

AGROLA



PRAWIDŁOWE OPRYSKIWANIE SADÓW

PRAKTYCZNE ZALECENIA DLA UŻYTKOWNIKÓW OPRYSKIWACZY SADOWNICZYCH



Niniejsze opracowanie zawiera informacje zgodne z najlepszą wiedzą autora z zakresu techniki opryskiwania roślin.

Wydawca oraz autor pracy zastrzegają, że zalecenia zawarte w poradniku mają charakter ogólny i korzystając z nich należy w każdym przypadku brać pod uwagę specyficzne uwarunkowania miejsca, czasu i okoliczności oraz uwzględniać w pierwszej kolejności zalecenia zawarte w etykiecie-instrukcji środka ochrony roślin.

Autor i wydawca nie ponoszą odpowiedzialności za szkody powstałe na skutek podjęcia, bądź zaniechania działań, w wyniku wykorzystania informacji zawartych w niniejszej publikacji.

Ze względu na możliwe nowelizacje przepisów i zasad dotyczących stosowania środków ochrony roślin, polecane jest weryfikowanie zaleceń zgodnie z wprowadzonymi zmianami.

Niniejsza publikacja może być reprodukowana w całości lub w części, jedynie w celach nie komercyjnych i zawsze z podaniem źródła oraz zezwolenia wydawcy.

PRAWIDŁOWE OPRYSKIWANIE SADÓW - praktyczne zalecenia dla użytkowników opryskiwaczy sadowniczych

Tekst:

Prof. dr hab. Ryszard Hołownicki
Kierownik Zakładu Agrotechnologii
Instytut Ogrodnictwa w Skierniewicach

Rysunki i fotografie:
ZHP „AGROLA”



Wydawca: Niegowski Zdzisław „AGROLA” Zakład Handlowo – Produkcyjny
Płatkownica 84; 07-140 Sadowne
<http://www.agrola.com.pl>; e-mail: info@agrola.com.pl

Spis treści:

Wstęp - bezpieczeństwo przede wszystkim	6
1. Znoszenie cieczy użytkowej jest niepożądane.....	6
1.1 Czynniki znoszenia	7
2. Opryskiwacze sadownicze	11
2.1 Jaki wentylator?.....	11
2.2 Rozpylacze dla upraw sadowniczych	15
2.3 Wyposażenie opryskiwacza	16
3. Parametry opryskiwacza i warunki zabiegu.....	17
3.1 Wydajność strumienia powietrza	17
3.2 Wydajność powietrza, a prędkość robocza	21
3.3 Kierunek strumienia powietrza	1
3.4 Wiatr jest poważnym utrudnieniem.....	23
4. Regulacja opryskiwacza	25
4.1 Wydajność powietrza	25
4.2 Kierunek powietrza.....	26
4.3 Prędkość robocza.....	27
4.4 Dawka wody	28
4.5 Rodzaj i liczba rozpylaczy.....	1
4.6 Wydatek rozpylaczy i ciśnienie cieczy.....	30
5. Kalibracja opryskiwacza - procedura	33
5.1 Ustal wydajność wentylatora, kierunek strumienia powietrza i rodzaj rozpylaczy.....	33
5.2 Ustal liczbę rozpylaczy	34
5.3 Wyznacz prędkość roboczą.....	35
5.4 Wyznacz dawkę cieczy.....	36
5.5 Oblicz wydatek pojedynczego rozpylacza.....	37
5.6 Wybierz wielkość rozpylacza i ciśnienie cieczy.....	37
5.7 Sprawdź rzeczywisty wydatek rozpylacza	38
5.8 Wyznacz ilość ś.o.r. niezbędną do wykonania zabiegu	39
6. Skrócona procedura kalibracji opryskiwacza sadowniczego	40

Wstęp - bezpieczeństwo przede wszystkim

Celem opryskiwania jest zapewnienie skutecznej ochrony roślin, przez terminową i równomierną dystrybucję środków ochrony roślin (ś.o.r.) na wszystkie organy roślin, przy ograniczonych do minimum zagrożeniach dla operatora i środowiska. Wprawdzie opryskiwacz sadowniczy nie jest zbyt skomplikowaną maszyną, ale za to technika ochrony sadów jest znacznie trudniejsza niż dla płaskich upraw polowych. Za takim przekonaniem przemawiają niezwykle wysokie straty wywołane znoszeniem, które w sadach przekracza nawet 80-90% strat cieczy użytkowej. Znoszona ciecz jest nie tylko stratą w wymiarze ekonomicznym, lecz także zagrożeniem dla sąsiadujących upraw oraz ludzi i zwierząt w znacznie większym stopniu, niż podczas opryskiwania innych upraw. Z tych powodów opryskiwanie sadów jest przedmiotem licznych ograniczeń, w tym zwłaszcza dotyczących stref ochronnych, które są znacznie szersze, niż dla płaskich upraw polowych.

