

WYBRANE ASPEKTY BUDOWY I WYKORZYSTANIA PRZYCZEPIANYCH OPRYSKIWACZY POLOWYCH

Paweł Artur Kluza^{1✉}, Rafał Piotr Kluza²

¹Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, ul. Głęboka 28, 20-612 Lublin

²Agencja Restrukturyzacji i Modernizacji Rolnictwa, ul. Poleczki 33, 02-822 Warszawa

STRESZCZENIE

Celem pracy była charakterystyka przyczepianych opryskiwaczy polowych dostępnych na rynku oraz parametrów cechujących ich działanie i zaawansowanie technologiczne. Dokonano porównania najważniejszych parametrów warunkujących funkcjonowanie przykładowego sprzętu różnych znanych marek. W wyniku analiz uzyskano pogląd na aktualne możliwości wykonywania oprysku polowego przy użyciu dostępnych modeli opryskiwaczy. Stąd także wniosek, że każdy z analizowanych modeli przyczepianych opryskiwaczy polowych nie zapewnia satysfakcjonującej efektywności procesu oprysku, która jest w wielu przypadkach bardzo mała. Z przeprowadzonych analiz wynika także konieczność prowadzenia dalszych prac nad udoskonaleniem efektywności oprysku polowego, co jest warunkiem dynamicznego rozwoju rolnictwa.

Słowa kluczowe: opryskiwacz przyczepiany, oprysk polowy, belka polowa, szerokość robocza, zbiornik na ciecz

WSTĘP

Proces oprysku polowego jest istotnym i dotychczas najbardziej skutecznym sposobem aplikacji nawozów i środków ochrony roślin przed pasożytami [Czaplicki 2003, Olszak i in. 2003]. Dane przedstawione przez Oerke i in. [1994] pokazują, że zaniechanie opryskiwania roślin środkami chemicznymi pozwoli zebrać plon jedynie z około trzeciej części uprawianego na ziemi areału. Jednocześnie opryskiwanie pól pestycydami zwiększa ten zbiór jedynie o około 25%, co w dalszym ciągu stanowi tylko niewiele ponad połowę dobrych plonów ze wszystkich zasobów uprawianych na ziemi [Pruszyński 2003]. W związku z tym stale doskonalą się konstrukcję, wyposażenie i parametry środków technicznych,

w tym opryskiwaczy polowych przyczepianych, co prowadzi do zwiększenia wielkości zbiorów.

Unowocześnianie tego typu maszyn używanych do oprysku polowego ma na celu, aby na ściśle określonym obszarze (pole uprawne) zaaplikowana została optymalna ilość wykorzystywanego środka [Hołownicki 2000].

Zaplanowany efekt biologiczny i odpowiednia efektywność oprysku będą uzyskane tylko wtedy, gdy nie zaniecha się dalszych usprawnień sprzętowych i badań naukowych w tym kierunku [Hołownicki 1999, Tadel 2002, Matthews 2005]. Dlatego też producenci tego typu maszyn starają się poszerzać oferty o bardzo nowoczesny sprzęt, zapewniający

