

PORADNIK

użytkowania sprzętu
do ochrony roślin

METODAMI NIECHEMICZNYMI



InHort

Instytut Ogrodnictwa PIB
SKIERNIEWICE 2021

**Instytut Ogrodnictwa – Państwowy Instytut Badawczy
Zakład Agrotechnologii**



PORADNIK

**użytkowania sprzętu
do ochrony roślin
metodami niechemicznymi**

Skierniewice 2021

Autorzy:

dr inż. Artur Godyń

dr inż. Jacek Rabcewicz

Zdjęcia i rysunki: Jacek Rabcewicz, Artur Godyń, źródła internetowe.

Opracowanie wykonano w ramach Zadania Celowego Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi na 2021 rok – zadanie 6.7 Doskonalenie techniki ochrony roślin, finansowanego przez MRiRW



MINISTERSTWO
ROLNICTWA
I ROZWOJU WSI



INSTYTUT
OGRODNICTWA
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY

© Instytut Ogrodnictwa – Państwowy Instytut Badawczy,
ul. Konstytucji 3 Maja 1/3, 96-100 Skierniewice

Wersja elektroniczna – wydanie I

Opracowanie graficzne, projekt okładki, skład i łamanie: A. Godyń

Treść zgodna ze stanem prawnym obowiązującym w grudniu 2021 r.

Egzemplarz bezpłatny

Wszelkie prawa zastrzeżone. Żadna część niniejszej książki nie może być reprodukowana w jakiegokolwiek formie i w jakikolwiek sposób bez pisemnej zgody wydawcy.

Spis treści

1.	WSTĘP	4
2.	INTEGROWANA OCHRONA ROŚLIN	5
3.	NIECHEMICZNE METODY OCHRONY ROŚLIN	6
3.1.	Niechemiczne metody zwalczania chwastów	7
3.1.1.	Metody mechaniczne zwalczania chwastów	7
3.1.2.	Metody termiczne zwalczania chwastów	10
3.1.3.	Inne metody fizyczne zwalczania chwastów	13
3.1.4.	Metody agrotechniczne ograniczania zachwaszczenia	15
3.2.	Zwalczanie i wspomaganie zwalczania chorób i szkodników	16
3.2.1.	Metody fizyczne zwalczania chorób i szkodników	16
3.2.2.	Metody wykorzystujące żywe organizmy	19
4.	NIECHEMICZNE METODY OCHRONY ROŚLIN W SADACH I W UPRAWIE WARZYW	22
4.1.	Uprawy sadownicze	23
4.1.1.	Koszenie murawy (także murawy pod drzewami)	24
4.1.2.	Okrywy naturalne i sztuczne	26
4.1.3.	Metody mechaniczne zwalczania chwastów	27
4.1.4.	Metody termiczne zwalczania chwastów	35
4.2.	Uprawy warzywnicze	37
4.2.1.	Mechaniczne zwalczanie chwastów w warzywach	38
4.2.2.	Metody termiczne zwalczania chwastów w warzywach	41
4.2.3.	Prąd elektryczny o wysokim napięciu	41
5.	JAK DOBRAĆ ODPOWIEDNI SPRZĘT DO UPRAWY I SYSTEMU PRODUKCJI	43
6.	ZASADY UŻYTKOWANIA I KONTROLA STANU TECHNICZNEGO	45
7.	LITERATURA	46
	Broszury z serii INSTRUKCJA i DOBRA PRAKTYKA	47

1. Wstęp

Od 2014 r. w krajach Unii Europejskiej obowiązuje integrowana ochrona roślin. Jest to sposób ochrony roślin przed organizmami szkodliwymi polegający na wykorzystaniu wszystkich dostępnych metod, w szczególności metod niechemicznych, w sposób minimalizujący zagrożenie dla zdrowia ludzi, zwierząt oraz dla środowiska. Oznacza to, że w ochronie roślin należy w pierwszej kolejności stosować metody niechemiczne (mechaniczne lub wykorzystujące inne zjawiska fizyczne) i/lub środki biologiczne (substancje i organizmy żywe lub ich formy przetrwalnikowe). Dopiero w ostateczności powinno się wykorzystywać preparaty chemiczne, każdorazowo z zachowaniem zasad bezpieczeństwa dla organizmów pożytecznych oraz środowiska i z wykorzystaniem możliwie najniższych dawek.

Stosowaniem wyłącznie niechemicznych metod ochrony roślin charakteryzuje się szczególnie rolnictwo ekologiczne. Polityka Unii Europejskiej zakłada ograniczenie zużycia środków ochrony roślin w rolnictwie i zwiększenie powierzchni upraw ekologicznych. Wszystkie wymienione czynniki sprawiają, że stosowanie metod niechemicznych dotyczy coraz większej części gruntów rolnych oraz rodzi zapotrzebowanie na odpowiedni sprzęt i wiedzę o jego użytkowaniu.

Metody niechemiczne wymagają prawie zawsze zastosowania specjalnego sprzętu. Dla metod mechanicznych są to urządzenia będące odpowiednikiem różnych narzędzi uprawowych. Stosowanie metod biologicznych z wykorzystaniem wrogów naturalnych wymaga specjalnego sprzętu umożliwiającego odpowiednią (najczęściej równomierną) dystrybucję tych organizmów na plantacji. Technika aplikacji powinna umożliwiać nie tylko regulację i kontrolę ilości i równomierności rozkładu aplikowanego organizmu, ale również wysoką przeżywalności tych organizmów. Odnosi się to zarówno do pożytecznych owadów, nicieni (Chojnacki), ale również do bakterii (Doruchowski, Świechowski).

W największym zakresie metody niechemiczne stosowane są do zwalczania chwastów. Wykorzystywane są głównie narzędzia i maszyny o działaniu mechanicznym – różnego rodzaju pielniki. Funkcję odchwaszczającą spełniają w pewnym zakresie wszystkie narzędzia uprawowe. W niektórych okolicznościach (np. zbyt wilgotna gleba) lub do chwastów występujących placowo na niewielkich powierzchniach, maszyny i narzędzia mechaniczne można, a czasem należy, zastąpić

urządzeniami wypalającymi chwasty. Istnieją urządzenia wypalające powierzchniowo, jednak wiąże się to z dużymi nakładami energetycznymi. W badaniach eksperymentalnych i opracowaniach literaturowych wymieniane są też inne metody wykorzystujące zjawiska fizyczne (elektryczność, promieniowanie itp.). Ich praktyczne wykorzystanie jest jednak jeszcze niewielkie.

W niniejszym opracowaniu omówiono wybrane rozwiązania techniczne, reprezentujące poszczególne kategorie metod niechemicznych. Zaprezentowano technologie dostępne na rynku lub gotowe do wdrożenia, ale nie rozpowszechnione lub nie wdrożone oraz niektóre koncepcje opisywane w literaturze.

2. Integrowana Ochrona Roślin

Integrowana ochrona roślin wykorzystuje wszystkie dostępne metody ochrony roślin, w szczególności metody niechemiczne, po to aby zminimalizować zagrożenie dla zdrowia ludzi, zwierząt oraz dla środowiska. Jest to system oparty o wiedzę o biologii i szkodliwości organizmów szkodliwych dla roślin, który umożliwia podejmowanie optymalnych działań zwalczających te organizmy. Ponadto wykorzystywane są organizmy pożyteczne, w tym drapieżcy i pasożyty agrofagów, zarówno naturalne, jak i introdukowane. Ważnymi narzędziami, wykorzystywanymi w integrowanej ochronie roślin są progi ekonomicznej szkodliwości patogenów, określające kiedy stosowanie chemicznej ochrony roślin staje się ekonomicznie opłacalne, tzn. przy jakiej liczebności organizmu szkodliwego dla roślin straty, jakie może on spowodować, przewyższają koszty jego chemicznego zwalczania.

Istotne znaczenie ma również dostarczanie producentom wiedzy, którą zawierają metodyki integrowanej ochrony roślin poszczególnych upraw oraz różne systemy wspomagania decyzji w ochronie roślin. Ogólne zasady integrowanej ochrony roślin określone są w załączniku III do dyrektywy 2009/128/WE, gdzie w punkcie pierwszym wskazano żeby **„nad chemiczne metody zwalczania organizmów szkodliwych przedkładać należy metody biologiczne, fizyczne i inne metody niechemiczne, jeżeli zapewniają one ochronę przed organizmami szkodliwymi”**. W dalszej części wymienione są metody zapobiegania występowaniu organizmów szkodliwych, takie jak metody agrotechniczne i hodowlane, zapobieganie introdukcji organizmów szkodliwych, wspomaganie występowania organizmów pożytecznych,

regularne czyszczenie maszyn i sprztu wykorzystywanego w uprawie rolin, aby zapobiec rozprzestrzenianiu si organizmów szkodliwych i stosowanie środków ochrony rolin w sposób ograniczajcy ryzyko powstania odpornoci u organizmów szkodliwych.

Stosowanie integrowanej ochrony rolin przez profesjonalnych uytowników środków ochrony rolin zostao w Polsce uregulowane w ustawie z dnia 8 marca 2013 r. o środkach ochrony rolin oraz w rozporzadzeniu Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 18 kwietnia 2013 r. w sprawie wymagań integrowanej ochrony rolin.

3. Niechemiczne metody ochrony rolin

Zgodnie z ogólnymi zasadami integrowanej ochrony rolin nad chemiczne metody zwalczania organizmów szkodliwych przedkładać należy metody biologiczne, fizyczne i inne metody niechemiczne, jeżeli zapewniają one ochronę przed organizmami szkodliwymi. Z punktu widzenia producenta rolnego o wyborze metody działania będą decydowały czynniki biznesowe, organizacyjne i prawne. Oznacza to, że zastosowanie konkretnej metody niechemicznej wynikało będzie z nałożonych ograniczeń prawnych w stosunku do metod chemicznych (np. częściowy lub całkowity zakaz stosowania środków ochrony rolin) oraz z opłacalności i dostępności metod alternatywnych (biologicznych i innych niechemicznych), a także z możliwości ich praktycznego zastosowania w danych warunkach agrotechnicznych lub pogodowych. Zastosowanie metod ekonomicznie nieuzasadnionych (zbyt drogich) może być konieczne w sytuacji niemożności stosowania innych – bardziej opłacalnych metod. Można sobie wyobrazić sytuację w której niemożliwe jest stosowanie chemicznych środków ochrony rolin – ponieważ prowadzona jest uprawa ekologiczna, niemożliwe jest zastosowanie mechanicznej metody zwalczania chwastów – ponieważ wilgotność gleby jest za duża, niemożliwe jest stosowanie metody płomieniowej – ponieważ istnieje ryzyko zapalenia się łatwopalnych elementów konstrukcji lub innych obiektów. W takiej sytuacji należy rozważyć inne, mniej popularne metody, np. z wykorzystaniem podczerwieni lub bardzo niskich temperatur. Oczywiście powinien być dostępny odpowiedni sprzęt wykorzystywany w tej metodzie i wiedza, jak właściwie postępować.

Pośród stosowanych obecnie metod niechemicznych najbardziej zakorzenione w praktyce są metody biologiczne zwalczania chorób i

szkodników i metody mechaniczne zwalczania chwastów. Ciągłe prowadzone są prace mające na celu komercjalizację i wdrożenie do praktyki nowych rozwiązań lub metod opracowanych w przeszłości. Niniejszy poradnik ma za zadanie zapoznanie czytelników z metodami niechemicznymi ochrony roślin, zarówno tymi wdrożonymi, jak i metodami oczekującymi na praktyczne wykorzystanie lub będącymi na drodze do wdrożenia.

3.1. Niechemiczne metody zwalczania chwastów

W zwalczaniu chwastów ważne są działania profilaktyczne (w stosunku do nasion), jak i niszczenie wschodzących lub rosnących chwastów przed siewem lub sadzeniem roślin uprawnych oraz w trakcie wzrostu roślin uprawnych i po zbiorach. Najczęściej alternatywą dla chemicznego zwalczania chwastów jest pienenie ręczne lub metody mechaniczne z wykorzystaniem narzędzi lub maszyn ciągnikowych. Metody biologiczne zwalczania chwastów (wprowadzanie organizmów chorobotwórczych, wykorzystywanie bioherbicydów i alleloherbicydów) oraz fizyczne, takie jak solaryzacja, niszczenie chwastów prądem, wysokim ciśnieniem, czy nawet metody termiczne, są mało rozpowszechnione.

Efektywność zabiegów odchwaszczających jest wypadkową zastosowanej metody oraz warunków agrotechnicznych i meteorologicznych. Zgodne z integrowaną ochroną liczebność chwastów należy utrzymać poniżej progu szkodliwości, aby zrównoważyć potencjalną obniżkę plonu (próg biologiczny) lub koszty zastosowanej metody zwalczania (próg ekonomiczny). Progi szkodliwości uzależnione są głównie od czynników agrotechnicznych i pogodowych. Dlatego mówimy o **regulacji zachwaszczenia**, co nie oznacza potrzeby całkowitego wyeliminowania chwastów.

3.1.1. Metody mechaniczne zwalczania chwastów

Maszyny do odchwaszczania można podzielić na pracujące w trybie ciągłym – odchwaszczające całą powierzchnię pola i w trybie nieciągłym – pracujące z przerwami. Można też wyróżnić pracę międzyrzędową i między roślinami w rzędzie. Wykorzystywane są maszyny i narzędzia z elementami roboczymi **czynnymi i biernymi**.

