DOBRA PRAKTYKA

ograniczanie znoszenia środków ochrony roślin w uprawach sadowniczych









InHort
SKIERNIEWICE
Instytut Ogrodnictwa
SKIERNIEWICE 2015

Instytut Ogrodnictwa
Zakład Agroinżynierii

DOBRA PRAKTYKA

Ograniczanie znoszenia środków ochrony roślin w uprawach sadowniczych

Skierniewice 2015

Autorzy:
Ryszard Hołownicki
Grzegorz Doruchowski
Waldemar Świechowski
Artur Godyń

Opracowanie wykonano w ramach zadania nr 2.4
„Opracowanie i ocena metod ograniczania ryzyka związanego ze stosowaniem środków ochrony roślin”,
programu wieloletniego
„Działania na rzecz poprawy konkurencyjności i innowacyjności sektora ogrodniczego z uwzględnieniem jakości i bezpieczeństwa żywności oraz ochrony środowiska naturalnego”,
finansowanego przez MRiRW



Instytut Ogrodnictwa
ul. Konstytucji 3 Maja 1/3, 96-100 Skierniewice



Zdjęcia i rysunki: Ryszard Hołownicki, Grzegorz Doruchowski, mat. firmowe
Opracowanie graficzne, projekt okładki, redakcja, skład i łamanie:
Grzegorz Doruchowski

Treść zgodna z zasadami Dobrej Praktyki Ochrony Roślin
i stanem prawnym obowiązującym w grudniu 2015r

Spis treści

1. Dobra praktyka ochrony roślin 1

2. Negatywne skutki znoszenia 2

3. Powstawanie i przebieg znoszenia 4

4. Czynniki wpływające na znoszenie 6

4.1. Prędkość i kierunek wiatru 6

4.2. Wilgotność i temperatura powietrza 6

4.3. Wielkość, gęstość i faza rozwojowa roślin 7

4.4. Wielkość kropel 8

5. Ograniczanie znoszenia 11

5.1. Warunki pogodowe 11

5.1.1. Planowanie zabiegu 11

5.1.2. Wiatr 13

5.1.3. Wilgotność i temperatura powietrza 13

5.2. Technika opryskiwania 15

5.2.1. Rozpylacze 15

5.2.2. Systemy emisji cieczy i powietrza 18

5.2.3. Opryskiwacze recyrkulacyjne 21

5.2.4. Opryskiwacze sensorowe 23

5.2.5. Opryskiwacze do ochrony roślin jagodowych 24

5.3. Parametry zabiegów 28

5.3.1. Wydatek powietrza – prędkość robocza 28

5.3.2. Regulacja prędkości roboczej 30

5.3.3. Regulacja wydatku powietrza 31

5.3.4. Ciśnienie cieczy i rozmiar rozpylaczy 33

5.3.5. Scenariusze niskoznoszeniowe 34

6. Strefy buforowe 38

1. Dobra praktyka ochrony roślin

Współczesna produkcja owoców musi sprostać nowym wyzwaniom, skoro oprócz konieczności zaspokojenia rosnących wymagań konsumentów, musi być prowadzona z poszanowaniem środowiska oraz z troską o zachowanie jego walorów przyrodniczych i krajobrazowych. Nowoczesne sadownictwo nie sprosta oczekiwaniom rynku i zaspokojeniu potrzeb żywnościowych bez stosowania środków ochrony roślin, może jednak znacząco ograniczyć zagrożenia związane z ich stosowaniem postępując według zasad, które określa **Dobra Praktyka Ochrony Roślin (DOPR).**

Dobra Praktyka Ochrony Roślin *przewiduje wykonywanie zabiegów z użyciem środków ochrony roślin zgodnie z zaleceniami dotyczącymi ich stosowania tak, aby zapewnić zakładaną skuteczność przy minimalnej niezbędnej dawce środków, z uwzględnieniem miejscowych warunków oraz możliwości zwalczania metodami mechanicznymi i biologicznymi.*

W produkcji sadowniczej zużycie środków ochrony roślin jest znacznie wyższe niż w przypadku upraw polowych, a ponadto sposób ich stosowania rodzi większe zagrożenie dla ludzi i środowiska. Dlatego na sadownikach ciąży szczególna odpowiedzialność za bezpieczne ich stosowanie. Polega ona na przestrzeganiu zasad DPOR, które obejmują wymagania związane z racjonalną gospodarką środkami ochrony roślin i nawozami w celu ochrony gleb i wód przed zanieczyszczeniem. Nie mniej ważna jest ochrona miejsc bytowania owadów zapylających i innych organizmów pożytecznych, występujących w sąsiedztwie sadów i plantacji, na których stosowane są środki ochrony roślin.

Od 2014 r. w produkcji rolniczej obowiązują zasady integrowanej ochrony roślin, które polegają na wykorzystaniu wszystkich dostępnych metod ochrony roślin, w szczególności metod niechemicznych, w sposób minimalizujący zagrożenie dla zdrowia ludzi, zwierząt oraz dla środowiska. Przyznają one pierwszeństwo najefektywniejszym technikom stosowania środków ochrony roślin, takim jak użycie urządzeń ograniczających ich znoszenie. Przewidują również zachowanie stref buforowych, w których nie wolno stosować tych środków w celu ochrony obszarów niebędących celem opryskiwania oraz wód powierzchniowych i podziemnych.

2. Negatywne skutki znoszenia

Środki ochrony roślin powinny być nanoszone tylko na obiekty będące celem zabiegu, co w przypadku opryskiwania jest zadaniem trudnym do realizacji. Podczas opryskiwania pewna część cieczy użytkowej przenoszona jest przez prądy powietrza poza opryskiwany obszar (rys. 1). Zjawisko to nosi nazwę znoszenia i w mniejszym lub większym stopniu zawsze towarzyszy zabiegom ochrony roślin z użyciem opryskiwaczy. Jego całkowita eliminacja w procesie opryskiwania jest praktycznie niemożliwa.

Definicja ISO 22866:2005
***Znoszenie** to ilość środka ochrony roślin, która podczas jego stosowania przemieszczana jest poza obszar będący celem zabiegu poprzez działanie ruchów powietrza*



Rys. 1. Znoszenie jest niepożądanym efektem opryskiwania sadów

O ile w normalnych warunkach atmosferycznych i przy zastosowaniu standardowej techniki ochrony znoszenie w uprawach polowych, zwykle nie przekracza 2% stosowanej dawki środków ochrony roślin to w uprawach sadowniczych, z uwagi na specyfikę sadów i plantacji oraz rozmaite techniki opryskiwania, jest ono znacznie wyższe, bardziej zróżnicowane i waha się w zakresie od 8 do 15% dawki. Niewłaściwie przeprowadzony zabieg, tzn. przy użyciu niesprawnego lub

niewykalibrowanego opryskiwacza, z nieodpowiednio dobranymi rozpylaczami i parametrami strumienia powietrza oraz bez uwzględnienia warunków pogodowych i charakterystyki roślin (wielkości, gęstości, fazy rozwojowej) nieuchronnie prowadzi do znacznego wzrostu znoszenia. Ze względu na popełniane błędy podczas opryskiwania upraw sadowniczych straty środków ochrony roślin w wyniku znoszenia wynoszą zwykle kilkadziesiąt procent. Straty te nie pozostają bez negatywnego wpływu na efekt biologiczny zabiegu.

Znoszenie, obok spływu powierzchniowego środków ochrony roślin z pól, jest źródłem **zanieczyszczeń obszarowych**, które razem z **zanieczyszczeniami miejscowymi**, powstającymi zwykle podczas napełniania i mycia opryskiwaczy oraz w wyniku niewłaściwego zagospodarowania pozostałości po zabiegach, rodzą zagrożenie dla ludzi, zwierząt i środowiska, w szczególności wód powierzchniowych. Ponadto znoszenie stwarza ryzyko uszkodzenia lub zanieczyszczenia sąsiadujących z polem upraw lub siedlisk organizmów pożytecznych.

Znoszenie niesie za sobą negatywne konsekwencje zarówno w wymiarze ekologicznym, jak i ekonomicznym. Dlatego wykonawcy zabiegów z użyciem środków ochrony roślin powinni podejmować wszystkie możliwe środki, aby ograniczyć znoszenie do minimum.

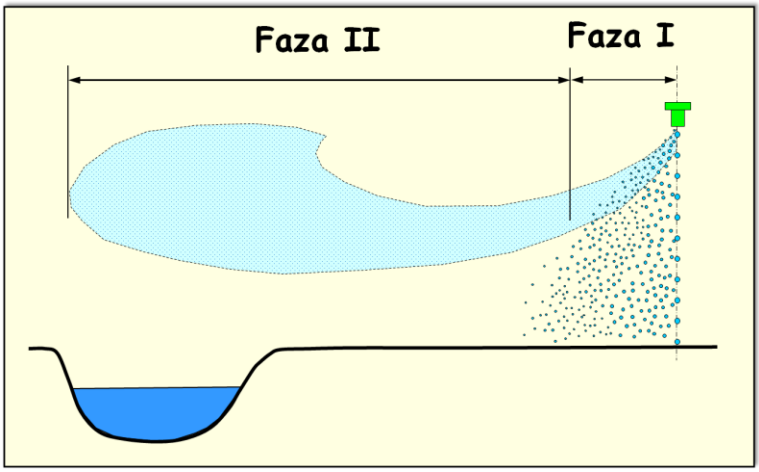
Wielkość i zasięg znoszenia zależy od warunków atmosferycznych podczas wykonywania zabiegów oraz od dwóch grup czynników technicznych, związanych głównie z parametrami opryskiwania. Poznanie tych czynników pozwala na ograniczanie negatywnych skutków tego zjawiska.

Negatywne konsekwencje znoszenia

- *strata środków ochrony roślin w wymiarze ekonomicznym,*
- *obniżona skuteczność ochrony roślin z powodu mniejszego naniesienia substancji czynnych na opryskiwanych obiektach,*
- *bezpośrednie zagrożenie dla zdrowia ludzi i zwierząt,*
- *zanieczyszczenie środowiska, w tym zwłaszcza zbiorników i cieków wodnych, oraz siedlisk organizmów pożytecznych lub chronionych,*
- *uszkodzenie roślin i organizmów nie będących celem zabiegu,*
- *niedopuszczalne pozostałości substancji czynnych w uprawach sąsiadujących, nie będących przedmiotem zabiegu.*

3. Powstawanie i przebieg znoszenia

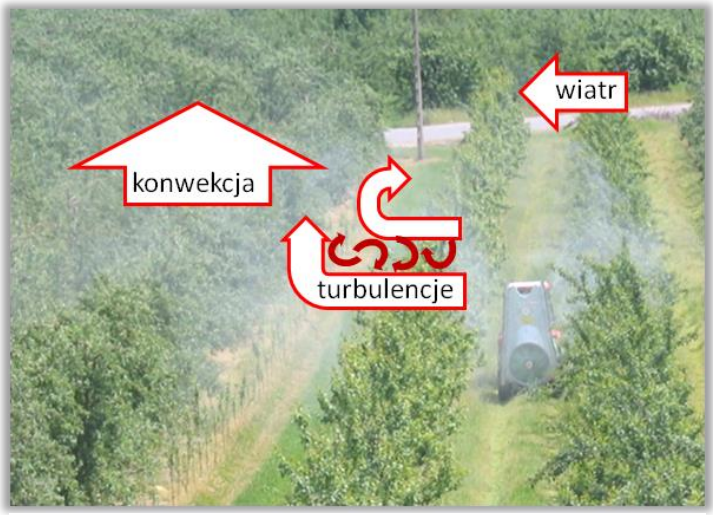
Proces znoszenia przebiega dwuetapowo (rys. 2). W pierwszej fazie, która inicjuje proces i zwana jest znoszeniem potencjalnym, drobne krople wytracane są ze strugi rozpylonej cieczy przez ruch powietrza wywołany działaniem i przemieszczaniem się samych rozpylaczy. Rozpylaniu cieczy towarzyszy bowiem zakłócenie powietrza wokół rozpylacza w wyniku działania szybkiej strugi kropel generowanych pod ciśnieniem. Popycha ona powietrze co powoduje powstawanie podciśnienia w najbliższym sąsiedztwie rozpylacza. Za przemieszczającymi się rozpylaczami powstają natomiast turbulencje powietrza, które razem z podciśnieniem powodują zassanie i poderwanie drobnych kropel, i tym samym wystawienie ich na działanie atmosferycznych ruchów powietrza.



