

# POSTĘP TECHNICZNY ROZSIEWACZY DWUTARCZOWYCH I ICH EFEKTYWNOŚĆ NAWOŻENIA W ROLNICTWIE PRECYZYJNYM

Streszczenie

*W artykule opisano rozwiązania technologiczne poprawiające efektywność pracy rozsiewaczy dwutarczowych. Wskazano także specyfikę wykorzystania nawigacji satelitarnej poprzez wpływ rozdzielczości map zasobności na wyniki szacowania zmienności przestrzennej zasobności w składniki pokarmowe i na zmienność przestrzenną w zlokalizowanym nawożeniu mineralnym.*

## Wstęp

Zrównoważony rozwój w rolnictwie wiąże się z zapewnieniem optymalnej efektywności wykorzystania zasobów naturalnych oraz działania środków użytych do intensyfikacji produkcji roślinnej zwłaszcza nawozów naturalnych, organicznych i mineralnych. Istotne jest realizowanie zasad rolnictwa precyzyjnego, które jest jednym z głównych kierunków rozwoju techniki rolniczej. System precyzyjnego rolnictwa polega na optymalizowaniu dawki składników mineralnych i środków ochrony roślin, ze względu na zmienne zapotrzebowanie na różnych miejscach pola. Do realizacji tego systemu istnieje potrzeba coraz to bardziej precyzyjnych urządzeń. Dlatego najczęściej używanymi obecnie maszynami, przeznaczonymi do rozprowadzania nawozów mineralnych, są rozsiewacze dwutarczowe.

Optymalizację nawożenia uważa się za główny czynnik obniżających koszty oraz niekorzystny wpływ na środowisko przyrodnicze. Następuje to dzięki udoskonalaniu konstrukcji rozsiewaczy oraz stosowaniu w nich komputerów połączonych z systemem nawigacji satelitarnej GPS, umożliwiającymi dostosowanie odpowiedniej ilości nawozu, jaka jest potrzebna aktualnemu położeniu na polu, uzyskując przy tym zminimalizowanie nadmiernej jej ilości.

## Materiali i metody

Źródłem danych wykorzystanych w niniejszej pracy był przegląd literatury oraz publikacji, które dotyczą procesu wysiewu rozsiewaczem tarczowym oraz sporządzania map aplikacyjnych zlokalizowanego nawożenia mineralnego. Ponadto wykorzystanie systemu nawigacji satelitarnej GPS stosowanego podczas nawożenia.

W związku z koniecznością przedstawienia nowych rozwiązań technicznych niezbędne było również skorzystanie z aktualnych ofert producentów zamieszczonych na ich stronach internetowych. Na podstawie zebranych danych źródłowych przedstawiono, w jaki sposób można wpłynąć na polepszenie efektywności nawożenia.

## Dyskusja i wyniki

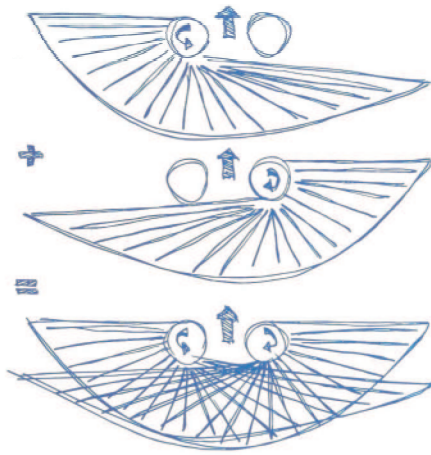
Rozsiewacze dwutarczowe stanowią obecnie dominującą grupę maszyn służących do nawożenia mineralnego. Ich lekka konstrukcja, duża wydajność i niezawodność stanowią o zaletach tych maszyn.

W skład typowego rozsiewacza dwutarczowego wchodzi m.in.: zbiornik, którego rama jest zawieszana na podnośniku hydraulicznym ciągnika, mieszadło, które jest umieszczone

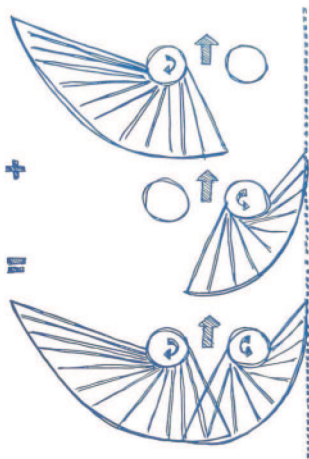
nad otworem dozującym w zbiorniku głównym, poza tym tarcze wirujące, napęd mieszadła, tarczy, urządzenia regulujące ilości wysiewnego nawozu oraz miejsca jego spadania na tarczę oraz ekran przeciwwiatrowy, poprawiający równomierność rozsiewu. W rozsiewaczach zawieszanych zbiornik ma kształt odwróconego stożka, ostrosłupa lub walcowo-stożkowy, natomiast w rozsiewaczach przyczepianych zbiornikiem jest przyczepa opierająca się na dwu- lub czterokołowym podwoziu [5].

