich opiera się o konkretną cechę rozdzielczą. Wśród cech rozdzielczych możemy wyróżnić takie cechy jak:

- cechy geometryczne (wymiary, kształt),
- masa,
- tekstura powierzchni (chropowatość)
- właściwości mechaniczne (twardość, sprężystość),
- właściwości optyczne (barwa nasion),

Metody te szerzej opisane są w pracy Dłużewskiego i in. [3]. Istotny problem pojawia się w przypadku kiedy separowane nasiona mają zbliżone wyżej wy-

mienione cechy. Wówczas należy poszukiwać innych cech które mogły by poróżnić dane frakcje. W niniejszym artykule autorzy starają się odpowiedzieć na pytanie w jakim stopniu wykorzystując pole elektrostatyczne można poróżnić materiał o zbliżonych parametrach zewnętrznych. Do tego celu wybrano rzepak (*Brassica rapa*), gorczyca biała (*Sinapis alba*), rdest powojowy (*Fallopia convolvulus*), przytulia czepna (*Galium aparine*).

2. PODSTAWY TEORETYCZNE

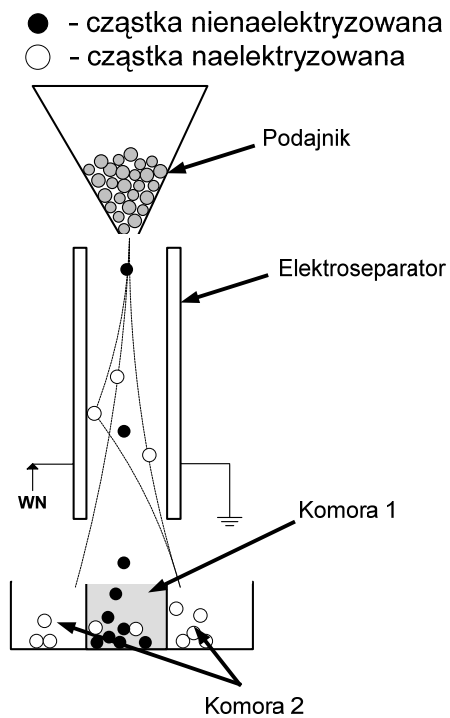
Jednym z kierunków prowadzonych badań było sprawdzenie w jaki sposób nasiona niektórych roślin reagują na istniejące pole elektrostatyczne. W tym celu wykorzystano model elektroseparatora przedstawiony na rysunku 1. Zasada działania zastosowanego elektroseparatora została opisana wcześniej przez autorów niniejszej publikacji [7, 8]. Separacja elektrostatyczna polega na oddziaływaniu pola elektrostatycznego na cząstkę posiadającą ładunek umieszczoną w tym polu. Aby wytworzyć ładunek na dowolnej cząstce należy poddać ją elektryzacji. W zależności od sposobu i warunków elektryzacji, ładunek może być o różnej wielkości i o znaku dodatnim lub ujemnym. Wyróżniamy następujące rodzaje elektryzacji:

- pocieranie (tryboelektryzacja),
- jonizacja,
- indukcja,
- kontakt z powierzchnią naładowaną.