Obok problemów ze znoszeniem kluczowym problemem dla użytkowników opryskiwacza zawsze będzie skuteczność biologiczna zabiegu, o której decydują właściwie dobrane ś.o.r., warunki zabiegu oraz sprawny i poprawnie wyregulowany opryskiwacz. Mając na uwadze wysokie koszty ochrony i potrzebę zapewnienia bezpieczeństwa dla siebie, swoich bliskich i otoczenia, warto poświęcić chwilę, aby poznać się z zasadami racjonalnej ochrony sadów.

Użytkownicy opryskiwaczy powinni zachować wiele ostrożności i przestrzegać zasad dobrej praktyki rolniczej, które obejmują m.in. integrowaną ochronę roślin. Szczególną rolę odgrywa właściwe użycie środków ochrony osobistej oraz zapobieganie negatywnemu wpływowi ś.o.r. na środowisko, przez właściwe postępowanie z preparatami i resztkami cieczy użytkowej. W związku z tym, że wymienione powyżej zagadnienia są przedmiotem obowiązkowych „szkoleń chemizacyjnych”, pominięto je w niniejszym opracowaniu, a skoncentrowano się na technicznej stronie zabiegów opryskiwania.

1. Znoszenie cieczy użytkowej jest niepożądane











Znoszenie, to część cieczy użytkowej w postaci kropeł lub części stałych, która przenoszona jest prądami powietrznymi, poza opryskiwane rośliny, podczas wykonywania zabiegu lub bezpośrednio po zabiegu, z opryskiwanego obiektu na obiekt nieopryskiwany. Czyli jest to substancja aktywna, która nie została naniesiona na opryskiwane obiekty podczas opryskiwania upraw sadowniczych. Zjawisko znoszenia od zawsze towarzyszy zabiegom opryskiwania roślin, a jego całkowita eliminacja nie jest możliwa.

Szczególnie wysokie straty wywołane znoszeniem obserwuje się w sadach po wprowadzeniu opryskiwaczy wentylatorowych. Przekraczają one 80% w fazie pełnego ulistnienia i nawet 90% w okresie bezlistnym. Z tego powodu znoszenie jest uważane za działanie niezamierzone, które niesie za sobą negatywne skutki w wymiarze ekologicznym, będąc źródłem *zanieczyszczenia* środowiska, w tym zwłaszcza wód powierzchniowych. Najbardziej dotkliwe dla sadowników są ekonomiczne skutki wywołane znoszeniem, jakim jest mniejsze naniesienie preparatu na opryskiwanych organach roślin, co skutkuje redukcją skuteczności biologicznej zabiegu. Straty z tego tytułu są zwykle dużo większe niż koszty samego zabiegu mając na uwadze, że obniżenie jakości owoców z tego powodu może kosztować więcej niż całoroczna ochrona sadu. Konkretną stratą w wymiarze finansowym mogą być także pozostałości niedozwolonych ś.o.r. w uprawach sąsiadujących, nie będących przedmiotem zabiegu. Warto pamiętać, że znoszona ciecz jest także źródłem wtórnego naniesienia na sąsiadujących roślinach i może wpływać na efekt biologiczny zabiegu opryskiwania. Takie działanie sadownicy traktują niekiedy jako korzystne, uważając, że znoszone ś.o.r. i tak osiadą na sąsiednich drzewa. Dostępne wyniki badań potwierdzają takie przekonanie. Znacznie gorzej jest jednak z dystrybucją znoszonej cieczy, która osiada zazwyczaj na zewnętrznej części korony, gdzie i tak stwierdza się najwyższe naniesienie preparatu. Dodatkowa dawka znoszonej cieczy może skutkować przekroczeniem dopuszczalnych norm pozostałości ś.o.r. w owocach.

1.1 Czynniki znoszenia

Wielkość i zasięg znoszenia zależy od warunków atmosferycznych podczas zabiegu oraz czynników technicznych, związanych z parametrami opryskiwania. Poznanie tych czynników ułatwi ograniczenie tego niekorzystnego efektu, powinno przyczynić się nie tylko do ograniczenia zagrożeń dla środowiska przyrodniczego lecz przełożyć się na efekty finansowe przez podniesienie skuteczności ochrony upraw sadowniczych.