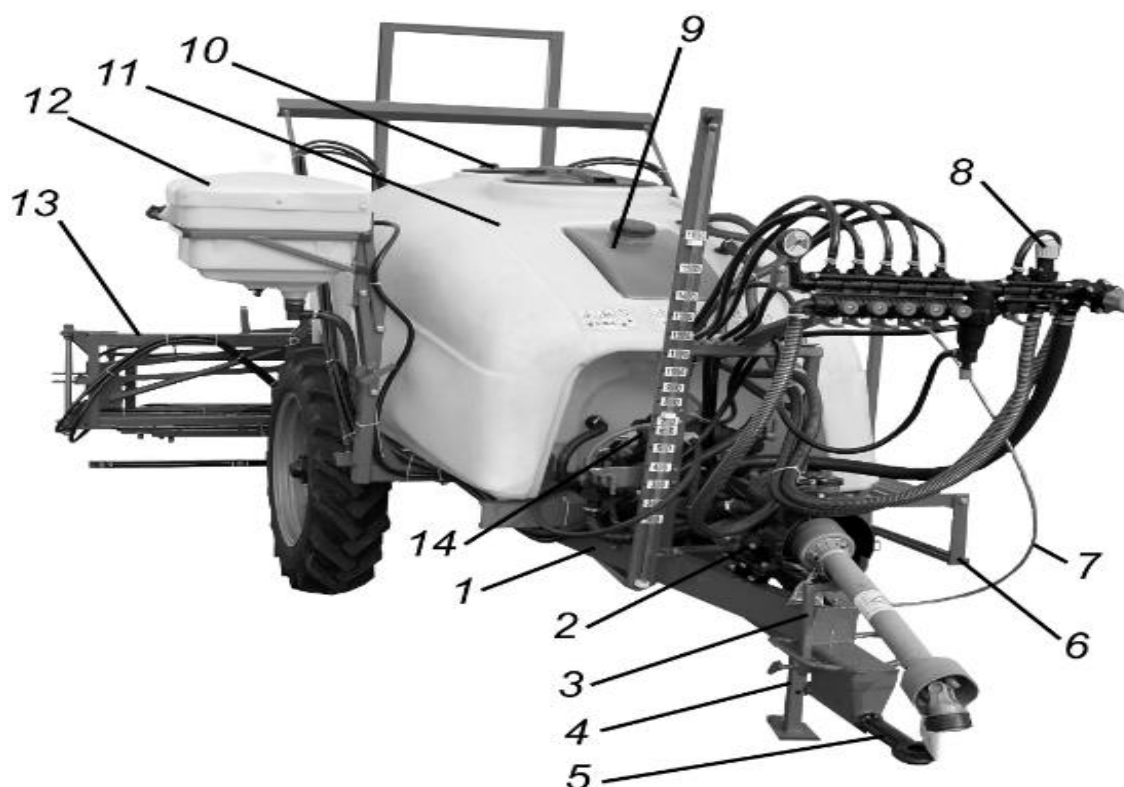
✉ pawel.kluza@up.lublin.pl

również maksymalny komfort pracy operatora i zmniejszenie kosztów zabiegów. Proces oprysku polowego jest dosyć drogi, w związku z tym warunkiem jego optymalnego wykonania jest odpowiednia wiedza o dostępnym sprzęcie.

Celem pracy było przedstawienie rozwiązań konstrukcyjnych i ogólna charakterystyka działania podstawowych typów opryskiwaczy przyczepianych, wykorzystywanych do wykonywania zabiegu oprysku polowego.

MATERIAŁ I METODY

W Polsce jednymi z najczęściej używanych opryskiwaczy do oprysków polowych są opryskiwacze ciągnikowe przyczepiane [Kamionka 2014]. Składają się one z ramy wspartej z tyłu na osi z dwoma kołami jezdnymi, a z przodu na podporze (rys. 1). W przedniej części maszyny znajduje się zaczep (5). W wersji standardowej zaczep przystosowany jest do łączenia na zaczepie typu „hitach”. Jako opcja stosowany jest



Rys. 1. Budowa opryskiwacza przyczepianego [http://agroimport.org]: 1 – rama, 2 – pompa, 3 – uchwyt do zawieszenia wału przegubowo-teleskopowego na czas postoju, 4 – podpora, 5 – zaczep, 6 – drabina, 7 – linka zabezpieczająca, 8 – zawór sterujący, 9 – zbiornik wody do mycia rąk, 10 – otwór wlewowy zbiornika wody do płukania układu cieczowego, 11 – zbiornik główny, 12 – rozwadniacz środków ochrony roślin, 13 – belka polowa, 14 – filtr ssawny

Fig. 1. Construction of a trailed sprayer [http://agroimport.org]: 1 – frame, 2 – pump, 3 – handle for hanging shaft – telescope drive during stop time, 4 – support, 5 – hook, 6 – ladder, 7 – safety cable, 8 – control valve, 9 – water tank for washing hands, 10 – filler hole of water tank for liquid system rinsing, 11 – main tank, 12 – thinner of plant protection products, 13 – beam field, 14 – suction filter

zaczep obrotowy z czopami pozwalającymi na łączenie na ciągnach układu zawieszenia ciągnika. Na elementach konstrukcyjnych zaczepu montowana jest pompa (2) wraz z osłoną końcówki wału napędowego. Do zaczepu mocowany jest wspornik do zawieszenia wału przegubowo-teleskopowego na czas postoju (4), który zapobiega kontaktowi wału WPT z podłożem po odłączeniu ciągnika rolniczego. Na ramie (1) osadzony jest zbiornik główny (11) o ustalonej pojemności nominalnej, wykonany zwykle z tworzywa sztucznego. Do przedniej i tylnej ściany zbiornika zamocowane są dwa hydrauliczne mieszadła eżektorowe. Pod zbiornikiem zamontowany jest zawór spustowy, służący do opróżniania zbiornika z pozostałości cieczy. Dostęp do zbiornika jest możliwy dzięki zastosowaniu rozkładanej drabinki (6) i pomostu. Opryskiwacz wyposażony jest w zbiornik na wodę do mycia rąk (9) oraz dodatkowo w zbiornik na czystą wodę do płukania układu cieczowego (10). Z prawej strony zbiornika głównego znajduje się rozwadniacz środków ochrony roślin (12). Pozwala on przygotować ciecz roboczą bez kontaktu operatora ze środkami ochrony roślin. Z przodu zbiornika na wysuwnym wsporniku zamocowany jest zawór sterujący (8). Na tylnej części ramy, w pionowych prowadnicach, osadzony jest wspornik belki polowej.