Bardzo istotną rzeczą podczas nawożenia rozsiewaczami dwutarczowymi jest ustawienie odpowiedniej szerokości roboczej. Na dostosowanie tego parametru do zadanych warunków w postaci rozstawu ścieżek technologicznych, szerokości pola i nawożenia pasów granicznych stosuje się różne rozwiązania. Przy ustawianiu szerokości roboczej uwzględnia się rodzaj nawozu a także jego gęstość i skład granulometryczny. Szerokość robocza może być dokonywana przez zmianę kąta pochylenia tarcz rozsiewających, kąta łopatek na tarczy, z jednoczesną wymianą tych elementów. Regulacja ustawienia może być realizowana przez zmianę miejsca zasilania nawozem tarczy, regulację wysokości ustawienia tarcz nad powierzchnią pola oraz zmianę ich prędkości obrotowej i kierunku obrotu.

Niektóre z oferowanych maszyn zawieszanych o dużej pojemności zbiornika mogą być wyposażone w podwozie umożliwiające zastosowanie mniejszego ciągnika do współpracy. Firma Bogballe w podwoziach M2-Trial i M3-Trial zastosowała opcję zmiany rozstawu kół w zakresie od 1800 do 2100 mm. Umożliwia to dostosowanie rozstawu kół podwozia do rozstawu kół ciągnika i ewentualne uniknięcie niszczenia zasiewów podczas nawożenia plantacji ze ścieżkami technologicznymi. Wyposażeniem, które ułatwia załadunek nawozu do skrzyni ładunkowej, jest dodatkowe ramię montowane na trzypunktowym układzie zawieszenia. Oprócz tego rozsiewacze firmy Bogballe wyposaża się w dwie płaskie tarcze z dwoma łopatkami. Tarcze robocze systemu Trend przy wysiewie normalnym (rys. 1) obracają się w kierunku do siebie (widok z tyłu maszyny), rozmieszczając nawóz na powierzchni pola w dwóch równych sferach, stanowiące odcinki koła. Użytkuje się przez to podwójne pokrycie nawozem powierzchni podczas jednego przejazdu roboczego maszyny. Przy typowym wysiewie nawozu do 28 m, gdy szerokość rozsiewu jest dwa razy większa niż odległość między ścieżkami technologicznymi, otrzymujemy czterokrotne pokrycie powierzchni pola nawozem. Wysiew graniczny uzyskuje się podczas obrotu tarcz w kierunku od siebie, gdzie powstają dwie prawie oddzielne strefy rozmieszczania nawozu na powierzchni pola, które różnią się szerokością. Mała szerokość strefy „prawej” jest w takiej sytuacji wykorzystywana podczas siewu granicznego (rys. 2) w wersji nazywanej „do granicy” [2].



Rys. 1. Wysiew normalny [2]  
Fig. 1. Normal spreading [2]

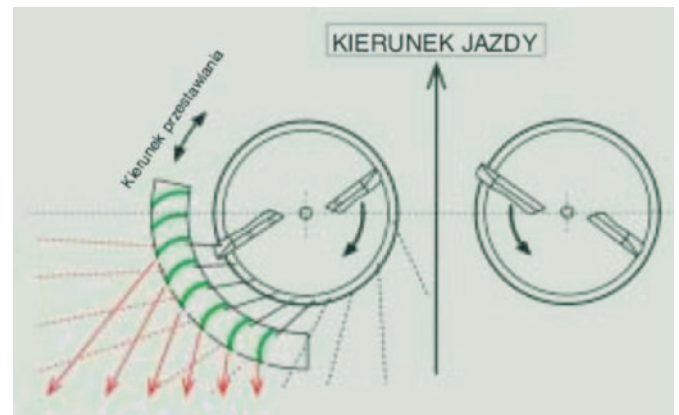


Rys. 2. Wysiew graniczny „do granicy” [2]  
Fig. 2. Headland spreading „to border” [2]