Rys. 2. Fazy znoszenia:
Faza I - znoszenie potencjalne; Faza II - znoszenie atmosferyczne

W tym momencie znoszenie wchodzi w druga fazę, zwaną znoszeniem atmosferycznym, w której krople unoszone są już tylko przez wiatr, konwekcyjne ruchy powietrza oraz turbulencje atmosferyczne, wynikające z tarcia warstw powietrza przemieszczających się z różną prędkością na różnych wysokościach nad ziemią (rys. 3).

Na przebieg znoszenia potencjalnego duży wpływ ma dobór parametrów zabiegu, takich jak: typ, rodzaj i rozmiar rozpylaczy (wielkość kropel), ciśnienie cieczy (prędkość generowanej strugi kropel), dawka cieczy (intensywność oddziaływania strugi kropel na powietrze) oraz prędkość robocza opryskiwacza (turbulencje za rozpylaczami). Wielkość znoszenia w fazie jego inicjacji w największym stopniu zależy zatem od decyzji operatora podczas przygotowania opryskiwacza do pracy. W fazie znoszenia atmosferycznego decydujące znaczenie mają warunki pogodowe, a rola operatora w ograniczeniu znoszenia polega na wyborze odpowiedniej pory wykonania zabiegu.



Rys. 3. Znoszenie spowodowane zjawiskami atmosferycznymi i działaniem wentylatora opryskiwacza

Z opisu powstawania i przebiegu znoszenia wynika, że rozmiar zjawiska zależy od wielu czynników zależnych od wykonawcy zabiegu oraz pozostających poza jego kontrolą. Poznanie tych czynników pozwala na świadome podejmowanie działań zmierzających do ograniczenia znoszenia.

4. Czynniki wpływające na znoszenie

Najważniejszymi czynnikami, które wpływają na znoszenie środków ochrony roślin, i na które operator opryskiwacza nie ma bieżącego wpływu są:

- prędkość i kierunek wiatru,
- wilgotność i temperatura powietrza,
- wielkość, gęstość i faza rozwojowa roślin.

4.1. Prędkość i kierunek wiatru

Wiatr jest najistotniejszym czynnikiem wpływającym na znoszenie środków ochrony roślin, oraz dodatkowo zakłócającym proces nanoszenia cieczy użytkowej na rośliny. Ma on szczególne znaczenie w przypadku stosowania drobnych kropel produkowanych przez tradycyjne rozpylacze wirowe. Przyjmuje się, że odległość przemieszczania się kropel o średnicy powyżej 100 µm jest wprost proporcjonalna do prędkości wiatru. Oznacza to, że przemieszczają się one na odległość dwa razy większą, gdy prędkość wiatru zwiększy się dwukrotnie.

Wiatr wieje z najmniejszą prędkością zwykle w godzinach porannych oraz wieczornych i nocnych. Jest to najodpowiedniejszy czas na wykonanie zabiegów opryskiwania. Decyzję o porze wykonania zabiegu należy zatem podejmować ze świadomością zróżnicowanych warunków pogodowych w ciągu doby.

4.2. Wilgotność i temperatura powietrza

Słoneczna i bezwietrzna pogoda oraz wysoka temperatura powietrza sprzyjają powstawaniu zjawiska konwekcji, czyli wznoszeniu się ciepłych mas powietrza, nagrzanych od powierzchni ziemi. Konwekcyjne ruchy powietrza unoszą drobne krople cieczy, przemieszczając je w nieprzewidywalnym kierunku. W połączeniu z niską wilgotnością powietrza obserwuje się również wzmożone odparowanie (ewaporację) wody z kropel cieczy użytkowej. W wyniku odparowania krople tracą swoją masę i dłużej są zawieszone w powietrzu stając się bardziej podatne na znoszenie. Opisane zjawiska dotyczą zwłaszcza drobnych

kropel, dla których stosunek powierzchni zewnętrznej do objętości jest większy niż w przypadku kropel grubych. Zakładając brak parowania kropla o średnicy 100 µm wymaga nieco ponad 5 sekund na pokonanie w swobodnym spadku dystansu 150 cm. W warunkach sprzyjających parowaniu, tzn. gdy wilgotność względna powietrza wynosi tylko 30%, a temperatura 25°C, ta sama kropla staje się o połowę mniejsza i zachowuje tylko 1/8 swojej objętości już po przebyciu odległości 75 cm. Przy wilgotności 70% i temperaturze utrzymującej się na poziomie 25°C, kropla o średnicy 100 µm opadając na dystansie 150 cm traci aż połowę swojej pierwotnej średnicy oraz istotną część masy.

4.3. Wielkość, gęstość i faza rozwojowa roślin

Na znoszenie podczas ochrony upraw sadowniczych w dużym stopniu wpływają cechy morfologiczne drzew i krzewów owocowych, w tym zwłaszcza ich wielkość i gęstość, które decydują o ilości zatrzymywanej cieczy użytkowej. Większa gęstość roślin wiąże się z większą zdolnością „filtracyjną", co sprzyja zatrzymywaniu kropel cieczy i tym samym ogranicza ich znoszenie. W okresie kwitnienia znoszenie może być nawet 2,5÷4,0-krotnie większe niż w fazie pełnego ulistnienia. Dobierając parametry zabiegów przeprowadzanych w sąsiedztwie terenów wrażliwych należy zwrócić szczególna uwagę na fazę rozwojową drzew i krzewów owocowych.

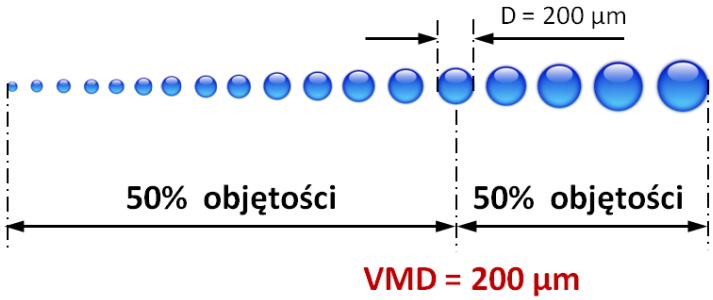
Na zdolność „odfiltrowywania" kropel cieczy wpływa także wielkość roślin, cechy odmianowe oraz sposób ich formowania. Należy mieć na uwadze, że drzewa karłowe o niewielkich luźnych koronach wykazują w fazie pełnego ulistnienia podobną zdolność filtracyjną jak drzewa w sadach tradycyjnych w okresie kwitnienia. Niekiedy jednak na gęstość drzew, w większym stopniu wpływa forma prowadzenia drzew niż ich faza rozwojowa.

Należy jednak zachować dużą czujność w okresie wiosennym, gdy gęstość roślin zmienia się bardzo dynamicznie. W okresie tym powierzchnia liści w sadzie może się podwoić w ciągu zaledwie 10 dni. Z tego powodu należy bacznie śledzić fazy fenologicznie roślin i uwzględniać je podczas kalibracji opryskiwacza mając na uwadze nie tylko znoszenie cieczy lecz także odpowiednią jej dystrybucję i nanoszenie na roślinach.

4.4. Wielkość kropel

Wśród czynników określających parametry zabiegów, a więc zależnych od operatora opryskiwacza, wielkość kropel ma największy wpływ na znoszenie cieczy użytkowej. Szczególnie podatne na znoszenie są drobne krople, które stanowią pewien udział kropel produkowanych przez wszelkie rozpylacze stosowane w rolnictwie. Najpowszechniej stosowane rozpylacze ciśnieniowe charakteryzuje stosunkowo szerokie spektrum wielkości kropel. W celu reprezentatywnego wyrażenia wielkości kropel za pomocą miary jej średnicy przyjęto różne metody statystyczne, z których najpowszechniej stosowana jest **średnica mediany objętościowej VMD** (*Volume Median Diameter*). Mediana objętościowa dzieli statystycznie całą populację produkowanych przez rozpylacz kropel na dwie równe objętościowo części, a średnica mediany objętościowej VMD określa wielkość kropli stanowiącej granicę tego podziału.

Na przykład fakt, że VMD = 200 µm oznacza, że łączna objętość kropel mniejszych niż 200 µm stanowi połowę całkowitej objętości wszystkich kropel, i tym samym jest równa łącznej objętości kropel większych niż 200 µm (rys. 4). Średnica kropel jest zwykle wyrażana w mikrometrach, czyli tysięcznych częściach milimetra (1/1000 mm). Zamiast skrótu VMD dla średnicy mediany objętościowej używa się także oznaczeń D50, DV.5 lub D0.5.



Rys. 4. Wielkość kropel wg VMD (Volume Median Diameter)

Wartość VMD stanowi podstawę klasyfikacji wielkości kropel produkowanych przez rozpylacze rolnicze. Przyjętą powszechnie klasyfikację według amerykańskiej normy ASABE S572.1 przedstawiono w tabeli 1. Każdej z ośmiu klas wielkości norma przyporządkowuje zakres średnic kropel oraz kolor i oznaczenie literowe, będące akronimem odpowiedniego określenia w języku angielskim.

Tabela 1. Klasyfikacja wielkości kropel stosowana przez producentów rozpylaczy (wg. normy ASABE S572.1.).

