

Dobra Praktyka Ochrony Roślin

DOBRA PRAKTYKA OCHRONY ROŚLIN JAKO NARZĘDZIE OGRANICZENIA ZNOSZENIA ŚRODKÓW OCHRONY ROŚLIN - opryskiwanie upraw polowych



**R. Hołownicki, G. Doruchowski,
A. Godyń, W. Świechowski**

Treść zgodna z zasadami Dobrej Praktyki Ochrony Roślin
i stanem prawnym obowiązującym w listopadzie 2013r

Broszurę opracowano w ramach Programu Wieloletniego
„Rozwój zrównoważonych metod produkcji ogrodnictwa w celu
zapewnienia wysokiej jakości biologicznej i odżywczej produktów
ogrodnictwa oraz zachowania bioróżnorodności środowiska i ochrony
jego zasobów”

Zadanie 1.2.

*„Opracowanie metod precyzyjnego stosowania środków ochrony roślin
w celu ograniczenia zanieczyszczenia wód gleby i powietrza”*

Autorzy zdjęć i rysunków:

R. Hołownicki; G. Doruchowski, mat. firmowe

Skierniewice, listopad 2013

Spis treści

1. DOBRA PRAKTYKA W OCHRONIE ROŚLIN	4
2. ZNOSZENIE JAKO ZJAWISKO NIEPORZĄDANE	6
3. FAZY ZNOSZENIA	8
4. CZYNNIKI ZNOSZENIA	9
4.1. Prędkość i kierunek wiatru	9
4.2. Wilgotność i temperatura powietrza	10
4.3. Wielkość kropel	11
4.4. Prędkość robocza	14
4.5. Wysokość położenia rozpylaczy	15
4.6. Prędkość strumienia powietrza w belkach PSP	16
5. PRZECIWDZIAŁANIE ZNOSZENIU	16
5.1. Pora i warunki atmosferyczne	16
5.1.1. <i>Planowanie zabiegu</i>	17
5.1.2. <i>Prędkość i kierunek wiatru</i>	17
5.1.3. <i>Wilgotność i temperatura powietrza</i>	19
5.2. Technika opryskiwania	19
5.2.1. <i>Zwiększanie wielkości kropel</i>	20
5.2.2. <i>Belka polowa (PSP)</i>	30
5.2.3. <i>Belka polowa z otwieraczem łanu - Ślăpduk</i>	32
5.3. Parametry robocze	33
5.3.1. <i>Redukcja prędkości roboczej</i>	33
5.3.2. <i>Obniżenie wysokości belki polowej</i>	35
6. ZABIEGI W SĄSIĘDZTWIE OBSZARÓW WRAŻLIWYCH	36

1. DOBRA PRAKTYKA W OCHRONIE ROŚLIN

Przed produkcją roślinną stają kolejne nowe wyzwania. Obok potrzeby wyżywienia rosnącej liczby ludności i spełniania rosnących wymagań konsumentów, rolnictwo będzie w coraz większym stopniu wytwarzać surowce odnawialne do produkcji energii jak i półprodukty na potrzeby wielu gałęzi przemysłu. Wykorzystuje ono z jednej strony zasoby naturalne, a drugiej kształtuje środowiska rolnicze. Postęp technologiczny musi więc odbywać się w poszanowaniu stanu środowiska, jak również walorów przyrodniczych i krajobrazowych. Z tego powodu rolnicy powinni przestrzegać zasady dobrej praktyki rolniczej, które obejmują wszystkie wymogi związane z racjonalną gospodarką nawozami, środkami ochrony roślin, ochroną gleb i wód, zachowaniem cennych siedlisk i gatunków występujących na obszarach rolnych oraz ochroną walorów krajobrazu. Wbrew powszechnym opiniom, rolnictwo nie sprostą tym oczekiwaniom bez środków ochrony roślin (ś.o.r.), można jednak znacząco ograniczyć zagrożenia związane z ich stosowaniem postępując wg 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, z uwzględnieniem miejscowych warunków oraz możliwości zwalczania metodami mechanicznymi i biologicznymi.

Od 2014r. obowiązkowa staje się integrowana ochrona roślin, która polega na wykorzystaniu wszystkich dostępnych metod ochrony roślin, w szczególności metod niechemicznych, w sposób minimalizujący zagrożenie dla zdrowia ludzi, zwierząt oraz dla środowiska. Jednocześnie przyznaje się pierwszeństwo najefektywniejszym technikom stosowania, takim jak użycie urządzeń ograniczających znoszenie pestycydów. Ponadto

przewiduje się tworzenie stref buforowych o odpowiedniej szerokości z myślą o ochronie niebędących celem zwalczania organizmów wodnych oraz stref ochronnych dla wód powierzchniowych i podziemnych wykorzystywanych do pobierania wody pitnej, w których to strefach nie wolno stosować ani przechowywać pestycydów.



Rys. 1. Znoszenie jest niepożądanym efektem opryskiwania roślin

2. ZNOSZENIE JAKO ZJAWISKO NIEPOŻĄDANE W OCHRONIE UPRAW POŁOWYCH

Środki ochrony roślin są przeznaczone tylko do ich nanoszenie na obiekty będące celem zabiegu. Wprawdzie znoszenie cieczy poza te obiekty jest nieuniknione, to należy zabiegi opryskiwania przeprowadzać w taki sposób, aby ten niekorzystny efekt ograniczyć do minimum. Podczas opryskiwania roślin część cieczy użytkowej jest przenoszona przez prądy powietrza poza opryskiwane pole stając się zagrożeniem dla otoczenia (np. ludzi, zwierząt, sąsiadujących upraw). Zjawisko to nosi nazwę znoszenia i od zawsze towarzyszy zabiegom opryskiwania roślin, a jego całkowita eliminacja nie jest możliwa.

Znoszenie definiuje się na wiele różnych sposobów. Najprościej, jest to substancja aktywna środka ochrony roślin (ś.o.r.), która nie została naniesiona na opryskiwane obiekty. Poniżej zamieszczono dwie definicje ułatwiające zrozumienie jego istoty.

Znoszenie to część cieczy użytkowej w postaci kropeł lub części stałych przenoszona prądami powietrznymi poza opryskiwany obiekt lub inaczej jako fizyczne przemieszczanie się ś.o.r. w powietrzu, podczas wykonywania zabiegu lub bezpośrednio po, z opryskiwanego obiektu na obiekt nieopryskiwany.

lub

Znoszenie to ilość środka ochrony roślin, która jest przemieszczana poza obszar będący celem zabiegu poprzez działanie ruchu powietrza podczas stosowania środka ochrony roślin.
wg normy ISO 22866

Bez względu na przyjętą definicję jest to działanie niezamierzone, które niesie za sobą negatywne konsekwencje zarówno w wymiarze ekologicznym, jak i ekonomicznym. Z tego powodu należy przedsięwziąć wszystkie możliwe środki, aby znoszenie ograniczyć do minimum.