Końcówka przewodu hydraulicznego mocowana jest na czas postoju do specjalnego uchwyty na ramie opryskiwacza (3) [<http://agroimport.org>].

Aktualnie na rynku dostępne są przyczepiane opryskiwacze polowe wielu znanych marek zarówno rodzimych, jak i zagranicznych o ugruntowanej pozycji. Ponadto dzięki zróżnicowanemu i udoskonalonemu wyposażeniu oferowanego sprzętu możliwe jest dopasowanie konkretnego modelu do indywidualnych potrzeb [Szewczyk 2009].

W naszym kraju często można spotkać maszyny należące do grupy Unia Grudziądz. Najbardziej znaną z nich serią są przyczepiane opryskiwacze Europa (rys. 2). Jednym z podstawowych parametrów opryskiwacza jest pojemność zbiornika cieczy roboczej. W tych modelach może ona wynosić od 2500 do 5800 l. Najbardziej zaawansowanym technicznie modelem jest Europa Premium. Maszyna ta została wyposażona w system EDS. Jego działanie polega na automatycznym włączaniu i wyłączaniu pojedynczych rozpylaczy przy użyciu sygnału GPS. Zalety pracy tego opryskiwacza to równomierne nanoszenie oprysku, eliminowanie nakładek oraz redukcja kosztów [www.wrp.pl/opryskiwacze-zaczepiane].



Rys. 2. Przyczepiany opryskiwacz polowy firmy Unia [www.uniamachines.com/pl]

Fig. 2. Trailed field sprayer of Unia corporation [www.uniamachines.com/pl]



Rys. 3. Przyczepiany opryskiwacz polowy firmy Hardi [www.hardipolska.com/pl]

Fig. 3. Trailed field sprayer of Hardi corporation [www.hardipolska.com/pl]

Dodatkową cechą systemu EDS jest recyrkulacja cieczy zapewniająca szybkie uzyskanie ciśnienia roboczego na całej szerokości belki roboczej. Opryskiwacze wspomnianej serii mogą być sterowane za pośrednictwem joysticka. Operator może zarządzać wszystkimi ważnymi funkcjami opryskiwacza, m.in. włączaniem oprysku, ustawianiem dawki, sterowaniem sekcjami, podnoszeniem belki czy też sterowaniem osią skrętną. Maszyny serii Europa można wyposażyć w oświetlenie (LED) belki polowej. Wprowadzenie takiej opcji spowodowane jest tym, że coraz częściej praca wykonywana jest w nocy, gdy panuje optymalna temperatura i wilgotność. W związku z tym powstał pomysł montażu listwy LED, która poprawia widoczność w każdych warunkach [www.wrp.pl].

Wśród producentów zagranicznych można wyróżnić duńską firmę Hardi, która oferuje trzy serie opryskiwaczy przyczepianych. Modele Ranger wyposażone są w jeden rodzaj zbiornika roboczego o pojemności 2500 l, a belka polowa może mieć szerokość roboczą od 12 do 24 m. Ciekawym rozwiązaniem zastosowanym w opryskiwaczach tej serii jest system Selt-Steer, umożliwiający agregatowanie z ciągnikiem za pomocą 3-punktowego TUZ ciągnika. Prosty mechaniczny układ pozwala na odpowiednią korektę podczas pracy na wzniesieniach (rys. 3).

Navigator, kolejna seria opryskiwaczy Hardi, składa się z maszyn o pojemności zbiornika od 3000

do 6000 l. Są one dostępne z dwoma systemami napełniania zbiornika. Pierwszy z nich, PumpFiller, wykorzystuje zdolność zasysania wody przez pompę cieczową. System doposażony w ProFlow dokładnie mierzy ilość pobranej wody i automatycznie wyłącza napełnianie po osiągnięciu wartości zadanej przez operatora. Drugi system o nazwie FastFiller zapewnia bardzo szybkie napełnianie aż do 500 l min^{-1} . Oszczędza to czas pomocniczy i pozwala na szybkie wznowienie pracy [www.wrp.pl/opryskiwacze-zaczepiane].