Tabela 1. Sposób określania prędkości wiatru

Prędkość wiatru (m/s)	Widoczne oznaki wiatru	Cechy charakterystyczne	Warunki wykonywania zabiegów
poniżej 0,4	 	dym wznosi się pionowo do góry, liście są nieruchome	unikać wykonywania zabiegów podczas upalnej pogody
0,4 – 1,6	 	dym wznosi się prawie pionowo do góry, wiatr ledwo wyczuwalny	warunki idealne
1,6 – 2,6	 	Odczuwalny powiew, liście drżą	warunki dobre
2,6 – 4,0	 	łagodny wiatr, wiatr porusza liście i małe gałązki	unikać ochrony dużych drzew
Powyżej 4,0	 	umiarkowany wiatr, małe gałązki poruszają się intensywnie	opryskiwanie zabronione

Zmienna prędkość i kierunek wiatru są znanymi utrudnieniami w ochronie roślin i z tego powodu **Wiatr** jest najważniejszym czynnikiem znoszenia, a operator opryskiwacza ma niewielki wpływ na warunki atmosferyczne podczas zabiegu. Dobrze jest zaopatrzyć się w kieszonkowy anemometr (Rys. 1), a w przypadku jego braku należy uważnie obserwować zachowanie się roślin, dymu, itp. i na tej podstawie szacować prędkość i kierunek wiatru (Tabela 1). Gdy prędkość wiatru rośnie, należy liczyć się ze zwiększaniem zasięgu znoszonej cieczy, a gdy przekracza 4 m/s należy wstrzymać opryskiwania (zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 31 marca 2014 r. w sprawie warunków stosowania środków ochrony roślin). Bardzo skutecznym sposobem ograniczenia wpływu wiatru jest wybór odpowiedniej pory przeprowadzenia zabiegu. Zazwyczaj najlepsze są godziny nocne i późno popołudniowe. Niewielką prędkość wiatru obserwuje się także



Rys. 1. Anemometr wiatraczkowy

wczesnym rankiem, ale nie jest to odpowiedni termin z powodu występujących wówczas ruchów inwersyjnych, podczas których nie powinno się wykonywać zabiegów opryskiwania. Następuje wówczas ruch ciepłego powietrza 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. Obserwuje się wówczas mieszanie się mas powietrza, a zawieszane krople znoszonej cieczy ulegają rozproszeniu w atmosferze. Niekiedy jednak zjawisko inwersji występuje podczas bezwietrznej pogody. Wówczas warstwa ciepłego powietrza zalega poziomo na pewnej wysokości i uniemożliwia wymieszaniu się mas powietrza. Masy zimniejszego powietrza przemieszczają się wówczas poziomo w nieprzewidzianym kierunku na odległości nawet wielu kilometrów wraz z kroplami cieczy zawieszonych w powietrzu stwarzając zagrożenie dla otoczenia. Inwersyjne ruchy powietrza są związane 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.

Wprawdzie **wilgotność i temperatura powietrza** nie wpływają na znoszenie w tak dużym stopniu jak wiatr, to wpływu tych czynników nie może pomijać. Słoneczna i bezwietrzna pogoda przy wysokiej temperaturze i niskiej wilgotności powietrza, to najgorsza pora na przeprowadzenie zabiegu opryskiwania. Niekorzystny wpływ bezwietrznej pogody na warunki zabiegu przedstawiono już powyżej. Z kolei przy wysokiej temperaturze i niskiej wilgotności obserwuje się wzmożoną ewaporację (wyparowywanie) kropeł cieczy użytkowej, które tracąc swoją masę są dłużej zawieszane w powietrzu, stając się bardziej podatne na znoszenie. Bardziej podatne na ewaporację są drobne krople, ponieważ mają większy stosunek powierzchni zewnętrznej do objętości niż krople duże. Badania dowiodły, że gdy nie zachodzi zjawisko ewaporacji, to krople o średnicy $100\ \mu\text{m}$ ($0,1\ \text{mm}$) potrzebują nieco ponad 5 s na pokonanie w swobodnym spadku dystansu 1,5 m. Kropla tej samej wielkości staje się o połowę mniejsza i zachowuje tylko $1/8$ swojej objętości już po przebyciu 0,75 m, gdy temperatura powietrza wynosi 25°C , a wilgotność względna powietrza tylko 30% i następuje intensywne odparowanie cieczy. Nawet, gdy wilgotność jest znacznie wyższa (70%), przy tej samej temperaturze (25°C), kropla o średnicy $100\ \mu\text{m}$ opadając o 1,5 m traci aż połowę swojej pierwotnej średnicy. Wprawdzie ewaporacja dotyczy głównie kraje o suchym i gorącym klimacie, ale występuje także w klimacie umiarkowanym, typowym dla naszych krajowych warunków.