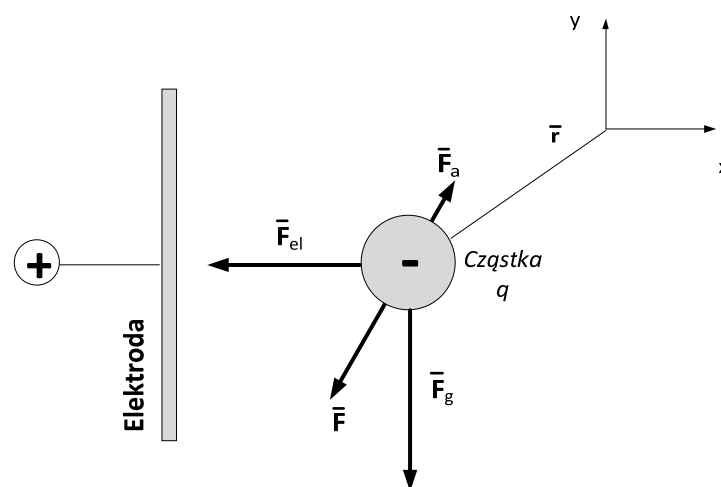
W przeprowadzonych badaniach nasiona spadały swobodnie między elektrodami pod wpływem siły ciężkości F_g . W początkowej fazie nasiona były elektryzowane poprzez indukcję, następnie w wyniku zderzeń między sobą i elektrodami elektryzacja następowała poprzez kontakt z powierzchnią naładowaną. W wyniku czego na powierzchni nasion pojawiał się ładunek elektrostatyczny Q_r . Na nasiona znajdujące się w polu elektrostatycznym (rys. 2), wytworzonym przez równoległe elektrody zasilane wysokim napięciem działa siła F_{el} (N). Siła ta jest proporcjonalna do natężenia pola elektrostatycznego E i do ładunku elektrycznego danej cząstki [2].

Siła F_{el} powoduje odchylenie toru swobodnego spadania cząstki jak na rysunku 1. Tor spadania cząstek posiadających większy ładunek jest bardziej odchylany w kierunku elektrod dzięki czemu trafiają do komory 2. Natomiast tor cząstek posiadających znikomy ładunek jest mniej odchylany dzięki czemu

spadają swobodnie wprost do komory 1. Na cząstkę działa jeszcze siła hamująca – opór powietrza F_a . Na rysunku 2 przedstawiono siły działające na cząstkę posiadającą ładunek [5].



Rys. 1. Zasada separacji materiałów w polu elektrostatycznym



Rys. 2. Siły działające na cząstkę w polu elektrostatycznym [1]

Siły wypadkowe działające na cząstkę można zapisać następująco:

$$\bar{F} = \bar{F}_{el} + \bar{F}_g + \bar{F}_a \quad (1)$$

gdzie:

$$F_{el} = Q_t \cdot E \quad (2)$$

$$F_g = m \cdot g \quad (3)$$

$$F_a = 0,5 \cdot C_D \cdot \rho_A \cdot S \cdot v^2 \quad (4)$$

przy czym:

- m – masa cząstki,
- g – przyspieszenie ziemskie,
- C_D – współczynnik oporu powietrza,
- ρ_A – gęstość powietrza,
- S – pole powierzchni czołowej cząstki,
- v – prędkość cząstki.

Autorzy [Colin i in. 2009] na podstawie powyższych zależności wyznaczają trajektorie cząstki poprzez wektor przesunięcia \bar{r} i opisują go następująco:

$$\bar{r}_{(i+1)} = \bar{r}_i + \bar{v}_i \cdot \Delta t + \frac{1}{2} \cdot \bar{a}_i \cdot \Delta t^2 \quad (5)$$

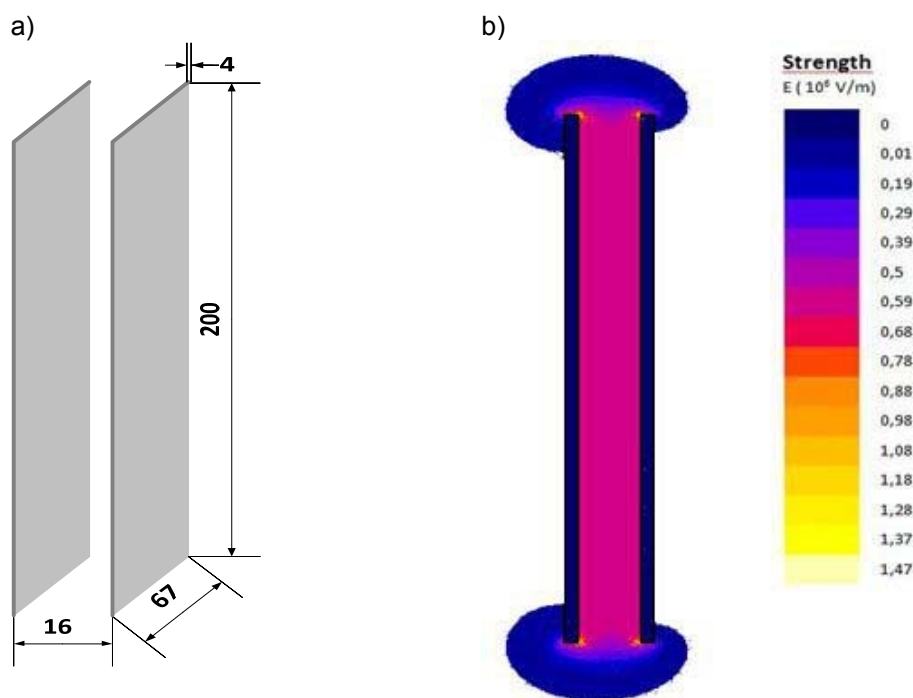
$$\bar{v}_{(i+1)} = \bar{v}_i + \bar{a}_i \cdot \Delta t \quad (6)$$