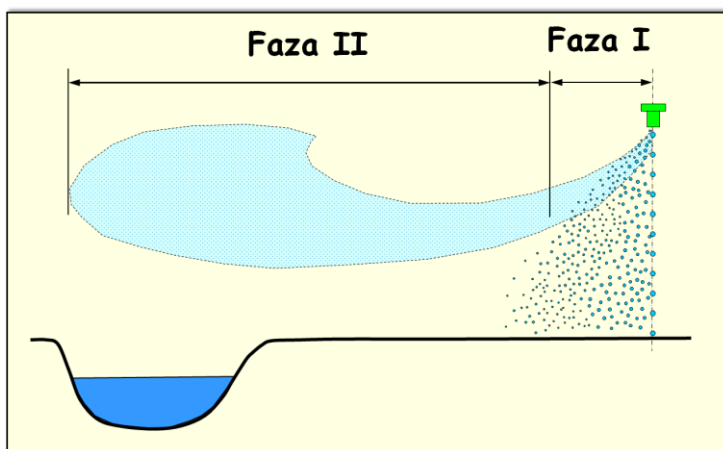
Negatywne konsekwencje znoszenia:

- strata ś.o.r. w wymiarze ekonomicznym,
- obniżona skuteczność ochrony roślin z powodu obniżonego naniesienia preparatu na opryskiwanych obiektach,
- pozostałości niedozwolonych ś.o.r. w uprawach sąsiadujących nie będących przedmiotem zabiegu,
- zanieczyszczenie środowiska, w tym zwłaszcza wód powierzchniowych,
- uszkodzenie wrażliwych roślin i organizmów nie będących celem zabiegu,
- bezpośrednie zagrożenia dla zdrowia ludzi i zwierząt.

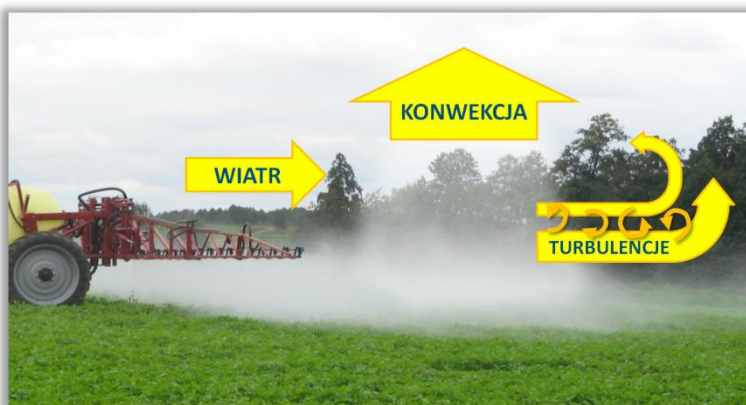
Wielkość i zasięg znoszenia zależy od warunków atmosferycznych podczas zabiegu oraz dwóch grup czynników technicznych, związanych głównie z parametrami opryskiwania. Poznanie tych czynników ułatwi ograniczanie tego niekorzystnego efektu podczas opryskiwania roślin.

3. FAZY ZNOSZENIA

Na proces znoszenia podczas opryskiwania roślin, składają się dwie fazy (Rys. 2), z których ***pierwsza faza*** zwana znoszeniem potencjalnym polega na nieuporządkowanym wrywaniu się drobnych kropeł ze strugi rozpylonej cieczy. Zjawisko to spowodowane jest zakłóceniami otaczającego powietrza wywołanymi ruchem rozpylonej strugi cieczy emitowanej przez rozpylacze. Dodatkowo proces ten potęguje przemieszczanie się opryskiwacza, które przyczynia się do znacznych turbulencji powietrza zwłaszcza w sąsiedztwie belki polowej. O wielkości znoszenia potencjalnego decyduje człowiek, gdyż to od jego wyborów zależą czynniki techniczne, takie jak: konstrukcja belki polowej, rodzaj i wielkość wybranych rozpylaczy, jak również parametry zabiegu.



Rys. 2. Fazy znoszenia: znoszenie potencjalne (Faza I), znoszenie atmosferyczne (Faza II)



Rys. 3. Znoszenie spowodowane zjawiskami atmosferycznymi

Wpływ człowieka na **drugą fazę** znoszenia jest niewielki, gdyż rozpylone krople cieczy są wówczas przenoszone ruchami powietrza wywołanymi zjawiskami atmosferycznymi, z których decydującą rolę odgrywa wiatr, a ponadto ruchy konwekcyjne i turbulencyjne mas powietrza (Rys. 3). Przed zjawiskami

atmosferycznymi można ustrzec się tylko poprzez wybór najbardziej odpowiedniej pory zabiegu opryskiwania

4. CZYNNIKI ZNOSZENIA

Do najważniejszych czynników atmosferycznych wpływających na wielkość znoszenia zalicza się:

- prędkość i kierunek wiatru,
- wilgotność i temperaturę powietrza.

a do technicznych:

- wielkość kropeł (ciśnienie cieczy, typ i rozmiar rozpylacza)
- prędkość roboczą,
- położenie rozpylaczy nad opryskiwaną powierzchnią,
- prędkość strumienia powietrza w opryskiwaczach PSP

4.1. Prędkość i kierunek wiatru

Wiatr jest najważniejszym czynnikiem znoszenia, a zmienna prędkość i kierunek wiatru są znanymi utrudnieniami w ochronie roślin. Przyjmuje się, że odległość przemieszczania się kropeł jest wprost proporcjonalna do prędkości wiatru. Oznacza to, że krople o średnicy powyżej 100 μm przemieszczają się na odległość dwa razy większą, gdy prędkość wiatru zwiększy się dwukrotnie. Poza wyborem najbardziej odpowiedniej pory przeprowadzenia zabiegu, który umożliwia ograniczenie znoszenia nawet o 50%, pozostają już tylko techniki ograniczające znoszenie (TOZ).

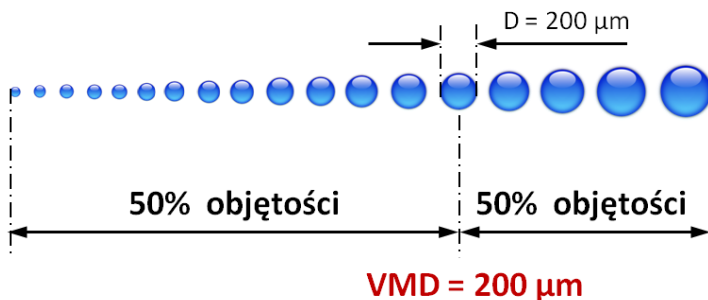
4.2. Wilgotność i temperatura powietrza

Słoneczna i bezwietrzna pogoda przy wysokiej temperaturze i niskiej wilgotności powietrza, to najgorsza pora na przeprowadzenie zabiegu opryskiwania. W takich warunkach występują ruchy konwekcyjne, które przemieszczają znoszone krople w nieprzewidywalnym kierunku. W takich warunkach obserwuje się wzmożone odparowanie (ewaporację) kropeł cieczy użytkowej, które tracą wówczas swoją masę i dłużej są zawieszone w powietrzu stając się bardziej podatne na

znoszenie. Na ewaporację bardziej podatne są drobne krople, ponieważ mają większy stosunek powierzchni zewnętrznej do objętości niż duże krople. Dowiedziono, że gdy nie zachodzi zjawisko ewaporacji, to krople o średnicy 100 μm wymagają nieco ponad 5 s na pokonanie w swobodnym spadku dystansu 1,5 m. Gdy natomiast wilgotność względna powietrza wynosi tylko 30%, a temperatura 25°C, następuje intensywne odparowanie cieczy. Wtedy ta sama kropla staje się o połowę mniejsza i zachowuje tylko 1/8 swojej objętości już po przebyciu 0,75 m. Nawet, gdy wilgotność jest znacznie wyższa (70%), przy tej samej temperaturze (25°C), kropla o średnicy 100 μm opadając o 1,5 m traci aż połowę swojej pierwotnej średnicy. Wprowadzie ewaporacja kropeł to problem dotyczący głównie kraje o suchym i gorącym klimacie, to występuje także w klimacie umiarkowanym, typowym dla naszych krajowych warunków.