Klasa wielkości kropel	Oznaczenie	Średnica mediany objętościowej VMD [µm] *
EKSTREMALNIE DROBNE	XF	<60
BARDZO DROBNE	VF	60-143
DROBNE	F	144-235
ŚREDNIE	M	236-340
GRUBE	C	341-403
BARDZO GRUBE	VC	404-502
EKSTREMALNIE GRUBE	XC	503-665
SKRAJNIE GRUBE	UC	>665

** Zakresy VMD dla klas wielkości kropel oszacowane na podstawie referencyjnego wykresu z normy ASABE S572.1*

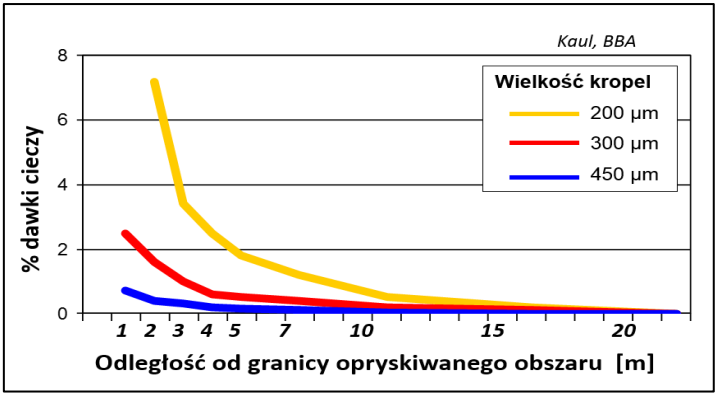
Klasyfikacja ASABE stosowana jest przez producentów rozpylaczy do charakteryzowania wielkości kropel wytwarzanych przez poszczególne typy i rozmiary rozpylaczy, we właściwych im zakresach ciśnienia roboczego. Informacje te użytkownicy rozpylaczy mogą znaleźć w tabelach wydatków rozpylaczy zamieszczanych w katalogach produktów. Niektóre katalogi zawierają także wykresy zależności między średnicą VMD a ciśnieniem cieczy dla poszczególnych typów i rozmiarów rozpylaczy. Wszystkie te informacje pozwalają wykonawcom zabiegów ochrony roślin dokonywać właściwego i świadomego doboru typu i rozmiaru rozpylaczy oraz ciśnienia cieczy do konkretnych warunków polowych i pogodowych, warunkujących wymaganą wielkość kropel.

Drobne krople o niewielkiej masie opadają w powietrzu wolniej niż krople grube, przez co łatwiej poddają się działaniu wszelkich prądów powietrza. Kropla o średnicy 20 µm potrzebuje aż czterech minut, aby opaść na ziemię z wysokości 3 m. Wraz ze wzrostem wielkości kropel czas ten znacząco maleje i wynosi dla kropel o średnicach 100, 200 i 400 µm odpowiednio 11, 4 i 2 sekundy (tab. 2).

Tabela 2. Wpływ wielkości kropel na ich czas opadania w powietrzu z wysokości 10 m (wg. Ross i Lembi, 1985).

Średnica kropel µm	1 000	400	200	100	10	1
Czas opadania	1 s	2 s	4 s	11 s	17 min	28 h

Na podstawie obserwacji i pomiarów stwierdzono, że podatność na znoszenie wzrasta szczególnie dla kropel mniejszych niż 150 µm. Ze względu na małą masę są one zwiewane przez wiatr na znaczne odległości. I tak krople o średnicy 20 µm mogą być przenoszone z wiatrem o prędkości 5 km/h na odległość 300 m, podczas gdy te o średnicy 400 µm opadają na ziemię już po 3 m. Wyniki pomiarów znoszenia kropel różnej wielkości przedstawiono na rys. 5. Wykres obrazuje rozkład naniesienia znoszonej substancji na ziemi na odległości 20 m od opryskiwanego pola.



Rys. 5. Rozkład znoszonej substancji w sąsiedztwie pola opryskiwanego przy użyciu kropel różnej wielkości

5. Ograniczanie znoszenia

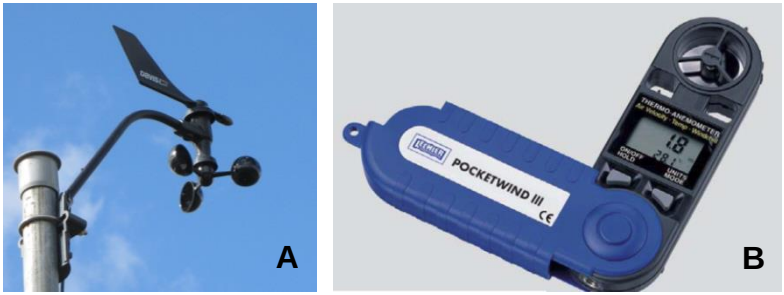
Z rozdziału opisującego czynniki wpływające na znoszenie wynika, że metody jego ograniczania powinny obejmować zarówno wybór odpowiedniej pory na wykonanie zabiegu ochrony roślin, tzn. takiej gdy panują sprzyjające warunki pogodowe, jak i dobór odpowiedniej techniki opryskiwania i parametrów pracy opryskiwacza. Szczególną uwagę należy zwrócić na parametry, które wpływają na wielkość kropel cieczy użytkowej i ich trajektorię.

5.1. Warunki pogodowe

Wybór odpowiedniej pory zabiegu pozwala na ograniczenie znoszenia u samego źródła. Odpowiednią porę określają warunki atmosferyczne, które w najmniejszym stopniu zakłócają proces nanoszenia cieczy użytkowej na rośliny minimalizując straty środków ochrony roślin. Zabieg ochrony roślin zaczyna się zatem od starannego planowania.

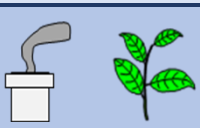
5.1.1. Planowanie zabiegu

Planowanie obejmuje przygotowanie sprzętu ochrony roślin pod kątem jego sprawności technicznej oraz regulację parametrów odpowiednio do okoliczności, w tym szczególnie warunków pogodowych. Dlatego wykonawca zabiegu powinien dysponować podstawowymi środkami umożliwiającymi określenie aktualnych warunków atmosferycznych (rys. 6A) oraz zapoznać się prognozą pogody na najbliższy okres, w którym planuje przeprowadzenie zabiegu. Ze względu na zmienność warunków pogodowych dobrą praktyką jest stałe monitorowanie przynajmniej prędkości wiatru i temperatury powietrza. Bardzo przydatne do tego celu są podręczne anemometry (rys. 6B), a w przypadku ich braku należy bacznie obserwować otoczenie, i na podstawie obserwacji szacować prędkość wiatru. W tabeli 3 przedstawiono sposób określania siły wiatru na podstawie zachowania się dymu lub roślin.



Rys. 6. Anemometry: A – stacjonarny, na wyposażeniu stacji meteorologicznej w gospodarstwie; B – podręczny, do monitorowania prędkości wiatru podczas zabiegu

Tabela 3. Sposób określania prędkości wiatru

Przybliżona prędkość wiatru *(m/s)*	***Widoczne oznaki wiatru***	***Cechy charakterystyczne***	***Warunki wykonywania zabiegów***
poniżej 0,5		dym wznosi się pionowo, liście są nieruchome	warunki trudne podczas upalnej pogody
0,5 – 2,0		dym jest znoszony, sporadyczny ruch liści	warunki sprzyjające
2,0 – 3,0		wyczuwalny wiatr, wyraźne drżenie liści	warunki trudne
3,0 – 4,0		liście i małe gałązki uginają się	warunki bardzo trudne

5.1.2. Wiatr

Nie tylko silny wiatr jest przeciwskazaniem do przeprowadzania zabiegów z użyciem środków ochrony roślin. Należy unikać także ciepłych i bezwietrznych wieczorów po upalnym dniu, a więc warunków sprzyjających zjawisku konwekcji. W takich okolicznościach woda bardzo szybko odparowuje z kropel, które unoszone są przez wstępujące ruchy powietrza do atmosfery, a los niesionych przez nie substancji jest trudny do przewidzenia. Jako optymalne uważa się warunki gdy wiatr wieje przy ustalonym kierunku z prędkością od 0,5 do 1,5 m/s. Znoszenie cieczy jest wtedy niewielkie i przewidywalne. Gdy prędkość wiatru wzrasta do 2 m/s warunki są wciąż sprzyjające, lecz po przekroczeniu tej granicy nanoszenie cieczy przy użyciu drobnych kropel jest już utrudnione, a ich znoszenie zaczyna być istotne. W tym momencie należy rozważyć zastosowanie rozpylaczy grubokroplistych lub przynajmniej średniokroplistych. Wiatr wiejący z prędkością ponad 3 m/s stwarza bardzo trudne warunki, w których stosowanie rozpylaczy grubokroplistych staje się koniecznością. Prawnie dopuszczalną granicą prędkości wiatru, przy której można stosować środki ochrony roślin w formie opryskiwania jest wartość 4 m/s.

Rozporządzenie MRiRW
w sprawie warunków stosowania środków ochrony roślin
(Dz.U. 2014, poz. 516)
§ 3. Środki ochrony roślin na terenie otwartym stosuje się, jeżeli prędkość wiatru nie przekracza 4 m/s.

5.1.3. Wilgotność i temperatura powietrza

Optymalne meteorologiczne parametry powietrza z punktu widzenia ochrony roślin to temperatura w zakresie od 10 do 20°C i wilgotność względna ponad 50%. Są to warunki, w których odparowanie wody z kropel cieczy jest bardzo powolne, a więc rośliny długo pozostają zwilżone cieczą użytkową. Ponadto aparaty szparkowe roślin przy niższych temperaturach i wyższej wilgotności pozostają otwarte co sprzyja korzystnej interakcji miedzy roślinami a substancjami czynnymi środków ochrony.

Podczas ciepłej i suchej pogody, przy temperaturze powietrza 20-25°C, i wilgotności 40- 50% należy stosować rozpylacze grubokropliste aby wydłużyć czas odparowania kropel. Gdy temperatura przekracza 25°C a wilgotność spada poniżej 40% należy rozważyć wstrzymanie zabiegu do momentu ochłodzenia powietrza, któremu towarzyszy zawsze wzrost wilgotności. Jeśli nie można odłożyć zabiegu i opryskiwanie jest konieczne w takich warunkach należy zastosować rozpylacze wytwarzające bardzo grube krople, oraz najefektywniejsze z dostępnych środków ograniczających znoszenie.

Najlepszą porą na wykonanie zabiegu ochrony roślin jest wieczór lub noc, gdy temperatura spada, wilgotność rośnie, a prędkość wiatru słabnie przyjmując wartości sprzyjające skutecznemu nanoszeniu środków ochrony roślin przy minimalnych stratach. Dodatkowo w tym czasie na roślinach nie ma jeszcze obfitej rosy, która może być przeciwskazaniem dla zabiegu. Wykonując zabieg wieczorem minimalizuje się także ryzyko negatywnego oddziaływania na organizmy pożyteczne ponieważ noc stanowi odpowiednio długi okres prewencji. Jeśli rosa nie jest przeszkodą w przeprowadzeniu zabiegu oraz jeśli nie ma wymagań co do prewencji to równie dobrą porą na zabieg jest wczesny ranek.

Optymalne i graniczne warunki pogodowe do prowadzenia zabiegów ochrony roślin:

- *temperatura 10-20°C* — *maks. 25°C*
- *wilgotność ponad 50%* — *min. 40%*
- *wiatr do 2 m/s* — *maks. 4 m/s*

Zalecenia odnośnie warunków wykonania zabiegu, a zwłaszcza zakresu temperatur mogą być zamieszczone na etykiecie środka ochrony roślin. Do zaleceń tych należy się ściśle stosować gdyż wyznaczają one granice skuteczności działania substancji czynnej. Warto przy tym zauważyć, że zalecenia etykietowe, mające na względzie efektywność biologiczną środka nigdy nie są w konflikcie z zaleceniami dobrej praktyki mającymi na uwadze znoszenie.

