WIR WYDAWNICTWO
INŻYNIERIA ROLNICZA
AGRICULTURAL ENGINEERING
2013: Z. 3(145) T.1
s. 47-58
ISSN 1429-7264
Polskie Towarzystwo Inżynierii Rolniczej
http://www.ptir.org

KIERUNKI ROZWOJU ELEMENTÓW ROBOCZYCH DO MECHANICZNEGO ZWALCZANIA CHWASTÓW W UPRAWACH EKOLOGICZNYCH

Sławomir Dziubański, Jacek Rabcewicz, Paweł Białkowski
Instytut Ogrodnictwa w Skierniewicach

Streszczenie. Artykuł przedstawia główne kierunki rozwoju elementów roboczych do mechanicznego niszczenia chwastów w uprawach rzędowych i międzyrzędowych. W pracy skupino się głównie na narzędziach do rzędowego niszczenia chwastów. Wynika to z obszaru, w którym występują duże trudności w zwalczaniu chwastów. Na podstawie analizy poszczególnych rozwiązań zaproponowano własne kryteria, według których należy opracować nowe narzędzie robocze zagregowane w wielorzędowej maszynie.

Słowa kluczowe: produkcja ekologiczna, uprawy rzędowe i redlinowe, zwalczanie chwastów, elementy robocze, narzędzia

Wprowadzenie

Produkcja ogrodnicza w Polsce prowadzona jest zaledwie na 3,4% powierzchni, mimo to jej wartość jest dwukrotnie wyższa niż dla produkcji polowej, chociaż stanowi ona ponad 60% powierzchni zajmowanej przez produkcję roślinną. Polska jest największym w Europie producentem owoców strefy klimatu umiarkowanego i światowym liderem w produkcji porzeczek i wiśni (Hołownicki, 2006; 2009). Zajmuje również pierwsze miejsce w Europie w produkcji kapusty (1200 tys. ton) , marchwi (817 tys. ton), jabłek (1826 tys. ton), borówki amerykańskiej (18 tys. ton), a trzecie w produkcji cebuli (618 tys. ton) i ogórków (272 tys. ton).

Istotnym czynnikiem wpływającym na wielkość i jakość plonu w produkcji warzyw gruntowych jest zwalczanie chwastów. Plon produkcji roślinnej może spaść nawet o ponad 40% w przypadku nadmiernego zachwaszczenia (Oerke, 2006). Regulacja stopnia zachwaszczenia odbywać się może metodami chemicznymi i niechemicznymi. We współczesnej produkcji roślinnej dominują problemy związane z ochroną środowiska naturalnego, bezpieczeństwem żywności (Mortensen, 1999) oraz zasadami rolnictwa zrównoważonego (Baum, 2003; Roszkowska-Mądra, 2009). Dotyczy to zwłaszcza produkcji warzyw ze

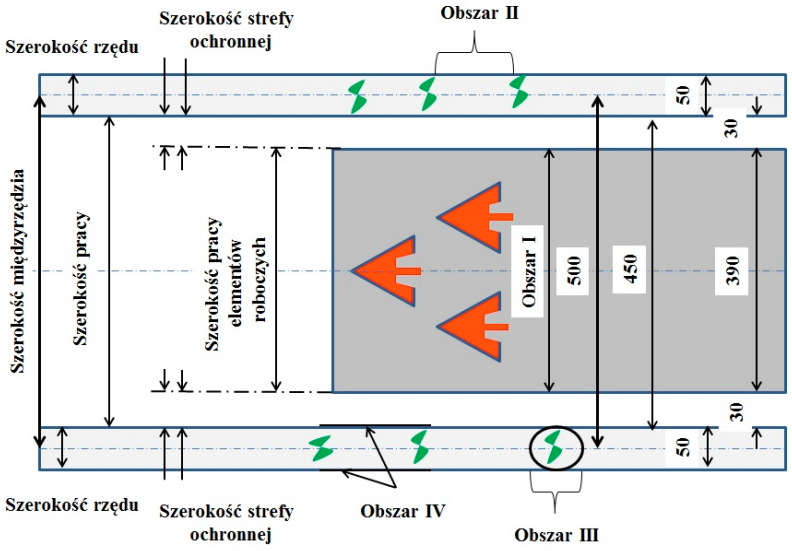
względu na ich wysokie walory prozdrowotne. Warzywa są bogate w wapń, magnez, potas, żelazo, witaminy B, C, A, K oraz antyoksydanty (Stuchlik, 2002; Rumeza, 2006).

W związku z tym poszukuje się niechemicznych metod zwalczania chwastów w produkcji ekologicznej, gdzie stosowanie chemicznych środków ochrony roślin jest ustawowo zakazane. Prowadzone są również prace nad zredukowaniem do minimum zużycia syntetycznych agrochemikaliów w tradycyjnej produkcji rolniczej.