Wielkość i zasięg znoszenia w dużym stopniu zależy od **wielkości i gęstości drzew i krzewów owocowych**, które decydują o ilości zatrzymywanej cieczy użytkowej. Należy mieć na uwadze, że drzewka karłowe o niewielkich luźnych koronach wykazują w fazie pełnego ulistnienia podobną zdolność filtracyjną do zatrzymywania kropeł cieczy, jak drzewa w sadach półkarłowych w okresie kwitnienia. Zdolność „filtracyjna” do zatrzymywania kropeł cieczy, w fazie pełnego rozwoju liści jest znacznie wyższa niż w okresie kwitnienia, gdy ochrona sadów jest bardzo intensywna. Znoszenie jest wówczas $3\div 4$ -krotnie większe i maleje wraz z rozwojem liści, co redukuje ilość znoszonej cieczy podczas opryskiwania rzędów położonych w głębi sadu.

Wielkość i zasięg znoszenia zależy nie tylko od warunków atmosferycznych podczas zabiegu i cech morfologicznych upraw sadowniczych, w tym wysokości i gęstości roślin, lecz także od czynników technicznych, związanych z parametrami opryskiwania. O ile pierwsza grupa czynników nie pozostawia zbyt szerokiego pola manewru użytkownikowi opryskiwacza, to czynniki techniczne w dość szerokim zakresie umożliwiają szerokie korygowanie parametrów zabiegu, aby wielkość znoszenia była możliwie najniższa. Taką możliwość dają techniki ograniczające znoszenie, które można zakwalifikować do następujących grup rozwiązań:

- rozpylacze (typ, wielkość, ciśnienie),
- opryskiwacze lub ich podzespoły (np. reflektorowe, recyrkulacyjne, sensorowe),
- parametry pracy opryskiwacza (np. prędkość robocza, prędkość strumienia powietrza).

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

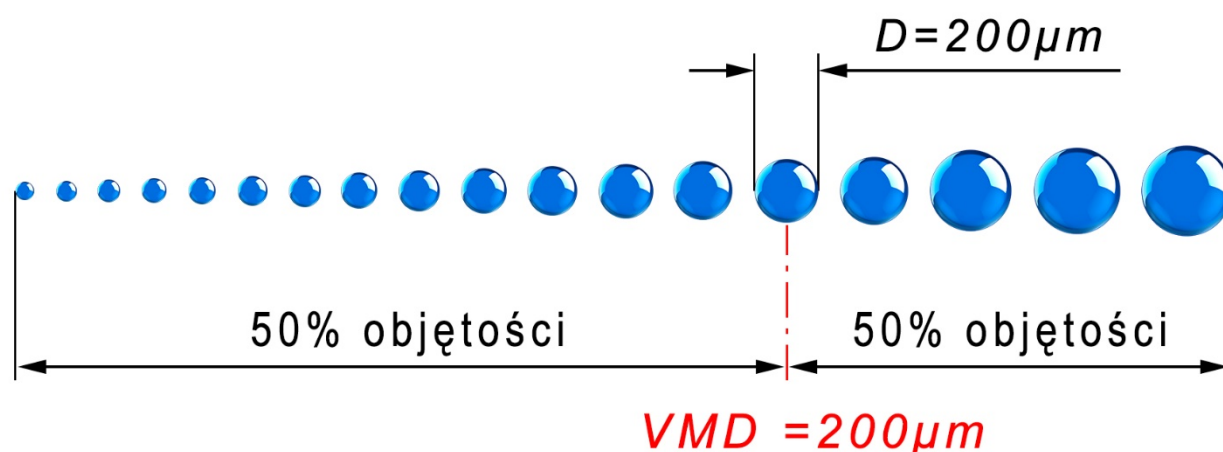
Niewątpliwie obok wiatru największy wpływ na znoszenie ma **wielkość kropeł**. W związku z szerokim spektrum kropeł, jakie wytwarzają rozpylacze ciśnieniowe dominujące w ochronie sadów, sposób kwalifikacji wielkości kropeł jest utrudniony i nie jest powszechnie znany. W celu ułatwienia prezentacji wyników pomiarów wielkości kropeł, które podawane są postaci ilości kropeł w poszczególnych klasach wielkości, co jest trudne do wykorzystania przez przeciętnego użytkownika opryskiwacza, zaproponowano m.in. użycie mediany objętościowej VMD (Volume Median Diameter). Wymiary kropeł są podawane w mikronach (1/1000 mm). Dla przykładu VMD = 200 μm oznacza, że 50% objętości cieczy zawiera krople o średnicy mniejszej niż 200 μm , a drugie 50% objętości ma większą średnicę (Rys. 2). Obowiązującą klasyfikację kropeł przedstawiono w tabeli (Tabela 2).