Rozsiewacze firmy Kverneland wyposaża się w system wysiewu zwany RotaFlow. W systemie tym stosuje się dwie płaskie tarcze z sześcioma lub ośmioma łopatkami. Ze skrzyni ładunkowej maszyny nawóz dostaje się bezpośrednio do strefy oddziaływania łopatek, tylko na płaskie dno cylindrycznej komory tarczy wysiewającej. Czastki nawozu pod wpływem oddziaływaniu siły odśrodkowej przemieszczają się wzdłuż łopatek, które delikatnie rozprowadzają je po powierzchni pola. Dozowanie nawozu do komory cylindrycznej w dużym stopniu przyczynia się do redukcji wpływu nierówności terenu na równomierność wysiewu, gdyż tarcza jest zasilana zawsze w tym samym miejscu. Ten system porcjowania zmniejsza także niekorzystny wpływ wiatru na tor lotu cząstek w fazie przemieszczania się ich wzdłuż łopatek rozsiewających. W przypadku użytkowania rozsiewaczy z serii RotaFlow RS-XL możliwe jest uzyskanie dużego zakresu szerokości roboczej od 10 do 36 metrów za sprawą wymiany kół zębatach w przekładni głównej [3].

W rozsiewaczach firmy Amazone przy rozsiewie granicznym lub krawędziowym, stosuje się hydraulicznie obsługiwany układ rozsiewu granicznego Limiter, przy którym nie ma potrzeby zatrzymywania ciągnika i wysiadania z niego (rys. 3). Limiter składany jest w kieszenie rozsiewacza, a swoim blokiem lameli dokonuje zmiany kierunku wysiewu części strumienia nawozu. W ten sposób uzyskuje się optymalne flanki wysiewu na granicy pola. Ponadto może być w szerokim zakresie przestawiany w stabilnej ramie. Dzięki temu ustawia się go w pozycji żądanej dla wysiewu granicznego lub krawędziowego zależnie od rodzaju nawozu. Nieużywany limiter jest odchylany do góry za pomocą siłownika hydraulicznego.

Warto też dodać, iż zarówno w rozsiewaczach Amazone, jak i innych znanych marek, mechanizmy wysiewające wykonywane są w całości ze stali szlachetnej, a nowoczesne lakierowanie zapewnia doskonałą ochronę przed korozją [1].



Rys. 3. Układ siewu granicznego Limiter [1]  
Fig. 3. Layout headland spreading Limiter [1]

Firma Sulky oferuje rozsiewacze z systemem Tribord, który sterowany jest z kabiny ciągnika. Za pomocą dźwigni możliwe jest uzyskanie jednoczesnego ustawienia szerokości roboczej i rozsiewu granicznego. Rozsiewem granicznym, pełną szerokością pracy oraz rozsiewem na skraju pola steruje się z kabiny ciągnika przez wybór miejsca spadania granulat na tarcze rozsiewające ze specjalnie do tego wyprofilowanymi łopatkami. W celu zapobieżenia zatrzymaniu się nawozu u wylotu z zasobnika lub też jego zbrylania się, stosowane jest sprężynowo-wahliwe mieszadło dozujące. Każda rodzina rozsiewaczy DPX dysponuje podstawową skrzynią nasienną, której bazowa pojemność wynosi odpowiednio: Prima 900 litrów, Export 1500 litrów i Magnum 2000 litrów. W celu zwiększenia tych pojemności i uniknięcia przesypania się granulat, Sulky proponuje specjalne nadstawki o zaokrąglonych narożnikach [4].

Uzyskanie jak najlepszej efektywności nawożenia determinowane jest równomiernym rozproszaniem nawozu na powierzchni pola. Istotną jest odpowiednia regulacja zespołu rozsiewającego oraz dozującego nawóz. W ostatnim czasie dokonał się znaczny postęp w zakresie nawożenia ze zmienną dawką, dostosowaną do potrzeb, poprzez szerokie wprowadzenie elektroniki do techniki rolniczej, sterowników i komputerów z czujnikami.