Częste stosowanie środków ochrony roślin skutkuje tym, iż pewne gatunki chwastów zaczynają się uodparniać na działanie niektórych składników aktywnych (Haar, 2002; Dobrzański, 2006; Golinowska, 2009; Piwowar, 2012). Dalszy rozwój produkcji warzyw, w tym zwłaszcza metodami ekologicznymi, wymaga doskonalenia sposobów mechanicznego zwalczania chwastów.

Przegląd najważniejszych rozwiązań konstrukcyjnych

W przypadku mechanicznego niszczenia chwastów wyróżnić należy cztery obszary, które wymagają regulacji stopnia zachwaszczenia (rys. 1):



obszar I – międzyrzędzie, obszar II – obszar w rzędzie między roślinami, obszar III – obszar wokół rośliny, obszar IV – redlina.

Rysunek 1. Obszary regulacji stopnia zachwaszczenia
Figure 1. Areas of weed infestation degree regulation

Zwalczanie chwastów w strefie międzyrzędzia przewidziane jest dla większości gatunków roślin uprawianych w systemie pasowym. Geometria i wymiary elementu roboczego zależą w znacznej mierze od szerokości międzyrzędzia, która w zależności od gatunku rośliny uprawnej wynosi od 20 do 50 cm. W międzyrzędowym zwalczaniu chwastów stosuje się głównie noże kątowe, gęsiostopki i redliczki.

Zwalczanie chwastów w rzędzie roślin uprawnych jest trudniejsze, a rodzaj zastosowanego elementu roboczego ma wpływ na skuteczność i terminowość odchwaszczania. Wykorzystanie biernych elementów roboczych w postaci elementów palcowych czy torsyjnych wymaga częstego pielenia, a wysokość chwastów nie może przekraczać 25 mm. Rośliny uprawne w tym przypadku są narażone na uszkodzenie w wyniku działania mało precyzyjnego elementu roboczego. Zwiększenie efektywności podczas rzędowego zwalczania chwastów umożliwiło wprowadzenie skomplikowanych maszyn z aktywnym elementem roboczym. Geometria i wymiary narzędzia oraz złożony układ przeniesienie napędu powodują, iż zastosowanie takiej maszyny ogranicza się do rozstawu rzędu przekraczającego 50 cm. Stosowana jest ona głównie w kapuście lub sałacie.

Dominujące obecnie proste narzędzia (brony, pielniki, kultywatory) nie spełniają oczekiwań nowoczesnej produkcji ze względu na niską precyzję pracy. Powoduje to konieczność utrzymania dość szerokich obszarów ochronnych, oddzielających rośliny uprawne od zespołów roboczych pielnika, które muszą być odchwaszczane ręcznie. Szerokość obszarów ochronnych nie jest prosta do zdefiniowania, ponieważ zależy ona od takich czynników, jak: gatunek rośliny uprawnej, faza wzrostu rośliny, rodzaj zastosowanego elementu roboczego. W literaturze (Tillett i in., 2008; Home i in., 2002) stosowane były głównie: obszar I – 200 mm, obszar II – 20 mm, obszar III od 80 do 160 mm.

Najbardziej uniwersalną metodą zwalczania chwastów stosowaną w zbożach, kukurydzy, ale także w warzywach – jest bronowanie. Wykorzystanie brony chwastownika pozwala na niszczenie chwastów zarówno w rzędach, jak i międzyrzędziach. W przypadku zbóż bronowanie może zostać wykonane przed wschodami oraz po wschodach w momencie osiągnięcia fazy 3 liści do początku strzelania w źdźbło. Ponowne dokonanie dwu- lub trzykrotnego zabiegu powoduje zmniejszenie liczebności chwastów o ok. 50 do 80% w fazie szpilkowania. Bronowanie wykonane w fazie krzewienia pozwala na zniszczenie 40 do 60% chwastów. Intensywne oraz częste bronowanie może doprowadzić do przesypywania roślin, w wyniku czego nastąpi obniżenie plonu (Rasmussen, 1991).

Zwalczanie chwastów w przypadku bronowania odbywa się przez zagrzebywanie części naziemnej chwastów i wyrywanie korzeni. Typową bronę przedstawia rysunek 2.