Ostatnia seria oferowana przez tego producenta to Commander, największe a zarazem najbardziej zaawansowane technicznie modele Hardi o pojemności zbiornika do 7000 l przy rozpiętości belki polowej do 42 m. Opryskiwacze Commander wyposażone są w zawory SmartValve. Służą one do sterowania przepływem cieczy między opryskiwaczem a zbiornikami zewnętrznymi. Przy pomocy dwóch wielofunkcyjnych zaworów można sterować przygotowaniem cieczy, napełnianiem zbiornika, zagospodarowaniem pozostałości oprysku lub myciem opryskiwacza. Wybór odpowiedniego przepływu cieczy ułatwiają czytelne piktogramy, zaś sama opcja zwiększa efektywność wykonywanej pracy. W ofercie planowane są belki polowe wykonane z karbonu, czyli z włókna węglowego, które jest pięciokrotnie wytrzymalsze od stali choć lżejsze. Masa tego materiału jest cztery razy mniejsza w porównaniu z alu-

minium, co czyni karbon niezwykle przydatnym szczególnie w długich konstrukcjach. Z karbonu mają być wykonane skrajne sekcje belki polowej Delta Force o szerokości 39 m. Wykonanie lanc ze wspomnianego materiału jest szczególnie ważne również ze względu na bardzo dobre tłumienie drgań, nawet kilkanaście razy lepsze niż w przypadku stali. Belki z włókna węglowego zaprojektowane są jako struktury trójwymiarowe [www.wrp.pl].

Kolejna gama opryskiwaczy oferowana przez Kverneland obejmuje modele Ikarus S oraz iXtrack A, B, C (rys. 4). Opryskiwacze te mogą być wyposażone w belkę roboczą o szerokości od 18 do nawet 45 m. Zbiornik cieczy roboczej w iXtrack C ma pojemność maksymalnie do 6000 l. Cechą charakterystyczną powyższej serii są stalowe belki HSS lub HBWP.

Maszyny wyposażane są również w belki aluminiowe. Prowadzi to do zmniejszenia masy, szczególnie przydatnego w przypadku długich lanc. Opryskiwacze iXtrack C mogą być sterowane za pośrednic-

twem terminalu ISOBUS, ale też z oprogramowaniem pozwalającym na wykorzystanie zaawansowanych systemów rolnictwa precyzyjnego. Seria oferowana przez Kverneland posiada amortyzowane osie z możliwością regulacji ich rozstawu lub z systemem kierowania.

Kolejnym producentem opryskiwaczy jest polska firma Krukowiak. Oferuje trzy serie opryskiwaczy – Apollo, Orion i Goliat. Najbardziej zaawansowana technicznie seria Goliat obejmuje maszyny o pojemności zbiornika od 2500 do 6000 l (rys. 5). Opryskiwacz ten posiada belki składane hydraulicznie o szerokościach od 18 do 36 m. Maszyny produkowane są z myślą o dużych gospodarstwach, dla których wydajność i efektywność zabiegu ma kluczowe znaczenie. Seria Goliat charakteryzuje się zbudowanymi z jednej bryły zbiornikami na ciecz roboczą i ciecz do płukania instalacji. Elementy te wykonane są z polietylenu, który ma dużą odporność na uszkodzenia mechaniczne i jest łatwiejszy do mycia [www.wrp.pl/opryskiwacze-zaczepiane].



Rys. 4. Przyczepiany opryskiwacz firmy Kverneland [https://pl.kverneland.com]
Fig. 4. Trailed field sprayer of Kverneland corporation [https://pl.kverneland.com]



Rys. 5. Przyczepiany opryskiwacz firmy Krukowiak [www.krukowiak.com.pl]

Fig. 5. Trailed field sprayer of Krukowiak corporation [www.krukowiak.com.pl]



Rys. 6. Przyczepiany opryskiwacz polowy firmy Horsch [www.horsch.com/pl]

Fig. 6. Trailed field sprayer of Horsch corporation [www.horsch.com/pl]

Skuteczne obniżenie środka ciężkości konstrukcji zapewnia większe bezpieczeństwo pracy. W wyposażeniu standardowym tych maszyn znaleźć można m.in. sterowanie hydrauliczne belek (składanie, unoszenie, stabilizacja), pięciopozycyjne głowice, hamulce pneumatyczne, płuczkę zbiornika głównego oraz elektryczne sterowanie układem cieczowym. Firma Horsch oferuje opryskiwacze wyposażone

w zbiorniki na ciecz o maksymalnej pojemności do 8400 l oraz w belki polowe o szerokości roboczej do 42 m. Osiągnięciem tej marki jest opracowanie systemu Boom Sight, którego działanie polega na skanowaniu przez urządzenie laserowe umieszczone na kabinie maszyny powierzchni do 15 m przed opryskiwaczem oraz do 20 m po jego lewej i prawej stronie, identyfikujące z wyprzedzeniem przeszkody

oraz ubytki w łanie. Dodatkowo warto zauważyć, że Horsch oferuje belkę o zagęszczonym rozstawie rozpylaczy (co 25 cm), co przy jej udoskonalonej stabilizacji może umożliwić zmniejszenie odległości belki od powierzchni opryskiwanej do około 30 cm. Ponadto w modelu opryskiwacza przyczepianego Leeb LT, został zastosowany żyroskop, który steruje osią skrętną (rys. 6) [Tadel 2016].