Odchwaszczanie mechaniczne może być wykonywane zarówno przed siewem, czy sadzeniem roślin, jak i w czasie ich wegetacji. Stosowane rozwiązania techniczne zależą od szerokości międzyrzędzi. Możemy tu wyróżnić wąskie międzyrzędzia (np. zboża,) i szerokie międzyrzędzia (sady i jagodniki, warzywa, kukurydza). Mechaniczne zwalczanie chwastów jest możliwe w szerokich międzyrzędziach, gdzie jest wystarczająco dużo miejsca na zmieszczenie elementów roboczych i zachowanie wymaganej odległości od roślin uprawnych. Rozwój konstrukcji elementów roboczych i ich konfiguracji w pielnikach umożliwia regulację zachwaszczenia na nawet 90% powierzchni międzyrzędzi.

W przypadku wykonywania zabiegów powschodowo zachodzi konieczność omijania roślin uprawnych. Jest to możliwe dzięki prowadzeniu narzędzi w międzyrzędziach lub przez współpracę elementów roboczych z systemami identyfikacji roślin i pielenie również między roślinami w rzędzie. Ciągłe przybywa nowych rodzajów maszyn do powschodowego, międzyrzędowego odchwaszczania. Najczęściej stosuje się rozwiązania oparte na prowadzeniu zespołów roboczych według śladu (w bruzdzie) pozostawionego przez znacznik zamontowany na siewniku lub na podstawie fotooptycznego obrazu rzędów roślin. Do automatycznego prowadzenia sekcji pielnika w międzyrzędziach wykorzystuje się elektrohydrauliczne systemy sterowania.

Pielenie, również w rzędach roślin uprawnych, możliwe jest dzięki modernizacji poszczególnych zespołów roboczych, ich rozmieszczenia i wyposażenia dodatkowego oraz identyfikacji położenie roślin uprawnych (czasem z pozycjonowaniem satelitarnym).

Stosowanie palcowych kół pielących, we współpracy z elementami roboczymi międzyrzędowymi, umożliwia niszczenie chwastów na całej powierzchni pola bez potrzeby stosowania układów identyfikacji roślin.

Bierne elementy robocze, to m.in. noże kątowe, dłuta i kroje profilujące, czy gęsiostopki. Elementy bierne mogą być mocowane na sztywno, wtedy zachodzi ryzyko ich uszkodzenia np. o kamienie, a co ważniejsze, trudno jest zachować niewielką (2-3 cm) głębokość pielenia. Jest to ważne przy pracy w sąsiedztwie roślin mających płytko położone korzenie. Zęby lub noże pielące mogą być mocowane na sprężynach, co eliminuje ww. zagrożenia.

Czynno-bierne elementy robocze, to np. gwiazdy (koła palcowe) z odpowiednio wyprofilowanymi zębami (Rys. 1). Wykorzystują one zasadę napędu elementów roboczych pod wpływem oporu gleby. Wykonują

płytkie pielenie, co z jednej strony eliminuje zachwaszczenie, a z drugiej nie sięga warstwy zawierającej system korzeniowy roślin uprawnych.



Rys. 1. Czynno-bierne elementy robocze pielnika - gwiazdy (koła palcowe) z odpowiednio wyprofilowanymi zębami (Fot. J. Rabcewicz).

Czynne elementy robocze najczęściej wykorzystują ruch obrotowy do napędu elementów roboczych. Może być on wykonywany w płaszczyźnie poziomej lub pionowej. W układach z rozpoznawaniem roślin elementy robocze mogą wykonywać ruch przypominający sinusoidę (falę) lub elipsę. Rzadziej wykorzystywane są ruchy posuwisto-zwrotne lub drgające. Elementy robocze mogą mieć różny kształt np. palca pielącego, półokrągłego noża lub ostrza ustawionego poziomo.

Ustalenie **pozycji sekcji pielących** może być wykonane na sztywno, do pielienia w wyraźnie wyznaczonych rzędach, kiedy jazda ciągnika międzyrzędziem gwarantuje prawidłowe ustawienie sekcji roboczych. Coraz częściej jednak stosowane jest bieżące korygowanie pozycji pielnika przez operatora siedzącego na specjalnym stanowisku lub przez układ automatycznego ustawiania sekcji pielących.

Dla pielników z automatycznym sterowaniem (w porównaniu do sterowania ręcznego) możliwe jest nawet ponad dwukrotne zwiększenie **prędkości roboczej**. Nie jest to jednoznaczne z ponad dwukrotnym zwiększeniem wydajności pracy, ponieważ należy tu uwzględnić również bieżącą kontrolę elementów roboczych, ich stanu technicznego i ewentualnego nagromadzenia się kamieni i zanieczyszczeń. Jak zauważyli Przybył i Kowalik (2012) praca z większą prędkością podczas sterowania automatycznego sprzyja lepszej dynamice pracy elementów roboczych, co powoduje łatwiejsze omijanie kamieni przez elementy robocze sekcji pielących. W przypadku agregatów pielnika z np. rozsiewaczem lub

rozlewaczem (RSM) nawozów wydajność pracy pielnika może być limitowana przez konieczność napełniania zbiorników nawozu.

Warto zwrócić uwagę, że nawet wolna jazda pielnikiem ciągnikowym, z ręczną korektą pozycji sekcji pielących, znacznie zwiększa **wydajność pielenia** w porównaniu z pieleniem ręcznym. Jak przytaczają Przybył i Kowalik (2012) nakłady pracy ręcznej przy zwalczaniu chwastów w zależności od warunków panujących na polu mogą wynosić od 160-210 rbh/ha. W ich badaniach, dla pielenia (buraków cukrowych) agregatem sterowanym ręcznie wynosiła ona średnio 2,32 rbh/ha, natomiast podczas automatycznego sterowania pielnika 0,54 rbh/ha (Przybył i Kowalik, 2012).

3.1.2. Metody termiczne zwalczania chwastów

Metody termiczne polegają na stosowaniu wysokiej temperatury, której może dostarczyć **gorąca woda lub para wodna** (do 100 °C) lub bardzo wysokiej temperatury, której najczęściej dostarcza **płomień** ze specjalnego palnika albo **rozgrzany element** roboczy. W badaniach eksperymentalnych są również metody wykorzystujące niskie temperatury, jednak nie mają one praktycznego zastosowania w polu.

Wysoka temperatura działa na komórki roślin powodując pękanie ścianek komórkowych. Najlepszym sposobem (wymagana najmniejsza ilość energii, ponieważ są to najbardziej wrażliwe elementy roślin) jest zniszczenie elementów odpowiedzialnych za wzrost chwastów, jakimi są stożki wzrostu. Zniszczenie wyrosniętych części roślin przez ich odwodnienie i wysuszenie wymaga większych ilości energii i oddziaływania na całe rośliny. Ze względu na działanie totalne i niszczenie wielu organizmów na powierzchni gleby metoda wysokotemperaturowa nie jest zalecana do stosowania w gospodarstwach ekologicznych.

Stosowanie gorącej **pary wodnej** (temperatura <100 °C) możliwe jest do niszczenia nasion chwastów i do rosnących chwastów (Rys. 2 i 3). Wykazano, że stosowanie pary wodnej zabija większość nasion chwastów w górnych 10 cm gleby. Metoda ta może być w pewnych okolicznościach zabroniona. Tak jest np. zgodnie z brytyjskimi wytycznymi dotyczącymi produkcji ekologicznej, gdzie sterylizacja parowa w terenie jest zabroniona. Możliwe jest również użycie ukierunkowanych strumieni pary wodnej w celu zabicia rosnących chwastów. Rozważenia wymaga jednak zarówno skuteczność takiej metody, jak i jej koszty (koszt wytworzenia pary i ilość potrzebnej wody).



Rys. 2 i 3. Urządzenie do stosowania pary wodnej do zwalczania chwastów (agregat i element roboczy) (Fot. J. Rabcewicz).

Może być stosowane również **gorące powietrze** (<400 °C) lub **gorąca piana** (>100 °C) wytwarzana z wykorzystaniem wytwornicy pary wodnej. Urządzenia działające w oparciu o wymienione czynniki (para, piana, powietrze) wymagają 4-6 krotnego stosowania dla osiągnięcia zadowalającej skuteczności zwalczania chwastów.

Metody płomieniowe polegają na wytworzeniu otwartego płomienia i skierowaniu go na chwasty. Stosowane są osłony ograniczające zasięg płomienia do pożądanego obszaru lub nadające płomieniowi wymagany kierunek działania. Płomień wytwarzany jest z wykorzystaniem palnych gazów LPG przetrzymywanych w butli – najczęściej stosowany jest propan. Prowadzono również próby z wykorzystaniem wodoru, jako źródła energii. Stosowane też jest wypalanie chwastów strumieniem gorącej plazmy. Głównym elementem roboczym w tym ostatnim rozwiązaniu są moduły ze sterowanymi automatycznie dyszami, które precyzyjnie, w ułamku sekundy „strzelają” w chwasty. Takie rozwiązanie wymaga precyzyjnego układu identyfikacji chwastów i sterowania procesem wykonawczym.

Skuteczność zwalczania metodą termiczną płomieniową zależy od chwastów (faza wzrostu, traktowany organ chwastu i wielkość powierzchni na którą działa płomień) oraz charakterystyki płomienia (czasu oddziaływania i wielkość i temperatura płomienia/ilość energii). Wydajność pracy zależy od szerokości roboczej, czy liczby sekcji wypalających i prędkości jazdy. Prędkość jazdy musi być dostosowana do wielkości chwastów i poziomu zachwaszczenia.

Zalety metody termicznej płomieniowej, to możliwe wykorzystanie również prostych konstrukcji (wózek na butlę i prosty ręczny palnik – rys. 4), brak naruszenia powierzchni gleby, co oznacza nienaruszanie

systemu korzeniowego roślin uprawnych i niewydobywanie nasion chwastów na powierzchnię. Możliwe jest zarówno lokalne działanie, np. z wykorzystaniem wspomnianych ręcznych zestawów, jak i działanie na całą powierzchnię pola (Rys. 5).



Rys. 4. Ręczny zestaw na propan do płomieniowego wypalania chwastów
(Fot. A. Godyń).



Rys. 5. Urządzenie do powierzchniowego wypalania płomieniowego.

<https://golub-cgd.pl/arttykul/miotaczem-ogni-w-chwasty/516714>

Wady metody termicznej płomieniowej, to zagrożenie dla roślin uprawnych, słaba skuteczność zwalczania chwastów trwałych („przeżywają” części podziemne), niebezpieczeństwo zapalenia suchych części roślin i wysokie koszty paliwa – 40÷80 l propanu na hektar.

W **chwastownikach na podczerwień** nagrzewane są powierzchnie ceramiczne lub metalowe do generowania promieniowania

podczerwonego kierowanego na chwasty. Proste urządzenia do zastosowań przydomowych wykorzystują energię elektryczną do rozgrzania elementu wypalającego chwasty. Wytwarzana jest temperatura ok 600 °C, a ciepło kierowane jest wprost na chwasty (kierunkowo). Moc takich ręcznych urządzeń to ok. 2 kW. Mogą być stosowane na kostce brukowej, kamieniach i chodnikach. Niektóre chwastowniki używają kombinacji podczerwieni i bezpośredniego spalania. Przewagą chwastowników działających na podczerwień nad płomieniowymi jest możliwość kontrolowania obszaru działania. Wadą jest wymagany dłuższy czas na rozgrzanie elementu roboczego.

W metodach wykorzystujących **bardzo niskie temperatury** stosowany może być ciekły azot lub suchy lód (zestalony dwutlenek węgla) w formie śniegu. W testach doświadczalnych wykazano, że ciekły azot dawał lepsze efekty niż suchy lód w zwalczaniu chwastów, ale żaden z nich nie był tak skuteczny jak metoda płomieniowa stosowana jako porównanie.

3.1.3. Inne metody fizyczne zwalczania chwastów

Jednym z powodów poszukiwania innych metod fizycznych zwalczania chwastów była m.in. odporność niektórych gatunków na stosowane metody ich zwalczania. Do pozostałych metod fizycznych zalicza się m.in. wykorzystywanie fal elektromagnetycznych, laserów, promieniowania ultrafioletowego lub prądu elektrycznego. Systemy wykorzystujące prąd elektryczny, mikrofałe i napromieniowanie charakteryzują się zwykle dużymi nakładami energii, powolnym tempem pracy i czasami stwarzaniem zagrożeń dla operatorów takiego sprzętu. Jeżeli opracowania pozostają w fazie laboratoryjnej i nie są wdrażane do praktyki, to ze względu na ograniczenia techniczne lub ekonomiczne. Np. zwalczanie chwastów za pomocą **światła ultrafioletowego** zostało przebadane i opatentowane, ale metoda nie została wdrożona do użytku. Inne opracowania znajdują swoją drogę do praktyki. Zastosowanie różnych metod fizycznych do zwalczania chwastów powoduje bezpośrednie uszkodzenie chwastów i śmierć roślin. Np. stosowanie promieniowania mikrofalowego powoduje wytworzenie pary wodnej wewnątrz komórek chwastów i rozerwanie ich ścian komórkowych.

Urządzenie wykorzystujące **mikrofałe** (mechanizm działania wykorzystywany w kuchenkach mikrofalowych) ukierunkowuje promieniowanie na chwasty. Rozwiązanie techniczne, które opracowano w Australii na Uniwersytecie w Melbourne jest obecnie

komercjalizowane (Rys. 6). Moc wykorzystywana w w/w urządzeniu wykorzystującym mikrofalę, to kilka do kilkunastu kW (ok. 2 kW na 1 emiter i szerokości działania ok. 20 cm).