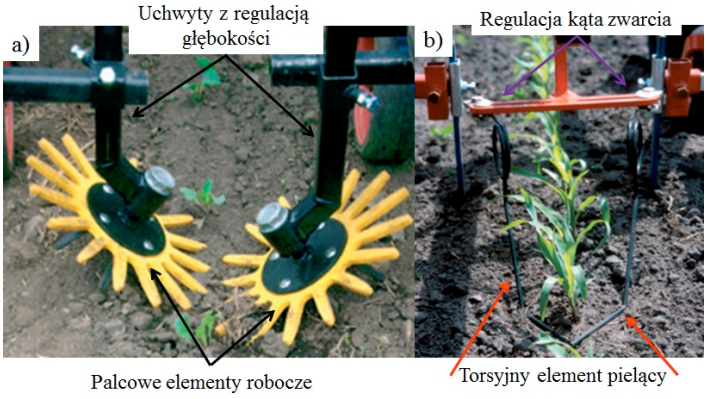
Rysunek 2. Brona chwastownik
Figure 2. Weed harrow

Zwalczanie chwastów odbywa się przy udziale stalowych zębów prostych lub zagiętych, wykonanych z drutu sprężynowego, których odziaływanie na glebę powoduje wyrywanie chwastów. W bronie chwastownik istnieje możliwość regulacji kąta pracy zębów, tak aby uzyskać najlepszy efekt niszczenia chwastów przy najniższym stopniu uszkodzenia rośliny uprawnej. Sposób ten nie jest efektywny, ponieważ nie bierze pod uwagę zmiennych właściwości fizycznych gleby oraz zmiennego zagęszczenia chwastów, przez co brak płynności w ustawieniu brony powoduje, iż w różnych miejscach pola występuje różna skuteczność niszczenia chwastów.

Problem ten został po części rozwiązany przy użyciu automatycznego regulatora kąta natarcia zębów (Rueda-Ayala i in., 2010). Cyfrowy czujnik umieszczony został na przodzie ciągnika. Zadaniem czujnika jest dokonanie pomiarów oporów gleby. Informacje uzyskane z czujnika przetwarzane są jednostce sterującej, znajdującej się na ramie brony. Jednostka sterująca na podstawie uzyskanych danych decyduje o zmianie kąta natarcia zębów brony przy użyciu siłowników połączonych z polami brony.

Badania prowadzone w europejskich oraz amerykańskich ośrodkach badawczych pokazują rangę problemu. W przypadku badań krajowych, dotyczących mechanicznego niszczenia chwastów, analiza literatury potwierdza, iż problem ten traktowany jest raczej na uboczu głównego nurtu badań ogrodniczych. Propozycję stanowią gotowe maszyny, ale nie bierze się pod uwagę złożoności procesu mechanicznego niszczenia chwastów.

Zwalczanie chwastów w rzędach roślin uprawnych odbywa się zazwyczaj przy użyciu czynnych elementów roboczych, rzadziej biernych. Biernym element roboczy w rzędowym zwalczaniu chwastów stanowi zazwyczaj element palcowy (rys. 3a) lub torsyjny (rys. 3b).



Rysunek 3. Bierne elementy robocze: a) palcowy, b) torsyjny
Figure 3. Inactive operational elements: a) finger weeder, b) torsion weeder

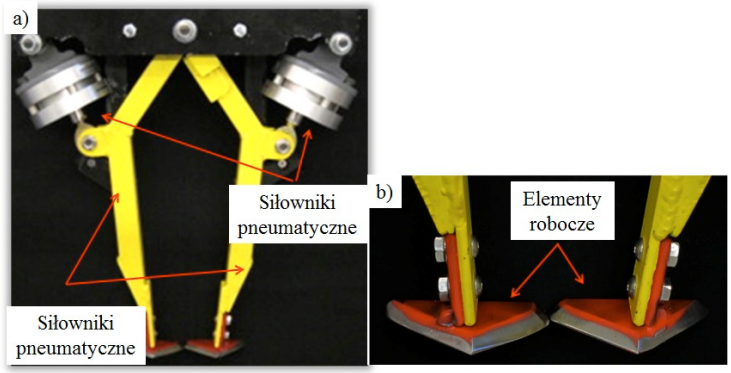
Źródło: Weide, 2008

Palcowe elementy robocze (Weide i in., 2008) wprawiane są w ruch po przez stalowe tarcze z zębami umieszczone pod nimi. Taka budowa umożliwia oddziaływanie na chwasty jedynie na powierzchni gleby. Różnica prędkości obrotowej między zębami napędzającymi

a elementami roboczymi powoduje efekt poślizgu, w wyniku czego następuje niszczenie chwastów. Prędkość robocza, dla której palcowe elementy robocze wykazują najlepszą skuteczność, wynosi ok. 10 km/h. Do zalet palcowych elementów roboczych zaliczyć należy możliwość zastąpienia pielenia ręcznego oraz praca z ciągnikiem małej mocy. Podstawowe wady to możliwość zastosowania w chwastach, których faza wzrostu nie przekracza 25 mm. Powinny być one stosowane razem z kultywatorem, występuje również możliwość uszkodzenia roślin uprawnych. Zwalczanie chwastów na glebach lekkich i piaszczystych ze względu na brak efektu poślizgu jest mało skuteczne.