Wiele do zaoferowania w kwestii innowacyjnych rozwiązań ma popularna amerykańska firma John Deere. Opryskiwacze tej firmy wyposażane są w zbiorniki o maksymalnej dostępnej pojemności 6200 l, a szerokość robocza ich belki polowej osiąga 40 m. Przyczepiane modele tej marki mogą być wyposażone w dwuwahaczowe zawieszenie osi, zapewniające stabilność niezbędną na drodze i w terenie. Innym elementem jest mechanizm równoległowodowy, zapewniający wysoki prześwit pod maszyną z tyłu. Inteligentne systemy zastosowane w modelach tej firmy obejmują automatyczne sterowanie sekcjami belki, włączające i wyłączające sekcje belki w zdefiniowanych obszarach pola. W modelu M700i opcjonalny system BoomTrac reguluje wychylenie i wysokość belki w celu zoptymalizowania położenia

belki opryskiwacza w różnych warunkach polowych (rys. 7). Po zamontowaniu zaczepu kierowanego układ zarządzania narzędziami na uwrociach (HMS) opryskiwacza automatycznie steruje zaczepem podczas nawrotów, tylko gdy jest to wymagane. Mocne światła diodowe (LED) zapewniają widoczność konieczną do pracy po zmroku. Dostępne są również inteligentne układy sterowania, zapewniające wskazania prędkości, dawki cieczy, ciśnienia przepływu, informacje o polu, odległości, aktywnych i nieaktywnych sekcjach, wychyleniu belki oraz dostarczające inne dane o maszynie. Możliwa jest dzięki zainstalowanemu regulatorowi automatyczna regulacja dawki oprysku z funkcją zwiększenia wydajności. Zastosowano również wiele rozwiązań, pozwalających zwiększyć precyzję oprysku, takich jak czujniki ciśnienia i przepływu, kontrola skrośna i wykrywanie niskiego poziomu przepływu, czynnik przewidywania umożliwiający rozpoczęcie oprysku pod dużym ciśnieniem, regulator ciśnienia opóźnionego startu zapobiegający zbyt małemu dawkowaniu cieczy oraz domyślne ustawienie zaworu, które nie pozwoli na wydzielanie nadmiernych ilości wykorzystywanej do oprysku substancji [www.deere.co.uk/en/sprayers].



Rys. 7. Przyczepiany opryskiwacz polowy firmy John Deere [www.deere.co.uk/en/sprayers]
Fig. 7. Trailed field sprayer of John Deere corporation [www.deere.co.uk/en/sprayers]

Belka polowa ze swoim układem zawieszenia stanowi jeden z najistotniejszych czynników decydujących o rozkładzie opadu cieczy na opryskiwanej powierzchni. Ruchy poprzeczne oraz wzdłużne spowodowane nierównościami terenu zaburzają równomierne nagromadzenie środków ochrony roślin po oprysku. Podejmowano kilka prób matematycznego modelowania oraz prognozowania rozkładu cieczy otrzymywanej z belki, a następnie jego weryfikacji w warunkach laboratoryjnych [Ramon i De Baerdemaeker 1997a, b, Kluza 2018]. Użytkownik opryskiwacza może ustalać parametry pracy i starać się prowadzić działalność, kiedy belka polowa będzie usytuowana poziomo [Szewczyk 1998].

Czynnikami technicznymi, technologicznymi i klimatycznymi zapewniającymi odpowiednią skuteczność i jakość opryskiwania są przede wszystkim stan techniczny opryskiwacza i rodzaj osprzętu, poprawnie dobrane dysze rozpylaczy, odpowiednio ustawione parametry oprysku, poziom wilgotności, temperatura oraz przestrzeganie zasad wytyczonych przez producentów środków ochronnych. Właściwa praca opryskiwacza jest oceniana poprzez pryzmat równomierności rozpylenia oraz stopnia pokrycia odpowiednimi środkami poszczególnych obiektów [Langenakens i in. 1999, Czaczyk i Gajtkowski 2001]. Cztery generalne kryteria stanowiące o jakości pracy opryskiwacza to współczynnik zmienności rozkładu poprzecznego na opryskiwanej powierzchni, stopień jej pokrycia, ilość kropli zebrana na jednym centymetrze kwadratowym i naniesienie cieczy opryskowej podawane w mikrogramach na centymetr kwadratowy [Clijmans i in. 2000a, b, Gajtkowski 2000, Kluza 2018].