4.3 Wielkość kropeł

Wielkość kropeł obok wiatru w największym stopniu decyduje o znoszeniu cieczy. Szczególnie podatne na znoszenie są drobne krople, które zawierają się w spektrum kropeł wytwarzanych przez większość stosowanych powszechnie rozpylaczy ciśnieniowych. Należy bowiem mieć na uwadze, że zakres średnic kropeł generowanych w tych rozpylaczach jest bardzo szeroki. Z tego powodu określanie wielkości kropeł na potrzeby praktyki rolniczej jest bardzo utrudnione.



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

Tabela 1. Klasyfikacja wielkości kropeł w oparciu VMD wg BCPC (British Crop Protection Council)

Wielkość kropeł	Wielkość kropeł VMD (μm)	
	Wartości graniczne	Wartości średnie
Bardzo drobne (<i>Very fine – VF</i>)	< 144	-
Drobne (<i>Fine – F</i>)	144 – 235	190
Średnie (<i>Medium – M</i>)	236 – 340	288
Grube (<i>Coarse – C</i>)	341 – 403	372
Bardzo grube (<i>Very Coarse – VC</i>)	404 - 505	454
Ekstremalnie grube (<i>Extremely Coarse</i>)	> 502	-

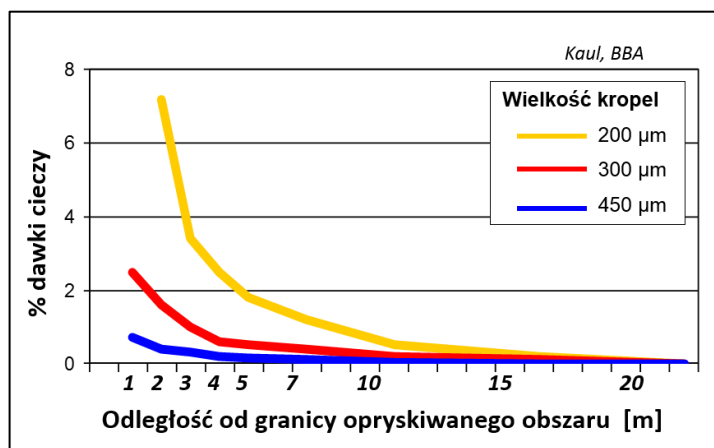
Wprowadzić dokładny pomiar liczby kropeł, w poszczególnych klasach wielkości jest już możliwy, to wyrażanie wielkości kropeł poprzez ich podawanie ich ilości w poszczególnych klasach wielkości jest mało praktyczne i trudne do wykorzystania przez przeciętnego użytkownika opryskiwacza. W związku z tym opracowano kilka różnych parametrów klasyfikujących wielkość kropeł. Spośród nich najczęściej stosowana jest średnica mediany objętościowej VMD (Volume Median Diameter). Na przykład VMD = 200 μm oznacza, że 50% objętości cieczy zawiera krople o średnicy mniejszej niż 200 μm , a drugie 50% objętości ma większą średnicę (Rys. 4). Wymiary kropeł są podawane w mikronach (1/1000 mm), a zamiast symbolu VMD spotyka się też inne, równoznaczne oznaczenia (D50, DV.5, D0.5). Obowiązującą klasyfikację kropeł przedstawiono w tabeli 1.

Drobne krople, dzięki niewielkiej masie, mogą być dłużej zawieszone w powietrzu od kropeł grubych i przez to są one bardziej podatne na przenoszenie przez prądy powietrzne. Kropla o średnicy 20 μm potrzebuje aż 4 minut, aby opaść na ziemię z wysokości 3 m. Wraz ze wzrostem wielkości kropeł czas ten znacząco maleje i wynosi dla kropeł o średnicy 100, 200 i 400 μm odpowiednio 11, 4 i 2 sekundy (Tab. 2).

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

Wielkość kropeł μm	1 000	400	200	100	10	1
Czas opadania	1 sek.	2 sek.	4 sek.	11 sek.	17 min	28 godz.

Uwaga: 1.000 μm = 1 mm



Rys. 5. Dystrybucja znośnej cieczy użytkowej dla kropeł cieczy o średnicy VMD=200; 300; 450 μm

Badania wykazały, że bardzo podatne na znoszenie są krople o średnicy poniżej 150 μm , gdyż dłuższy czas ich zawieszenia w powietrzu sprzyja ich przenoszeniu na znaczne odległości. I tak

krople o średnicy 20 μm mogą być przenoszone przez wiatr o prędkości około 5 km/godz. nawet na odległość 300 m, podczas gdy te o średnicy 400 μm opadają na ziemię już po 3 m (Rys. 5).

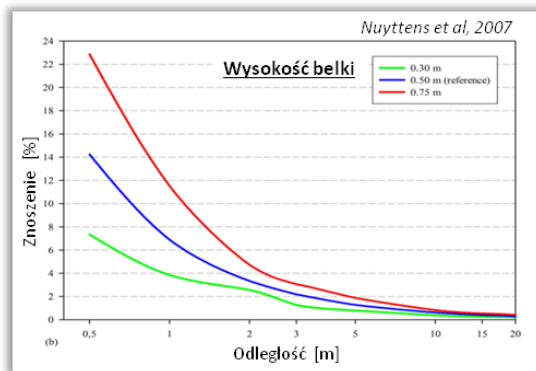
Znacznie bardziej wrażliwe na znoszenie są krople o średnicy poniżej 100 μm . Dowiedziono również, że podatność na znoszenie rośnie bardzo dynamicznie, gdy średnica kropeł jest mniejsza niż 75 μm . Drobne krople mogą dryfować w powietrzu na duże odległości, ponieważ ich masa jest niewielka. Zasięg opadających kropeł z wysokości 3,0 m i posiadających poziomą prędkość 1,4 m/s wynosi tylko ok. 2,5 m dla kropeł o średnicy 400 μm i aż 300 m dla drobnych kropeł, których wielkość wynosi tylko 20 μm . Jednocześnie krople o wielkości mniejszej niż 50 μm zazwyczaj odparowują zanim dotrą do celu, toteż nie powinny być one stosowane w opryskiwaniu roślin, ponieważ nie można kontrolować ich nanoszenia. Przedstawione przykłady wskazują, że nie powinno się stosować drobniejszych kropeł niż to jest potrzebne.

Wielkość kropeł zależy również w dużym stopniu od dawki cieczy. Podczas wykonywania doświadczeń polowych z użyciem rozpylaczy płaskostrumieniowych stwierdzono dwukrotnie większe znoszenie dla drobnych kropeł i dawki cieczy 100 l/ha niż dla kropeł średniej wielkości, gdy zabieg był wykonywany dawką 200 l/ha.