Rys. 6. Prototypowe urządzenie do zwalczania chwastów za pomocą promieniowania mikrofalowego <https://www.goodfruit.com/microwaving-the-weeds-away/>

W celu porażenia roślin **prądem elektrycznym** wymagane jest wysokie napięcie – rzędu 3-15 tys. V (ok. 0,5-1 A). Chwasty w mniejszym stopniu uwodnione wymagają mniejszego napięcia, a zabieg może być wykonany z większą prędkością jazdy (zalecana prędkość jazdy, to ok. 5,0 km/h). Wykonywanie zabiegów w polu wymaga zastosowania generatora prądu zamontowanego na ciągniku. Obieg prądu odbywa się na drodze zamkniętej od urządzenia, przez glebę, z powrotem do generatora prądu. Prąd od generatora kierowany jest do elementu kontaktującego się z roślinami, przepływa przez całą roślinę powodując w niej wzrost temperatury i w konsekwencji obumarcie.

Zaletą elektrycznego zwalczania chwastów, w porównaniu do metody termicznej, jest uszkodzanie komórek oraz chlorofilu w całej roślinie. Ogranicza to do minimum możliwość odrastania chwastów z ich podziemnych części. Pewną wadą może być konieczność dopasowania prędkości jazdy do poziomu zachwaszczenia. Związane jest to z określonym (w literaturze) zapotrzebowaniem na moc dostępną w urządzeniu, wymaganą do skutecznego zabicia jednej rośliny. Jeżeli urządzenie dysponuje wystarczającym zapasem mocy, to jazda może być wykonywana z prędkością dobraną niezależnie od poziomu

zachwaszczenia, ale wynikającą z innych okoliczności (warunki terenowe itp.).

W przypadku rażenia roślin prądem lub wykorzystywania pola elektrostatycznego, należy wziąć pod uwagę możliwe zagrożenia dla zdrowia i bezpieczeństwa ludzi.

Zwalczanie chwastów wymienionymi tu metodami fizycznymi, w przeciwieństwie do zwalczania mechanicznego, nie wymaga wzruszania gleby. Eliminuje się w ten sposób stymulację kiełkowania chwastów i nie narusza się systemu korzeniowego roślin uprawnych.

3.1.4. Metody agrotechniczne ograniczania zachwaszczenia

Metody agrotechniczne ograniczania zachwaszczenia polegają na stosowaniu ściółek sztucznych lub naturalnych. W przypadku **ściółek naturalnych** stosuje się przedplon w formie rośliny okrywowej, którą się ścina i rozdrabnia i pozostawia jako ściółkę pod rośliny uprawne. W tak przygotowaną glebę sadi się rozsadę lub siew nasiona rośliny uprawnej.

Ściółki nieorganiczne, to różne materiały ograniczające dostęp światła do powierzchni gleby. Najczęściej stosowana jest folia z polietylenu lub polichlorku winylu, gruba włóknina z polipropylenu lub mata szkółkarska (agrowłóknina). Materiały te charakteryzują się dużą trwałością, okres ich użytkowania wynosi do 3 lat. Niektóre z nich rozkładają się bardzo długo, dlatego ze względów ekologicznych stosowane są folie lub włókniny ulegające biodegradacji. Zaletą materiałów biodegradowalnych jest to, że nie trzeba ich zdejmować po zakończeniu uprawy, co obniża koszty produkcji.

Ściółkuje się najczęściej rośliny o długim okresie wegetacji oraz takie, których pędy rozkładają się na powierzchni gleby, np. ogórek, dynia, truskawki. Główną wadą ściółek nieorganicznych jest ich wysoki koszt, proporcjonalny do powierzchni, a także konieczność ich rozkładania i usuwania z pola po zakończeniu uprawy.

Przy stosowaniu ściółek naturalnych wykorzystywany jest normalny sprzęt uprawowy. Przy ściółkach ze sztucznych materiałów rozkłada się je ręcznie lub z wykorzystaniem specjalnego sprzętu do rozwijania folii lub włókniny. Takie maszyny mogą jednocześnie formować zagony i wyznaczać (przecinać folię) miejsca do sadzenia roślin uprawnych.

3.2. Zwalczanie i wspomaganie zwalczania chorób i szkodników

Niechemiczne metody zwalczania lub wspomaganie zwalczania chorób i szkodników polegają na zbieraniu szkodników lub na rozrzucaaniu owadów pożytecznych lub aplikacji preparatów biologicznych. Możliwe jest ograniczanie źródeł infekcji przez organizmy chorobotwórcze. Mechaniczne zabezpieczanie przed chorobami i szkodnikami jest wykonywane przez stosowanie siatek przeciwowadzych lub okryć przeciwdeszczowych, albo metod odstraszania ptaków i dużych zwierząt. Preparaty biologiczne mogą stanowić substancje naturalne lub organizmy żywe.

3.2.1. Metody fizyczne zwalczania chorób i szkodników

Metody fizyczne wykorzystują głównie wysoką temperaturę (czasem niską). Szkodniki mogą być wyłapywane albo unieruchamiane na powierzchni roślin uprawnych za pomocą naniesionych na nie różnych substancji naturalnych. Znakowanie izotopami promieniotwórczymi wykorzystywane jest w metodach pośrednich (śledzenie migracji i lokalizowanie miejsc zimowania szkodników) lub do sterylizacji nasionnicy trześniówki (promienie Röntgena). Ultradźwięki, fale elektromagnetyczne, promienie nadfioletowe oraz promienie wysyłane przez izotopy promieniotwórcze mają pewne zastosowanie w zwalczaniu szkodników magazynowych, bez praktycznych możliwości ich zastosowania do zwalczania szkodników i chorób upraw.

Jednym z przykładów wykorzystania temperatury do niszczenia szkodników i patogenów jest termiczne odkażanie gleby i podłoża w szklarniach oraz kompostu na pryzmach. Podczas termicznego zwalczania szkodników wystarczą temperatury 65-70°C, ale do zwalczania patogenów wymagane są temperatury do 100°C. Wysokie temperatury wykorzystywane są również do zaprawiania nasion i odkażania materiału siewnego. Wykorzystywany jest sprzęt do parowania gleby i podłoża lub stosowane jest ręczne zanurzanie w podgrzanej wodzie o temperaturze 43-44°C, porażonych przez szkodniki sadzonek truskawek lub roślin cebulowych albo nasion fasoli.

Niskie temperatury (ze względu na koszty) nie są stosowane na skalę przemysłową, ale mogą być wykorzystane na skalę amatorską w warunkach domowych – np. umieszczenie nasion fasoli w zamrażarce w celu zwalczania strąkowca fasolowego.

W metodzie fizycznej polegającej na pokrywaniu powierzchni roślin i ciał szkodników różnymi substancjami w celu unieruchomienia i zabicia szkodników stosowane są polimery silikonowe, olej rybi, piasek kwarcowy, czy olej parafinowy. Substancje te stosowane są za pomocą opryskiwaczy, w sadach, uprawach warzyw, roślin ozdobnych i w zbożach.

Najstarszym i najprostszym sposobem zwalczania chorób i szkodników (też chwastów) jest ich zbieranie i niszczenie oraz usuwanie chorych organów roślin. Jest to metoda wymagająca pracy ręcznej. Masowe działania na dużych powierzchniach upraw mają w Polsce swoją historię sięgającą połowy XX w. ale i okresu przedwojennego. Obecnie ręczne zbieranie szkodników i ich stadiów zimujących ma zastosowanie wyłącznie amatorskie.

W uprawach polowych i szklarniowych metoda polegająca na wyłapywaniu szkodników ma zastosowanie do ich eliminacji, ale także w monitorowaniu ich pojawiania się na plantacji w celu terminowego zastosowania różnych metod zwalczania (chemicznych i niechemicznych). Stosowane są tu tablice i inne pułapki pokryte niewysychającym klejem, czasem z dodatkiem środków zapachowych i feromonów wabiących owady lub wykorzystujące przynęcające światło. W przypadku stosowania tablic lepowych (żółte, pomarańczowe, białe, niebieskie) stosowanych do eliminacji szkodników, ich termin rozmieszczania powinien być zgodny z terminem nalotu (pojawienia się owadów szkodliwych). Jeżeli są wykorzystywane do sygnalizacji pojawu szkodników, to umieszcza się je z wyprzedzeniem. Rozmieszczając tablice lepowe należy uwzględnić gatunek zwalczanych owadów i umieszczać je w odpowiedni sposób w łanie. Ważne jest dobranie koloru tablicy (lub rodzaju pułapki) do gatunku szkodnika. Najpowszechniej stosowane są żółte pułapki na owady. Kolor (żółty i inne) powinien mieć odpowiednio dobraną intensywność, aby najlepiej przyciągnąć owady do siebie. Sposób uzyskania właściwego koloru jest często tajemnicą handlową producenta. Pułapki i tablice lepowe mogą być wieszane na roślinach lub w bezpośrednim sąsiedztwie roślin uprawnych. Mogą być wieszane (przywiązane lub zahaczone) na roślinach lub obejmować gałęzie i pnie drzew, albo być zamocowane do podpór (paliki, ramki) umieszczonych w glebie.

Tablice lepowe stosowane w sadzie, w koronach drzew owocowych, mogą stanowić zagrożenie dla naturalnie występujących owadów pożytecznych (np. złotooki i biedronki). Dlatego nie należy ich stosowania

nadużywać. Wykorzystywane w sadach taśmy i opaski zakładane na pnie drzew mają za zadanie wyłapać owady przemieszczające się z ziemi po pniu do korony drzewa.

W przypadku stosowania tablic lepowych w uprawach pod osłonami (szklarnie i namioty foliowe), kiedy planujemy stosowanie organizmów pożytecznych, (antagonistycznych wobec zwalczanego szkodnika) tablice lepowe należy usunąć przed rozprzestrzenieniem organizmów pożytecznych.

W celu odławiania, głównie szkodników glebowych, drutowców i pędraków szkodliwych owadów, można też stosować różne przynęty pokarmowe, takie jak np. bulwy ziemniaków, warzywa lub nawóz koński. W uprawach szklarniowych podczas przygotowywania podłoża do uprawy, w ograniczonym zakresie można wykonać przesiewanie torfu lub ziemi stanowiących podłoże do produkcji rozsady.

W celu ograniczenia potencjału infekcyjnego parcha jabłoni w sadach zaleca się wygarnianie spod drzew odpadłych liści, na których mogą znajdować się zimujące otocznie grzyba zawierające zarodniki workowe, które na wiosnę będą źródłem infekcji pierwotnych. Innym sposobem zmniejszenia tego potencjału infekcyjnego jest opryskiwanie liści 5% roztworem mocznika. Opryskiwanie najlepiej wykonać, gdy liście są jeszcze na drzewach, wtedy jest możliwe ich dwustronne opryskanie. Można też opryskiwać liście opadłe pod drzewa. Opryskiwanie mocznikiem ma na celu przyspieszenie rozkładu liści i wraz z nimi rozkładu zarodników.

Ochrona upraw przed szkodnikami może być również realizowana przez wykorzystanie różnego typu przeszkód w ich przemieszczaniu się. W uprawie pod osłonami będą to np. siatki przeciw owadom. W ochronie przed zwierzętami (zające, króliki, sarny, dziki) zalecane jest budowanie ogrodzeń z siatki lub żerdzi. W sadach stosowane są siatki do osłaniania czereśni przed szpakami. Takie osłony powinny być szczelne.

Ptaki mogą być odstraszone przez zastosowanie działek hukowych działających np. w oparciu np. o propan-butan i wyposażonych w zegary sterujące włączaniem i wyłączaniem armatki. Odpowiednie sterowanie czasem włączania armatki jest ważne, ponieważ ptaki mogą się przyzwyczaić do regularnych eksplozji. Ich wywoływanie powinno następować w nieregularnych odstępach czasu. Działka takie stosowane są również do odstraszania dzików. Do odstraszania ptaków stosowane bywają atrapy ptaków drapieżnych lub ich nagrane odgłosy.

Wykorzystywane jest też wiele ruchomych elementów odstrasżających ptaki („strachy na wróble” migoczące paski, wstążki itp.). Zalecane jest aby stosować elementy odstrasżające zamiennie, aby ptaki się z nimi nie oswoiły.

3.2.2. Metody wykorzystujące żywe organizmy

Żywe organizmy wykorzystywane w ochronie upraw przed szkodnikami, to wirusy, bakterie, pierwotniaki i grzyby, owadobójcze nicienie, roztocze, pajęczaki i pasożytnicze owady. Wszystkie te organizmy, aby uzyskać wymagany efekt wymagają zastosowania ich za pomocą odpowiednich środków technicznych. Na mniejszych plantacjach mogą być stosowane ręcznie (np. rozlewanie z konewki). Na plantacjach towarowych i w dużych obiektach szklarniowych wymagany jest odpowiedni sprzęt zwiększający wydajność aplikacji i umożliwiający ustalenie i kontrolę dawki organizmów na jednostkę powierzchni. Żywe organizmy mogą być uwalniane z różnych pojemników oraz rozsypywane, rozpylane lub rozlewane po uprzednim zmieszaniu ich z wodą.

Najważniejszym czynnikiem wyboru metody rozpraszania i stosowanego w niej sprzętu jest wpływ stosowanego sprzętu na **przeżywalność** aplikowanych tak **organizmów**. Badania nad przeżywalnością bakterii w instalacji opryskiwacza prowadzone były w Instytucie Ogrodnictwa PIB w Skierniewicach. Wykazano wpływ częstości przechodzenia cieczy zawierającej bakterie przez układ cieczowy opryskiwacza (szczególnie pompę przeponową) na ich przeżywalność. Roztocze i owady mogą zostać łatwo poranione lub zabite podczas rozsypywania lub rozdmuchiwania. Organizmy stosowane za pomocą opryskiwaczy lub systemów nawodnieniowych mogą zostać poranione lub uśmiercone w wyniku zastosowania nieprawidłowych parametrów pracy opryskiwacza (głównie za wysokie ciśnienie) i niewłaściwie dobranych elementów, przez które ta ciecz przepływa (filtry, zawory, rozpylacze). Wyeliminowanie (zabicie lub poranienie) części organizmów podczas ich aplikacji obniża skuteczność działania takiego preparatu biologicznego.