5.2. Technika opryskiwania

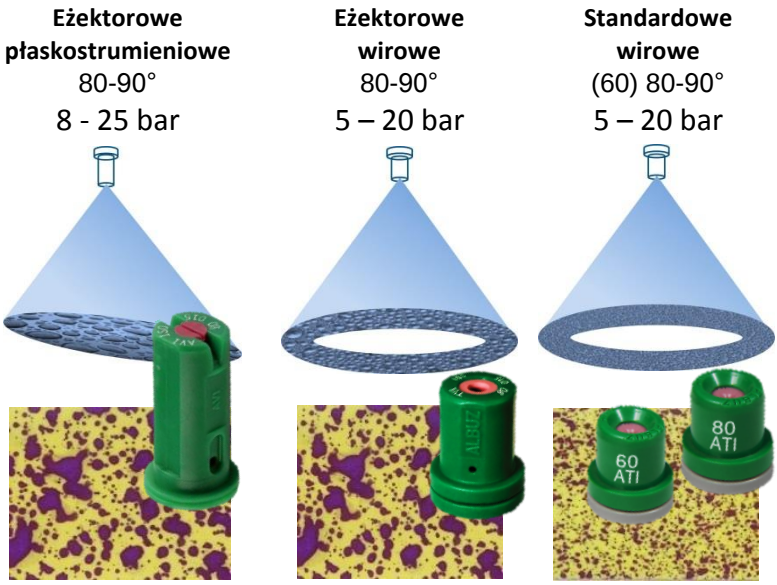
Terminowość zabiegów ochrony roślin, podyktowana względami biologicznymi, jest podstawowym warunkiem ich skuteczności. Rzadko jednak optymalny termin zabiegu przypada w momencie, w którym panują warunki małego zagrożenia wynikającego ze znoszenia środków ochrony roślin. Niestety wiele zabiegów w sezonie trzeba wykonać w warunkach ryzyka znoszenia. Rodzi to konieczność stosowania wszelkich dostępnych środków ograniczających to zjawisko. Kluczową rolę w tym względzie odgrywają techniki ograniczające znoszenie (TOZ), tzn. rozwiązania techniczne obejmujące zarówno sprzęt jak i sposób jego użycia. Do najważniejszych rozwiązań należą:

- rozpylacze grubokropliste (typ, wielkość, ciśnienie),
- precyzyjne systemy emisji powietrza (wentylatory, deflektory, kierownice powietrza, konfiguracja wylotów powietrza),
- opryskiwacze recyrkulacyjne (tunelowe, kolektorowe, reflektorowe).
- parametry pracy opryskiwacza (wydatek i kierunek strumienia powietrza, prędkość robocza).

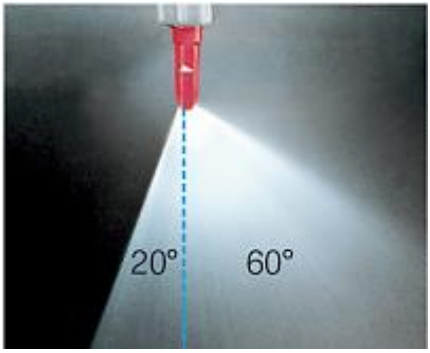
Wymienione rozwiązania ograniczają znoszenie głównie poprzez zwiększenie wielkości kropel, skracanie drogi kropel od rozpylaczy do roślin, precyzyjne ukierunkowanie trajektorii kropel na cel, oraz poprzez kompensację lub eliminację negatywnego efektu działania wiatru.

5.2.1. Rozpylacze

Zwiększanie wielkości kropel jest najpowszechniejszą metodą ograniczania znoszenia. W niewielkim stopniu można zwiększyć krople stosując rozpylacze o większym rozmiarze, czyli większym wydatku cieczy, pracujące przy niższym ciśnieniu. Uzyskany w ten sposób efekt może być jednak niewystarczający aby istotnie ograniczyć znoszenie. Znaczną zmianę w wielkości kropel daje użycie **rozpylaczy eżektorowych**, których sposób działania powoduje wytwarzanie kropel grubych i bardzo grubych (rys. 7). W wyniku zjawiska eżekcji, powstającego podczas przepływu cieczy przez wąski kanał w rozpylaczu, do kanału tego zostaje zassane powietrze, które miesza się z cieczą i w momencie rozpylania uniemożliwia wytwarzanie kropel drobnych.



Rys. 7. Rozpylacze do ochrony upraw sadowniczych



Rys. 8. Rozpylacz ežektorowy krańcowy

Tak powstające grube i bardzo grube krople ograniczają znoszenie o 50-90% w odniesieniu do drobnokroplistych rozpylaczy wirowych.

Rozpylacze ežektorowe oferowane są w wersji rozpylaczy płaskostrumieniowych, wytwarzających strumień cieczy w formie wachlarza, i wirowych generujących strumień w kształcie pustego

stożka. W obu przypadkach kąt rozpylania wynosi 80-90°. Rozpylacze te pracują w podobnym zakresie ciśnień co standardowe, drobnokropliste rozpylacze wirowe (rys. 7).

Szczególną odmianą płaskostrumieniowych rozpylaczy ężektorowych są rozpylacze krańcowe (rys. 8). Wytwarzają one asymetryczny strumień cieczy i montowane są na końcach sekcji rozpylaczy, tzn. na szczycie i na dole sekcji. Ich zadaniem jest wyraźne odcięcie granicy strumienia rozpylonej cieczy użytkowej emitowanej przez sekcję rozpylaczy i tym samym bardziej precyzyjne dopasowanie zakresu jego działania do rozmiarów opryskiwanych obiektów.

Rozpylacze ężektorowe powinny być stosowane zawsze wtedy gdy istnieje podwyższone ryzyko znoszenia kropel cieczy. Dotyczy to nie tylko trudnych warunków pogodowych, tzn. wiatru o prędkości ponad 2 m/s oraz temperatury przekraczającej 20°C lecz także wysokich prędkości roboczych, dużych odległość od rozpylaczy do opryskiwanych roślin oraz braku wspomagania strumieniem powietrza. Prędkość opryskiwacza przekraczająca 8 km/h powoduje istotne odchylenie strumienia emitowanej cieczy do tyłu i masowe wypadanie drobnych kropel ze strumienia powietrza, co prowadzi do dużych strat i znoszenia cieczy. Efekt ten można ograniczyć stosując rozpylacze grubokropliste ponieważ cięższe krople o większej energii są mniej narażone na wypadanie z zamierzonego kierunku działania strumienia powietrza. Dzięki swojej większej energii grube krople maja ponadto większy zasięg, innymi słowy są bardziej nośne i dlatego należy je montować w górnej części sekcji rozpylającej, skąd odległość od rozpylaczy do roślin jest największa. Jedną z omawianych dalej metod ograniczenia znoszenia cieczy w sąsiedztwie obszarów wrażliwych jest redukcja lub wyłączenie strumienia powietrza działającego w kierunku tych obszarów. Przy braku wspomagania rozpylaczy strumieniem powietrza prawidłową penetrację roślin są w stanie zapewnić tylko ciężkie krople o dużej energii, produkowane przez rozpylacze grubokropliste.

Przy obecnie stosowanych środkach ochrony roślin nie należy obawiać się braku skuteczności biologicznej grubych kropel. Liczne badania potwierdziły brak różnic w skuteczności drobnych i grubych kropel stosowanych podczas zwalczania najważniejszych chorób i szkodników upraw sadowniczych. Rozpylacze drobnokropliste wciąż mają zastosowanie przede wszystkim w zabiegach z użyciem niskich dawek cieczy.

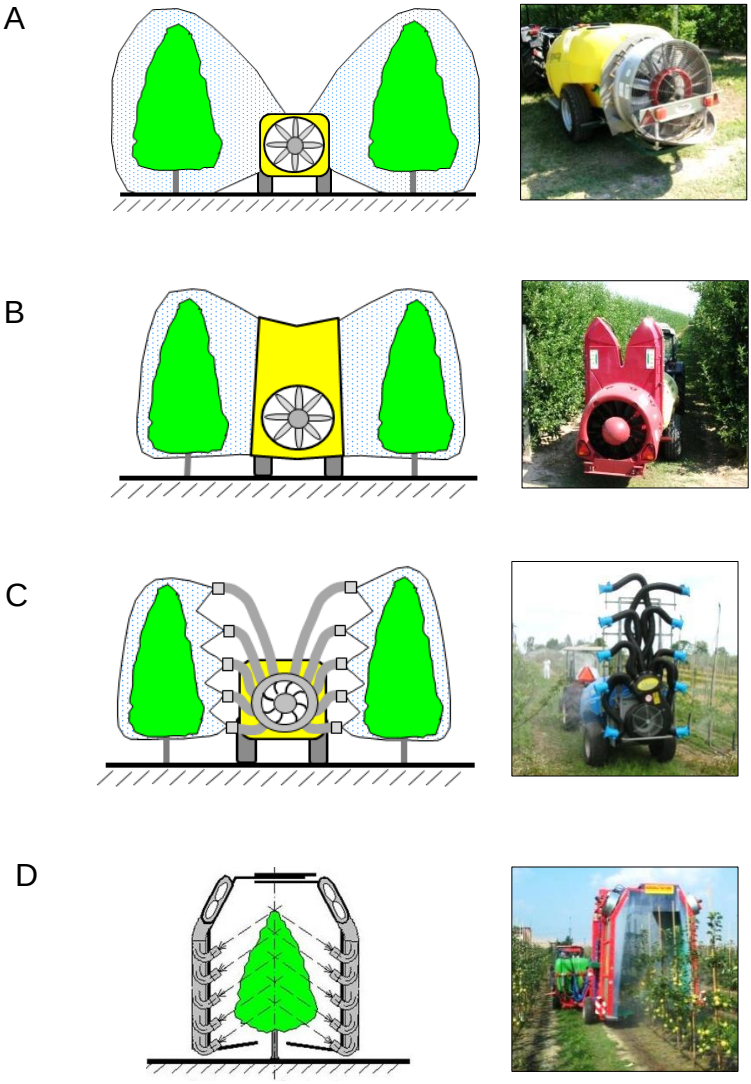
5.2.2. Systemy emisji cieczy i powietrza

Konstrukcja wentylatora, a zwłaszcza kierunek strumienia powietrza jest jednym z głównych czynników decydujących o znoszeniu cieczy użytkowej podczas opryskiwania sadów. W ochronie upraw przestrzennych stosuje się trzy podstawowe systemy emisji cieczy i powietrza: radialny, poziomy i kierowany.

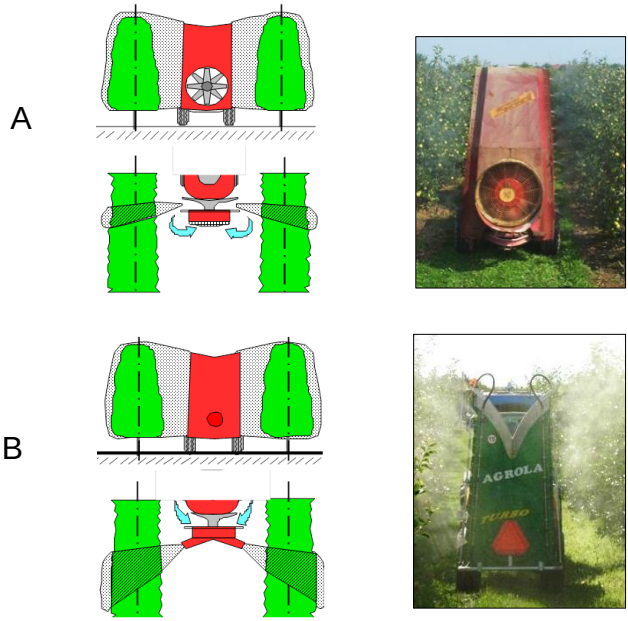
Emisja radialna (rys. 9-A), w oparciu o wentylator osiowy, zalecana jest do sadów tradycyjnych o wysokich i przestrzennie rozbudowanych koronach drzew (czereśnie, grusze) oraz do ochrony chmielu. W ochronie takich upraw niezbędny jest strumień o dużej wydajności i dużym zasięgu. W połączeniu z radialnym sposobem emisji cieczy jest on powodem znacznych strat zwłaszcza podczas opryskiwania sadów karłowych i półkarłowych. W takich przypadkach należy ograniczyć wydatek powietrza oraz zamknąć górne rozpylacze sekcji opryskowych, które kierują ciecz nad drzewami.