4.4 Prędkość robocza

Jedną z istotnych przyczyn znoszenia jest nadmierna prędkość robocza opryskiwania, gdyż wiąże się z wytwarzaniem ruchów powietrza podobnych do wiatru atmosferycznego, który jest głównym czynnikiem znoszenia. Ruch agregatu wytwarza wiatr względny równy prędkości roboczej. I tak, prędkość robocza 3,6 km/godz., odpowiada wiatrowi skierowanemu od czoła o prędkości 1 m/s, a 7,2 km/godz. jest równoważna z wiatrem 2 m/s. Liczne badania dowodzą, że podniesienie prędkości roboczej z 4 do 8 km/godz. podczas wiatru 3 m/s, zwiększało

znoszenie o połowę. Nadmierna prędkość robocza pociąga za sobą miejscowe zawirowania powietrza i skierowanie strumienia cieczy ku tyłowi, co w końcowym efekcie redukuje penetrację łanu roślin. Stwierdzono także, że zwiększanie prędkości roboczej skutkuje większym znoszeniem niż zmiana ciśnienia cieczy w zakresie 2,0 do 4,0 bar.



Rys. 6. Wysokość belki polowej – dystrybucja znoszonej cieczy

4.5. Wysokość położenia rozpylaczy

Liczne badania wskazują, że znoszenie maleje wraz z wysokością położenia belki polowej nad opryskiwaną powierzchnią. W związku z tym powinna ona być precyzyjnie ustalona stosownie do użytych rozpylaczy. Belka polowa nie może być położona zbyt nisko, gdyż maleje zasięg rozpylacza i rośnie ilość cieczy przypadająca na jednostkę powierzchni. Występują wówczas pasy pomiędzy rozpylaczami o niedostatecznym naniesieniu. Z kolei zbyt wysokie umiejscowienie belki zwiększa odległość pomiędzy rozpylaczem i opryskiwanym obiektem. A większa odległość, to mniejsza prędkość i energia kropeł, które stają się w ten sposób bardziej podatne na znoszenie (Rys. 6). Wykazano, że po zmianie

położenia belki polowej z 40 do 80 cm nad powierzchnię łanu roślin, przy słabym wietrze (1,5 m/s) aż siedmiokrotnie zwiększyło się znoszenie kropel grubych i dwukrotnie kropel drobnych. Z kolei w warunkach silniejszego wiatru (4,0 m/s) wzrost znoszenia był odpowiednio dwukrotny i czterokrotny.

4.6. Prędkość strumienia powietrza w belkach PSP

Dla opryskiwaczy polowych z pomocniczym strumieniem powietrza (PSP) zwiększanie prędkości powietrza korzystnie wpływa nie tylko na równomierność rozłożenia substancji aktywnej w roślinie lecz także ogranicza znoszenie. Podczas zwalczania chwastów wydajność strumienia powietrza należy ograniczyć do minimum, aby uniknąć odbijania się kropel cieczy od powierzchni gleby pozbawionej roślinności. Redukcję wydajności zaleca się z tego samego powodu podczas zabiegów wykonywanych krótko po wschodach roślin. Z kolei wyższe wydajności powietrza, a tym samym prędkości powietrza, zaleca się podczas opryskiwania gęstych łanów roślin w późniejszych fazach rozwojowych i podczas wietrznej pogody, dla wyższych prędkości roboczych, jak również podczas zabiegów drobnokroplistych.

5. PRZECIWDZIAŁANIE ZNOSZENIU

Opisany powyżej wpływ warunków atmosferycznych oraz wybranych parametrów roboczych na efekt znoszenia pozwalają nie tylko na wybór odpowiedniej pory lecz także najbardziej właściwej techniki opryskiwania podczas zabiegu ochrony.

5.1. Wybór odpowiedniej pory zabiegu

Kluczową rolę odgrywają zawsze warunki atmosferyczne. Stąd też wybór odpowiedniej pory zabiegu niemal zawsze jest najskuteczniejszym sposobem ograniczenia efektu znoszenia. Wydaje się, że jest to najtańszy sposób, gdyż pozornie nic nie kosztuje. Jest to mylne przekonanie, gdyż należy mieć na uwadze, że wymaga utrzymania znacznej rezerwy sprzętowej, którą można wykorzystać tylko w tzw. „oknie zabiegowym” przy sprzyjających warunkach atmosferycznych.

5.1.1. Planowanie zabiegu

Zabieg opryskiwania powinien być dobrze zaplanowany, gdyż wymaga odpowiedniego przygotowania sprzętu i ś.o.r. Z tego powodu należy zapoznać się z lokalną prognozą pogody i aktualnymi warunkami atmosferycznymi. W związku z tym, że warunki pogodowe mogą zmienić się podczas trwania zabiegu, dobrym nawykiem jest stałe monitorowanie prędkości wiatru. Bardzo przydatne do tego celu są proste przenośne anemometry (Rys. 7), a gdy nie są one dostępne należy bacznie obserwować zachowanie się roślin, dymu, itp. i na tej podstawie szacować prędkość wiatru (Tab. 3).

5.1.2. Prędkość i kierunek wiatru

Jednym ze sposobów na uniknięcie niekorzystnego oddziaływania wiatru jest wybór odpowiedniej pory przeprowadzenia zabiegu. Należy unikać przeprowadzania zabiegów podczas słonecznej, bezwietrznej pogody przy wysokiej temperaturze i niskiej wilgotności powietrza. Najlepszą porą na

przeprowadzanie opryskiwań są godziny nocne i późno popołudniowe. Niezbyt odpowiednim okresem jest wczesny poranek i okres bezwietrznej pogody, gdy często występuje zjawisko inwersji. Zazwyczaj ruch ciepłego powietrza odbywa się ku górze, gdzie ulega ono ochłodzeniu, ponieważ temperatura zmniejsza się w tempie $1,5^{\circ}\text{C}/300\text{ m}$, a następnie opada ku ziemi. Następuje wówczas mieszanie się mas powietrza, a zawieszone krople znoszonej cieczy ulegają rozproszeniu w atmosferze.



Rys. 7. Anemometry do pomiaru prędkości wiatru

Warstwa ciepłego powietrza zalega wówczas poziomo na pewnej wysokości i uniemożliwia wymieszanie się mas powietrza. Masy zimniejszego powietrza przemieszczają się wtedy poziomo, wraz z kroplami cieczy zawieszonymi w powietrzu, nawet na odległość wielu kilometrów stwarzając zagrożenie dla otoczenia. Inwersyjne ruchy powietrza związane są z dziennym cyklem atmosferycznym i najczęściej występują wczesnym rankiem, gdy przy gruncie zalegają warstwy zimnego powietrza. Ustępują one w godzinach przedpołudniowych pod wpływem działania wiatru i promieni słonecznych, które przywracają swobodne mieszanie się powietrza w atmosferze. Można wtedy powrócić do przerwanych zabiegów opryskiwania. Gdy prędkość wiatru rośnie, należy liczyć się ze zwiększaniem zasięgu znoszonej cieczy, a gdy przekracza 3 m/s , to obecnie

obowiązujące przepisy nakazują wstrzymanie zabiegu opryskiwania.

Tabela 3. Sposób określania prędkości wiatru

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

5.1.3. Wilgotność i temperatura powietrza

Wprowadzie wilgotność i temperatura powietrza nie wpływają na znoszenie w takim stopniu jak wiatr i wielkość kropel, to wpływu tych czynników nie można bagatelizować z powodu ewaporacji (odparowania) kropel. Zjawisko to zachodzi niemal w każdych warunkach atmosferycznych. Jednak jest znacznie wolniejsza podczas niskiej temperatury – na przykład wczesnym rankiem lub późnym popołudniem i nocą. O tej porze doby wyższa jest także wilgotność powietrza i mniejsza prędkość wiatru. W związku z tym jest to najbardziej dogodna pora na wykonywanie opryskiwania nie tylko z powodu mniejszego odparowywania kropel cieczy, lecz również braku wiatru.