$$\bar{a}_{(i+1)} = \frac{1}{m} [\bar{F}_g + \bar{F}_{el(i+1)} + \bar{F}_{a(i+1)}] \quad (7)$$

Aby wyznaczyć wektor \bar{r}_{i+1} a tym samym tor cząstek należy znać przyspieszenie a i prędkość cząstki v w punkcie i . Z przedstawionych zależności wynika że tor cząstki zależy od natężenia pola E , ładunku cząstki Q_t , masy cząstki m oraz współrzędnych początkowych cząstki [1]. Podobne rezultaty przedstawiono w pracach [Man Yeong Ha i in 2003]. Ponieważ siła F_{el} jest proporcjonalna do natężenia pola i ładunku elektrostatycznego cząstki autorzy zmieniają jeden z tych parametrów celem zbadania optymalnego toru cząstki a tym samym optymalnej sprawności separacji.

Wymiary geometryczne zaprojektowanego elektroseparatora przedstawione są na rysunku 3a. Natomiast na rysunku 3b mamy przedstawiony rozkład pola

elektrostatycznego wokół elektrod dla badanego elektroseparatora. Przedstawiono rozkład natężenia pola dla którego separacja posiada największą sprawność. Napięcie zasilające elektrody 10 kV.



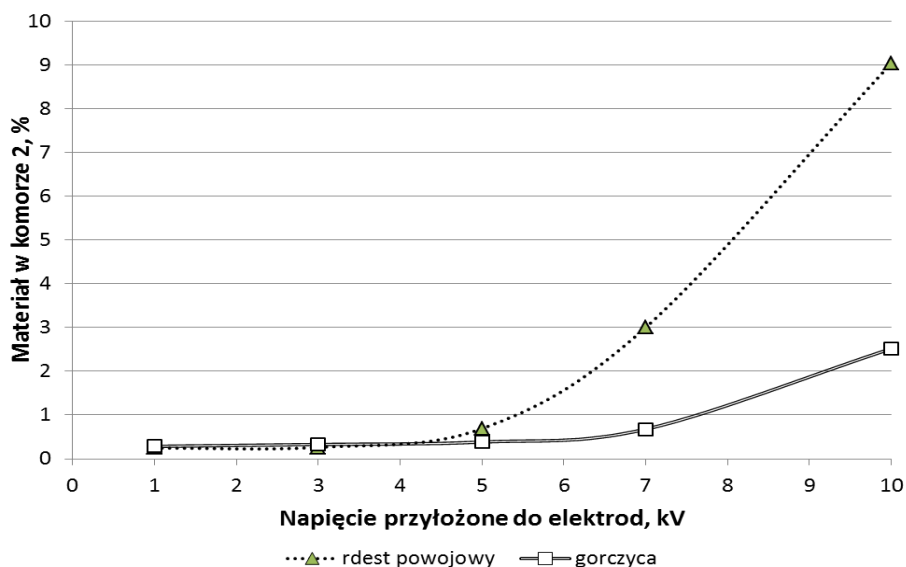
Rys. 3.

a) wymiary elektrod elektroseparatora w mm, b) rozkład natężenia pola elektrostatycznego