Emisja pozioma (rys. 9-B) realizowana jest poprzez zamontowany na wentylatorze osiowym deflektor, który ogranicza wypływ powietrza ku górze i kieruje jego strumień na boki. Deflektor posiada pionową szczelinę wylotową z rozpylaczami, dzięki czemu górne rozpylacze znajdują się bliżej wierzchołków drzew lub krzewów. Poziomy kierunek strumienia powietrza oraz zmniejszenie odległości rozpylaczy od obiektów sprzyja lepszemu rozłożeniu cieczy w roślinach, oraz umożliwia ograniczenie znoszenia cieczy w porównaniu z opryskiwaczami o emisji radialnej. Deflektory mogą posiadać w górnej i dolnej części dodatkowe kierownice precyzyjnie ograniczające zakres działania strumienia powietrza, a także regulowane szczeliny wylotowe pozwalające na odchylanie strumienia powietrza do tyłu lub do przodu. Urządzenia te pozwalają na dalszą poprawę precyzji nanoszenia cieczy i ograniczenie jej znoszenia.

Wśród opryskiwaczy z poziomymi systemami emisji coraz bardziej popularne są wentylatory z odwrotnym ciągiem (rys. 10), w których strumień powietrza jest skierowany do tyłu pod kątem 10–15°. Takie odchylenie strumienia powietrza zwiększa obszar i czas penetracji koron drzew, co poprawia zdolność roślin do „odfiltrowywania" kropel cieczy. Naniesienie środków ochrony roślin w drzewach rośnie wówczas o ok. 20%, a znoszenie istotnie maleje.



Rys. 9. Systemy emisji powietrza i cieczy w opryskiwaczach sadowniczych: A – radialna; B – pozioma; C – kierowana; D – opryskiwacz tunelowy



Rys. 10. Opryskiwacze deflektowe:
A - deflektor standardowy; B - deflektor z „odwróconym ciągiem”

Emisja kierowana (rys. 9-C) opiera się zwykle na wykorzystaniu wentylatorów promieniowych, z których powietrze jest rozprowadzane przy użyciu 5–8 par elastycznych przewodów, zakończonych wylotami powietrza w formie dyfuzorów, zwykle w kształcie rybiego ogona, wyposażonych w rozpylacze. Niezależnie kierowane dyfuzory pozwalają na precyzyjne dopasowanie zakresu i kierunku działania strumienia powietrza do kształtu i wielkości chronionych roślin. Ponadto dyfuzory z rozpylaczami mogą być indywidualnie zbliżane do obiektów, co sprzyja lepszej penetracji roślin i ograniczeniu znoszenia. Wentylatory promieniowe wytwarzają mniejszą objętość powietrza niż osiowe, ale o wyższej prędkości wylotowej. Wielopunktowe i wielokierunkowe działanie wąskimi strumieniami powietrza o dużej prędkości powoduje bardzo dobra penetrację roślin o szczególnie gęstej, okrywowej warstwie liści, np. porzeczek. Ponadto opryskiwacze z emisją kierowaną są doskonałym rozwiązaniem do ochrony sadów karłowych.

5.2.3. Opryskiwacze recyrkulacyjne

Ta grupa opryskiwaczy obejmuje rozwiązania umożliwiające odzysk części cieczy nienaniesionej na obiekty opryskiwania. Odzyskana ciecz po odfiltrowaniu nieczystości kierowana jest z powrotem do zbiornika opryskiwacza i powtórnie wykorzystywana w procesie opryskiwania. Dzięki temu wykorzystanie środków ochrony roślin jest znacznie bardziej racjonalne, a znoszenie istotnie ograniczone, co najmniej w stopniu odpowiadającym ilości odzyskiwanej cieczy.

Opryskiwacze recyrkulacyjne obejmują konstrukcje tunelowe, kolektorowe i reflektorowe (rys. 11).

Opryskiwacze tunelowe (rys. 9-D, 11-A) są wyposażone w układ recyrkulacji cieczy osiadającej na wewnętrznych ścianach tunelu i spływającej do kolektorów. Tunele są rozsuwane hydraulicznie w celu lepszego dostosowania ich szerokości roboczej do wielkości drzew oraz przestawiane w położenie transportowe dla łatwiejszego manewrowania w sadzie i podczas przejazdów do ujęcia wody. Osłonięcie strefy opryskiwania ogranicza znoszenie cieczy o 90%, a w połączeniu z rozpylaczami ežektorowymi nawet o 95-99%, w porównaniu z tradycyjnym opryskiwaczem z radialna emisją cieczy.

Opryskiwacze kolektorowe (rys. 11-B) wykorzystują do odzysku przewiewanej przez drzewa cieczy pionowe kolektory, prowadzone za rzędami drzew. Kolektory zbudowane są z poziomo ułożonych, zachodzących na siebie lameli tworzących separator przepuszczający powietrze i zatrzymujący krople cieczy. Ciecz jest zbierana w dolnej części kolektorów i po przefiltrowaniu przepompowywana do zbiornika opryskiwacza. Ilość odzyskiwanej cieczy jest mniejsza niż w przypadku opryskiwaczy tunelowych.

Opryskiwacze reflektorowe (rys. 11-C) są zbliżone budową do opryskiwaczy kolektorowych, z tym, że zamiast separatorów kropel (kolektorów) montowane są specjalnie wyprofilowane ekrany reflektorowe. Podczas zabiegu strumień powietrza niosący krople cieczy przedmuchiwany jest przez korony drzew i pod ostrym kątem uderza w ekrany odbijając się od nich i wracając z powrotem na rząd drzew. Część grubszych kropel osiada na ścianach ekranu i jest odzyskiwana lecz większość kropel drobnych utrzymuje się w odbitym strumieniu

powietrza i trafia na drzewa z drugiej strony. Ekrany są wyposażone w dodatkowe rozpylacze, wykorzystywane podczas ochrony drzew w fazie pełnego ulistnienia, kiedy przewiewanie cieczy jest bardzo małe. Do pozycji transportowej ekrany są składane za pomocą układu siłowników hydraulicznych. Zaletą opryskiwaczy reflektorowych jest możliwość opryskiwania dwóch rzędów jednocześnie. Wprawdzie ilość odzyskiwanej cieczy użytkowej jest niewielka, ale w połączeniu z rozpylaczami eżektorowymi opryskiwacze reflektorowe ograniczają znoszenie nawet o 95%.

A - opryskiwacz tunelowy



B - opryskiwacz kolektorowy



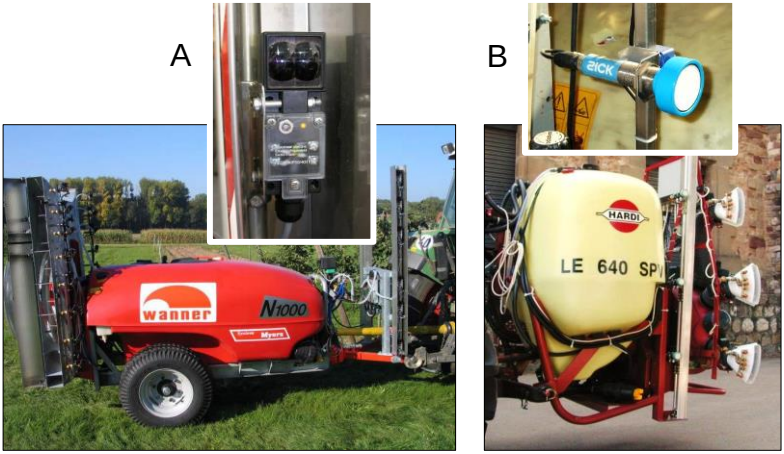
C - opryskiwacz reflektorowy



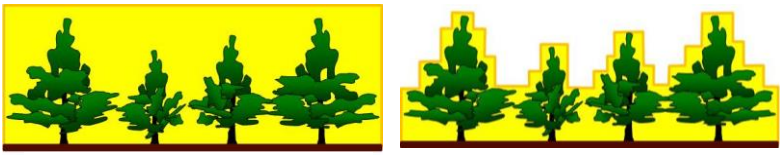
Rys. 11. Sadownicze opryskiwacze recyrkulacyjne

5.2.4. Opryskiwacze sensorowe

Opryskiwacze sensorowe wyposażone są w optyczne lub ultradźwiękowe czujniki służące do identyfikacji obiektów (rys. 12). Współpracując ze sterownikami mikroprocesorowymi kontrolują one działanie zaworów odcinających ciecz do rozpylaczy, które włączają się tylko gdy w zasięgu działania rozpylaczy znajduje się opryskiwany obiekt. W ten sposób realizowana jest koncepcja selektywnego opryskiwania upraw, będąca elementem precyzyjnej ochrony roślin (rys. 13). Dzięki temu, że ciecz użytkowa kierowana jest tylko na drzewa uzyskuje się oszczędności środków ochrony roślin sięgające 50%, a znoszenie ograniczane jest o 25-50%.