Aplikacja w polu związana jest ze stosowaniem urządzeń mobilnych, montowanych na pojazdach naziemnych, a także na dronach lub samolotach. Aplikacja w pomieszczeniach (szklarnie) wykorzystuje głównie urządzenia stacjonarne, przenośne lub poruszające się na

elementach konstrukcji szklarni (np. rury grzewcze) lub specjalnych przewodnicach.

Do stosowania **bakterii, wirusów, grzybów** i nicieni wykorzystywane są przede wszystkim opryskiwacze ciśnieniowe (takie same, jak do chemicznej ochrony roślin). Należy pamiętać tu o ograniczeniach związanych z potrzebą zapewnienia wysokiej przeżywalności stosowanych organizmów. Opryskiwacze wykorzystywane do aplikacji biopreparatów (biopestycydów) podlegają **kalibracji dawki cieczy** i wymagają doboru dawki preparatu na hektar. Oznacza to konieczność dokonania doboru rozpylaczy i parametrów opryskiwania. Jeżeli jest to ten sam opryskiwacz, który stosuje środki chemiczne lub nawozy, to przed zastosowaniem organizmów żywych, powinien on być dokładnie wymyty wewnątrz.

Stosowanie **owadobójczych nicieni** za pomocą opryskiwaczy, ze względu na ich relatywnie duże rozmiary (nicieni), w większym stopniu naraża je na uszkodzenie lub zabicie podczas przemieszczania ich w instalacji opryskiwacza. Badania dotyczące przeżywalności nicieni w instalacji opryskiwaczy w Polsce prowadził dr hab. Jerzy Chojnacki z Politechniki Koszalińskiej. W badaniach zagranicznych wykazano, że bezpieczne dla nicieni ciśnienie podczas zabiegu zależy od ich gatunku. Wykazano również, że bardziej szkodliwe dla nicieni jest stosowanie rozpylaczy płaskostrumieniowych niż wirowych, co przypisuje się wewnętrznej budowie tych rozpylaczy.

Opryskiwacz przeznaczony do stosowania nicieni powinien być odpowiednio przygotowany. Należy usunąć wszystkie filtry z instalacji, rozpylacze ciśnieniowe powinny mieć co najmniej 1,0-1,5 mm średnicy otworu wytryskowego (zależnie od gatunku nicieni). Należy unikać stosowania rozpylaczy rotacyjnych, ponieważ siła odśrodkowa może uszkadzać nicienie. Zalecane jest także stałe mieszanie cieczy w zbiorniku, aby uniknąć osiadania nicieni i będącej tego konsekwencją nierównej aplikacji. Wskazane jest, aby opryskiwacz był wyposażony w mieszadło mechaniczne, co ograniczy uszkodzenia nicieni w przypadku stosowania mieszania hydraulicznego i wielokrotnego przechodzenia nicieni przez instalację opryskiwacza (w tym przez dysze mieszadła) w czasie mieszania.

Do dogłębowej aplikacji preparatów zawierających żywe organizmy można wykorzystać również przyczepy asenizacyjne, systemy nawodnieniowe, sprzęt do wstrzykiwania cieczy lub mechaniczne

mieszalniki do gleby. Systemy nawodnieniowe (np. wykorzystane w szklarniach lub pieczarkarniach) nie mogą być wyposażone w mikrozaszczepy lub kroplozniki, ponieważ taki sposób podawania wody jest zbyt wolny i powoduje osadzanie się nicieni wewnątrz cienkich przewodów, a w miarę upływu czasu również możliwe jest zapychanie się tych przewodów.

Aplikacja drapieżnych roztoczy i owadów wymaga ich rozdzielania, tak, aby mogły być bezpiecznie i równomiernie rozprowadzane na plantacji. W przypadku roztoczy stosowany jest vermikulit i torf lub otręby albo trociny. Owady są stosowane jako osobniki dorosłe lub larwy pasożytujące np. na mumiach mszyc lub jajach motyli. Formy dorosłe są rozprzestrzeniane z pojemników rozmieszczonych według odpowiedniego schematu w chronionej tak uprawie. Roztocze i formy niedorosłe owadów (jaja i larwy) rozsypuje się ręcznie lub rozmieszcza zawierające je szaszetki wewnątrz uprawy (na lub pod roślinami). Mechaniczne rozpraszanie owadów polega na zastosowaniu ruchomego (np. obrotowego) elementu rozpraszającego zamontowanego na urządzeniu, które jest mobilne. W szklarniach przemieszczanie odbywa się po rurach grzewczych lub belkach nośnych. Dawkowanie jest regulowane za pomocą zmiany ustawień elementu dozującego (ilość w jednostce czasu oraz szerokość aplikacji) oraz prędkości przemieszczania się całego urządzenia. Niektóre urządzenia posiadają wentylator wspomagający rozprzestrzenianie aplikowanych organizmów żywych, przez co zwiększa się wydajność pracy.

Kalibracja różnych rodzajów opryskiwaczy opisana jest w broszurach z serii „DOBRA PRAKTYKA samodzielna kontrola ... „ dostępnych w Serwisie Ochrony Roślin na www.inhort.pl. W przypadku pozostałych organizmów (roztocze i owady) należy określić szerokość aplikacji (w metrach) i prędkość przemieszczania się stosowanego sprzętu (w polu w km/h w szklarni w m/min). W polu tę prędkość należy sprawdzić na odcinku 100 m (lub co najmniej 50 m). W szklarni wystarczy pomiar na dostępnym odcinku (co najmniej 10 m). Na tej podstawie można ustalić realizowaną dawkę żywych organizmów na hektar.

Rozdział opracowano na podstawie: Chojnacki J. 2013. Technika ochrony upraw ekologicznych przy użyciu żywych organizmów. W Monografii pod redakcją Ryszarda Hołownickiego i Macieja Kubonia: Współczesna inżynieria rolnicza – osiągnięcia i nowe wyzwania. Tom III. Polskie

Towarzystwo Inżynierii Rolniczej, Kraków, ISBN 978-83-935020-4-2, s. 27-54.

4. Niechemiczne metody ochrony roślin w sadach i w uprawie warzyw

W zależności od sposobu uprawy i charakterystyki roślin uprawnych niechemiczne metody ochrony roślin napotykają na różne ograniczenia. W szczególności dotyczy to zwalczania, czy ograniczania wzrostu chwastów. W uprawach wąskorzędowych (np. zboża) gęstość roślin uprawnych na jednostce powierzchni jest największa. Dlatego, ze względu na konieczność zachowania pewnego dystansu od traktowanych roślin uprawnych, relatywnie duża powierzchnia pola pozostaje nietraktowana. Ograniczenie to dotyczy głównie metod mechanicznych ze względu na dokładność prowadzenia i rozmiary elementów roboczych. Dotyczy to także metod termicznych, gdzie należy zachować bezpieczną odległość płomienia lub elementu roboczego od roślin uprawnych. W uprawach szeroko-rzędowych, takich jak sady i jagodniki oraz warzywa ograniczenie to ma mniejsze znaczenie. Wynika to z mniejszej gęstości sadzenia oraz z faktu, że system korzeniowy tych roślin znajduje się w znacznej części na pewnej głębokości (sady i jagodniki). Część systemu korzeniowego, także drzew i krzewów, rozwija się też bliżej powierzchni gleby i w związku z tym zachodzi konieczność właściwego dobrania głębokości pracy narzędzi, aby nie uszkadzać systemu korzeniowego w warstwie podpowierzchniowej.

W przypadku warzyw, w początkowym okresie ich wzrostu dostępna jest znaczna część powierzchni gleby między rzędami roślin. W takiej sytuacji stosowane może być mechaniczne zwalczanie chwastów lub metody termiczne. W miarę wzrostu roślin uprawnych następuje zagęszczanie łanu i zakrywanie tej powierzchni. Z jednej strony ogranicza to wzrost chwastów, ale też praktycznie uniemożliwia dostęp maszyn odchwaszczających do powierzchni gleby.

W zwalczaniu chorób i szkodników praktyczne zastosowanie na większą skalę mają wymienione w rozdziale 3.2.2 metody biologiczne lub mechaniczne wyłapywanie szkodników za pomocą pułapek (rozdział 3.2.1), albo utrudnianie im dostępu (siatki) lub odstraszenie większych zwierząt (ptaki, dziki, zające).

4.1. Uprawy sadownicze

W sadach ekologicznych wykorzystywane są organizmy pożyteczne - od wirusów do owadów pożytecznych. Należy śledzić na bieżąco, czy preparaty np. bakteryjne posiadają ważną rejestrację do stosowania w sadach. W największym zakresie metody niechemiczne są stosowane w sadach do kontroli poziomu zachwaszczenia. W międzyrzędziach większości współczesnych sadów oraz plantacji roślin jagodowych utrzymywana jest zielona murawa. Pasy gleby o szerokości ok. 1,5 m wzdłuż rzędów drzew pozostają w ugorze i powinny być wolne od chwastów konkurujących z drzewami o wodę. Szczególne znaczenie ma to w pierwszych latach po posadzeniu roślin, gdzie nadmierne zachwaszczenie może znacznie osłabić rozwój drzew i krzewów. Alternatywą dla niszczenia chwastów za pomocą herbicydów są metody niechemiczne, które ze względu na ograniczenia prawne stosowane są głównie w sadach ekologicznych. Wybór optymalnej metody powinien uwzględniać rodzaj prowadzonych upraw, położenie w terenie oraz rodzaj gleb, na których rośnie sad. Celem zabiegów odchwaszczających w uprawach wieloletnich jest kontrolowanie zachwaszczenia i utrzymanie poziomu zachwaszczenia poniżej progu biologicznego zagrożenia. Nawet mniej skuteczne zabiegi, w których redukowane jest 50-60% chwastów, przeprowadzane kilkukrotnie w ciągu sezonu, mogą okazać się wystarczające dla uniknięcia istotnego obniżenia plonu. Stosowane obecnie w praktyce proekologiczne sposoby zwalczania chwastów w sadach to: wysiew roślin okrywowych i wykładanie międzyrzędzi oraz metody mechaniczne i niszczenie wysokimi temperaturami.

Żadna z najpopularniejszych obecnie proekologicznych metod zwalczania chwastów nie jest pozbawiona istotnych wad. Ściółki organiczne sprzyjają zwiększeniu populacji gryzoni, zakłócają gospodarkę azotem i są stosunkowo nietrwałe – w sprzyjających warunkach chwasty przerastają je już po roku. Folie i włókniny są drogie i często uszkodzane przez pracujące w sadach maszyny. Metody termiczne polegające na traktowaniu chwastów płomieniem lub parą wodną wiążą się z wysokim zużyciem energii, niską skutecznością niszczenia chwastów wieloletnich oraz niebezpieczeństwem uszkodzenia kory pni młodszych drzew.

Biorąc pod uwagę powyższe aspekty można zakładać, że w najbliższej przyszłości, najpowszechniej stosowaną niechemiczną metodą zwalczania lub regulacji wzrostu chwastów w sadach będzie odchwaszczanie mechaniczne. Jego skuteczność jest tylko nieznacznie

mniej niż od uzyskiwanej za pomocą herbicydów, a koszty przeprowadzenia zabiegów są niższe od pozostałych metod niechemicznych. Zabiegi mechaniczne wpływają także korzystnie na ograniczenie populacji gryzoni. Przeprowadzane jesienią mogą, poprzez przykrycie opadłych liści ziemią, ograniczać ryzyko infekcji chorobotwórczych (głównie parch jabłoni), a tym samym poprawiać zdrowotność drzew.

4.1.1. Koszenie murawy (także murawy pod drzewami)

Czasami murawa pozostawiana jest w sadzie również w miejscu pasa między drzewami. Dlatego metody stosowane do utrzymania murawy w międzyrzędziach po części należy traktować jako metody ograniczania zachwaszczenia. W zależności od warunków atmosferycznych, w sezonie wegetacyjnym koszenie murawy wykonuje się od 6 do 12 razy. Do zabiegów wykorzystywane są zawieszane na ciągnikach kosiarki i kosiarko-rozdrabniacze charakteryzujące się niską konstrukcją, umożliwiającą swobodny przejazd pod koronami drzew. Szerokość robocza maszyn (od 1,5 do 3,0 m) powinna zapewnić możliwość koszenia na całej szerokości pasa murawy. Wykorzystywanie węższych kosiarek zwiększa ilości przejazdów obniżając wydajność roboczą (ha/h) i podnosząc koszty zabiegów.

Stosowane są dwa rodzaje ciągnikowych kosiarek rotacyjnych, różniące się sposobem pracy zespołów roboczych. Pierwsze, tzw. kosiarki nożowe wyposażane są w 1-4 noże obracających się w płaszczyźnie poziomej (Rys. 7). Elementami roboczymi kosiarek bijakowych są obracające się z dużą prędkością w płaszczyźnie pionowej bijaki, umieszczone wahliwie na poziomym wale (Rys. 8). Kosiarki bijakowe umożliwiają uzyskanie niższych wysokości koszenia (koszenie bliżej powierzchni gleby), co zmniejsza ilość wykonywanych w sezonie zabiegów. Lepsza jakość pracy kosiarek wiąże się jednak ze zwiększonym, w stosunku do kosiarek nożowych, zapotrzebowaniem mocy z WOM ciągnika. Na 1 m szerokości koszonej murawy, całkowita moc potrzebna do jej pracy wynosi ponad 8,5 kW, podczas gdy kosiarki nożowej tylko 6 kW.