Torsyjny element roboczy (Weide i in., 2008) składa się ze sprężynowych, stalowych prętów. Rozmieszczone są po obu stronach rzędu roślin, powodując podcinanie chwastów. Sposób odziaływania na chwasty może być regulowany poprzez zmianę średnicy pręta. Regulacja ta pozwala na zmianę siły nacisku pręta na powierzchnię gleby oraz chwasty. Niszczenie chwastów polega na wyrywaniu korzeni i przysypywaniu ich ziemią. Pielnik z torsyjnym elementem roboczym najefektywniej pracuje wówczas, gdy chwasty mają od 8 do 10 liści. Jego skuteczność dla chwastów w fazie wzrostu do 25 mm wynosi 86%, natomiast dla chwastów po wyżej 150 mm osiąga jedynie 34%. Pielniki wyposażone w elementy torsyjne wymagają precyzyjnego prowadzenia ze względu na możliwość uszkodzenia roślin uprawnych.

Perez-Ruiz i in. (2012) opracowali bierny zespół roboczy do mechanicznego zwalczania chwastów w uprawach rzędowych. Element roboczy stanowi nóż w kształcie trójkąta zamocowany na dwóch ramionach sterowanych za pomocą siłowników pneumatycznych (rys. 4).



Rysunek 4. Widok narzędzia: a) ramiona wraz z siłownikami pneumatycznymi, b) elementy robocze
Figure 4. Tool view: a) arms with air cylinders, b) operational elements

Źródło: Perez–Ruiz, 2012

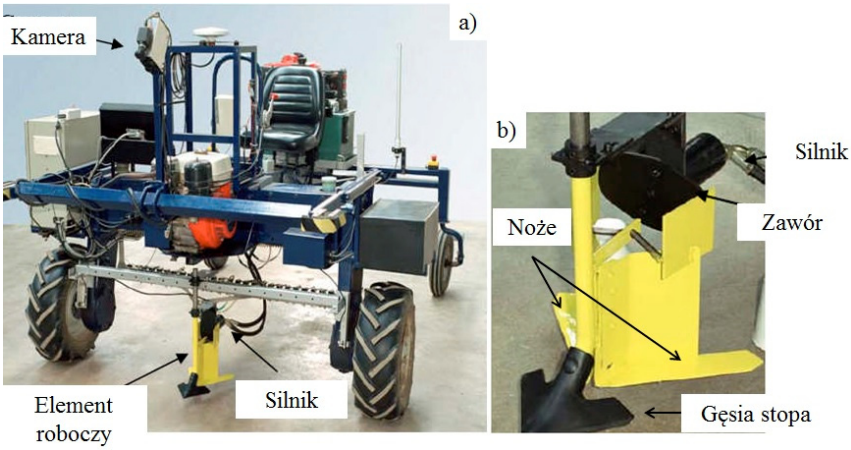
Element odchwaszczający w postaci dwóch trójkątnych noży rozwiera się za pośrednictwem ramion sterowanych pneumatycznie w momencie wykrycia rośliny uprawnej. Lokalizacja roślin uprawnych odbywa się na podstawie mapy generowanej w trakcie siewu i zapisywana jest na komputerze.

Po ominięciu rośliny następuje zwarcie noży i niszczenie chwastów w rzędzie. Element roboczy może pracować przy prędkości liniowej narzędzia dochodzącej do 1,5 km·h^{-1}. Badania stanowią fazę wstępną i nie koncentrują się w znacznym stopniu na procesie zwalczania chwastów, a na sposobie sterowania pracą elementu roboczego. Sterowanie pracą elementu roboczego odbywa się za pośrednictwem systemu GPS (Global Positioning System) z poprawką RTK (Real Time Kinemtaics), który charakteryzuje się dużą dokładnością. Dokładność systemu RTK w przypadku pomiaru statycznego wynosi od 3 do 5 mm.

Układ RTK–GPS wymaga wykorzytania stacji referencyjnej, której prowidłowe działanie zależy od ukształtowania terenu i warunków atmosferycznych (opady, zachmurzenie).

Metoda ta wymaga tworzenia map generowanych na podstawie danych zebranych podczas siewu przy pomocy specjalistycznych programów. Za pośrednictwem mapy upraw system RTK–GPS określa współrzędne położenia rośliny i pozwala sterować pracą elementu roboczego. Zakup stacji RTK–GPS wymaga poniesienia znacznych środków finansowych, rzędu kilkudziesięciu tysięcy złotych. Konsekwencją tego będzie wysoka cena maszyny wyposażonej w taki układ.