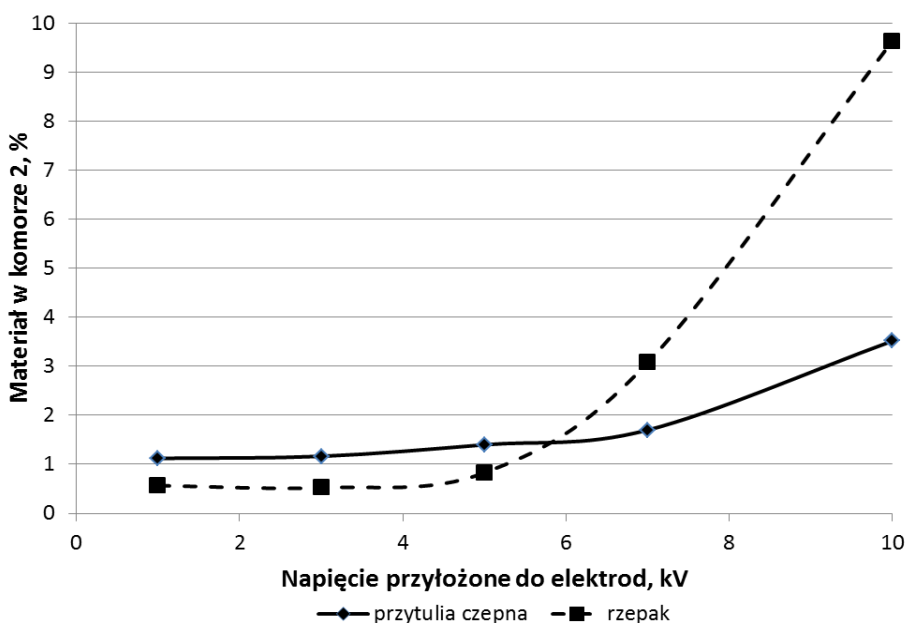
3. METODYKA BADAŃ

W badaniach wykorzystano materiał siewny: rzepak (*Brassica rapa*), gorczyca biała (*Sinapis alba*), rdest powojowy (*Fallopia convolvulus*), przytulica czepna (*Galium aparine*) ze zbiorów 2010 r. Wilgotność nasion wynosiła 11%. Materiał podzielono na 4 rodzaje w zależności od gatunku, tak aby zaobserwować reakcję danego gatunku na pole elektrostatyczne. Badania wykonane zostały w następujących warunkach klimatycznych: wilgotność powietrza 37%, temperatura powietrza 23°C. Dla każdego gatunku wykonanych zostało 10 powtórzeń. Rysunki 5 i 6 przedstawiają uśrednione wyniki badań. W niniejszych badaniach zmieniano wartość napięcia zasilającego elektrody. Tak aby określić optymalne parametry separacji. Napięcie zasilające elektrody zmieniane było w zakresie: 1, 3, 5, 7, 10 kV. Dzięki czemu uzyskiwano między elektrodami natężenie pola elektrostatycznego odpowiednio: $0,0625 \cdot 10^6$, $0,188 \cdot 10^6$, $0,313 \cdot 10^6$, $0,438 \cdot 10^6$, $0,625 \cdot 10^6$ V/m.

Podajnik elektroseparatora był napełniany materiałem roślinnym. Pojedyncza próbka ważyła $5 \cdot 10^{-3}$ kg co stanowiło 100% całości zadanego materiału. Następnie podajnik o wydajności 0,2 kg/min podawał nadawę między elektrody. W wyniku oddziaływania pola elektrostatycznego na nasiona część materiału trafiała do komory 1a pozostała część do komory 2 zgodnie z rysunkiem 1.



Rys. 5. Zawartość gorczyca i rdestu powojowego w komorze 2 (%) w funkcji napięcia przyłożonego do elektrod elektroseparatora



Rys. 6. Zawartość rzepaku i przytuli czepnej w komorze 2 (%) w funkcji napięcia przyłożonego do elektrod elektroseparatora

4. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Niewielka ilość publikacji na temat wykorzystania zjawisk elektrycznych w procesach czyszczenia i sortowania materiału pochodzenia roślinnego świadczy o interdyscyplinarnym zakresie wiedzy i trudności w jej zastosowaniu (opracowaniu metod aplikacyjnych) przez rolników – producentów i przetwórców płodów rolnych. Metody te, zastosowane do materiału roślinnego, charakteryzują się dużą wrażliwością i subtelnością (wilgotność, wielkość cząstek, skład chemiczny, budowa anatomiczna i morfologiczna, itp.)