W sadach, w których powierzchnia międzyrzędzi pokryta jest w całości murawą lub roślinami okrywowymi stosowane są kosiarki wyposażone w zespoły odchylające się na pniach drzew. Element uchylony stanowi obrotowy nóż tnący osłonięty lekką obudową z bieżnią wykonaną z

miękkiego materiału. Wydajność godzinowa (ha/h) agregatów ciągnikowych koszących murawę zależy od stosowanych prędkości jazdy, szerokości międzyrzędzi oraz czasu przeznaczonego na zawracanie ciągnika na końcach rzędów. Wysoka lub wilgotna trawa wymusza obniżenie prędkości roboczej, co szczególnie dotyczy kosiarek nożowych. Mniej wrażliwe na warunki pracy są kosiarki bijakowe, wykorzystują one jednak więcej mocy współpracującego ciągnika. W przeciętnych warunkach, gdy wysokość trawy wynosi ok. 15 cm wydajność koszenia wynosi: w sadach o szerokości międzyrzędzi 3 m, od 1,0 do 1,3 ha/h, w sadach o szerokości międzyrzędzi 4 m od 1,3 do 1,8 ha/h.



Rys. 7. Noże kosiarki obracające się w płaszczyźnie poziomej (Fot. J. Rabcewicz)



Rys. 8. Bijkas kosiarki bijakowej są obracające się z dużą prędkością w płaszczyźnie pionowej, umieszczone wahliwie na poziomym wale (Fot. J. Rabcewicz).

4.1.2. Okrywy naturalne i sztuczne

Jako **rośliny okrywowe**, wysiewane w rzędach drzew w sadzie, wykorzystuje się koniczynę oraz niektóre gatunki zbóż lub traw. Wyniki badań wykazały jednak, że rośliny okrywowe stanowią zbyt dużą konkurencję dla młodych drzew, powodując ich wolniejszy wzrost i gorsze owocowanie. Wysokie koszty wysiewu nasion oraz konieczność kilkukrotnego koszenia powodują, że stosowanie roślin okrywowych nie jest popularne.

Częściej niż rośliny okrywowe wykorzystywane są **wykładziny**: organiczne (ściółki ze słomy, kory drzew, trocin) oraz syntetyczne (włókniny oraz czarna folia polietylenowa – rys. 9).



Rys. 9. Rozkładanie folii zabezpieczającej przed wzrostem chwastów jednocześnie z parowaniem podłoża (Fot. J. Rabcewicz).

Skuteczność ściółek organicznych zależy od rodzaju materiału oraz grubości zastosowanej warstwy. W cieńszych warstwach ściółki (do 10 cm) chwasty mogą pojawić się już rok po jej rozłożeniu, warstwa grubsza 15-20 cm zapobiega ich wyrastaniu przez 2-3 lata. Stosowanie ściółek organicznych, oprócz szeregu zalet, takich jak pozytywny wpływ na skład i porowatość gleby, wyższa i bardziej ustabilizowana wilgotność, ma jednak także wady. Gruba warstwa ściółki może sprzyjać powstawaniu szkód mrozowych, obserwowany jest także wzrost populacji gryzoni. Lepsze efekty w zwalczaniu zachwaszczenia upraw wieloletnich przynosi zastąpienie ściółek organicznych materiałami syntetycznymi. Tworzą one

wyjątkowo niekorzystne dla rozwoju chwastów środowisko, wpływając jednocześnie pozytywnie na właściwości fizyczne, temperaturę i stosunki wodne w glebie. Często obserwowane są jednak uszkodzenia folii spowodowane przez ciągniki wykonujące w sadzie zabiegi pielęgnacyjne, głównie podczas koszenia murawy. Folia niszczona jest także przez pracowników wykonujących zimowe cięcia drzew, bowiem w niskich temperaturach materiał traci elastyczność i jest bardziej podatny na uszkodzenia. Istotny jest także fakt, że koszt stosowania wykładzin przekracza nakłady ponoszone na mechaniczne zwalczanie chwastów.

Rośliny okrywowe (koniczyna, niektóre gatunki zbóż oraz traw)

- wysokie koszty nasion
- nadmierna konkurencja o wodę, zwłaszcza w młodych sadach
- wzrost populacji gryzoni
- 7-10 zabiegów koszenia lub przyorywania

Wykładziny - ściółki organiczne

- obserwowany wzrost populacji gryzoni
- gruba warstwa ściółki sprzyja powstawaniu szkód mrozowych
- przy grubości do 10 cm chwasty przerastają już po 1 roku
- zakłócenie gospodarki azotem w młodych uprawach

Wykładziny - materiały syntetyczne

- wysokie koszty folii (metoda droższa od herbicydów)
- częste uszkodzanie przez maszyny (np. podczas koszenia)
- uszkodzanie podczas zimowego cięcia drzew
- problemy z nawadnianiem i nawożeniem
- długi okres biodegradacji materiałów

4.1.3. Metody mechaniczne zwalczania chwastów

Mechaniczne metody odchwaszczania upraw znane są od stuleci. W zmieniających się warunkach produkcji, wraz z postępem technicznym, udoskonalane są wykorzystywane maszyny i narzędzia. Efekt pielenia uzyskiwany podczas zabiegów mechanicznych jest stosunkowo dobry, a koszty ich przeprowadzenia niskie. Zabiegi mechaniczne przyczyniają się także do ograniczenia populacji gryzoni. Przeprowadzane jesienią, poprzez przykrycie opadłych liści glebą mogą ograniczać ryzyko infekcji a tym samym poprawiać zdrowotność sadu. Ponieważ kontrolowanie

zachwaszczenia wymaga przeprowadzania kilku zabiegów w sezonie, istotne jest stosowanie narzędzi charakteryzujących się wysoką skutecznością. Liczbową miarą skuteczności odchwaszczania jest efektywność niszczenia chwastów w pojedynczym zabiegu, wyznaczana jako stosunek ilości roślin zniszczonych podczas zabiegu do ilości obserwowanej przed zabiegiem (wyrażana w procentach).

W sadach posadzonych na skłonach i glebach lekkich, nadmierne rozbite gleby może doprowadzać do jej erozji i wypłukiwania frakcji organicznych. Najbardziej bezpieczne dla struktury gleby są, pozbawione ruchomych elementów roboczych, narzędzia bierne, takie jak noże podcinające, czy zęby sprężyste. Z uwagi na niewielkie prędkości przemieszczania się ciągników w sadzie ($2,5 \div 4,0$ km/h) skuteczność tych narzędzi jest niska. W pojedynczym zabiegu niszcą od $25 \div 86\%$ chwastów, czego konsekwencją jest konieczność wykonywania 7-10 zabiegów w sezonie wegetacyjnym. W przypadku stosowania maszyn z czynnymi elementami roboczymi w szczególnie niekorzystnych warunkach, gdzie wysokie jest ryzyko erozji, należy stosować niższe prędkości elementów roboczych w posiadanym sprzęcie lub wybierać maszyny pracujące z niższymi prędkościami elementów roboczych. Wiąże się to jednak z koniecznością wykonywania większej liczby zbiegów w sezonie.

Lepsze efekty niszczenia chwastów uzyskuje się stosując maszyny z czynnymi elementami roboczymi. Obowiązuje zasada, że **im wyższe prędkości obrotowe elementów roboczych, tym skuteczność maszyn jest większa. Wzrasta jednak ryzyko niekorzystnego oddziaływania na strukturę gleby.** Elementy robocze mogą mieć różnego rodzaju konstrukcję i sposób działania. Spotykane są obrotowe lub drgające noże w kształcie pierścieni czy pół-pierścieni, poruszające się pod powierzchnią gleby i podcinające system korzeniowy chwastów.

Najwyższą skuteczność odchwaszczania uzyskują ciągnikowe, wąskie glebogryzarki sadownicze, niszczące w pojedynczym zabiegu $67 \div 100\%$ chwastów. Umożliwia to skuteczną kontrolę zachwaszczenia przez wykonanie 3-6 zabiegów w sezonie wegetacyjnym. Elementami roboczymi glebogryzarek są noże obracające się z prędkością od 400 do 600 obr/min, mocowane na poziomym wale napędzanym hydraulicznie lub od WOM ciągnika.

Stosowane są dwa rodzaje noży, ich dobór zależy m.in. od stanu zachwaszczenia sadu. Noże w kształcie litery „L” (Rys. 10) umożliwiają

pracę z większą, do 10 cm, głębokością, stąd są bardziej wskazane do sadów mocniej zachwaszczonych. O ile jednak pas ugoru pod koronami drzew jest dobrze utrzymany, zalecane jest stosowanie noży w kształcie litery „U” przeznaczone do pracy na mniejszej głębokości (Rys. 11). Noże glebogryzarek ulegają podczas pracy zużyciu i po pewnym okresie wymagają wymiany. Tempo zużywania zależy od jakości materiału, z którego są wykonane, oraz rodzaju i stopnia zakamienienia gleby. W przeciętnych warunkach komplet noży wystarcza na odchwaszczenie $80 \div 100$ ha, tzn. ok. $200 \div 250$ godzin pracy urządzenia.



Rys. 10. Noże glebogryzarki sadowniczej w kształcie litery „L” (Fot. J. Rabcewicz).



Rys. 11. Noże glebogryzarki sadowniczej w kształcie litery „U” (Fot. J. Rabcewicz).

Głębokość pracy elementów roboczych.

Jednym z niekorzystnych aspektów stosowania zabiegów mechanicznych jest możliwość uszkodzania systemu korzeniowego drzew. Uszkodzeniom tym zapobiega się poprzez stosowanie niewielkich

głębokości roboczych, co jednak może powodować niższą skuteczność niszczenia chwastów.

W badaniach prowadzonych w Instytucie Ogrodnictwa PIB nad wpływem głębokość roboczej glebogryzarki sadowniczej na efektywność zabiegów w sadzie jabłoniowym zastosowano trzy głębokości robocze: 3, 5 oraz 10 cm. Nie obserwowano wpływu głębokości pracy glebogryzarki na skuteczność niszczenia chwastów jednorocznych. Chwasty wieloletnie niszczone były w 63÷100%, z podobną efektywnością niszczenia chwastów dla głębokości roboczych 5 i 10 cm. Niższą efektywność wykazano dla głębokości 3 cm (dla dwóch zabiegów). Obniżona w niektórych zabiegach skuteczność zwalczania chwastów wpłynęła na zwiększone pokrycie chwastami w dalszej części sezonu wegetacyjnego. Poziom zachwaszczenia chwastami wieloletnimi był wyższy na poletkach odchwaszczanych z głębokością 3 cm.

Zalecana głębokość pracy sadowniczych urządzeń odchwaszczających powinna wynosić ok. 5 cm. Stosowanie mniejszych głębokości może w niektórych zabiegach obniżyć skuteczność niszczenia chwastów. Głębokości większe nie wpływają pozytywnie na jakość odchwaszczania, mogą zaś zwiększać ryzyko uszkodzeń systemów korzeniowych drzew, a w konsekwencji obniżenie plonowania.

Miejsce zamontowania i sposób prowadzenia elementu roboczego.

Jednym z istotnych wyróżników jakości wykonania zabiegów jest szerokość pasa gleby, w bezpośrednim sąsiedztwie pni drzew, do której nie dotarł zespół roboczy maszyn (tzw. „omijaki”). Szerokość tego pasa powinna być możliwie najmniejsza. Zależy ona od dokładności prowadzenia ciągnika wzdłuż rzędów. Na uzyskanie wysokiej precyzji wpływa sposób połączenia maszyny z ciągnikiem. Najmniejszą dokładnością charakteryzują się urządzenia zawieszane na tylnym trzypunktowym układzie zawieszenia. Taki sposób łączenia z ciągnikiem uniemożliwia kierującemu obserwację pracy elementów roboczych. Jednak taki sposób zamontowania na ciągniku, ze względu na łatwość przeniesienia napędu z WOM, jest najmniej skomplikowany konstrukcyjnie, a co za tym idzie, znacznie obniża koszty maszyn. **Zawieszenie maszyny z przodu lub między osiami kół ciągnika poprawia dokładność prowadzenia**, co przekłada się na minimalizowanie szerokości pasów nieodchwaszczonych. Glebogryzarki z zespołami pielącymi zawieszanymi z przodu lub z boku ciągnika najczęściej

napędzane są hydraulicznie przez pompę umieszczaną wraz ze zbiornikiem oleju z tyłu ciągnika.

Urządzenia z automatycznie wycofywanymi elementami roboczymi.

Chwasty można niszczyć mechanicznie na całej szerokości pasa czarnego ugoru wykorzystując specjalistyczne **urządzenia z automatycznie wycofywanymi zespołami roboczymi**. Zawieszane na trzypunktowym układzie zawieszenia ciągnika maszyny posiadają własny, hydrauliczny układ napędu oraz siłowniki ustalające położenie elementów roboczych (Rys. 12) Najczęściej elementami roboczymi są noże obracające się na pionowej osi lub wąskie glebogryzarki. Prędkość obrotowa noży pionowych jest niższa niż noży glebogryzarek, stąd też ich wpływ na strukturę gleby jest mniejszy. Cały zespół roboczy lub element stanowiący jego część jest wycofywany siłownikiem hydraulicznym po dotknięciu drzewa przez czujnik połączony z rozdzielaczem układu hydraulicznego. Szerokość robocza najczęściej spotykanych zespołów odchwaszczających wynosi $0,35 \div 0,45$ m, maksymalne głębokości pracy $10 \div 16$ cm. Minimalna moc ciągników współpracujących z takimi maszynami wynosi przeciętnie 25 kW.