Kolejne rozwązanie stanowi narzędzie (Dedousis, 2003) (rys. 5a), którego elelement roboczy w postaci gęsiej stopki wykonuje ruch poprzeczny w stosunku do kierunku jazdy. Sterowanie elementem roboczym odbywa się za pomocą układu cyfrowej analizy obrazu, który odróżnia chwasty od roślin uprawnych. Wykrycie rośliny uprawnej powoduje zwarcie noży (rys. 5b), rozpoznanie przestrzeni między roślinami wywołuje rozwarcie noży i niszczenie chwastów.

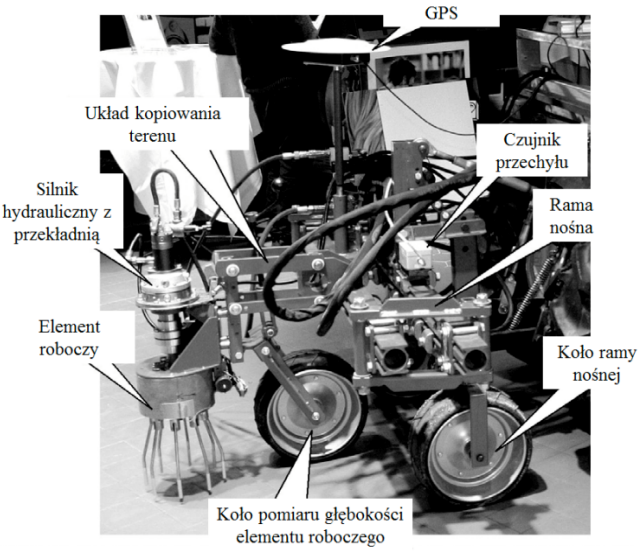


Rysunek 5. Element roboczy z gęsią stópką do zwalczania chwastów w rzędach roślin uprawnych
Figure 5. Operational element with goose foot for weed control in cultivation plants rows

Źródło: Dedousis, 2003

Wzrost prędkości jazdy od 4 do 8 km·h^{-1} i zmniejszenie odległości między roślinami skutkuje tym, iż 70% sterefy ochronnej rośliny jest naruszona w trakcie pielenia. W takim przypadku istnieje duże prawdopodobieństwo zniszczenia rośliny uprawnej.

Norremark i in. (2008) opracowali narzędzie robocze do rzędowego niszczenia chwastów sterowane przy użyciu układu RTK–GPS (rys. 6).



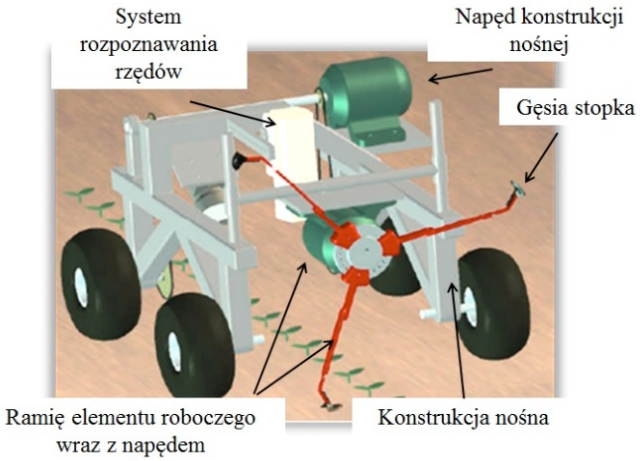
Rysunek 6. Głowica odchwaszczająca
Figure 6. Weeding head

Źródło: Norremark i in., 2001

Sterowanie narzędziem odbywa za pośrednictwem mapy wysiania nasion tworzonej w trakcie siewu. Element roboczy napędzany jest sinikiem hydraulicznym. Narzędzie składa się z ośmiu zębów, które pozwalają niszczyć chwasty w rzędzie w pobliżu rośliny uprawnej. Kształt narzędzia roboczego pozwala na obcinanie korzeni chwastów oraz przykrywanie ziemią. Praca elementu roboczego zależy od prędkości obrotowej głowicy, średnicy zębów, liczby zębów, kształtu zębów. Narzędzie robocze połączone zostało z niezależnym pojazdem prowdzonym przez układ RTK–GPS. Praca elementu roboczego przewidziana została dla prędkości roboczej 8,5 km·h^{-1}. Badania ujawniły małą skuteczność niszczenia chwastów oraz znaczne uszkodzenia roślin uprawnych dla prędkości roboczej 1,44 km·h^{-1} (Griepentrog i in., 2007). Poza tym złożoność konstrukcji wpływa na awaryjność urządzenia.