Tabela 2. Uproszczona klasyfikacja kropeł wg BCPC (British Crop Protection Council)

Wielkość kropeł	Wielkość kropeł VMD (μm)	
	Zakres VMD	Wartości średnie
Bardzo drobne (Very Fine - VF)	< 125	-
Drobne (Fine - F)	120 - 250	180
Średnie (Medium - M)	250 - 350	300
Grube (Coarse - C)	350 - 450	400
Bardzo grube (Very Coarse - VC)	450 - 575	512
Ultra grube (Ultra Coarse - UC)	> 575	-

Objaśnienia:

- VMD (Volume Median Diameter) – mediana objętościowa kropeł



Rys. 2. Przykład: VMD (Volume Median Diameter) = 200 μm

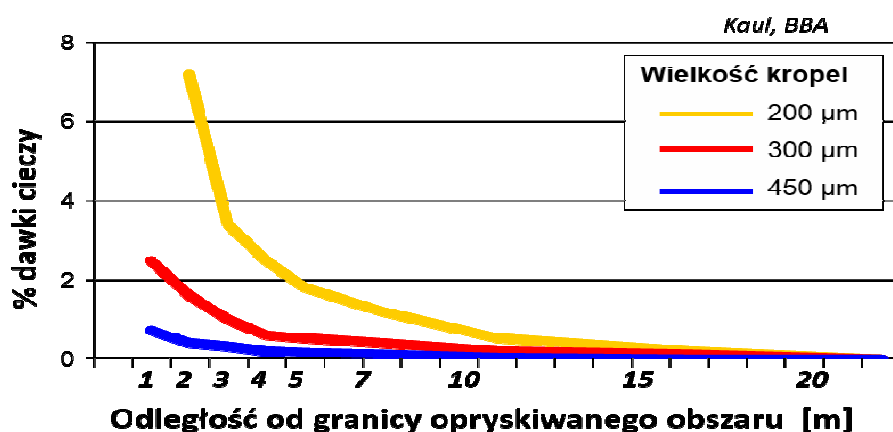
Drobne krople mogą być dłużej zawieszane w powietrzu od kropeł grubych, z uwagi na mniejszą masę i przez to są bardziej podatne na przenoszenie przez prądy powietrzne. Dla porównania kropla o średnicy 20 μm potrzebuje aż 4 minut, aby opaść na ziemię z wysokości 3 m. Wraz ze wzrostem

wielkości kropeł czas ten znacząco maleje i wynosi dla kropeł o średnicy 100, 200 i 400 μm odpowiednio 11, 4 i 2 sekundy (Tabela 3).

Tabela 3. Wpływ wielkości kropeł na ich czas opadania z wysokości 10 m wg. (Ross i Lembi, 1985)

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

Dłuższy czas zawieszenia w powietrzu kropeł cieczy przekłada się na większy zasięg ich nieprzewidywanego przemieszczania po wpływie prądów powietrznych.



Rys. 3. Dystrybucja znoszonej cieczy użytkowej w zależności od wielkości kropeł; 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 przenoszeniu na znaczne odległości. 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. 3).

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. Jednocześnie zasięg kropeł przemieszczających się poziomo z prędkością 1,4 m/s i opadających z wysokości 3,0 m 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 procesu ich nanoszenia. Przedstawione przykłady wskazują, że nie powinno się stosować drobniejszych kropeł, niż to jest potrzebne.