*Rys. 12. Urządzenie z automatycznie wycofywanymi zespołami roboczymi
(Fot. J. Rabcewicz).*

Dobór maszyny do danego sadu.

Planując wykorzystanie takiego urządzenia w gospodarstwie, **należy wybrać odpowiednią dla danego sadu szerokości maszyny**. Maszyna po zamontowaniu na ciągniku musi umożliwić swobodny przejazd ciągnika w międzyrzędziach. Jest to szczególnie ważne w wąskich uliczkach

przejazdowych sadów intensywnych. Jednocześnie **sposób zawieszenia elementów pielęgnacyjnych musi być dostosowany do szerokości koron drzew**. W tym celu, producenci oferują maszyny o różnych (np.: 1,0; 1,2 oraz 1,7 m) odległościach zespołu roboczego od osi ciągnika. W sadach nawadnianych kropłowo, warunkiem stosowania maszyn z zespołami uchylnymi, jest **podwieszenie przewodów nawodnieniowych** (Rys. 13) na wysokości umożliwiającej przemieszczanie się pod nimi zespołu roboczego. W sadach posadzonych w znacznym zagęszczeniu drzew w rzędach ($0,75 \div 1,2$ m) należy spodziewać się pozostawiania przez maszynę „omijków” chwastów w bezpośrednim sąsiedztwie pni i podpór rusztowań (Rys. 13). Oprócz niekorzystnego efektu wizualnego, takie pozostawione chwasty mogą wpłynąć niekorzystnie na wzrost i plonowanie młodych drzew. Szerokiemu upowszechnieniu się maszyn z uchylnymi elementami pielęgnacyjnymi nie sprzyja ich wysoka, w stosunku do prostszych urządzeń cena, która podnosi koszty produkcji owoców. Ma to szczególne znaczenie w produkcji ekologicznej, której opłacalność jest ciągle dyskusyjna.



*Rys. 13. „Omijaki” chwastów i podwieszone przewody nawodnieniowe
(Fot. J. Rabcewicz).*

Wydajność godzinowa pracy.

Wielokrotność zabiegów odchwaszczania przeprowadzanych w sezonie wegetacyjnym sprawia, że z punktu widzenia nakładów czasu pracy ponoszonych na produkcję owoców, istotne jest uzyskiwane dużej **wydajności godzinowej** agregatów odchwaszczających (ha/h). W głównej mierze zależy ona od prędkości przetwarzania agregatów, czasu przeznaczonego na uwrocia oraz awaryjności wykorzystywanych maszyn.

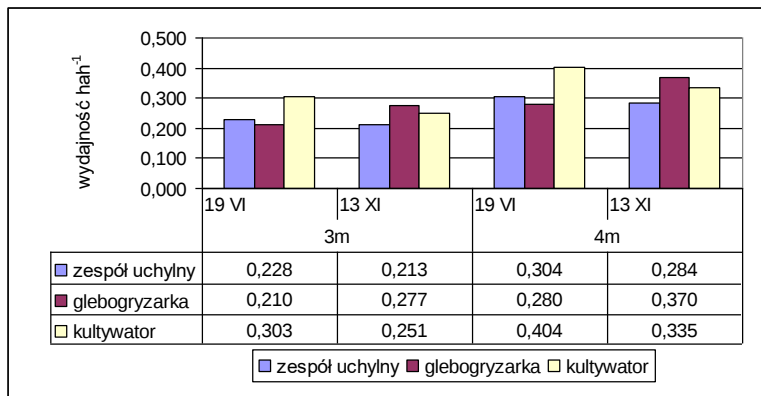
Im prędkość jazdy jest wyższa, a czas pokonywania nawrotów krótszy, tym uzyskiwane wydajności są większe. Na podstawie zaprezentowanych dalej badań i uzyskanych przez oceniane agregaty wydajności godzinowych wynika, że na odchwaszczenie pasów pod koronami drzew na powierzchni 1 hektara sadu, potrzeba 2,5 do 5 godzin pracy ciągnika wyposażonego w jedno z ocenianych urządzeń odchwaszczających.

Wprowadzonych w Instytucie Ogrodnictwa PIB badaniach parametrów roboczych trzech ciągnikowych urządzeń odchwaszczających (glebogryzarka sadownicza, urządzenie z uchylnym elementem roboczym, kultywator zawieszany z boku ciągnika) wyznaczono wydajności godzinowe oraz nakłady czasu pracy na 1 hektar sadu. Średni czas zawracania ciągnika na końcach międzyrzędzi wynosił od 18 do 35 sekund (Tab. 1). Prędkość robocza ciągników z urządzeniami odchwaszczającymi zależała od warunków, w których przeprowadzano zabieg. Przy znacznym zachwaszczeniu oraz wyższej wilgotności gleby (zabiegi po deszczach) prędkości jazdy były o ponad połowę niższe ($1,40 \div 1,67$ km/h) niż w zabiegach przeprowadzanych na suchej glebie pokrytej niewyrosniętymi chwastami ($2,52 \div 4,10$ km/h).

Tabela 1. Średnie czasy zawracania oraz prędkości robocze ciągników współpracujących z urządzeniami odchwaszczającymi.

Rodzaj urządzenia	Czas nawrotu [s]		Prędkość jazdy [km/h]	
	Min.	Max.	Min.	Max.
Glebogryzarka sadownicza	18,5	34,4	1,40	4,10
Uchylny zespół roboczy	22,3	27,4	1,42	3,38
Kultywator	24,5	32,2	1,67	2,52

Wyznaczone wydajności godzinowe badanych trzech urządzeń odchwaszczających zawierały się w granicach $0,210 \div 0,404$ ha/h (Rys. 14). Wydajność godzinowa pracy zależała głównie od rozstawy rzędów (3 lub 4 metry). W kwaterze o rozstawie rzędów 3 m, w niektórych zabiegach uzyskiwano wydajność tylko nieznacznie przekraczającą 0,2 ha/h. Wyższe wydajności charakteryzowały zabiegi w kwaterach o szerokości międzyrzędzi wynoszącej 4 m. Należy oczekiwać, że wyższe wydajności robocze będą osiągnęte w sadach z rzędami drzew o większej długości, co oznacza mniejsze straty czasu na uwrociach.



Rys. 14. Wydajność godzinowa pracy trzech urządzeń odchwaszczających.

Ilość zabiegów w sezonie wegetacyjnym.

Ilość zabiegów wykonanych w sezonie zależy od efektywności niszczenia chwastów w pojedynczym traktowaniu i wynikającej z tego konieczności powtarzania zabiegów częściej lub rzadziej. Oprócz rodzaju zastosowanego urządzenia, istotny wpływ mają warunki pogodowe w czasie i po zabiegu, które wpływają na prędkość wzrostu chwastów.

W omawianym doświadczeniu w warunkach sprzyjających rozwojowi chwastów (wysoka wilgotność gleby i temperatura) należało wykonać nawet 8 zabiegów w ciągu jednego sezonu (Tab. 2).

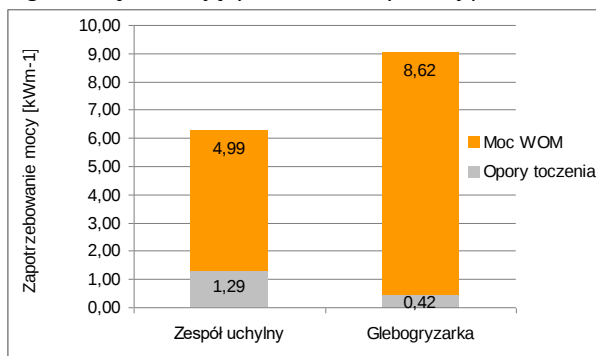
Tabela 2. Ilość zabiegów pielęgnacyjnych wykonanych w sezonie wegetacyjnym różnymi urządzeniami odchwaszczającymi.

Rodzaj urządzenia	Sezon		
	I	II	III
Glebogryzarka sadownicza	4	3	2
Urządzenie z uchylnym elementem roboczym	2	2	3
Kultywator	2	1	-
Łączna ilość zabiegów w sezonie	8	6	5

Zapotrzebowanie mocy.

W przypadku maszyn odchwaszczających z czynnymi elementami roboczymi opory toczenia stanowią tylko nieznaczną część mocy potrzebnej na napęd elementów roboczych (Rys. 15). Mniejsze zapotrzebowanie mocy (ok. 6,3 kW) charakteryzuje maszyny uchylnie z

pionową osią obrotów elementów roboczych. Większa, na poziomie 9 kW, energochłonność glebogryzarek sadowniczych wynika z wyższych prędkości obrotowych noży i bardziej intensywnego oddziaływania na strukturę gleby. Zapotrzebowanie mocy zależy również od szerokości roboczej elementu oddziałującego na glebę – im większa szerokość tego elementu, tym większe zapotrzebowanie na moc od WOM ciągnika. Niezależnie od rodzaju maszyny, do współpracy z omawianymi elementami roboczymi wystarczy ciągnik klasy 6 kN, dysponujący mocą do 30 kW, charakteryzujący się relatywnie niewielkim zużyciem oleju napędowego, a więc emitujący do atmosfery mniej produktów spalania.



Rys. 15. Zapotrzebowanie mocy na 1 metr szerokości pracy glebogryzarki oraz zespołu z pionową osią obrotów elementów roboczych (kW /mb)

Metody mechaniczne zwalczania chwastów – podsumowanie:

- zadawalająca skuteczność nieznacznie ustępująca metodom chemicznym
- relatywnie niskie koszty zabiegów
- korzystny wpływ na ograniczenie populacji gryzoni
- zabiegi przeprowadzone jesienią poprzez przykrycie liści ograniczają zagrożenie chorobami grzybowymi
- mogą ograniczyć lub zastąpić stosowanie metod chemicznych

4.1.4. Metody termiczne zwalczania chwastów

W metodach termicznych chwasty niszczone są wysoką temperaturą podczas bezpośredniego oddziaływania płomienia na rośliny (metoda płomieniowa) albo elementu grzejnego, lub pośredniego, za pomocą gorącej wody, czy pary wodnej. **Metody płomieniowe** najpowszechniej

wykorzystywane są w europejskim rolnictwie ekologicznym i integrowanym, głównie w uprawach warzyw i w winnicach. Ze względu na stosunkowo niską skuteczność niszczenia chwastów trwałych, ryzyko uszkodzenia wysoką temperaturą pni młodych drzewek oraz wysokie koszty, do odchwaszczania pasów pod koronami drzew stosowane są sporadycznie. Wykorzystywane urządzenia wyposażone są w różnorodnej konstrukcji palniki zasilane gazem (propan) lub paliwami ropopochodnymi. Budowane są w wersjach ręcznych, taczkowych oraz ciągnikowych. Koszt wypalania chwastów znacznie przekracza koszt odchwaszczania chemicznego, głównie z powodu wysokiego zużycia paliwa (zużycie propanu 40÷80 l/h) oraz niewielkiej wydajności spowodowanej niskimi prędkościami roboczymi.

Zwalczanie chwastów **gorącą wodą lub parą wodną** jest znacznie bezpieczniejsze dla drzew, nie zagraża ponadto zapaleniem wysuszonych części roślin. Aby gorąca woda skutecznie niszczyła chwasty jej temperatura powinna wynosić ponad 90 °C, a czas jej oddziaływania na roślinę powinien wynosić min. 1 sekundę. Ciągnikowe urządzenie do niszczenia chwastów składa się ze zbiornika, w którym palnikami zasilanymi olejem napędowym podgrzewana jest woda. W spotykanych konstrukcjach moc grzewcza palników wynosi nawet 140 kW. Woda наносzona jest na rośliny rozpylaczami umieszczonymi w specjalnej osłonie, pod którą doprowadzane są także pochodzące z palników spaliny o temperaturze ok. 200°C. Zabiegi odchwaszczania przeprowadza się synchronicznie używając jednocześnie dwóch ciągników jadących po obu stronach rzędu, albo wykorzystując belkę wyposażoną w dwa pojedyncze rozpylacze (Rys. 16).

W prowadzonym w Instytucie Ogrodnictwa PIB doświadczeniu ustalono, że w sadzie jabłoniowym posadzonego w rozstawie 3,5 m, zużycie gorącej wody na jeden zabieg wynosi ok. 2000 l/ha, a do jej ogrzania potrzeba 30 l oleju napędowego. Obserwacje zachwaszczenia na traktowanych rzędach wykazały, że po tygodniu od zabiegu zaczynają pojawiać się nowe rośliny, a po miesiącu efekt pielienia nie jest widoczny. Uzyskiwane rezultaty odchwaszczania są więc podobne do osiągniętych za pomocą urządzeń mechanicznych.

Jednym z ważniejszych tematów badań prowadzonych obecnie nad wykorzystaniem metod termicznych jest określenie wpływu oddziaływania wysokich temperatur na występującą na plantacjach faunę pożyteczną.



Rys. 16. Urządzenie do zwalczania chwastów za pomocą pary wodnej – działanie dwurzędowe (Fot. J. Rabcewicz).