Gobor i in., (2006) przedstawili wirtualny model elementu roboczego składającego się z prominiowo zamontowanych uchwytów, zakończonych na końcu każdego elementem roboczym w postaci gęsiej stopki (rys. 7). Liczba ramion i elementów roboczych może być zmieniana w zależności od wymogów agrotechnicznych. Elementy robocze pracują w osi poziomej w stosunku do osi rośliny uprawnej. Ramiona napędzane są za pośrednictwem

silnika elektrycznego, którego prędkość obrotowa zależy od prędkości liniowej konstrukcji nośnej i rozstawu roślin w rzędzie.



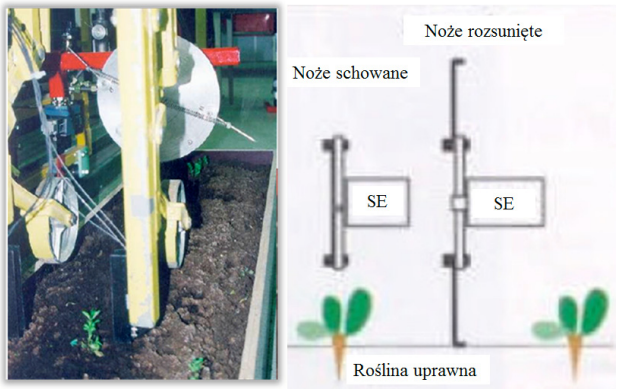
Rysunek 7. Czynny element roboczy w postaci śmigła
Figure 7. Active operational element in the form of a screw

Źródło: Gobor i in., 2003

Układ optyczny składa się z czujnika laserowego, pozwalającego na rozpoznanie kształtu rośliny uprawnej w zależności od fazy rozwoju oraz stopnia pokrycia przestrzeni między roślinami. Rozpoznawanie roślin wynosi od 70 do 98%, w zależności od warunków glebowych oraz regulacji układu rozpoznawainia rzędów. Nie ma jednak pewności, iż przeniesienie modelu wirtualnego do warunków rzeczywistych spowoduje uzyskanie wyników potwierdzających symulację komputerową. W przypadku pielnika wielorzędowego zastosowanie tego typu elementu roboczego może stać się trudne z punktu widzenia sterowania kilkoma sekcjami jednoczeście.

Lempense (1996) opracował element roboczy w kształcie wirującego krążka napędzanego silnikiem elektrycznym (SE). Rozwiązanie to opiera się na dwóch nożach zamocowanych na krążku (rys. 8).

Prędkość obrotowa krążka wynosi ok. 800 obr.·min^{-1}; w tym czasie noże są schowane. W momencie kiedy czujnik wykryje wolną przestrzeń między roślinami, prędkość obrotowa krążka zostaje ograniczona do ok. 700 obr.·min^{-1}, a zmniejszenie siły odśrodkowej powoduje wysunięcie noży. Układ sterujący składa się z trzech nadajników i trzech odbiornków podczerwieni, które ustawione są względem siebie na odległość równą rozstawie rzędu. Sygnał z czujników przekazywany jest do mikroprocesora. Budowa elementu roboczego powoduje, iż niszczona jest tylko część nadziemna chwastów, strefa korzenia jest nienaruszona. System sterujący nie rozróżnia rośliny uprawnej od chwastów. Wynikiem tego jest brak możliwości wykrycia rzędu w przypadku dużego zagęszczenia chwastów.

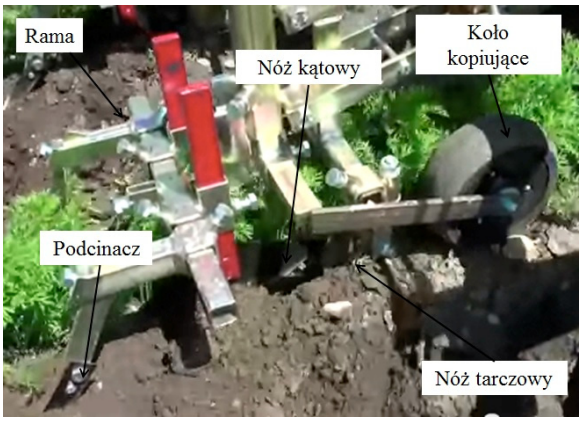


Rysunek 8. Element roboczy w postaci wirującego krążka
Figure 8. Operational element in the form of a rotating disc

Źródło: Lempense, 1996

W polowej produkcji warzyw korzeniowych coraz bardzie rozpowszechniona jest uprawa na redlinach (Kurpaska i in., 2006; Kaniszewski i in., 2008; Vacajnk i in., 2012). Metoda ta umożliwia polepszenie wymiany gazowej w obszarze korzenia rośliny uprawnej i zapobiega powstawaniu zbryleniu gleby. Ułatwiony przepływ powietrza pozwala na lepszy przebieg procesu plonowania, dodatkowo wzmożona zostaje działalność mikroorganizmów zawartych w glebie. Dobrzański i in. (1998) wykazali możliwość polepszenia jakości i ilości zbieranego plonu przy uprawach na redlinach. W tym przypadku również konieczna jest regulacja stopnia zachwaszczenia. Do niszczenia chwastów na redlinach konieczne jest stosowanie elementów roboczych zwalczających chwasty w trakcie jednego przejazdu z obu stron redliny (rys. 9).