Rys. 12. Opryskiwacze sensorowe: A – z czujnikami optycznymi; B – z czujnikami ultradźwiękowymi



OPRYSKIWANIE KONWENCJONALNE **OPRYSKIWANIE SELEKTYWNE**

Rys. 13. Oszczędności cieczy wynikające z selektywnego opryskiwania przy użyciu opryskiwaczy sensorowych

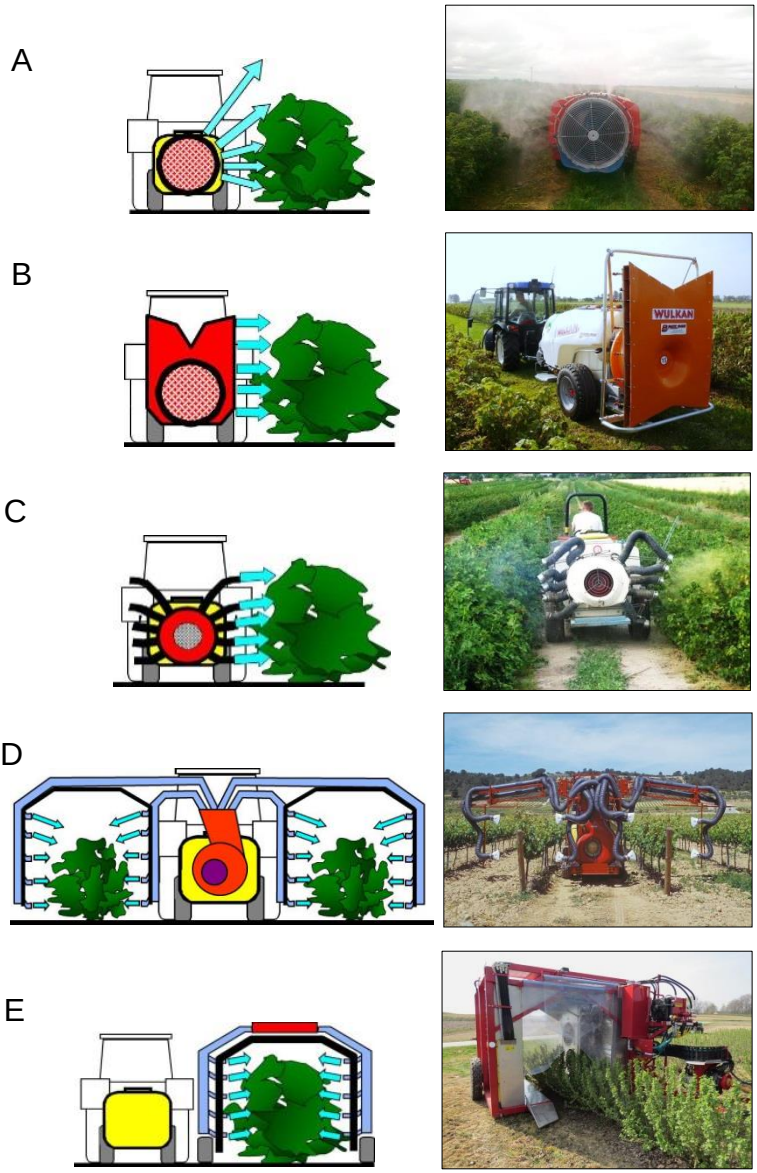
5.2.5. Opryskiwacze do ochrony roślin jagodowych

Plantacje krzewów jagodowych, porzeczek, agrestu, malin, borówek czy aronii, stawiają szczególne wymagania technice ochrony. Krzewy są strukturami przestrzennymi jak drzewa i dlatego do penetracji ich koron konieczne jest stosowanie pomocniczego strumienia powietrza. Jednak od drzew uprawianych we współczesnych sadach różni je pokrój koron, które zaczynają się od poziomu gruntu, sięgają wysokości 1,5 – 2,0 m i są bardziej rozłożyste. Zastosowanie w tych warunkach standardowych opryskiwaczy o radialnej emisji cieczy i strumienia powietrza (rys. 14A) wiąże się zwykle z dużą nierównomiernością rozkładu cieczy w krzewach oraz zawsze z bardzo dużymi stratami wynikającymi ze znoszenia. W przypadku użycia tego typu opryskiwaczy niezmiernej wagi nabiera odpowiednia regulacja opryskiwacza polegająca na ograniczeniu zakresu działania strumienia cieczy użytkowej do wysokości krzewów.

Do ochrony plantacji jagodowych najbardziej przydatne okazują się opryskiwacze o emisji kierowanej (rys. 14C), w tym także w wersji dwurzędowej (rys. 14D). Są one wyposażone w wentylatory promieniowe, z których powietrze jest rozprowadzane przy użyciu elastycznych przewodów pneumatycznych. Na ich zakończeniu znajdują się wyloty powietrza w formie dyfuzorów z rozpylaczami. Niezależnie kierowane dyfuzory pozwalają na precyzyjne dopasowanie rozkładu i kierunku strumienia powietrza do kształtu i wielkości chronionych roślin. Ze względu na możliwość niemal dowolnego kierowania i usytuowania dyfuzorów istnieje możliwość regulacji sposobu i zakresu działania strumienia powietrza w szerokim zakresie, a w szczególności ograniczania go tam gdzie jest to konieczne, np. w przypadku niskich krzewów lub wczesnych, bezlistnych faz rozwoju. Daje to ogromne możliwości ograniczania znoszenia środków ochrony roślin.

Dobrym rozwiązaniem jest także zastosowanie opryskiwaczy deflektorowych o emisji poziomej (rys. 14B). Nisko usytuowane deflektory, które kierują strumień powietrza na boki i ograniczają jego wypływ ku górze istotnie ograniczają znoszenie cieczy.

Najmniejsze straty cieczy towarzyszą zabiegom wykonywanym opryskiwaczami tunelowymi. W okresie bezlistnym oraz podczas kwitnienia odzyskują one ok. 20-30% cieczy użytkowej, a w fazie pełnego ulistnienia 10-15%. Dzięki temu znoszenie środków ochrony roślin może być nawet trzykrotnie mniejsze niż w przypadku standardowego opryskiwacza sadowniczego.



Rys. 14. Opryskiwacze do ochrony krzewów jagodowych: A - standardowy o emisji radialnej; B – o emisji poziomej; C - o emisji kierowanej; D – dwurzędowy; C - tunelowy

Plantacje truskawek prowadzone są w formie rzędowej lub zagonowej. Ta forma prowadzenia plantacji narzuca konieczność stosowania specjalistycznych opryskiwaczy. Najprostszym i wciąż bardzo efektywnym opryskiwaczem do ochrony plantacji rzędowych jest belka typu Fragaria (rys. 15A). Belka składa się z ramek w kształcie odwróconej litery „U", z których każda jest wyposażona w 3-4 rozpylacze. Rośliny opryskiwane są z góry i z boków, co zapewnia ich dobrą penetrację i równomierne pokrycie. Ukierunkowany na rośliny sposób opryskiwania oraz bardzo mała odległość rozpylaczy od roślin umożliwia istotne ograniczenie znoszenia środków ochrony roślin przy użyciu tego typu opryskiwaczy.

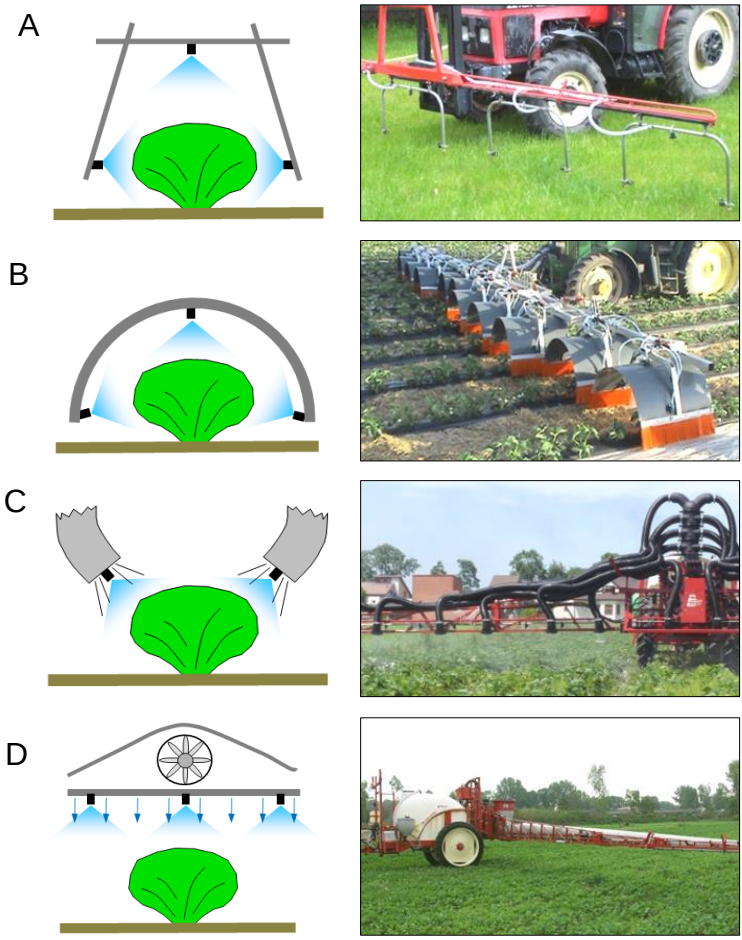
Rozwinięciem koncepcji belki typu Fragaria jest belka typu Multi-Tunel, w której ramki zastąpiono małymi tunelami (rys. 15B). Tunele stanowią osłonę przed wiatrem i przed rozprzestrzenianiem się kropel poza rzędy truskawek. W oczywisty sposób wpływa to na dalsze ograniczenie znoszenia cieczy.

Na plantacjach rzędowych oraz prowadzonych w formie zagonów najlepsze efekty uzyskuje się przy użyciu opryskiwaczy rzędowych z pomocniczym strumieniem powietrza (PSP) (rys. 15C). Wyposażone są one w wentylatory promieniowe, z których powietrze tłoczone jest poprzez elastyczne przewody pneumatyczne do dyfuzorów z rozpylaczami wirowymi lub rzadziej płaskostrumieniowymi. Położenie dyfuzorów na belce oraz kąt ich ustawienia można regulować w stosunkowo dużym zakresie. Opryskiwacze rzędowe PSP dają zatem duże możliwości dopasowania zakresu opryskiwania i kierunku działania strumienia powietrza w zależności od rozstawy rzędów, szerokości zagonów oraz wielkości i zagęszczenia roślin truskawek. Ukierunkowanie emisji cieczy użytkowej oraz jej wspomaganie strumieniem powietrza pozwala na racjonalne wykorzystanie środków ochrony roślin, bez niepożądanego opryskiwania gleby między rzędami lub zagonami roślin oraz przy znacznie ograniczonym znoszeniu środków ochrony roślin.

Do ochrony plantacji matecznych z gęstym i zwartym łanem roślin najbardziej zalecane jest stosowanie polowych opryskiwaczy PSP (rys. 15D). Na belce polowej tego typu opryskiwaczy znajduje się napędzany hydraulicznie wentylator osiowy, a wzdłuż rzędu drobnokroplistych rozpylaczy płaskostrumieniowych rozciągnięty jest rękaw służący do rozprowadzenia tłoczonego przez wentylator powietrza. Powietrze z rękawa emitowane jest w formie ciągłego strumienia (kurtyny powietrznej), który przechwytuje drobne krople i

skutecznie penetruje gęsty łan roślin znacznie ograniczając ich znoszenie.

Zarówno rzędowe jak i polowe opryskiwacze PSP umożliwiają skuteczne opryskiwanie truskawek także podczas warunków wietrznych oraz przy większej prędkości roboczej. Pozwala to na terminowe i szybkie wykonanie zabiegów w trudnych warunkach, przy niskim ryzyku znoszenia.