Metody płomieniowe:

- niska skuteczność niszczenia chwastów trwałych
- uszkodzenia termiczne kory młodych drzew
- niebezpieczeństwo zapalenia się suchych pozostałości roślin
- wysokie koszty (40÷80 l/h propanu)

Zastosowanie gorącej wody:

- efekt pielienia zbliżony do uzyskanego metodą mechaniczną
- min. temperatura wody 90 °C (zwykle ok. 95÷97 °C)
- min. czas oddziaływania na roślinę - 1 s.
- wymagana moc palników - 100 kW
- zużycie wody - 2000 l/ha sadu
- zużycie oleju napędowego 30 l/ha

4.2. Uprawy warzywnicze

Dla roślin warzywnych szczególnie niebezpieczne są chwasty występujące od początku uprawy do połowy okresu wegetacji. Gatunki uprawiane z siewu, o długim okresie wschodów i wolnym tempie wzrostu w początkowym okresie wegetacji przegrywają z chwastami, które zwykle charakteryzują się większą dynamiką wzrostu. Stwarza to trudności w odróżnieniu chwastów od roślin uprawnych. Straty plonu z powodu zachwaszczenia mogą być nawet dwukrotnie większe niż straty spowodowane przez choroby i szkodniki (34 vs. 18%). Według Dobrzańskiego (1991) można przyjąć, że z powodu braku odchwaszczania warzyw, każdego dnia traci się ok 1-2% potencjalnego plonu.

4.2.1. Mechaniczne zwalczanie chwastów w warzywach

Maszyzny do mechanicznego zwalczania chwastów podlegają stałemu rozwojowi, głównie w celu zwiększenia skuteczności i dokładności zabiegów. Istotne jest także zwalczanie chwastów również między roślinami w rzędzie. Na niewielkich powierzchniach można łączyć mechaniczne zwalczanie między rzędami i ręczne pilenie między roślinami w rzędzie. Na większych powierzchniach, w celu zwalczania chwastów również rzędzie roślin, niezbędne jest automatyczne sterowanie elementami roboczymi.

Do zwalczania chwastów w międzyrzędziach stosuje się głównie noże kątowe, gęsiostopki i redliczki. Zwalczanie chwastów w rzędach roślin jest trudniejsze, a skuteczność zabiegu zależy od stosowanego elementu roboczego. Bierne elementy robocze palcowe lub torsijskie są mniej precyzyjne. Mogą być skutecznie stosowane do eliminacji mniejszych chwastów. Bardziej skuteczne są elementy aktywne.

Liczba zabiegów mechanicznych zależy z jednej strony od intensywności wzrostu chwastów (przedplon, pula nasion, pogoda, wilgotność gleby), a z drugiej od samej metody zwalczania i skuteczności zabiegów. Przy małym zachwaszczeniu i krótszym okresie wzrostu roślin uprawnych, np. w sałacie, może wystarczyć 1 zabieg, a przy dużym zachwaszczeniu i w warunkach sprzyjających rozwojowi chwastów, konieczne muszą być 2 zabiegi. Przy niewielkim zachwaszczeniu odchwaszczanie mechaniczne nie jest konieczne. Przy warzywach o dłuższym okresie wzrostu może być wymagane więcej zabiegów.

Do mechanicznego zwalczania chwastów wykorzystywano początkowo **narzędzia bierne** z nożami kątowymi i gęsiostópkami, połączonymi najczęściej z międzyrzędowymi wałkami strunowymi. Pielniki takie mogły być stosowane jedynie do odchwaszczania międzyrzędzi.

Obecnie stosowane w międzyrzędziach są pielniki szczotkowe, palcowe czy szczotkowo-palcowe, a także pielnik torsijski, które pracują blisko rośliny uprawnej oraz w rzędach roślin. W celu zwiększenia efektywności pracy nowoczesne pielniki często wyposażane są w różne elementy pielące, pełniące różne funkcje.

Głębokość pielenia zależy od rośliny uprawnej. W warzywach płytko się korzeniących pielenie należy wykonywać płytko, na głębokość 2-3 cm, aby nie uszkadzać systemu korzeniowego. Płytkie pielenie może powodować konieczność częstszego powtarzania zabiegów. To z kolei,

zwłaszcza w okresach braku opadów, prowadzić może do przesuszenia gleby i pogorszenia jej struktury. Dlatego należy zachować rozsądny kompromis, pamiętając, że często wystarczające jest ograniczenie dominacji chwastów, a nie całkowita ich eliminacja.

Rośliny uprawiane z rozsady mają w początkowym okresie pewną przewagę w sile wzrostu nad chwastami. Ponadto wyraźnie wyznaczone są rzędy roślin uprawnych, co pomaga w prowadzeniu narzędzi zwalczających chwasty. W roślinach uprawianych z siewu, odchwaszczanie mechaniczne jest kłopotliwe. Trudno uzyskać zadowalający efekt zwalczania chwastów, ponieważ szybko dominują one siłą wzrostu siewki roślin uprawnych, i trudne jest też wyodrębnienie (rzędów) roślin uprawnych w celu ich ominięcia.

Stosowane w międzyrzędziach nowoczesne narzędzia pielęgnacyjne mogą być wyposażone w **układy automatycznego prowadzenia pielników w rzędzie**. Naprowadzanie elementów roboczych wykorzystuje sensory indukcyjne, systemy wizyjne rozróżniające chwasty i rośliny uprawne, a także nawigację satelitarną GPS. Możliwe jest sterowanie pracą pozycji całej maszyny (także torem jazdy ciągnika) lub korygowanie pozycji pojedynczych sekcji roboczych lub ich zestawu w czasie rzeczywistym i równoległe prowadzenie maszyny wzdłuż rzędu roślin lub bruzdy. Dokładność pozycjonowania takich układów wynosi 1 do 3 cm. Automatyzacja prowadzenia pielników i ich sekcji stanowi alternatywę dla ręcznego sterowania ich pozycją przez operatora obserwującego sytuację względem roślin uprawnych (za pomocą specjalnej kierownicy lub innych elementów sterowania). Nawet najbardziej nowoczesne pielniki często posiadają stanowiska dla operatorów, na wypadek wykonywania pielęgnacji w okolicznościach uniemożliwiających wykorzystanie automatycznego naprowadzania. Dzięki automatyzacji prowadzenia pielników można zwiększyć prędkość wykonywania zabiegów nawet do 15 km/h (na dobrze przygotowanych polach, równych i pozbawionych kamieni). Ręczne sterowanie wymaga jazdy z prędkością ok 3,0 km/h.

Czujniki stosowane w systemach naprowadzania pielników są już rozwiązaniami sprawdzonymi w rolnictwie. Mogą to być także **czujniki prętowe**, które wykorzystują opór lub brak oporu ze strony roślin w rzędzie do wykrywania rzędu roślin i ustalania pozycji pielnika. Mogą być stosowane w kukurydzy, słoneczniku i podobnych uprawach, ale dopiero wtedy, gdy rośliny osiągną pewien odpowiedni rozmiar (wysokość

łodygi). Połączone są ze sterownikiem elektronicznym i układem hydraulicznym ustawiającym pielnik w odpowiedniej pozycji.

W przypadku upraw warzywnych w niektórych maszynach **czujnik prowadzony może być wzdłuż bruzdy** wykonanej przez specjalne koło zamontowane wcześniej na siewniku. Dla następnych przejazdów wymagane jest odnowienie wykorzystywanej bruzdy przez koło zamontowane na pielniku.

Prowadzenie pielnika w oparciu o **system wizyjny** wymaga zastosowania specjalnych kamer, komputerów analizujących obraz i wysyłających sygnał sterujący do układu wykonawczego sterującego pozycją pielnika. Systemy takie rozpoznają rośliny w rzędzie, a następnie względem nich korygują pracę poszczególnych sekcji pielnika. Niestety systemy takie mogą działać niestabilnie kiedy chwasty i rośliny uprawne mają podobne rozmiary. W celu ułatwienia identyfikacji roślin rzędy roślin oświetlane są czasem sztucznym światłem (co poprawia rozpoznawanie barwy). Systemy wizyjne w odpowiednich warunkach oświetlenia pola widzenia kamer umożliwiają także pracę w nocy. Sterowanie pracą pielników wyposażonych w systemy wizyjne wymaga zapoznania się z instrukcją obsługi i wykonania odpowiednich regulacji i ustawień układu sterującego (komputer).

Istnieją również systemy wizyjne identyfikujące gatunki roślin (nawet w fazie siewek) co umożliwia nie tylko odróżnienie roślin uprawnych od chwastów, ale także rozróżnienie chwastów między sobą. Ta ostatnia „umiejętność” układów optycznych wykorzystywana bywa w układach opryskiwaczy do opryskiwania selektywnego z uwzględnieniem specyfiki chwastów jedno- i dwuliściennych.

Maszyny z automatycznym sterowaniem pozycji pielnika są najczęściej zawieszane na TUZ ciągnika. Maszyny zawieszane mają zwykle budowę modułową, o różnej szerokości sekcji roboczych, które można łączyć w układy kilkusekcyjne. Często polecana prędkość ich pracy wynosi ok. 5,0 km/h.

Maszyny samobieżne są to głównie innowacyjne urządzenia autonomiczne, o mniejszej szerokości roboczej niż maszyny zawieszane, umożliwiające samodzielną (autonomiczną) pracę. Są jeszcze mało popularne w praktyce.

W przypadku maszyn umożliwiającą **niszczenie chwastów w międzyrzędziach i rzędach roślin** wykorzystywane są różne elementy pielęgnące. Stosowane są hydraulicznie sterowane podcinacze, które w

odpowiednim momencie przed i za rośliną otwierają się i zamykają. Może to być pielnik napędzany pneumatycznie, a elementy robocze są zbudowane z podcinaczy nożowych, które wykonują niepełny obrót przy opielanych roślinach, oddalonych w rzędzie nawet o tylko 6 do 20 cm. Inny, innowacyjny układ pielący wykonuje ruch okrężny wokół rośliny niszcząc chwasty. Kolejne rozwiązanie to układ wyposażony w pojedyncze zęby kultywatora oraz pneumatycznie sterowane podcinacze nożowe, wykonujące ruch poziomy względem kierunku jazdy pielnika.

4.2.2. Metody termiczne zwalczania chwastów w warzywach

Zwalczanie chwastów metodą termiczną wykonuje się przy użyciu różnego rodzaju wypalaczy spalających gaz, działających płomieniem na głębę i chwasty (w systemach pasowych bądź rzędowych) oraz parą wodną lub gorącą wodą, do odchwaszczania miejscowego bądź pasowego. Metody te stosowane są w wielu krajach głównie w ekologicznej uprawie, jednak ich działanie jest dość krótkotrwałe. Niszczą one nadziemne części chwastów, co w efekcie prowadzi do ponownego ich odrastania z nieuszkodzonych korzeni. Skuteczność zabiegu uzależniona jest m.in. od ilości przenoszonego ciepła, czasu narażenia roślin na działanie wysokiej temperatury, a także fazy rozwojowej chwastów - młodsze są bardziej wrażliwe. W metodach termicznych stosowanych w uprawie warzyw niezbędne jest stosowanie osłon na czynnik termiczny lub osłanianie roślin uprawnych przed działaniem temperatury (analogicznie jak przy międzyrzędowym stosowaniu herbicydów nieselektywnych).

W jednym z komercyjnie oferowanych chwastowników stosowany jest strumień gorącej plazmy. Głównym elementem roboczym są w tym rozwiązaniu moduły ze sterowanymi automatycznie dyszami, które precyzyjnie, w ułamku sekundy „tryskają” gorącą plazmą w chwasty. Takie rozwiązanie w połączeniu z precyzyjnym układem identyfikacji chwastów (np. wizyjnym) oraz dokładną automatyką sterującą umożliwia selektywne eliminowanie chwastów.

4.2.3. Prąd elektryczny o wysokim napięciu

Zwalczanie prądem, w przeciwieństwie do zwalczania mechanicznego, nie wymaga wzruszania gleby, które stymuluje kiełkowanie chwastów i może uszkadzać korzenie roślin uprawnych. Nie

powoduje także erozji gleby w żadnych warunkach. Może być stosowane kiedy warunki glebowe są nieodpowiednie dla metody mechanicznej (za sucho lub za mokro). Opisane w rozdziale 3.1.3 (inne metody fizyczne) w przypadku ich stosowania w uprawie warzyw wymagają odpowiedniej konfiguracji elementów roboczych, w taki sposób, aby efektywnie zwalczać chwasty między rzędami roślin, nie uszkadzając jednak uprawy. W przypadku urządzenia do zwalczania chwastów prądem o wysokim napięciu elektrody kontaktujące się z chwastami muszą być odizolowane od roślin uprawnych. Prototypowe elektryczne systemy do zwalczania chwastów w burakach cukrowych zostały opracowane i ocenione ponad 30 lat temu w Wielkiej Brytanii, USA i Belgii. Stosowano je do zwalczania chwastów wyrastających ponad łan roślin (mechanizm podobny do działania mazaczy) lub chwastów występujących między rzędami upraw.

Współcześnie działająca maszyna do elektrycznego zabijania chwastów powinna móc zwalczyć chwasty występujące w rosnących warzywach i nie uszkadzać roślin uprawnych. Przy takich ograniczeniach wydaje się, że za pomocą elektryczności mogą być zwalczane jedynie chwasty w międzyrzędziach. Istotne jest dopasowanie konfiguracji i kształtu elektrod do zwalczanych chwastów i geometrii roślin uprawnych. Wskazany w literaturze czas niezbędny na zabicie rośliny prądem elektrycznym, to 0,2 sekundy. Oznacza to, że taki elektryczny chwastownik mógłby jechać z prędkością ok. 2,0 m/s.

W literaturze przedmiotu stawiany jest również problem wpływu poziomu zachwaszczenia na wydajność pracy elektrycznego chwastownika. Podawane są wyliczenia uwzględniające ilość energii wymaganej do zabicia jednego (przeciętnego) chwastu, mocy dostępnej na elektrodzie i wynikającej z tego możliwej prędkości jazdy. Odchwaszczanie elektryczne, to technika wymagająca wysokich nakładów energii, która najlepiej nadaje się do małych zagęszczeń chwastów. Większa gęstość chwastów wymagałaby proporcjonalnie większej mocy lub wolniejszej jazdy i mniejszej wydajności pracy.