Najlepsze warunki pogodowe na wykonanie zabiegu:

- wiatr poniżej 2 m/s,
- temperatura umiarkowana (10-20°C)
- wilgotność wysoka (powyżej 50%)

Tabela. 4. Dobór rozpylaczy (wielkości kropeł) w zależności od warunków pogodowych



najlepszy wybór



dobra alternatywa



nie stosować

Warunki pogodowe		OPTYMALNE Wiatr 0,5 – 1,5 m/s			NORMALNE Wiatr 1,5 – 2,0 m/s		WIETRZNE Wiatr 2,0 – 3,0 m/s	
Wielkość kropeł								
		Drobnie	Średnie	Grube	Średnie	Grube	Grube	B. Grube
Herbicydy	Doglebowo							
	Chwasty jednoliścienne							
	Chwasty dwuliścienne							
Fungicydy	Kontaktowe							
	Systemiczne							
Zoocydy	Kontaktowe							
	Gazowe i systemiczne							

5.2. Technika opryskiwania

Przedstawione powyżej czynniki wpływające na zagrożenia dla terenów podlegających szczególnej ochronie, a zwłaszcza dla wód powierzchniowych, uzasadniają potrzebę indywidualnego podejścia uwzględniającego specyficzne warunki wykonania zabiegu. Operator opryskiwacza nie ma wpływu na warunki atmosferyczne, a zbyt długie oczekiwanie na odpowiednią pogodę nie zawsze jest możliwe, ponieważ zagraża terminowemu wykonaniu zabiegów i tym samym biologicznej

skuteczności ochrony. W takiej sytuacji konieczne staje się podjęcie innych kroków, które ograniczą efekt znoszenia do minimum. Znaczne możliwości z tego zakresu oferuje technika opryskiwania, a w niej wybór odpowiednich parametrów roboczych. Kluczową rolę w redukcji znoszenia poza strefę opryskiwania odgrywają techniki ograniczające znoszenie (TOZ), do której należą następujące grupy rozwiązań:

- rozpylacze (typ, wielkość, ciśnienie)
- opryskiwacze (technika PSP),
- parametry pracy opryskiwacza (np. prędkość robocza, wysokość belki polowej, prędkość strumienia powietrza),

Możliwe są też kombinacje tych rozwiązań. Wymienione powyżej techniki redukują efekt znoszenia poprzez zwiększanie wielkości kropeł, osłanianie strefy opryskiwania lub przez przeciwdziałanie niekorzystnemu wpływowi wiatru na zabieg opryskiwania.

5.2.1. Zwiększanie wielkości kropeł

Powszechnie wiadomo, że średnica kropeł zależy od wielkości rozpylaczy (natężenia wypływu) i ciśnienia cieczy. Z badań wynika, że zmniejszanie ciśnienia z 2,8 do 1,4 bar w rozpylaczach płaskostrumieniowych redukuje o 50% ilość kropeł o średnicy poniżej 100 μm , które są najbardziej podatne na znoszenie. Inny sposób wytwarzania grubych kropeł polega na użyciu rozpylaczy tradycyjnych o większym wydatku. Wadą takiej metody jest nieuchronny wzrost dawki cieczy wraz z wielkością rozpylacza, co nie zawsze jest pożądane. Można wówczas, dla utrzymania tej samej dawki wody, obniżyć ciśnienie cieczy.

Wprawdzie użycie rozpylaczy o podwyższonym natężeniu wypływu i redukcja ciśnienia cieczy jest najprostszym i najtańszym sposobem na zwiększanie wielkości kropeł wytwarzanych przez tradycyjne rozpylacze hydrauliczne, to efekty takiej metody są niewystarczające. W związku z tym

wprowadzono do praktyki rolniczej rozpylacze niskoznoszeniowe i eżektorowe skonstruowane specjalnie w celu wytwarzania grubszych kropel, niż było to dotąd możliwe za pomocą rozpylaczy standardowych. Zaletą redukcji znoszenia za pomocą rozpylaczy są umiarkowane koszty stosowania tej metody i możliwość jej użycia niemal w każdym opryskiwaczu, bez potrzeby ingerowania w jego konstrukcję.



Rys. 8. Rozpylacze niskoznoszeniowe

Rozpylacze niskoznoszeniowe są wyposażone w dodatkową kalibrowaną „kryzę”, która obniża ciśnienie cieczy docierającej do dyszy wylotowej (Rys. 8). Obniżenie ciśnienia w rozpylaczu nie tylko ogranicza zużycie dyszy wylotowej, ale również zmniejsza udział drobnych kropel, które są najbardziej podatne na znoszenie. Z kolei dławienie przepływu redukuje energię kropel, która jest niższa niż dla rozpylaczy tradycyjnych. Toteż dla uzyskania właściwego rozkładu poprzecznego zaleca się użycie nieco wyższych ciśnień roboczych.

W ostatnich latach znaczenie rozpylaczy niskoznoszeniowych systematycznie maleje, gdyż zostały one niemal całkowicie wyparte przez **rozpylacze eżektorowe** wytwarzające znacznie grubsze krople (Rys. 9). Dzięki specjalnej budowie wykorzystują one efekt Venturiego, w którym strumień cieczy zasysa przez charakterystyczny otwór zewnętrzne powietrze w stosunku zbliżonym do 1:1. W specjalnej komorze,

w wyniku mieszania cieczy i powietrza, następuje napowietrzenie kropeł przed ich formowaniem w dyszy wylotowej. Dzięki temu krople stają się znacznie większe ($VMD = 300\text{--}600\text{ }\mu\text{m}$) od tych wytwarzanych przez rozpylacze tradycyjne i niskoznoszeniowe. Rozpylacze eżektorowe ograniczają efekt znoszenia w uprawach płaskich o 50-75%, a nawet o 90%. Wśród znanych rozwiązań rozpylaczy eżektorowych są wersje „krótkie” (kompaktowe) i „długie”. Pierwsze z nich wytwarzają krople grube, a drugie bardzo grube. Rozpylacze kompaktowe charakteryzują się mniejszym spadkiem ciśnienia w rozpylaczu, ponieważ mają krótszą komorę wewnętrzną. Mogą również pracować przy niższych ciśnieniach (1–1,5 bar) niż ich „długie” odpowiedniki (2–3 bar). Niższe zwykle jest również ciśnienie maksymalne, które wynosi dla odmiany „krótkiej” do 6 bar, a dla „długiej” do 8 bar (Rys. 10).