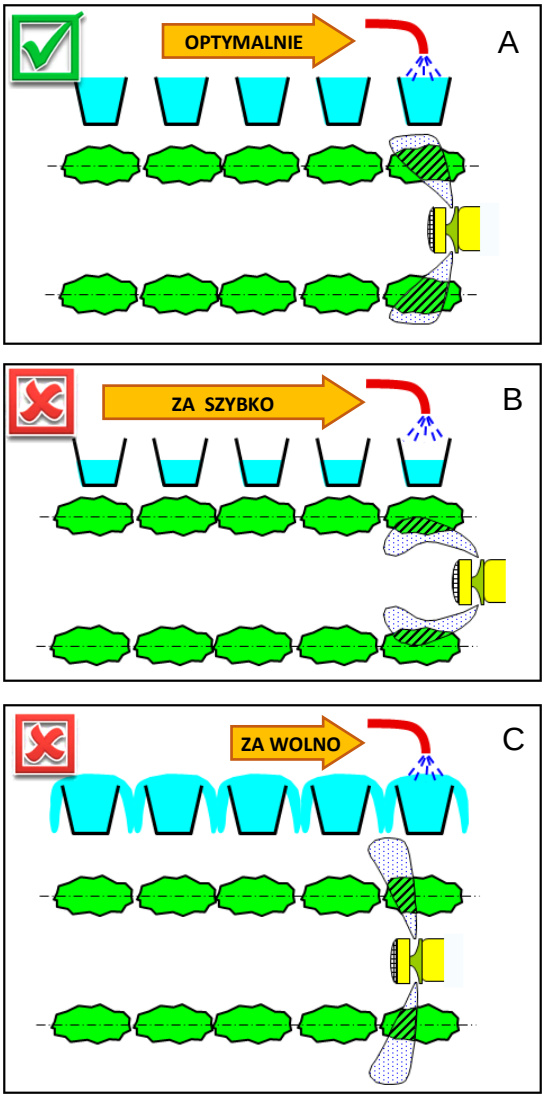
Rys. 15. Opryskiwacze do ochrony plantacji truskawek:
A - belka typu Fragaria; B- Multi-Tunel; C – rzędowy PSP; D - polowy PSP

5.3. Parametry zabiegów

5.3.1. Wydatek powietrza – prędkość robocza

Dobór tych dwóch parametrów i ich wzajemne powiązanie ma decydujący wpływ na penetrację przestrzennych upraw sadowniczych. Proces ten dobrze tłumaczy rys. 16 przedstawiający napełnianie naczyń, które reprezentują drzewa lub krzewy, przez przemieszczający się koniec węża z wypływającą wodą, który obrazuje jadący opryskiwacz. Pełna penetracja drzew lub krzewów podczas zabiegów opryskiwania ma miejsce gdy w całej objętości koron następuje wymiana powietrza i zastąpienie go powietrzem z rozpyloną cieczą, które emitowane są przez przemieszczający się opryskiwacz (rys. 16A). Dla danej wielkości drzew i wydatku wentylatora zakres tej wymiany zależy od prędkości opryskiwacza, tzn. może być niekompletna (niedostateczna penetracja i nierównomierny rozkład cieczy) gdy opryskiwacz jedzie zbyt szybko (rys. 16B), lub przesadna (przewiewanie przez drzewa i wzrost ryzyka znoszenia) jeśli porusza się zbyt wolno (rys. 16C).

Wydatek strumienia powietrza i prędkość opryskiwacza muszą być dobrane odpowiednio do wielkości koron drzew/krzewów. Aby uniknąć przewiewania koron o mniejszej objętości należy zmniejszyć wydatek strumienia powietrza lub zwiększyć prędkość roboczą opryskiwacza. Z kolej w celu uzyskania odpowiedniej penetracji większych koron konieczne jest spowolnienie prędkości opryskiwacza lub zwiększenie wydatku strumienia powietrza, ale tylko w stopniu nie powodującym przewiewania cieczy przez drzewa. Wynika z tego wniosek, że prawidłowy efekt penetracji upraw przestrzennych jest wynikiem odpowiedniej korelacji wydatku strumienia i prędkości roboczej. Oznacza to, że dla określonej objętości koron niedostatek lub nadmiar wydatku wentylatora można skompensować odpowiednio zmniejszeniem lub zwiększeniem prędkości jazdy opryskiwacza.

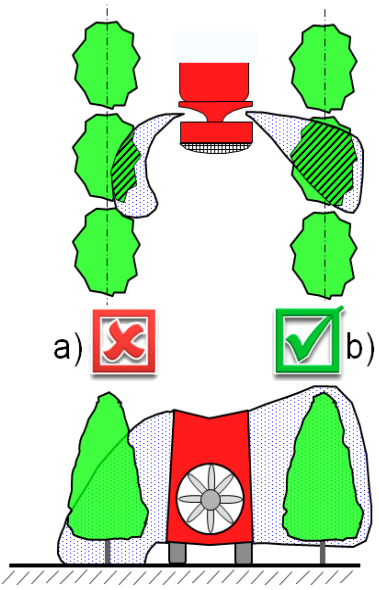


Rys. 16. Wpływ prędkości roboczej opryskiwacza przy danym wydatku strumienia powietrza na penetrację drzew podczas opryskiwania sadu:
A – optymalna prędkość – kompletna penetracja bez start cieczy
B – zbyt duża prędkość – niedostateczna penetracja
C – zbyt mała prędkość – nadmierna penetracja i przewiewanie

5.3.2. Regulacja prędkości roboczej

Prędkość robocza opryskiwacza jest bardzo ważnym parametrem z punktu widzenia organizacji ochrony roślin ponieważ wpływa na wydajność pracy oraz określa terminowość zabiegów ochronnych. Niemniej istotne są jednak aspekty związane z jakością i bezpieczeństwem zabiegów, do których należy odpowiednio wysoki poziom i równomierny rozkład naniesienia środków ochrony roślin oraz minimalizacja strat środka w wyniku znoszenia cieczy.

Nadmierna prędkość robocza powoduje odchylenie strumienia powietrza do tyłu i do dołu (rys. 17), co skutkuje nierównomiernym rozkładem środka w koronach drzew lub krzewów oraz wzrostem jego strat z powodu przewiewania i znoszenia. Prędkość opryskiwacza podczas ochrony sadów i plantacji powinna się mieścić w zakresie 4,0-7,0 km/h. Podczas sprzyjających warunków atmosferycznych, gdy prędkość wiatru nie przekracza 2 m/s, można bezpiecznie stosować prędkość jazdy bliską górnej granicy tego zakresu. Jednak w trudniejszych warunkach pogodowych (prędkość wiatru ponad 3,0 m/s) wzrost prędkości roboczej z 4,0 do 8,0 km/h zwiększa znoszenie o ok. 50%.



Rys. 17. Penetracja drzew przy: (a) dużej i (b) małej prędkości roboczej opryskiwacza

We wczesnych fazach rozwojowych roślin, gdy skąpe ulistnienie koron nie stanowi żadnej przeszkody w ich penetracji można i należy stosować większe prędkości jazdy aby minimalizować zjawisko przewiewania cieczy. Niższe prędkości robocze zalecane są natomiast podczas warunków wietrznych.

5.3.3. Regulacja wydatku powietrza

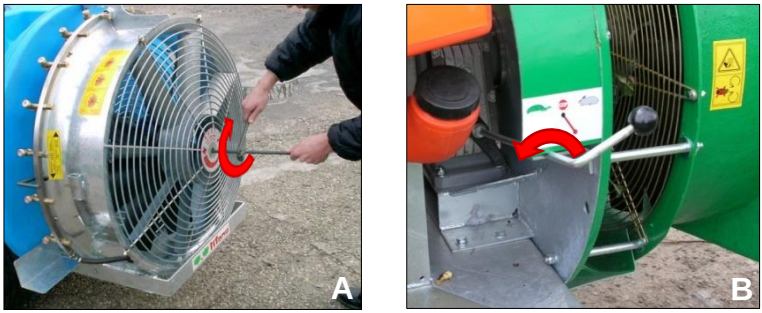
Wydatek strumienia powietrza powinien być wyregulowany odpowiednio do wielkości i gęstości ulistnienia (fazy fenologicznej) drzew lub krzewów oraz powinien uwzględniać warunki pogodowe, w tym szczególnie prędkość wiatru. Ogólna zasada mówi, że im większa objętość i gęstość koron oraz im silniejszy wiatr tym strumień powietrz powinien mieć większy wydatek. Ostatecznym sprawdzianem poprawności regulacji strumienia powietrza jest ilość przedmuchiwanej cieczy przez drzewa, obserwowana w sąsiednim międzyrzędziu. Prawidłowa regulacja ma miejsce wówczas gdy po drugiej stronie rzędu drzew lub krzewów strumień kropel pojawia się sporadycznie i jest ledwie widoczny. Stale utrzymująca się za drzewami chmura kropel jest objawem zbyt silnego strumienia powietrza (rys. 18), co jest zjawiskiem niepożądanym nie tylko ze względu na znoszenie środków ochrony roślin. Sytuacja taka stwarza niekorzystne warunki do osiadania kropel cieczy, ponieważ zbyt duża prędkość powietrza powoduje ułożenie liści równolegle do kierunku działania strumienia zmniejszając powierzchnię filtracyjną korony zdolną do zatrzymania niesionych przez powietrze kropel.



Rys. 18. Nadmierny wydatek strumienia powietrza powoduje ciągłe przewiewanie cieczy użytkowej przez drzewa

Problem nadmiernego wydatku strumienia powietrza dotyczy zwłaszcza wąskich koron drzew w sadach karłowych gdy możliwości jego ograniczania poprzez regulację pracy wentylatora mogą być niewystarczające. Pozostaje wtedy możliwość zwiększenia prędkości roboczej lub odchylenia strumienia powietrza do tyłu. Druga opcja dotyczy opryskiwaczy deflektorowych z regulowaną szczeliną wylotową (pozioma emisja powietrza) lub opryskiwaczy z indywidualnie ustawnymi dyfuzorami (kierowana emisja powietrza) – patrz rozdział *5.2.2. Systemy emisji cieczy i powietrza.*

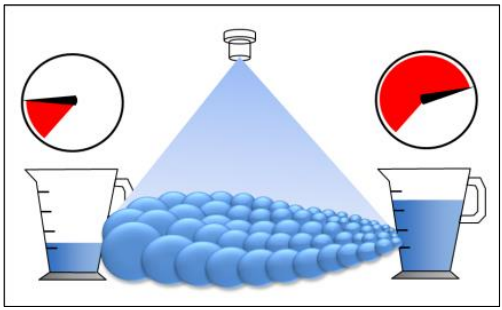
Współczesne opryskiwacze stwarzają co najmniej podwójną możliwość regulacji wydatku strumienia powietrza. Pierwsza polega na zmianie kąta ustawienia łopat wirnika w wentylatorze osiowym. Im kąt łopat w stosunku do płaszczyzny prostopadłej do osi wirnika jest większy tym większa jest wydajność wentylatora i tym samym zwiększa się wydatek strumienia powietrza. Kąt ten można zmieniać demontując wirnik i rozbierając jego piastę lub w bardziej zaawansowanych konstrukcjach, bez potrzeby demontażu wirnika, za pomocą ruchu korby, obracając centralny układ regulacji łopat (rys. 19A). Ustawienie łopat można zmieniać w bardzo szerokim zakresie, co daje duże możliwości regulacji wydatku powietrza. Drugi sposób, który dotyczy także wentylatorów promieniowych polega na zmianie obrotów wirnika poprzez zmianę biegu przekładni napędowej wentylatora (rys. 19B). Przekładnia posiada zwykle dwa biegi, a zmiana z niższego na wyższy powoduje wzrost wydatku powietrza o ok. 20 do 30%. W przypadku braku sprzętowych możliwości ograniczenia wydatku strumienia powietrza pozostaje możliwość zmniejszenia obrotów wentylatora poprzez obniżenie obrotów silnika w ciągniku.