W odniesieniu do wykorzystania prądu elektrycznego o wysokim napięciu do zwalczania chwastów, prowadzone jest współcześnie wiele badań i należy się spodziewać konkretnych rozwiązań komercyjnych, przeznaczonych do ich stosowania w uprawie warzyw. Jeden z prototypów zaprezentowany jest na zdjęciu poniżej (Rys. 17).



Rys. 17. Prototyp urządzenia do zwalczania chwastów za pomocą prądu elektrycznego o wysokim napięciu (Fot. https://cordis.europa.eu/docs/results/h2020/733/733687_PS/inter-row-weeder-prototype.jpg)

5. Jak dobrać odpowiedni sprzęt do uprawy i systemu produkcji

Priorytetem przy doborze metody ochrony roślin powinny być przepisy prawa, które określają dopuszczalność różnych metod ochrony dla różnych systemów uprawy. W uprawach standardowych obowiązuje integrowana ochrona roślin. Oznacza to, że nawet w tradycyjnej produkcji z dopuszczalnym zastosowaniem metod chemicznych, na pierwszym miejscu powinny być metody niechemiczne, a ich uzupełnieniem mają być metody chemiczne. W uprawach ekologicznych metody chemiczne nie są dozwolone. W uprawach, gdzie plony są przeznaczone dla wrażliwych odbiorców (np. małe dzieci) należy oczekiwać zwiększonego zapotrzebowania na metody niechemiczne, które mają zastąpić lub ograniczyć stosowanie środków chemicznych.

W celu dobrania odpowiedniej metody niechemicznej do rodzaju uprawy należy w pierwszej kolejności uwzględnić ograniczenia stwarzane przez sposób uprawy, takie jak rozstaw rzędów lub wysokość roślin. Elementy robocze wybranego sprzętu powinny mieścić się między rzędami roślin z uwzględnieniem ich potencjalnego rozrastania się w sezonie lub zmiany pokroju (np. zakrywanie międzyrzędzi przez wiele warzyw lub zwieszanie się gałęzi w sadach i na plantacjach roślin jagodowych).

Przy zwalczaniu chwastów, chorób i szkodników roślin uprawnych należy kierować się progami szkodliwości biologicznej i ekonomicznej.

Dlatego w dobieraniu metody ochrony roślin należy ocenić, czy dana metoda umożliwia utrzymanie poziomu agrofagów poniżej ustalonych dla nich progów szkodliwości. Dlatego należy poznać efektywność i wydajność metody, ale też konkretnego rozwiązania technicznego.

Wydajność pracy powinna być dobrana do wielkości powierzchni plantacji. W zależności od zastosowanej metody, wykorzystywanego sprzętu i jego parametrów roboczych (głównie prędkość i szerokość robocza) uzyskuje się różną wydajność pracy. W całościowych kosztach produkcji istotna jest również wymagana ilość zabiegów w celu uzyskania pożądanego efektu, co jest związane z efektywnością pojedynczego zabiegu.

Metody niechemiczne zwalczania chwastów są najczęściej mniej opłacalne ekonomicznie od metod chemicznych. Dlatego porównywane bywają do kosztów pielenia ręcznego, które stanowi poziom odniesienia opłacalności różnych metod. Można przyjąć, że dana metoda jest akceptowalna jeżeli zmniejsza nakłady pracy i koszty finansowe ponoszone przy pieleniu ręcznym. Ponadto obecnie, w czasach deficytu rąk do pracy w rolnictwie, należy być przygotowanym na zastępowanie pracy ręcznej, nawet przez bardziej kosztochłonne metody. Dotyczy to obecnie upraw ekologicznych, ale również tych prowadzonych na terenach sąsiadujących z wodami powierzchniowymi i innymi obiektami wrażliwymi.

Dopuszczalna prędkość jazdy z jaką można wykonywać zabiegi ma wpływ na wielkość obrabianej powierzchni plantacji i wydajność pracy. Możliwości sprzętu w czasie pracy wynikają m.in. ze specyfiki metody i wymaganego czasu oddziaływania na rośliny uprawne lub chwasty, co limituje dopuszczalną prędkość jazdy. Szczególnie istotny jest czas oddziaływania na rośliny przy zwalczaniu chwastów metodą termiczną, prądem elektrycznym, czy innymi metodami fizycznymi, gdzie należy oddziaływać na chwasty przez wystarczająco długi czas, aby uzyskać pożądaný efekt. Stąd prędkość nie może być za duża. W metodach mechanicznych prędkość zależy od rodzaju zastosowanych elementów roboczych. Również poziom zaawansowania technologicznego (np. automatycznie sterowane pielniki) umożliwia szybszą jazdę i dzięki temu większą wydajność pracy. Przy zwalczaniu chorób i szkodników prędkość jazdy stosowanego sprzętu (opryskiwacz, sprzęt rozprzestrzeniający organizmy pożyteczne) wynika z potrzeb związanych z jego kalibracją, ale

też zależy od warunków terenowych w polu (równe pole, to można jechać szybciej).

Uwzględnić należy również wymagania dotyczące współpracującego ciągnika lub innego nośnika sprzętu. Wymagany może być ciągnik rolniczy, sadowniczy albo miniciągnik. Urządzenie może być samobieżne albo obsługiwane ręcznie. Należy ustalić, czy wystarczającym źródłem napędu jest ciągnik, czy wymagane są dodatkowe urządzenia lub sprzęt (butle gazowe, agregat prądotwórczy itp.).

Ważny jest także etap wdrożenia danej metody, czy jest to produkt komercyjny i jak długo jest w praktycznym użytkowaniu, czy prototyp doświadczalny opisany w literaturze lub prezentowany na pokazach, albo koncepcja sprawdzona tylko laboratoryjnie, opisana w literaturze naukowej lub popularnej. W obecnych czasach, nastawionych na ekologię, wdrażanie różnych „uśpionych” z różnych powodów metod, lub opracowywanie nowych, nabiera przyspieszenia.

6. Zasady użytkowania i kontrola stanu technicznego

Użytkowanie sprzętu do ochrony roślin metodami niechemicznymi w ogólnych zasadach nie różni się od użytkowania innego sprzętu rolniczego. Należy dbać o sprawność maszyn i urządzeń, dokonywać niezbędnych konserwacji i utrzymywać je w czystości. W szczególności w odniesieniu do pielników mechanicznych z ruchomymi elementami, termicznych i elektrycznych, mogących stanowić zagrożenie dla operatora, należy zwracać uwagę na stan osłon zabezpieczających obszar działania elementu pielęgnacyjnego, temperatury lub prądu. W przypadku bardziej skomplikowanych urządzeń należy zapoznać się z instrukcją obsługi i stosować do zawartych w niej zasad obsługi, regulacji i wykonywania zabiegów. W odniesieniu do opryskiwaczy wykorzystywanych do stosowania organizmów żywych, ich przeglądy techniczne i kalibrację można prowadzić w oparciu o broszury z serii „DOBRA PRAKTYKA Samodzielna kontrola ...”. W odniesieniu do pozostałego sprzętu należy postępować w oparciu o instrukcję obsługi.

7. Literatura

- Metody ochrony w Integrowanej Ochronie Roślin. 2016. Praca zbiorowa pod redakcją: Stefana Pruszyńskiego, CDR w Brwinowie ISBN 978-83-60232-80-4, s. 150.
- Chojnacki J. 2013. Technika ochrony upraw ekologicznych przy użyciu żywych organizmów. W Monografii pod redakcją Ryszarda Hołownickiego i Macieja Kubonia: Współczesna inżynieria rolnicza – osiągnięcia i nowe wyzwania. Tom III. Polskie Towarzystwo Inżynierii Rolniczej, Kraków, ISBN 978-83-935020-4-2, s. 27-54.
- Przybył J., Kowalik I. 2012. Mechaniczna pielęgnacja plantacji buraków cukrowych. Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering, 2012, Vol. 57(4), s. 68-72.
- Golian J. 2021. Praca doktorska pt. Wpływ metody ochrony przed chwastami na plon i jakość wybranych gatunków warzyw, Promotor: dr hab. Jerzy Lisek, prof. IO, Instytut Ogrodnictwa PIB, Skierniewice. s. 132.
- Rabcewicz J. 2014. Mechanizacja prac w sadzie ekologicznym, s. 99-117 – w Pracy zbiorowej pod redakcją: dr hab. Elżbiety Rozpary, pt. Technologia ekologicznej produkcji owoców. Instytut Ogrodnictwa, Skierniewice, s. 125.
- Ustawa o środkach ochrony roślin z dnia 8 marca 2013 r. (tekst jednolity: Dz.U. z 2020 poz. 2097)
- Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady nr 2009/128/WE z dnia 21 października 2009 r. ustanawiająca ramy wspólnotowego działania na rzecz zrównoważonego stosowania pestycydów

Źródła internetowe:

- <https://www.goodfruit.com/microwaving-the-weeds-away/>
- <https://agro-wsparcie.pl/2019/03/27/elektroherbicyd-czyli-razenie-chwastow-pradem/>
- http://www.inhort.pl/files/program_wieloletni/wykaz_publicacji/obszar4/TECH_EKO_13_10.pdf
- <http://ogrodnictwo.expert/warzywnictwo/roboty-kontra-chwasty/>
- https://cordis.europa.eu/docs/results/h2020/733/733687_PS/inter-row-weeder-prototype.jpg

Broszury z serii „INSTRUKCJA Badania sprawności technicznej sprzętu ochrony roślin” i „DOBRA PRAKTYKA – samodzielna kontrola”:

- Godyń A., Doruchowski G., Hołownicki R., Świechowski W. 2016.
INSTRUKCJA Badania sprawności technicznej sprzętu ochrony roślin – opryskiwacze polowe i sadownicze ciągnikowe i samobieżne. ISBN: 978-83-65903-02-0. Instytut Ogrodnictwa, Skierniewice, s. 88, (oraz wersja elektroniczna)
- Godyń A., Doruchowski G., Hołownicki R., Świechowski W. 2017.
INSTRUKCJA Badania sprawności technicznej sprzętu ochrony roślin – Zaprawiarki do nasion. ISBN: 978-83-65903-05-1.
Instytut Ogrodnictwa, Skierniewice, s. 88, (oraz wersja elektroniczna)
- Godyń A., Doruchowski G., Hołownicki R., Świechowski W. 2019.
INSTRUKCJA Badania sprawności technicznej sprzętu ochrony roślin – opryskiwacze szklarniowe. ISBN: 978-83-65903-19-8.
Instytut Ogrodnictwa, Skierniewice, s. 69 (oraz wersja elektroniczna),
- Godyń A., Doruchowski G., Hołownicki R., Świechowski W. 2020.
INSTRUKCJA Badania sprawności technicznej sprzętu ochrony roślin - samobieżny lub ciągnikowy sprzęt przeznaczony do stosowania środków ochrony roślin w formie granulatu. ISBN 978-83-65903-80-8. Instytut Ogrodnictwa, Skierniewice, s. 50 (oraz wersja elektroniczna)
- Godyń A., Doruchowski G., Hołownicki R., Świechowski W. 2020.
INSTRUKCJA Badania sprawności technicznej pozostałego sprzętu do stosowania środków ochrony roślin w formie oprysku. Instytut Ogrodnictwa, Skierniewice, s. 82 (wersja elektroniczna)
- Godyń A., Doruchowski G., Hołownicki R., Świechowski W. 2016.
DOBRA PRAKTYKA Samodzielna kontrola opryskiwaczy ręcznych i plecakowych. ISBN: 978-83-89800-74-9. Instytut Ogrodnictwa, Skierniewice: s. 80. (oraz wersja elektroniczna)
- Godyń A., Hołownicki R., Doruchowski G., Świechowski W. 2017. DOBRA PRAKTYKA Samodzielna kontrola opryskiwaczy polowych i sadowniczych. ISBN: 978-83-65903-07-5. Instytut Ogrodnictwa, Skierniewice, s. 83 (oraz wersja elektroniczna)

- Godyń A., Hołownicki R., Doruchowski G., Świechowski W. 2017. DOBRA PRAKTYKA Samodzielna kontrola zaprawiarek do nasion. ISBN: 978-83-65903-06-8 . Instytut Ogrodnictwa, Skierniewice, s. 49, (oraz wersja elektroniczna).
- Godyń A., Hołownicki R., Doruchowski G., Świechowski W. 2019. DOBRA PRAKTYKA Samodzielna kontrola opryskiwaczy szklarniowych. ISBN: 978-83-65903-20-4. Instytut Ogrodnictwa, Skierniewice, s. 68 (oraz wersja elektroniczna)
- Godyń A., Hołownicki R., Doruchowski G., Świechowski W. 2020. DOBRA PRAKTYKA Samodzielna kontrola sprzętu przeznaczonego do stosowania środków ochrony roślin w formie granulatu. ISBN 978-83-65903-81-5. Instytut Ogrodnictwa, Skierniewice, s. 50 (oraz wersja elektroniczna)
- Godyń A., Hołownicki R., Doruchowski G., Świechowski W. 2020. DOBRA PRAKTYKA Samodzielna kontrola pozostałego sprzętu do stosowania środków ochrony roślin w formie oprysku. Instytut Ogrodnictwa, Skierniewice, s. 78 (wersja elektroniczna)

Broszury Dostępne są w wersji elektronicznej na stronie internetowej Instytutu Ogrodnictwa – Państwowego Instytutu Badawczego w Serwisie Ochrony Roślin: <http://www.inhort.pl/serwis-ochrony-roslin/technika-ochrony-roslin/badanie-sprawnosci-technicznej-sprzetu-ochrony-roslin>

NOTATKI