Zespoły i podzespoły opryskiwaczy przyczepianych podlegają stałemu doskonaleniu, którego celem jest skuteczniejsze wykonywanie oprysków polowych [Szewczyk 2009]. Pomocne stają się tutaj systemy wspomagania decyzji, które mogą być wdrażane na odpowiednim poziomie skuteczności tylko dzięki programom komputerowym oraz specjalistycznej elektronicznej aparaturze, ułatwiającej użytkownikom pracę [Cupiał 2007].

Przewiduje się, że w przyszłości pojawią się w rolnictwie takie elementy, jak systemy DGPS

o dokładności do jednego centymetra, roboty polowe, identyfikacja gatunków i stanów roślin [Van de Zande i Achten 2005].

Poprawa techniki ochrony roślin będzie możliwa dzięki zastosowaniu najnowszych metod aplikacji środków i konstrukcji opryskiwaczy [Zhu i in. 2006]. Przykładem może być stosowanie bezpośredniego wtrysku pestycydów przed ich rozpyleniem [Womac i in. 2002, Gillis i in. 2003, Ozkan 2008]. Kolejnym rozwiązaniem jest podejście ekologiczne, bez użycia agrochemikaliów, wykorzystujące tzw. biopreparaty, co – jak pokazali Gan-Mor i Matthews [2003], Fife i in. [2006] oraz Chojnacki [2007] – przynosi bardzo dobre rezultaty.

Sprawdzanych jest wiele nowych elementów wyposażenia dodatkowego, instalowanego w opryskiwaczach, które łączą się z komputerem, oraz dozowniki służące do dokładnego dawkowania cieczy użytkowej [Hołownicki 2000].

Starano się podejmować próby zwiększenia wydajności opryskiwaczy przez ograniczenie do minimum czasu czynności takich jak napełnianie pojemnika cieczą użytkową. Istnieje metoda, która umożliwia sporządzanie odpowiedniego preparatu w trakcie opryskiwania z będącą na bieżąco do dyspozycji czystą wodą [Mostade i in. 2002, Czaczyk 2008]. Firma Lechler opracowała konstrukcję o nazwie VarioInject, pozwalającą na dozowanie do czterech różnych środków ochronnych. Stale rośnie popularność belek o dużej szerokości roboczej (do 48 m), jak również bardzo pojemnych zbiorników na ciecz roboczą (do 14 000 l). Różne sposoby stabilizacji belki oraz amortyzacja układu jezdnego służą zwiększeniu prędkości roboczych [Czaczyk 2008]. Wykorzystywane są także układy komputerowo sterujące dawkami cieczy z regulacją ciśnienia jej wypływu z dysz rozpylaczy zależnie od prędkości roboczej.

Kolejną metodą podnoszącą jakość oprysku jest zastosowanie w opryskiwaczach belki polowej z pomocniczym strumieniem powietrza. Pozwala to uniknąć niepożądanego znoszenia cieczy przez wiatr przy zwiększaniu prędkości maszyny. Dodatkowe podmuchy odkrywają do tej pory niedostępne części rośliny, dzięki czemu rozpylany preparat może

w miarę dokładnie pokryć całą jej powierzchnię [Panneton i Piche 2005, www.krukowiak.pl].

Następnym zaproponowanym przez Crowe i in. [2005] narzędziem do oceny jakości wykonanego oprysku jest technika cyfrowa. Jest ona ulepszonym systemem do określania stopnia pokrycia oraz równomierności naniesienia, o lepszej skuteczności niż dotychczas używana metoda analizy obrazów z papierów wodoczułych.

PODSUMOWANIE

Analizując oferty firm polskich i zagranicznych, których przykłady przedstawiono w pracy, można stwierdzić duży postęp w konstrukcyjnych rozwiązaniach produkowanych opryskiwaczy przyczepianych w stosunku do tradycyjnej ich budowy. Podstawowym celem przedsięwzięć modernizacyjnych lub nowych rozwiązań jest poprawa jakości przeprowadzanego zabiegu.

Producenci skupiają się przede wszystkim na zapewnianiu potencjalnemu użytkownikowi coraz większej wygody w obsłudze sprzętu. Realizują to m.in. poprzez instalowanie łatwych w obsłudze rozładniaczy cieczy oraz podestów i chodników pomocnych w sprawnej kontroli podzespołów maszyny. Równocześnie podejmowane są próby optymalizowania kształtu zbiornika na ciecz roboczą, tak aby mogła być jak najlepiej opróżniana cała objętość, nawet z ostatnimi kroplami preparatów. Szuka się również nowych rozwiązań w zakresie usprawnienia napełniania i zwiększenia skuteczności płukania zbiornika oraz mieszania i rozładniacza środków ochronnych.