Niszczenie chwastów z zastosowaniem KRESS DUO odywa się w trzech następujących po sobie fazach. Nóż tarczowy przycina chwasty przy samej roślinie uprawnej i wyrzuca je na zewnątrz, następnie gęsia stopka przycina chwasty na powierzchni stożka, podcinacz wyrównuje i przykrywa chwasty położone w niższej części redliny.



Rysunek 9. Niszczenie chwastów na redlinach KRESS DUO
Figure 9. Weed control in ridges KRESS DUO

Źródło: www.kress-landtechnik.de

Charakterystyczną pracą noża tarczowego jest to, iż oprócz rośliny chwastu przycina on również liście rośliny uprawnej. Elementy robocze połączone są na wspólnej belce kierowanej za pośrednictwem operatora. Wymaga to dużej precyzji i koncentracji, a praca maszyny jest powolna.

Podsumowanie

Analiza literatury potwierdza nieliczną grupę elementów roboczych, pozwalających na niszczenie chwastów w rzędach roślin uprawnych. Prowadzone obecnie badania koncentrują się głównie na jednym gatunku roślin uprawianych w szerokich rozstawach ok. 50 cm (Tillet i in., 2008). Badane narzędzia robocze wraz z układami wykonawczymi pracują zazwyczaj w oparciu o różny sposób sterowania, np.: RTK–GPS, system cyfrowej analizy obrazu, czujniki położenia i przeniesienia napędu, jednak wszystkie one charakteryzują się złożoną konstrukcją. Dodatkowo należy zwrócić uwagę na niezbyt dużą precyzję pracy połączoną z możliwością częstego uszkodzenia rośliny uprawnej. Zauważyć należy, iż kierunek prowadzonych badań jest pożądany. Wdrażanie inteligentnych systemów zwalczania chwastów w rzędach i międzyrzędziach roślin uprawnych pozwala na określenie odpowiedniej strategii kontroli stopnia zachwaszczenia. Jednak znalezienie ogólnego rozwiązania skutecznego i selektywnego zwalczania chwastów, które pozwalałoby na zmniejszenie potrzeby ręcznego pielenia i zwiększenie korzyści ekonomicznych, nie jest zadaniem łatwym. Pozostaje wiele wyzwań w mechanizacji ochrony upraw. Bardzo ważne jest, aby utrzymać strefę wolną od chwastów wokół roślin uprawnych, dzięki czemu uprawy nie muszą konkurować z chwastami o wodę i składniki pokarmowe. Mimo to badania z zakresu mechanicznego zwalczania chwastów powinny dotyczyć również:

- opracowania elementu roboczego do rzędowego zwalczania chwastów w roślinach uprawianych w małych rozstawach,
- opracowania narzędzia do rzędowego niszczenie chwastów w warzywach korzeniowych,
- opracowania układu sterowania narzędzia pozwalającego na bardziej precyzyjne niszczenie chwastów poprzez zmniejszenie szerokości pasów ochronnych,
- opracowania maszyny do wielorzędowego zwalczania chwastów w uprawach rzędowych,
- zwiększenia prędkości liniowej maszyny bez obniżenia skuteczności niszczenia chwastów,
- zastąpienia czynnika ludzkiego cyfrowym układem sterowania w przypadku pielenia na redlinach.

Literatura

Baum, R. (2003). Kryteria oceny zrównoważonego rozwoju w gospodarstwach rolnych. *Rocznik Akademii Rolniczej w Poznaniu, Ekon.*, 2, 3-10.

Dedousis, A. (2007). *An investigation into the design of precision weeding mechanisms for inter and intra – row weed control. Phd Thesis.* School of Applied Sciences, 2-20.

Dobrzański, A.; Anyszka, Z. (2008). Problem braku odpowiednich herbicydów dla warzyw jako upraw małoobszarowych – Implikacje dla praktyki. *Progress in Plant Protection*, *46*(1), 63-70.

Dobrzański, A.; Anyszka, Z. (1998).Szkodliwość chwastów i możliwość ich zwalczania w uprawie marchwi. Nowości Warzywnicze, 33.

Gobor, Z. i in. (2006). *Prototype of a rotary hoe for intra – row weeding*. 12th IFToMM World Congress, 1-5.

Golinowska, M. (2009). Ekonomika ochrony roślin w teorii i praktyce. *Progress in Plant Protection*, *49*(1), 23-33.