Systemy elektroniczne znalazły zastosowanie m.in. w sterowaniu dawką wysiewu prowadzoną zdalnie z kabiny ciągnika, bądź też automatycznie z możliwością jej modyfikacji (+/-) w stosunku do dawki podstawowej, w tym z niezależną regulacją dozowania dla obu zespołów wysiewających. Istnieją także systemy współpracujące z czujnikami prędkości jazdy, na przykład czujnik impulsów koła napędowego ciągnika, radar, względnie monitoring GPS, które umożliwiają automatyczną regulację wydatku dozownika, w zależności od zmiennej prędkości jazdy, co z kolei zapewnia utrzymanie stałej dawki nawozu. Precyzyjne nawożenie możliwe jest dzięki opracowanej technologii uwzględniającej satelitarne systemy lokalizacji obiektów. Satelita lub stacja naziemna mogą służyć do przekazywania informacji meteorologicznych, które mogą być wykorzystywane podczas zabiegów agrotechnicznych.

Do ważniejszych osiągnięć w tym zakresie należą systemy ważące z automatycznym pomiarem masy nawozu w zbiorniku, stosowane na przykład w rozsiewaczach Amazone, Bogballe, Bredal, Sulky, oraz system EMC (*Electronic Mass Control*) bieżącego monitorowania wydatku rozsiewacza w  $\text{kg}\cdot\text{min}^{-1}$ , który określa ilość nawozu podawanego na każdą

z tarcz przez pomiar różnicy ciśnień na wejściu i na wyjściu z silnika hydraulicznego. Przy określonej prędkości obrotowej tarczy różnica ciśnień jest proporcjonalna do ilości rozsiewanego przez tarcze nawozu. Głównymi elementami systemu są trzy czujniki, które mierzą ciśnienie w obu silnikach hydraulicznych i ciśnienie zwrotne, czujniki indukcyjne monitorujące prędkość obrotową tarcz, komputer pokładowy i sterownik Quantron P. Przed rozpoczęciem pracy użytkownik programuje szerokość roboczą, dawkę wysiewu oraz prędkość obrotową tarcz, a następnie wybiera rodzaj nawozu z pamięci komputera pokładowego. Na podstawie zebranych danych komputer ustala niezbędną przepustowość (kg/min) zespołów dozujących, analizując na bieżąco prędkość obrotową każdej z tarcz i zmiany ciśnienia oleju hydraulicznego. W typowych rozwiązaniach systemów ważących, pomiędzy rozsiewaczem a układem zawieszania ciągnika montowana jest specjalna rama ważąca z jednym, dwoma lub trzema przetwornikami obciążenia. Zaletą systemów ważących jest bieżąca dostępność informacji o rzeczywistej ilości nawozu w zbiorniku, jak również o zmianach tej ilości w trakcie trwania zabiegu. Możliwość dokładnego określenia masy nawozu w zbiorniku daje rolnikowi szereg dodatkowych korzyści. Na małych polach zbiornik rozsiewacza może być napełniony dokładnie określoną ilością nawozu [6].

Rozsiewacze Bogballe z serii M2 i M3 wyposażane są w komputer sterujący Kalibrator UniQ. Wszystkie ważne informacje związane z wysiewem są automatycznie zapisywane w komputerze i mogą zostać bezpośrednio przeniesione do komputera osobistego. System operacyjny stale rejestruje i monitoruje najważniejsze funkcje rozsiewacza. Przyczynia się to do wzrostu wydajności i pomaga dobrać optymalną prędkość do warunków na polu. Wbudowany system kontroli ostrzega przed nieprawidłowościami w pracy, np. kiedy prędkość jazdy jest za duża lub za mała, bądź też kiedy zbiornik zawiera mniej niż 200 kg nawozu [2].

Przy współczesnej technologii nawożenia mineralnego możliwe jest precyzyjne dostarczenie roślinom takiej ilości nawozu, jaka jest im niezbędna na danym etapie wegetacji. W tym celu wykorzystuje się rozsiewacze wyposażone w optyczne lub mechaniczne czujniki do bieżącego (w trakcie nawożenia) określania zapotrzebowania roślin na składniki pokarmowe, a zwłaszcza na azot. Wdrożone do praktyki rolniczej różne systemy, zapewniają nawożenie pogłowne z odpowiednią - zależną od aktualnych i miejscowych wymagań roślin - dawką nawozu. Przykładem takiego systemu może być system Hydro-N-Sensor, w którym mierzona jest ilość światła słonecznego odbitego przez rośliny (w wybranych zakresach widma), która jest zależna od gęstości łąnu i zawartego w nim chlorofilu. Na tej podstawie komputer określa optymalną w danym miejscu i czasie dawkę nawozu azotowego. Ta informacja przekazywana jest do sterownika rozsiewacza, który automatycznie dostosowuje wydatek nawozu z zespołu dozującego. Średnią dla danego pola dawkę nawozu ustala

operator rozsiewacza. Urządzenie składa się z 4 czujników optycznych umieszczonych na dachu ciągnika oraz czujnika korekcyjnego [6].