Rys. 19. Sposób regulacji wydatku strumienia powietrza:
A - zmiana kąta ustawienia łopat wirnika,
B - zmiana biegu przekładni napędowej wentylatora

5.3.4. Ciśnienie cieczy i rozmiar rozpylaczy

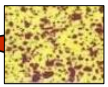
Dla danego rozmiaru rozpylaczy ciśnieniowych wzrost ciśnienia cieczy powoduje nie tylko zwiększenie wydatku rozpylaczy (np. w celu zwiększenia stosowanej dawki cieczy) lecz także zmniejszenie wielkości kropel (rys. 20), oraz znaczny wzrost ilości kropel drobnych i bardzo drobnych. Podniesienie ciśnienia podwyższa zatem ryzyko znoszenia cieczy. Aby uniknąć tego ryzyka w przypadku konieczności zwiększenia dawki cieczy lepiej jest odpowiednio zmienić rozmiar rozpylacza na większy i tylko nieznacznie skorygować ciśnienie cieczy.



Rys. 20. Wzrost ciśnienia cieczy powoduje redukcję wielkości kropel i zwiększenie wydatku rozpylacza

Tę samą logikę postępowania można zastosować chcąc ograniczyć ryzyko znoszenia cieczy przy zachowaniu określonego wydatku rozpylaczy (rys. 21). Poprzez zmianę rozpylaczy na większe i odpowiednią redukcję ciśnienia wydatek cieczy pozostaje bez zmian a wytwarzane krople są znacznie większe.

Rozpylacz	*ciśnienie*	*wydatek*	*wielkość kropel*
Żółty	**16 bar**	**1,80 l/min**	**140 µm**
Niebieski	**7,0 bar**	**1,79 l/min**	**220 µm**



Kolor/ wielkość rozpylacza	(bar)														
	5,0	*6,0*	*7,0*	*8,0*	*9,0*	*10,0*	*11,0*	*12,0*	*13,0*	*14,0*	*15,0*	*16,0*	*17,0*	*19,0*	*20,0*
Żółty / 02	1,01	1,11	1,19	1,27	1,35	1,42	1,49	1,56	1,62	1,68	1,74	1,80	1,86	1,96	2,01
Niebieski / 03	1,52	1,64	1,79	1,91	2,03	2,14	2,24	2,34	2,44	2,53	2,62	2,70	2,79	2,94	3,02



Rys. 21. Stosując większy rozmiar rozpylaczy i redukując ciśnienie cieczy można istotnie zwiększyć wielkość kropel bez zmiany wydatku rozpylaczy.

5.3.5. Scenariusze niskoznoszeniowe

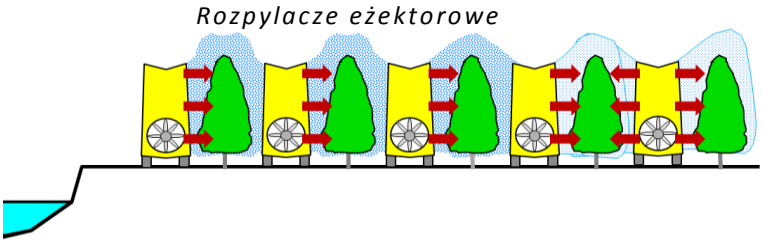
Ograniczanie znoszenie ma szczególne znaczenie w sąsiedztwie obszarów lub obiektów wrażliwych, czyli miejsc podlegających szczególnej ochronie przed zanieczyszczeniem środkami ochrony roślin (rys. 22). Zbliżając się do tych miejsc należy stosować niskoznoszeniowe scenariusze zabiegów polegające na zmianie rozpylaczy i/lub parametrów pracy opryskiwacza, albo przeprowadzeniu innej operacji, która zapobiega lub istotnie zmniejszają znoszenie cieczy w ich kierunku.

Obszar / obiekt wrażliwy *to obszar lub obiekt znajdujący się w sąsiedztwie miejsca stosowania środków ochrony roślin, którego zanieczyszczenie może stwarzać zagrożenie dla środowiska lub zdrowia ludzi i zwierząt, np. akwen wodny, źródło poboru wody pitnej, pasieka, droga publiczna, park lub plac zabaw, budynek mieszkalny, siedlisko organizmów pożytecznych lub chronionych.*



Rys. 22. Staw jako obiekt wrażliwy w sąsiedztwie sadu

Typowym miejscem stosowania scenariuszy niskoznoszeniowych jest obrzeże sadu, tzn. trzy do pięciu skrajnych rzędów drzew. Badania wskazują, że ponad 70% znoszonej poza sad cieczy pochodzi z opryskiwania dwóch, i aż 99% z pięciu skrajnych rzędów. Dlatego zastosowanie technik ograniczających znoszenie w tym fragmencie sadu ma największe znaczenie dla ochrony obszarów wrażliwych znajdujących się w jego sąsiedztwie. Typowy scenariusz niskoznoszeniowy polega na opryskiwaniu przynajmniej trzech, a najlepiej pięciu skrajnych rzędów sadu przy użyciu grubokroplistych rozpylaczy eżektorowych i znacznie zredukowanym, lub całkowicie wyłączonym strumieniu powietrza, działającym w kierunku granicy sadu (rys. 23).



Rys. 23. Przykład scenariusza niskoznoszeniowego na skraju sadu: ostatnie trzy rzędy opryskiwane są przy użyciu rozpylaczy grubokroplistych i strumienia powietrza skierowanego tylko do wnętrza sadu

Zbiegi w sąsiedztwie obszarów wrażliwych należy wykonywać przy:
- *użyciu grubych i bardzo grubych kropel,*
- *zredukowanej prędkości roboczej do 4,0 km/godz.,*
- *jednostronnym opryskiwaniu od 3 do 5 skrajnych rzędów drzew,*
- *obniżonym wydatku strumienia powietrza,*
- *stosowaniu możliwie niskiego ciśnienia cieczy.*

Stosując grube krople i ograniczając strumień powietrza, i tym samym zmniejszając energię lotu kropel na zewnątrz sadu znacznie zmniejsza się znoszenie cieczy poza jego granice. Jednostronne ograniczanie wydatku strumienia powietrza jest właściwością nielicznych, bardzo zaawansowanych konstrukcyjnie oprykiwaczy. Tymczasem odcinanie strumienia powietrza poprzez zasłonięcie szczeliny wylotowej wentylatora lub deflektora (rys. 24) jest rozwiązaniem spotykanym coraz powszechniej.



Rys. 24. Szczelina wylotowa deflektora: A – otwarta; B - zamknięta.

Bardzo ważną praktyką, której nie wolno zaniedbywać jest wyłączanie rozpylaczy tam gdzie nie ma obiektów opryskiwania, a rozpylona ciecz trafia w wolną przestrzeń, np. na uwrociach (miejscach zawracania opryskiwacza na końcach rzędów) (rys. 25) oraz w miejscach wypadów drzew, tworzących przerwy w ciągłości rzędów.



Rys. 25. Na uwrociach rozpylacze należy bezwzględnie wyłączać

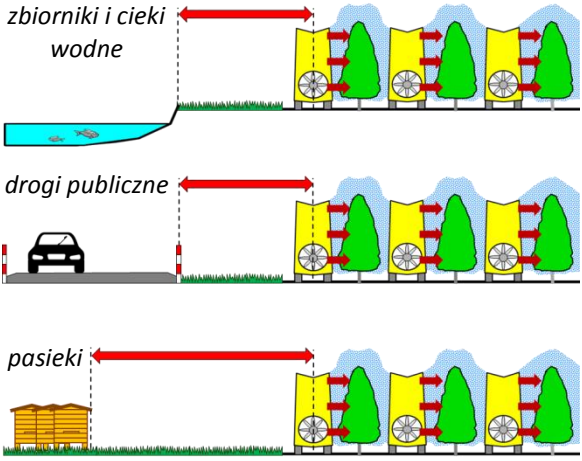
Jeszcze innym przykładem scenariusza niskoznoszeniowego jest sposób prowadzenia opryskiwacza w sąsiedztwie wąskich cieków wodnych, których zanieczyszczenie środkami ochrony roślin może mieć fatalne konsekwencje. Mały przepływ wody w takich ciekach sprawia, że trafiająca do nich substancja czynna ulega tylko niewielkiemu rozcieńczeniu, stwarzając zagrożenie dla wrażliwych organizmów wodnych. Dlatego podczas opryskiwania wymagającego przejazdu wzdłuż cieku należy prowadzić opryskiwacz w kierunku przeciwnym do kierunku przepływu wody. W razie zanieczyszczenia cieku substancja rozkłada się wtedy na większej powierzchni lustra wody i ulega większemu rozcieńczeniu.

6. Strefy buforowe

Aby chronić obszary wrażliwe, takie jak zbiorniki i cieki wodne, pasieki czy drogi publiczne przed zanieczyszczeniem należy stosować środki ochrony roślin z zachowaniem odpowiedniej odległości od tych obszarów (rys. 26) . Bezpieczna odległość, zwana strefą buforową, wyznaczana jest dla każdej substancji czynnej w toku oceny ryzyka środowiskowego podczas rejestracji środka ochrony.

***Strefa buforowa** to powierzchnia o zdefiniowanej szerokości oddzielająca miejsce stosowania środka ochrony roślin od obszarów wrażliwych. W obszarach wrażliwych i przylegających do nich strefach buforowych stosowanie środków ochrony roślin jest zabronione.*

Wykonawca zabiegów jest bezwzględnie zobowiązany do przestrzegania stref buforowych, które podawane są na etykietach środków ochrony roślin zarejestrowanych po 14 czerwca 2011 r. Jeśli etykieta nie zawiera informacji o strefach buforowych to należy zastosować strefy określone w przepisach ogólnych – patrz ramka poniżej. W przypadku stosowania środków zarejestrowanych przed wspomnianą powyżej datą należy zachowywać strefę ochronną 20 m od zbiorników i cieków wodnych.



Rys. 26. Strefy buforowe dla obszarów wrażliwych

Rozp. MRiRW z 31.05.2014
w sprawie warunków stosowania środków ochrony roślin
(Dz.U. 2014, poz. 516)

§ 2. 1. Środki ochrony roślin, z zastrzeżeniem § 5, stosuje się na terenie otwartym przy użyciu:

1) sprzętu naziemnego w odległości co najmniej 20 m od pasiek,

2) opryskiwaczy ciągnikowych i samobieżnych polowych lub sadowniczych w odległości co najmniej 3 m od krawędzi jezdni dróg publicznych, z wyłączeniem dróg publicznych zaliczanych do kategorii dróg gminnych oraz powiatowych,

3) opryskiwaczy ciągnikowych i samobieżnych sadowniczych w odległości co najmniej 3 m od zbiorników i cieków wodnych oraz terenów nieużytkowanych rolniczo, innych niż będących celem zabiegu z zastosowaniem środków ochrony roślin,

4) opryskiwaczy ciągnikowych i samobieżnych polowych w odległości co najmniej 1 m od zbiorników i cieków wodnych oraz terenów nieużytkowanych rolniczo, innych niż będących celem zabiegu z zastosowaniem środków ochrony roślin,

(...)

§ 5. Środki ochrony roślin, dla których zostało wydane zezwolenie na wprowadzanie do obrotu przed dniem 14 czerwca 2011 r. i których etykieta nie określa minimalnej odległości, w jakiej można je stosować od zbiorników i cieków wodnych, mogą być stosowane na terenie otwartym przy użyciu opryskiwaczy ciągnikowych i samobieżnych polowych lub sadowniczych, jeżeli miejsce ich stosowania jest oddalone o co najmniej 20 m od zbiorników i cieków wodnych.

NOTATKI