Przez wzgląd na powstawanie coraz większych opryskiwaczy wprowadza się systemy stabilizacji belki polowej wraz z możliwością jej hydraulicznego składania i rozkładania, a także systemy amortyzacji układów jezdnymi. Wykorzystywane są tak zwane układy recyrkulacji cieczy użytkowej i pneumatyczne sterowanie zaworami odcinającymi i sekcijnymi. Standardem stało się wyposażenie opryskiwaczy w elektroniczne systemy kontroli i sterowania komputerowego.

Wnikliwe badanie kierunków rozwoju opryskiwaczy przyczepianych prowadzi do wniosku, że pomi-

mo ciągłego postępu pozostaje jeszcze w tym zakresie wiele do wykonania, aby odczuwalnie poprawić jakość oprysku polowego. Analiza wyników prowadzonych i podejmowanych prac badawczych i konstrukcyjnych pozwala żywić nadzieję, że istnieje szansa zbudowania opryskiwaczy zapewniających w pełni efektywną i ekologiczną realizację procesu oprysku, także poprzez optymalizację równomierności rozpylenia cieczy.

PIŚMIENNICTWO

- Chojnacki, J. (2007). Zjawiska termiczne w opryskiwaczu w aspekcie aplikacji biologicznych środków ochrony roślin. *Inż. Roln.*, 8(96), 37–42.
- Clijmans, L., Swevers, J., De Baerdemaeker, J., Ramon, H. (2000a). Sprayer boom motion. Part 1. Derivation of the mathematical model using experimental system identification theory. *J. Agric. Eng. Res.*, 76, 61–69.
- Clijmans, L., Swevers, J., De Baerdemaeker, J., Ramon, H. (2000b). Sprayer boom motion. Part 2. Validation of the effect of boom vibration on spray liquid deposition. *J. Agric. Eng. Res.*, 76, 121–128.
- Crowe, T.G., Downey, D., Giles, D.K. (2005). Digital device and technique for sensing distribution of spray deposition. *Trans. ASABE*, 48(6), 2085–2093.
- Cupiał, M. (2007). Komputerowe wspomaganie chemicznej ochrony roślin przy pomocy programu „Herbicyd-2”. *Inż. Roln.*, 6(94), 21–25.
- Czaczyk, Z., Gajtkowski, A. (2001). Wpływ parametrów roboczych na jakość opryskiwania buraków (badania polowe). *Sci. Papers Agric. Univ. Pozn.*, 2, 3–11.
- Czaczyk, Z. (2008). Tendencje w rozwoju opryskiwaczy. *Top Agrar*, 5(8), 122–126.
- Czaplicki, E. (2003). Ponowna ocena “starych” substancji aktywnych w Unii Europejskiej. *Post. Ochr. Rośl.*, 43(1), 69–77.
- Fife, J.P., Ozkan, H.E., Derksen, R.C., Grewal, P.S. (2006). Using computational fluid dynamics to predict damage of a biological pesticide during passage through a hydraulic nozzle. *Biosyst. Eng.*, 94(3), 387–396.
- Gajtkowski, A. (2000). *Technika ochrony roślin*. Wyd. AR Poznań.
- Gan-Mor, S., Matthews, G.A. (2003). Recent developments in sprayers for application of biopesticides – an overview. *Biosyst. Eng.*, 84(2), 119–125.