Wykorzystując system nawigacji satelitarnej GPS w rolnictwie precyzyjnym, niezbędne jest dokładne wykonanie pomiarów właściwości fizykochemicznych gleby, jej zachwaszczenia i rozwój szkodników w poszczególnych punktach pola. Na początku wdrożenia tego systemu ważne jest sporządzenie tzw. map pól, które przedstawiają zróżnicowanie gleby w zasobność składników mineralnych na całym obszarze uprawowym. Informacja ta pozwala na dostarczenie optymalnej ilości nawozu, która jest uzależniona tylko od zapotrzebowania w danym miejscu powierzchni pola. Przez prowadzenie bezpośrednich badań zawartości gleby w składniki mineralne bądź też badanie plonu lub jego zbioru, otrzymuje się dane potrzebne do utworzenia map pól. Przez wykorzystanie ogólnie dostępnego systemu GPS możliwe jest nadanie każdemu miejscu na polu odpowiedniej długości oraz szerokości geograficznej. Podczas nawożenia, dzięki wykorzystaniu GPS, komputer pokładowy ciągnika określa swoją pozycję oraz odczytuje z mapy dawki nawozu odpowiadające swemu aktualnemu położeniu na polu i wysyła sygnały o wymaganej aktualnie dawce do urządzenia sterującego ilością wysiewu [7].

M. Zagórda i M. Walczyk przeprowadzili badania [8] mające na celu określenie wpływu rozdzielczości map zasobności i wielkości siatki poboru próbek gleby na wyniki szacowania zmienności przestrzennej zasobności w składniki pokarmowe i w efekcie na zmienność przestrzenną w zlokalizowanym nawożeniu mineralnym. Badania zostały przeprowadzone na przykładzie zapotrzebowania na fosfor w uprawie pszenicy ozimej na polu o powierzchni 21,66 ha. Zakres badań obejmował m.in. sporządzenie mapy zasobności fosforu w czterech rozdzielczościach oraz określenie zbilansowanie dawki nawożenia fosforem i porównanie z nawożeniem tradycyjnym (tab. 1).

Z przeprowadzonych badań wynikało, iż zapotrzebowanie na fosfor rosło ze wzrostem rozdzielczości mapy i malało na skutek wzrostu boku kwadratów siatki. Zmiany te wahały się w zakresie od 43,8 kg·ha<sup>-1</sup> do 65 kg·ha<sup>-1</sup>. Zastosowanie informacji o plonie i zasobności gleby do określenia zapotrzebowania na fosfor spowodowało oszczędności w zakresie od 77 do 162% w porównaniu z dawką wysianą przez rolnika [8].

## Podsumowanie

Przedstawione rozwiązania technologiczne zastosowane w rozsiewaczach dwutarczowych pozwalają na realizację i preferowanie proekologicznej mechanizacji zabiegu, jakim jest nawożenie. Rolnictwo precyzyjne niesie ze sobą wiele korzyści, wśród których można wyróżnić zwiększenie plonów oraz obniżenie kosztów produkcji. Stosowanie zarówno zbyt

Tab. 1. Zapotrzebowanie na fosfor przy założeniu uzyskania średniego plonu 7 t ha<sup>-1</sup> [8]

Table 1. Demand on phosphorus when assuming the average yield at 7 t ha<sup>-1</sup> [8]

| Rozdzielczość siatki [m] | Liczba próbek | Zapotrzebowanie na P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | Nawożenie Tradycyjne [kg] | Rozdzielczość mapy [m] |      |      |      |
|--------------------------|---------------|--|---------------------------|------------------------|------|------|------|
|                          |               |  |                           | 10                     | 50   | 100  | 200  |
| 50                       | 4 na 1 ha     | dla całego pola [kg]                             | 2491                      | 1075                   | 1109 | 1235 | 1408 |
|                          |               | na 1 ha [kg·ha <sup>-1</sup> ]                   | 115                       | 49,6                   | 51,2 | 57   | 65   |
| 100                      | 1 na 1 ha     | dla całego pola [kg]                             | 2491                      | 997                    | 992  | 1113 | 1188 |
|                          |               | na 1 ha [kg·ha <sup>-1</sup> ]                   | 115                       | 46                     | 45,8 | 51,4 | 54,8 |
| 200                      | 1 na 4 ha     | dla całego pola [kg]                             | 2491                      | 950                    | 998  | 1026 | 1188 |
|                          |               | na 1 ha [kg·ha <sup>-1</sup> ]                   | 115                       | 43,8                   | 46,1 | 47,5 | 54,8 |