Griepentrog, H. W.; Gulhom-Hansen, T.; Nielsen, J. (2007). *First field results from intra-row rotor weeding.* In: *Proceedings of the 7th European Weed Research Society workshop on physical and cultural weed control,* Salem, Germany.

Haar, M. J. (2002). Evaluation of preemergence herbicides in vegetable crops. *HortTechnology*, *12*(1), 95-99.

Hołownicki, R. (2006). Miejsce agroinżynierii w rozwoju produkcji ogrodniczej w Polsce. *Inżynieria Rolnicza*, *11*, 135-146.

Hołownicki, R. (2009). Agroinżynieria na tle przemian w rolnictwie i przemyśle. *Inżynieria Rolnicza*, *5*(114), 13-23.

Home, M.C.; Tillett, N.D.; Hague, T.; Godwin, R.J. (2002). *An experimental study of lateral positional accuracy achieved during inter-row cultivation.* 5th EWRS Workshop on Physical Weed Control, 101-110.

Kaniszewski, S.; Dyśko, J. (2008). Effect of drip irrigation and cultivation methods on the yield and quality of parsley roots. *J. Elementol, 13*(2), 235-244.

Kurpaska, S. i in. (2006). Energochłonność polowej produkcji niektórych warzyw korzeniowych. *Inżynieria Rolnicza*, 11, 269-276.

Lempens, P.W.J. i in. (1996). *Actuator for use in an agricultural meachinery for cultivation of crops growing in rows.* The Netherlands. OA 1004479.

Morstensen, D. A. i in. (1999). The role of ecology in the development of weed management systems: an outlook. Blackwell Science Ltd Weed Research 2000 40, 49-62.

Norremark, M. (2008). The development and assessment of the accuracy of an autonomus GPS – based system for intra – row mechanical weed control in row crops*. Biosystems Engineering*, 396-410.

Oerke, E. C. (2006). Crop losses to pests. *Journal of Agricultural Science,* 144, 31-43.

Perez–Ruiz, M. i in. (2012). Automatic GPS – based intra – row weed knife control system for transplanted row crops. *Computers and Electronics in Agriculture,* 80, 41-49.

Piwowar, A. (2012). Rynek środków ochrony roślin w Polsce w latach 2005-2009. *Journal of Agribusiness and Rural Development, 1*(23), 85-93.

Rasmussen, J. (1991). A model for predicting of field response in weed harrowing. *Weed Res.*, 31, 401-408.

Roszkowska-Mądra B. (2009). Koncepcja rozwoju europejskiego rolnictwa i obszarów wiejskich. *Gospodarka Narodowa*, 10, 83-102.

Rueda-Ayala, V.; Rasmussen, J.; Gerhards, R. (2010). *Mechanical Weed Control*. Springer Science+Business Media, 279-294.

Rumeza, H. i in. (2006). Use of vegetables as nutritional food: Role in human health. *Journal of Agricultural and Biological Science*, vol. 1, No 1, ISSN 1990-6145, 18-22.

Stuchlik, M.; Zak, S. (2002). Vegetable lipids as components of functional foods. *Biomed. Papers*, *146*(2), 3-10.

Szymara, J. (2012). Problemy produkcji ekologicznej na przykładzie wybranych gospodarstw rolnych. *Fragm.Agron, 29*(1), 134-139.

Tillet, N.D.; Hague, T.; Grundy, A.C.; Dedousis, A.P. (2008). Mechanical within-row weed control for transplanted crops using computer vision. *Biosystems Engineering*, 99, 171-178.

Weide R. i in. (2008). Innovation in mechanical weed control in crop rows. European Weed Research Society. *Weed Research*, 48, 215-224.
www.kress-landtechnik.de
Vucajnk, F.; Vidrih, M.; Bernik, R. (2012). Physical and mechanical properties of soil for ridge formation, ridge geometry and ridge formation methods of potato production. *Irish Journal of Agricultural and Food Research*, 51, 13-31.

NEW TOOLS FOR THE MECHANICAL CONTROL OF WEEDS IN ORGANIC CROPS

Abstract. The article presents the main development trends of operational elements for mechanical weed control in row crops and intertillage. The paper focuses mainly on tools for row weed control. It results from the area, where considerable difficulties in weed control occur. The working solutions have been analysed in terms of effectiveness, disadvantages and advantages. Based on the various solutions, own criteria, according to which, new operational device should be built in the aggregate working tool, were suggested.

Key words: organic farming, row and coulter cultivation, weed control, operational items, devices

Adres korespondencyjny:
Sławomir Dziubański; e-mail: slawomir.dziubanski@inhort.pl
Instytut Ogrodnictwa
Pomologiczna 18
96-100 Skierniewice