Rys. 9. Rozpylacze płaskostrumieniowe: eżektorowy (z lewej), standardowy (z prawej)



Rys. 10. Rozpylacze eżektorowe płaskostrumieniowe (od lewej): „długi”, dwustrumieniowy, kompaktowy jednostrumieniowy

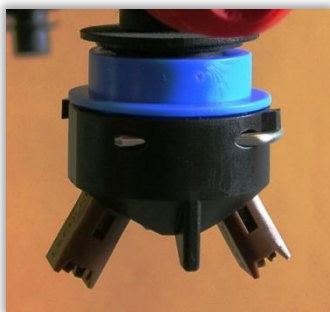
Rozpylacze eżektorowe są idealną propozycją na wietrzną pogodę, gdy prędkość wiatru przekracza 2,0 m/s. W takich warunkach zapewniają dobrą penetrację łąnu, gdyż wytwarzają krople o dużej masie i energii. Dlatego zaleca się je do opryskiwania wysokich i gęstych upraw oraz do herbicydów doglebowych. Redukcja znoszenia przez zwiększanie wielkości kropli jest stosunkowo łatwa i relatywnie tania. Dzięki temu rozpylacze eżektorowe stały się na tyle popularne, że niekiedy są nawet nadużywane. Zapomina się, że ze średnicą kropli wiąże się pokrycie rośliny i w końcowym efekcie skuteczność biologiczna ochrony. Wprowadzili liczne badania naukowe dowodzą, że rozpylacze eżektorowe są niemal tak samo skuteczne jak tradycyjne, to stwierdzano również przypadki niższej skuteczności ochrony przy użyciu tych rozpylaczy. Dlatego też, gdy ryzyko znoszenia jest niewielkie, na przykład podczas

sprzyjających warunków atmosferycznych, należy używać rozpylaczy standardowych.



Rys. 11. Rozpylacz eźektorowy dwustrumieniowy

Do bardziej specjalistycznych zastosowań wykorzystuje się **rozpylacze dwustrumieniowe** (Rys. 11, 12). Mają one różne zastosowania w zależności od kąta pojedynczych strumieni jak i wzajemnego ich rozmieszczenia. Bardzo przydatne w ochronie przed chorobami wymagającymi dokładnego pokrycia trudnodostępnych organów roślin są rozpylacze $2 \times 120^\circ$. Wytwarzają one dwa symetryczne strumienie cieczy o kącie 120° , odchylone od płaszczyzny pionowej $+30^\circ$ i -30° . Są również znane rozpylacze dwustrumieniowe o innych kątach odchylenia strumieni kropeł, które nie zawsze są rozstawione symetrycznie. Należy przy tym pamiętać, że tego rodzaju rozpylacze są bardziej podatne na zapychanie w porównaniu ze swoimi standardowymi odpowiednikami o tym samym wydatku, gdyż wypływ tej samej ilości cieczy odbywa się przez dwie dysze. Z tego powodu pole przepływu każdej z nich jest mniejsze niż dla jednej dyszy.

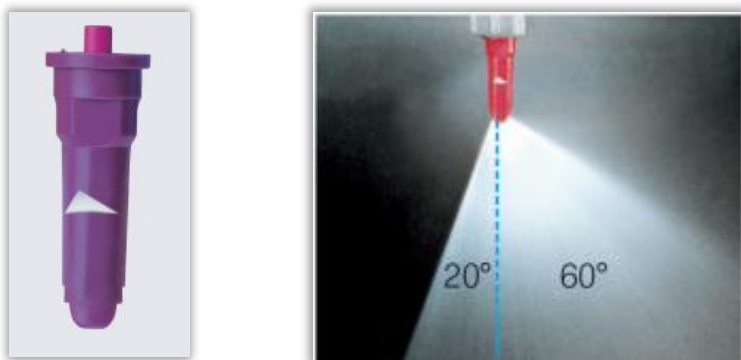


Rys. 12. Głowica z rozpylaczami eżektorowymi i rozpylacz eżektorowy dwustrumieniowy

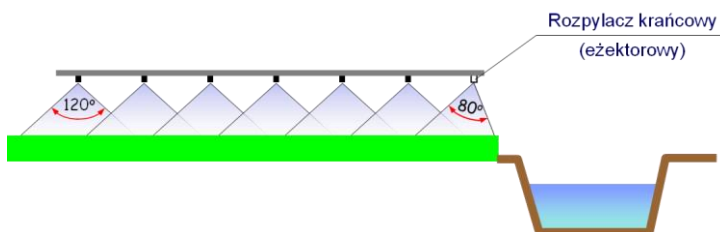
Pojawiły się także eżektorowe wersje rozpylaczy dwustrumieniowych, które oferuje już każdy liczący się producent. Są one oferowane w dwóch wersjach rozwiązań. Pierwsza z nich jest zbudowana z dwóch standardowych rozpylaczy eżektorowych umieszczonych w specjalnej głowicy, która nadaje właściwe odchylenie płaszczyzn strumieni cieczy. Prostsza i przez to tańsza wersją są jednoczęściowe rozpylacze dwustrumieniowe zbliżone swoim wyglądem do kompaktowych rozpylaczy eżektorowych. Pierwotnie rozpylacze dwustrumieniowe dedykowano do ochrony roślin trudnych do opryskiwania (np. ziemniaki, warzywa, rzepak), gdzie dzięki swoim zaletom zajmują dotychczasowe miejsce rozpylaczy płaskostrumieniowych standardowych. Wypełniają przy tym lukę pomiędzy rozpylaczami standardowymi i eżektorowymi wytwarzając krople o pośredniej wielkości.

W ostatnim okresie coraz powszechniej wprowadza się tak zwane **rozpylacze krańcowe**. Zazwyczaj są to asymetryczne rozpylacze eżektorowe montowane po obydwu końcach belki polowej (Rys. 13, 14). Umożliwiają one wyraźne „odcinanie” powierzchni opryskiwanej od pasów ochronnych w sąsiedztwie

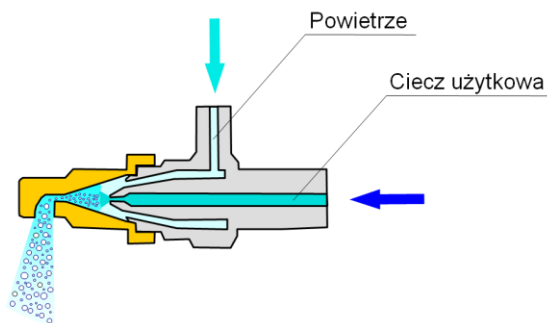
wód powierzchniowych lub wrażliwych upraw. Ich użycie jest już obowiązkowe w niektórych krajach np. w Holandii podczas zabiegów w sąsiedztwie wód powierzchniowych.



Rys. 13. Rozpylacz eżektorowy krańcowy



Rys. 14. Sposób zastosowania rozpylacza krańcowego



Rys. 15. Rozpylacz hydrauliczno-pneumatyczny – schemat



Rys. 16. Rozpylacz hydrauliczno-pneumatyczny

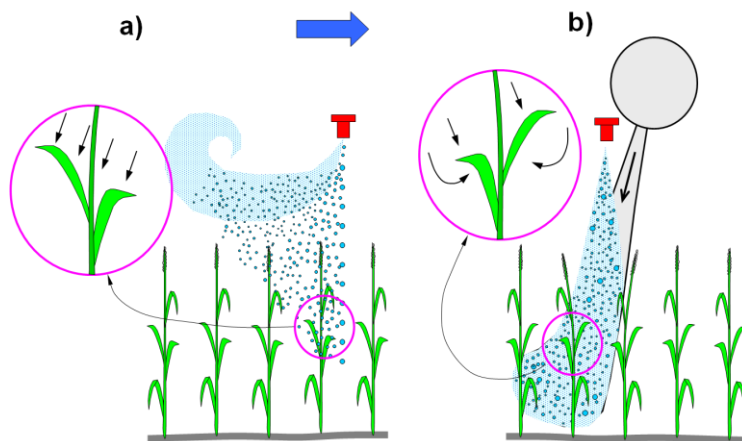
W rozpylaczach ciśnieniowych wielkość generowanych kropeł zależy od typu i wielkości rozpylacza. Co prawda może być ona modyfikowana w niewielkim zakresie przez zmianę ciśnienia cieczy, ale każda zmiana ciśnienia pociąga za sobą także zmianę wydatku rozpylacza. Oznacza to brak niezależnej regulacji wydatku i wielkości kropeł w rozpylaczach ciśnieniowych. Taką możliwość oferują **rozpylacze ciśnieniowo-pneumatyczne** (Rys.