Z przeprowadzonych wstępnych badań wynika że pole elektrostatyczne oddziałuje w zróżnicowany sposób na nasiona badanych gatunków roślin. Na podstawie uzyskanych wyników zauważyć można że reakcja różnych odmian nasion na pole elektrostatyczne może być traktowana jako kolejna cecha rozdzielcza. Zauważono znaczny wzrost sprawności separacji wraz ze wzrostem przyłożonego napięcia do elektrod elektroseparatora a co za tym idzie wzrost natężenia pola elektrostatycznego. Z rezultatów badań przedstawionych na rysunkach 5 i 6 wynika że możliwe jest oddzielenie od nasion gorczycy nasiona rdestu powojowego, natomiast znacznie trudniej oddzielić nasiona przytuli czepnej. Podobnie w przypadku rzepaku łatwo jest oddzielić nasiona przytuli czepnej a trudniej nasiona rdestu powojowego. W przypadku nasion gorczycy zauważyć można że istnieje możliwość oddzielenia od nich nasion samosiewów rzepaku.

W dalszych badaniach należy skupić się nad podniesieniem sprawności powyższej metody. Sprawność przedstawionego elektroseparatora jest rzędu kilku procent i w obecnej postaci może być stosowany jedynie jako uzupełnienie innych metod segregacji roślin. Podniesienie sprawności, jak wynika z analiz toru cząstki i badań doświadczalnych, można uzyskać poprzez zwiększenie natężenia pola i zmianę sposobu elektryzacji nasion (zmiana ładunku Q_i).

LITERATURA

1. Calin L., Mihalcioiu A., Das S, Neamtu V., Dragan C., Dascalescu L., Iuga A.: Controlling particle trajectory in free-fall electrostatic separators. IEEE Transactions On Industry Applications, Vol. 44 No. 4, 2008.
2. Chang J-S., Kelly A., Crowley J.: Handbook of electrostatic processes. Marcel Dekker Inc, New York, 1995.
3. Dłużewski M., Dłużewska A.: Technologia żywności cz 2. Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne, Warszawa, 2001.

4. Dziennik Ustaw z 21 lutego 2007 Nr 29 poz. 189 w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących wytwarzania i jakości materiału siewnego.
5. Gajewski A.: Procesy i technologie elektrostatyczne. Wydawnictwo naukowe PWN. Warszawa-Kraków, 2000.
6. Man Yeong Ha, Chung Hwan Jeon, Doo Seong Choi, Hae-Jin Choi: A numerical study on the triboelectrostatic separation of PVC materials from mixed plastics for waste plastic recycling. KSME International Journal, Vol. 17, No. 10, 2003.
7. Szwed G., Majcher J.: Możliwość zastosowania pola elektrostatycznego w separacji rozdrobnionych nasion rzepaku. Postępy Nauki i Techniki, 4/2010.
8. Szwed G., Majcher J., Wykorzystanie pola elektrostatycznego w separacji rozdrobnionych materiałów roślinnych. Acta Agrophysica, vol. 15, zeszyt nr 2, 2010.

Rękopis dostarczono 21.07.2011 r.

SEGREGATION ESPECIALLY DIFFICULT TO SEPARATE GROUPS OF PLANTS USING ELECTROSTATIC FIELD

Jacek MAJCHER, Grzegorz SZWED

ABSTRACT *There are many methods of sorting seeds. These methods use different distribution criteria such as weight, shape or surface roughness. A significant problem arises if we want to separate seeds with comparable outside features. In such cases, it is necessary to look for other features of distribution. This feature could be seed's permittivity. On the basis of differences between permittivity of each kind of seeds it is possible to segregate these seeds*