dużych jak i zbyt małych dawek nawozu w pewnych miejscach powoduje jakościowe i ilościowe straty w plonach i może także prowadzić do strat w kosztach. Poza tym, zastosowanie odpowiedniej dawki nawozu wpływa korzystnie na zwiększenie ochrony środowiska. Jego nadmierna ilość może być powodem zanieczyszczenia wód gruntowych i powierzchniowych. Bardzo często maszynami przeznaczonymi do rozpraszania nawozów są rozsiewacze dwutarczowe. Dzieje się to m.in. za sprawą ich dużej szerokości roboczej, względnie niewielkich wymiarów, prostej i trwałej konstrukcji, która współdziałając z komputerem i systemem nawigacji satelitarnej daje bardzo dobry efekt końcowy.

#### Literatura

- [1] Katalog Amazone ZA-M - [http://www.agro-eko.com.pl/download/prospekty/amazone/ZA-M\\_PL.pdf](http://www.agro-eko.com.pl/download/prospekty/amazone/ZA-M_PL.pdf)
- [2] Katalog Bogballe L-Line - <http://www.weberlandmaschinen.at/feldbau/l-line.pdf>
- [3] Katalog Kverneland RotaFlow fertiliser spreaders - [http://www.lifex.sk/data/prospekty/Rozmetadlo\\_Rotaflow%20prospekt\\_GB.pdf](http://www.lifex.sk/data/prospekty/Rozmetadlo_Rotaflow%20prospekt_GB.pdf)
- [4] Katalog Sulky DPX System - <http://www.farmstore.nl/Documentatie/Sulky/Sulkysellsheet%20X12-44%20GB.pdf>
- [5] Marks N.: Maszyny rolnicze Maszyny do uprawy, pielęgnacji nawożenia siewu, sadzenia i ochrony roślin. Wydawnictwo AR w Krakowie, Kraków 1997, s. 131-133.
- [6] Muzalewski A.: Elektroniczne rozsiewacze. Hasło Ogrodnicze, 2/2005.
- [7] Kęska W, Ratajczak P.: Symulacyjne badania procesu wysiewu nawozu rozsiewaczem tarczowym. Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering, 2005, vol. 50 (3), s. 25-32.
- [8] Zagórda M, Walczyk M.: Aspekty metodyczne sporządzania map aplikacyjnych zlokalizowanego nawożenia mineralnego. Inżynieria Rolnicza, 2007, 2(90), s. 317-325.

## TECHNICAL PROGRESS OF CENTRIFUGAL SPREADERS AND THEIR EFFICIENCY OF MANURING IN PRECISION AGRICULTURE

### Summary

*This article presents new technical solutions in structure and construction of centrifugal spreaders with using computers and satellite navigation system GPS in precise agriculture. These solutions of regulation and application of electronics to agriculture technology are necessary to achieve greatest efficiency. Research results proved that using raster map with GPS has influence on the amount of used mineral fertilizers.*



#### BEZPIECZEŃSTWO MASZYN I CIĄGNIKÓW ROLNICZYCH W ZAKRESIE OBSZARU NIEZHARMONIZOWANEGO W UNII EUROPEJSKIEJ

ISBN 83-921598-1-0  
ilość stron: 113; il. 47; tabl. 7

Wydawca: PIMR-Poznań

Książka adresowana jest do osób i podmiotów, które wpływają na szeroko rozumiane bezpieczeństwo użytkowania maszyn i ciągników rolniczych, tj. do konstruktorów i producentów krajowych sprzętu rolniczego, importerów, producentów zagranicznych i ich przedstawicieli, personelu badawczego oraz posiadaczy i użytkowników maszyn i ciągników rolniczych. Publikacja jest źródłem wiedzy w zakresie upowszechnienia sposobów zapewnienia bezpieczeństwa ludzi i środowiska rolniczego.