15, 16) niekiedy zwane także dwuczynnikiowymi, w których wytwarzanie kropeł odbywa się przy udziale energii sprężonej cieczy i powietrza. Choć w potocznym użyciu funkcjonuje termin rozpylacz ciśnieniowo-pneumatyczny, to należy pod tym pojęciem rozumieć cały układ rozpylający składający się z rozpylacza i korpusu, do którego jest doprowadzona ciecz i powietrze pod ciśnieniem. Dzięki takiemu rozwiązaniu przez zmianę ciśnienia powietrza można regulować wielkość kropeł niezależnie od wydatku rozpylacza. Wprawdzie rozpylacze ciśnieniowo-pneumatyczne dają szerokie możliwości regulacji wielkości kropeł, to skala ich zastosowania, w porównaniu z rozpylaczami redukującymi znoszenie, jest ograniczona ze względu na dość kosztowne wyposażenie całego układu rozpylającego w sprężarkę dużej wydajności i układu chłodzenia powietrza.

Tabela 5. Wybrane rozpylacze jako TOZ (Techniki Ograniczające Znoszenie) wg JKI (Braunschweig) - uprawy polowe

Lp.	Producent	Rodzaj i wielkość rozpylacza	Ciśnienie <i>bar</i>	Redukcja znoszenia
1.	Lechler	ID, 120-02	3-3,5	50
2.	Teejet	TT VP, 110-04	1-1,5	50
3.	Lechler	ID, 120-03	3	75
4.	Teejet	AI VS, 110-03	2,5	75
5.	Lechler	IDKT, 120-04	1	90
6.	Teejet	TTI VP, 110-05	1-2	90

5.2.2. Belka polowa z pomocniczym strumieniem powietrza (PSP)



Rys. 17. Penetracja łanu podczas opryskiwania:
a) standardową belką polową, b) belką PSP

Wprawdzie rozpylacze eżektorowe różnych typów i wielkości wytwarzające krople o większej średnicy od ich standardowych odpowiedników są najliczniej reprezentowanymi technikami ograniczającymi znoszenie, to za najbardziej doskonałą pod względem znoszenia i skuteczności uważa się opryskiwacze z pomocniczym strumieniem powietrza (PSP). Wśród wielu znanych rozwiązań najczęściej spotyka się konstrukcje wyposażone w napędzany hydraulicznie wentylator osiowy i elastyczne rękawy z tworzywa sztucznego rozprowadzające powietrze.



Rys. 18. Belka PSP – wentylator wyłączony

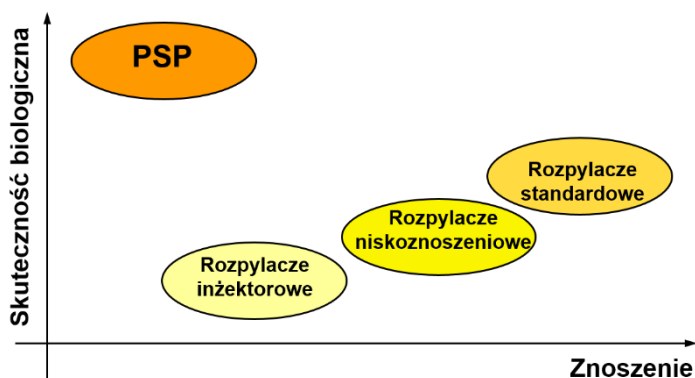


Rys. 19. Belka PSP – wentylator włączony

W dolnej części rękawa są zlokalizowane otwory lub szczelina wylotowa sąsiadująca z sekcjami opryskowymi. Powietrze wypływające przez szczelinę formuje kurtynę, która kieruje rozpyloną cieczą w opryskiwany łan. Pomocniczy strumień powietrza ułatwia penetrację nawet w gęstych łanach roślin przez cieczą użytkową i wydatnie zmniejsza znoszenie cieczy. Umożliwia również bezpieczne użycie drobnych kropel, które dają większe pokrycie niż krople grube (Rys. 17-19). Poprzez zmianę wydajności strumienia powietrza można regulować zasięg cieczy użytkowej w zależności od lokalizacji zwalczanych chorób lub szkodników.

Wszechstronne badania techniki PSP wskazują na możliwość obniżenia dawki środka ochrony roślin o 15–20% w stosunku do techniki tradycyjnej. Niższe są też koszty wykonywania zabiegów, pomimo wyraźnie wyższej ceny maszyny. Składają się na to nie tylko oszczędności ś.o.r., ale również niemal dwukrotnie wyższa wydajność wynikająca z możliwości wykonywania zabiegów z większymi prędkościami roboczymi (do 12 km/godz.), przy obniżonych dawkach cieczy (do 50–100 l/ha). Lepsza jest także terminowość zabiegów dzięki możliwości ich wykonywania

podczas wietrznej pogody, gdy użycie technik tradycyjnych nie jest możliwe. Jednocześnie jest to technika bardziej przyjazna środowisku, ponieważ nawet przy prędkości wiatru 8,5 m/s znoszenie jest na tym samym poziomie, jak dla zabiegów wykonywanych w warunkach optymalnych (1,5 m/s) techniką tradycyjną, przy 2÷3 - krotnie mniejszej emisji ś.o.r. do środowiska (Rys. 20)



Rys. 20. Skuteczność i wielkość znoszenia dla wybranych technik opryskiwania

5.2.3. Belka polowa z otwieraczem łanu - Släpduk

W Szwecji zastosowano mechaniczny otwieracz łanu Släpduk (Rys. 21) podwieszony pod belką polową, który umożliwia prowadzenie rozpylaczy na wysokości wierzchołków opryskiwanych roślin. W tym celu zamontowano wzdłuż belki polowej lekką płytę nachyloną pod kątem 50–60° do powierzchni gruntu osłaniającą rozpylacze. Dolna krawędź płyty przemieszcza się kilkanaście centymetrów nad powierzchnią gleby lub roślin w wczesnych fazach rozwojowych. W późniejszych fazach płyta jest częściowo zagłębiona w łanie i ślizga się po wierzchołkach roślin. Następuje wówczas pochylanie roślin i delikatne

„otwieranie łanu”, a w miejsce utworzonej ruchomej szczeliny rozluźnionych roślin kierowana jest ciecz z tradycyjnych rozpylaczy hydraulicznych. W takich warunkach penetracja łanu przez krople cieczy jest ułatwiona, a mechaniczne i aerodynamiczne oddziaływanie ekranu zwiększa równomierność i wielkość naniesienia ś.o.r. Przeprowadzone badania wykazały, że system Släpduk wykazuje 75% ograniczenie znoszenia dla rozpylaczy tradycyjnych i aż 99% dla eżektorowych.