- Gillis, K.P., Giles, D.K., Slougher, D.C., Downey, D. (2003). Injection mixing system for boomless, target-activated herbicide spraying. *Trans. ASABE*, 46(4), 997–1008.
- Hołownicki, R. (1999). Technika opryskiwania roślin – rolnictwo i sadownictwo. Edycja specjalna dla Dow AgroSciences.
- Hołownicki, R. (2000). Nowe tendencje w technice ochrony roślin. *Racjonalna technika ochrony roślin. Mat. Konf.*, 121–131.
- Kamionka, J. (2014). Technika ochrony roślin – poradnik. ITP, Mazowiecki Ośrodek Badawczy w Kłudzienku.
- Kluza, P.A. (2018). Prognozowanie równomierności opadu cieczy z dysz szczelinowych opryskiwacza. Rozprawa doktorska. UP w Lublinie.
- Langenakens, J.J., Clijmans, L., Ramon, H., De Baerdemaeker, J. (1999). The effects of vertical sprayer boom movements on the uniformity of spray distribution. *J. Agric. Eng. Res.*, 74, 281–291.
- Marks, N. (1997). *Maszyny rolnicze – skrypt*. Wyd. AR, Kraków.
- Matthews, G. (2005). Plant protection technique-successes and failures of past century and challenges for coming decades. *Ann. Rev. Agric. Eng.*, 4(1), 21–28.
- Mostade, O., Huyghebaert, B., Miserque, O., Sawa, J. (2002). Iniekcyjne dozowanie pestycydów w opryskiwaczach rolniczych. *Acta Sci. Pol. Technica Agraria*, 1(2), 13–21.
- Oerke, E.C., Dehne, H.W., Schonbeck, F., Weber, A. (1994). Crop production and crop protection – estimated losses in major food and cash crops. Elsevier Sci., Amsterdam.
- Olszak, R.W., Pruszyński, S., Naerot, J. (2003). Chemiczna ochrona roślin a ochrona środowiska – stan obecny i przyszłość. *Post. Ochr. Rośl.*, 43(1), 305–309.
- Ozkan, H.E. (2008). Technological solution to problems associated with application of pesticides. *J. Agric. Machin. Sci.*, 4(2), 193–198.
- Panneton, B., Piche, M. (2005). Interaction between application volume, airflow, and spray quality in air-assisted spraying. *Trans. ASABE*, 48(1), 37–44.
- Pruszyński, S. (2003). Światowy rynek środków ochrony roślin – zmiany i tendencje. *Ochr. Rośl.*, 5, 6–8.
- Ramon, H., De Baerdemaeker, J. (1997a). Spray boom and spray distribution: Part 1, Derivation of a Mathematical Relation. *J. Agric. Eng. Res.*, 66, 23–29.
- Ramon, H., De Baerdemaeker, J. (1997b). Spray boom and spray distribution. Part 2. Experimental validation of the mathematical relation and simulation results. *J. Agric. Eng. Res.*, 66, 31–39.
- Szewczyk, A. (1998). Wpływ parametrów pracy opryskiwacza na położenie belki polowej w płaszczyźnie pionowej. *Probl. Inż. Roln.*, 454(1), 201–206.
- Szewczyk, A. (2009). Technika opryskiwania płaskich upraw polowych – stan obecny badań i kierunki rozwoju. Ekspertyza. Dostępne online: www.agengpol.pl.
- Tadel, E. (2002). Nowoczesna technika opryskiwania roślin pestycydami. *Zesz. Nauk. AR Kraków. Sesja Nauk.*, 82(387), 45–51.
- Tadel, E. (2016). Możliwości współczesnych opryskiwaczy. *Agro Profil*, 1-2, 44–48.
- Van De Zande, J.C., Achten, V.T.J.M. (2005). Precision agriculture in plant protection technique. *Ann. Rev. Agric. Eng.*, 4(1), 218–228.
- Womac, A.R., Valcore, D.L., Maynard, I.R.A. (2002). Variable-concentration direct injection from fixed-ratio diluent-driven pumps. *Trans. ASABE*, 45(6), 1721–1728.
- Zhu, H., Brazee, R.D., Derksen R.C., Fox, R.D., Krause, R.C., Ozkan, K. (2006). A specially designed air-assisted sprayer to improve spray penetration and air jet velocity distribution inside dense nursery crops. *Trans. ASABE*, 49(5), 1285–1294.
- <http://agroimport.org>
- <http://biardzki.eu>
- <http://demarol.pl/product-category/maszyny-rolnicze/opryskiwacze>
- <http://jarmet.civ.pl/?p=169>
- <https://pl.kverneland.com/Opryskiwacze>
- <http://woprol.com.pl/oferta/opryskiwacze>
- <http://www.deere.co.uk/en/sprayers>
- <http://www.etsprayers.com/our-sprayers>
- <http://www.millerstn.com/products>
- <http://www.renal.com.pl>
- <http://www.skotarek-maszyny.pl/opryskiwacze.html>
- <http://www.stozeksj.pl/page12.php>
- <http://www.tad-len.pl>
- <https://www.wrp.pl/opryskiwacze-zaczepiane>
- www.caseih.com.pl
- www.hardipolska.com/pl
- www.horsch.com/pl
- www.krukowiak.com.pl
- www.uniamachines.com/pl

SELECTED ASPECTS OF CONSTRUCTION AND USE OF TRAILED FIELD SPRAYERS

ABSTRACT

The aim of the paper was to characterize trailed field sprayers that are available on the market and parameters standardizing their actions, as well as technological advances. A comparison was made between the most important features, that condition functioning of exemplary equipment from various known brands. The research results indicate current possibilities of performing the procedure of field spraying with the use of available models of sprayers. Therefore, it could be concluded that parameters and characteristics of all researched trailed field sprayers models do not assure satisfying effectiveness of spraying process, which stands at a very low level in a large number of cases. Performed analysis show the necessity of conducting intensive work to perfect field spray effectiveness, which is a condition of dynamic agricultural development.

Key words: trailed sprayer, field spraying, beam field, working width, liquid tank