Rys. 21 Belka polowa z otwieraczem łanu - Släpduk

5.3. Wybór parametrów roboczych

5.3.1. Redukcja prędkości roboczej

Wyższa prędkość robocza to większa wydajność pracy, krótszy czas zabiegu i lepsza terminowość zabiegów ochrony. Prędkość robocza nie może być jednak zbyt wysoka, ponieważ maleje wówczas równomierność rozłożenia ś.o.r. w łanie roślin i rosną straty wywołane znoszeniem. Prędkość opryskiwania zależy od wielkości i gęstości chronionych roślin oraz prędkości wiatru. Podczas opryskiwania płaskich upraw polowych nie powinno się

przekraczać 7 km/godz. Z wyższymi prędkościami, sięgającymi nawet 12 km/godz., można wykonywać zabiegi przy użyciu opryskiwaczy PSP i rozpylaczy grubokroplistych. Dla uzyskania odpowiedniej penetracji gęstych łąnów roślin lub, gdy zabieg przeprowadza się podczas wietrznej pogody (ponad 2 m/s), należy wybrać niższe prędkości robocze z zakresu 4–5 km/godz. (Rys. 22).



Rys. 22. Nadmierna prędkość robocza zwiększa efekt znoszenia



5.3.2. Obniżenie wysokości belki polowej

Standardowa wysokość belki polowej dla kąta rozpylania 110-120° wynosi 50 cm. Choć dla takiego kąta rozpylania można uzyskać równomierny rozkład poprzeczny cieczy już dla wysokości 33 cm, to ze względu na wahania belki w płaszczyźnie pionowej zaleca się utrzymanie wysokości równej 50 cm nad opryskiwanym łanem roślin. Należy przy tym pamiętać, że zbyt nisko położona jest przyczyną nierównomierności w poprzecznej dystrybucji cieczy użytkowej.



Rys. 23. Nadmierna wysokość belki polowej zwiększa efekt znoszenia



W celu ograniczenia znoszenia na wyrównanych polach można wykonywać zabiegi przy belce położonej 35-40 cm nad łanem roślin (Rys. 23). W największych opryskiwaczach polowych, z belkami o długości powyżej 36 m utrzymanie belki na wysokości 50 cm jest utrudnione. Zaleca się wówczas użycie rozpylaczy płaskostrumieniowych o kącie rozpylania 80–90° i umiejscowienie belki na wysokości 70 cm.

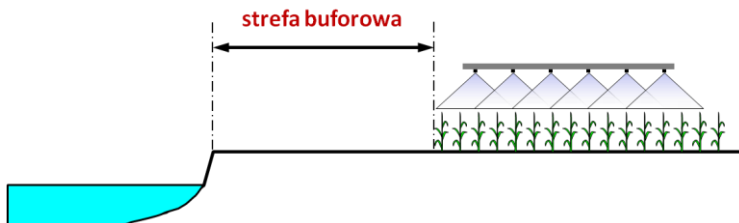
6. ZABIEGI W SĄSIEDZTWIE OBSZARÓW WRAŻLIWYCH - STREFY BUFOROWE

Największe zagrożenia dla środowiska występują w trakcie opryskiwania obrzeży pól i pokonywania uwroci podczas wiatru skierowanego w stronę obszarów wrażliwych podlegającej szczególnej ochronie. Zatem szczególną ostrożność należy zachować podczas wykonywania zabiegów w sąsiedztwie, wód powierzchniowych, pasiek, dróg publicznych. W tych miejscach oczekuje się od operatora właściwej reakcji polegającej na prawidłowej korekcie parametrów zabiegu lub odcięcia dopływu cieczy do rozpylaczy. Logicznym sposobem zabezpieczenia tych terenów przed zanieczyszczeniem ś.o.r., szczególnie zaś przed znoszeniem cieczy użytkowej, jest utworzenie stref ochronnych zwanych także buforowymi (ang. buffer zones) (Rys. 24, 25).

Strefa buforowa to powierzchnia o zdefiniowanej szerokości oddzielająca miejsce wykonywania opryskiwania od obszarów chronionych, gdzie stosowanie ś.o.r. jest zabronione

Ponadto należy mieć na uwadze, że rozcieńczenie ś.o.r. w wąskich ciekach wodnych o niewielkim przepływie, na przykład w rowach melioracyjnych, jest znacznie mniejsze niż w rzece o kilkunastometrowej szerokości. W takich warunkach istotny wpływ na wielkość skażenia ma również kierunek opryskiwania,

który powinien być zawsze przeciwnie skierowany do kierunku przepływu wody.



Rys. 24. Strefa ochronna (buforowa).



Rys. 25. Szerokość strefy buforowej musi być dostosowana do istniejących zagrożeń.

Najbardziej niekorzystną sytuacją jest wykonywanie zabiegów przy kierunku i prędkości roboczej zgodnej z przepływającą wodą. Wówczas chwilowe miejscowe stężenie substancji

aktywnej w wodzie może przekroczyć dopuszczalny poziom. Ochronie powinny podlegać również wyschnięte cieki (koryta strumieni, rowy melioracyjne). Jakkolwiek są one okresowo pozbawione wody, ale muszą być zabezpieczone przed bezpośrednim kontaktem ze środkami ochrony.

W sąsiedztwie stref buforowych należy przeciwdziałać znoszeniu cieczy wszelkimi możliwymi metodami. W związku z tym zaleca się:

- stosowanie grubych i bardzo grubych kropel i innych technik ograniczających znoszenie podczas zabiegów wykonywanych z wyższymi prędkościami roboczymi (ponad 8,0-10 km/godz.),
- zredukowanie prędkość roboczą do 6,0 km/godz. dla zabiegów drobnokroplistych
- obniżenie wysokości położenia belki polowej do 35-40 cm,
- stosowanie dolnego zalecanego zakresu ciśnień roboczych i górnego dawek cieczy.

Istotną rolę w ograniczeniu znoszenia odgrywa odcinanie dopływu cieczy na uwrociach pola przez wyłączanie rozpylaczy precyzyjnie na granicy uprawy. W przypadku nieregularnego kształtu pola np. w kształcie klina, należy kolejno wyłączać dopływ cieczy do sekcji sięgających poza obszar uprawy.

Środki ochrony roślin w sąsiedztwie obszarów chronionych mogą być stosowane w odległości nie mniejszej niż szerokość strefy buforowej. Jakkolwiek regulacje prawne obowiązujące w dniu przygotowania niniejszego opracowania przewiduje stosowanie stref o stałej szerokości (20 m), to w niedalekiej przyszłości należy oczekiwać wprowadzenia oficjalnie zatwierdzonej procedury, w której rolnik sam będzie ustalał szerokość strefy buforowej w zależności od użytego preparatu i stosowanej techniki opryskiwania. Wymaga to wdrożenia w kraju

jednolitej procedury, wzorem przodujących rolniczo Krajów UE, umożliwiającej stosowanie stref buforowych o zróżnicowanej szerokości. Takie podejście będzie motywowało rolników do podejmowania świadomych decyzji i poszukiwania proekologicznych rozwiązań w technice opryskiwania. Będzie również sprzyjać ograniczaniu zagrożeń dla środowiska, podniesie świadomość ekologiczną rolników, co przyczyni się do poprawy klimatu wokół chemicznej ochrony roślin.