2. Opryskiwacze sadownicze

Zadaniem opryskiwacza jest równomierne naniesienie środka ochrony roślin (ś.o.r) na chronioną roślinę, przy możliwie najniższych stratach i zagrożeniach dla obsługi i środowiska przyrodniczego. Z uwagi na zróżnicowane cechy morfologiczne roślin i warunków zabiegu, konieczne jest użycie szerokiej gamy specjalistycznych opryskiwaczy. Redukcja dawek cieczy wymusiła użycie drobnych kropeł, które mają zbyt małą energią, aby mogły samodzielnie dotrzeć do drzewa i dlatego wymagają użycia pomocniczego strumienia powietrza, który przenosi krople cieczy na drzewo. Dotyczy to zwłaszcza przestrzennych upraw sadowniczych, które w odróżnieniu od upraw polowych nie mogą obejść się bez wentylatora, wytwarzającego pomocniczy strumień powietrza. Wydajność wentylatorów ogranicza szerokość roboczą do dwóch sąsiadujących rzędów, a pojemność zbiorników jest limitowana szerokością uliczek roboczych w sadach. Dlatego najbardziej wydajne maszyny mogą chronić nie więcej niż trzy rzędy jednocześnie i są wyposażone w zbiorniki nie większe niż 2000 l.

Wytwarzanie drobniejszych kropeł, niż w opryskiwaczach polowych, wymusza użycie rozpylaczy wirowych, a te z kolei wymagają wyższych ciśnień cieczy (do 20 bar). Z tego powodu wszystkie podzespoły opryskiwaczy sadowniczych, w tym zwłaszcza pompa, muszą być bardziej solidne i wymagają bardziej wytrzymałych materiałów (mosiądz, anodowane aluminium, zbrojone tworzywa sztuczne), niż maszyny przeznaczone do ochrony upraw polowych.

2.1 Jaki wentylator?

Wentylator jest niewątpliwie najważniejszym podzespołem opryskiwacza, a w ochronie upraw sadowniczych stosuje się głównie wentylatory osiowe i w mniejszej skali także promieniowe. W *wentylatorach osiowych* (Rys. 4), jak sama nazwa wskazuje przepływ powietrza jest równoległy do osi wirnika. Zmiana kierunku przepływu odbywa się poza wentylatorem na stożkowym dyfuzorze, który kieruje strumień powietrza pod kątem 90° promieniowo, ku szczelinie wylotowej rozmieszczonej na obwodzie wentylatora. Ruch obrotowy wirnika wentylatora osiowego wytwarza wirujący strumień powietrza i z tego powodu jego kształt i prędkość nie są symetryczne dla lewej i prawej szczeliny wylotowej. W celu ograniczenia tego zjawiska montowane są niekiedy nieruchome łopatki, które ograniczają to niekorzystne zjawisko.

Wentylatory promieniowe działają na podobnej zasadzie jak pompy odśrodkowe. Powietrze jest zasysane przez otwór znajdujący się w osi wirnika, a dzięki jego obrotom powstaje efekt odśrodkowy, który zwiększa ciśnienie powietrza. Następnie zostaje ono skierowane do gardzieli wylotowych znajdujących się w obudowie wentylatora. W porównaniu z wentylatorami osiowymi, dla tego samego zapotrzebowania mocy, wytwarzają one strumień powietrza o blisko 3-krotnie niższej wydajności, ale o wyższym ciśnieniu i prędkości wylotowej. Strumień powietrza o mniejszej wydajności łatwo rozprasza się w otoczeniu i jest bardziej podatny na działanie wiatru. Dlatego wentylatory promieniowe stosuje się tam, gdzie istnieje potrzeba skierowania strumienia powietrza elastycznymi przewodami rurowymi np. w opryskiwaczach wielorzędowych do krzewów jagodowych, gdy odległość od gardzieli wylotowej do chronionego obiektu jest niewielka.

W zależności od zastosowań opryskiwacza opisane powyżej wentylatory są stosowane w różnych konfiguracjach przestrzennych i konstrukcyjnych: standardowej, z deflektorami, z tzw. „odwrotnym ciągiem”, wentylatory podwójne oraz z kierowanym strumieniem powietrza.

Wentylatory osiowe standardowe (Rys. 4) zalecane są w sadach z wysokimi i przestrzennie rozbudowanymi koronami (czereśnie, grusze) i do ochrony chmielu. W ochronie tych upraw niezbędny jest strumień o dużej wydajności, który gwarantuje wentylator osiowy, dzięki temu charakteryzuje się znacznym zasięgiem i niewielką podatnością na oddziaływanie wiatru. W sadach karłowatych i półkarłowatych strumień ten jest nadmiernie wydajny, mało precyzyjny i z tego powodu generuje duże straty cieczy kierowanej ponad i pod korony drzew. Sięgają one w takich sadach nawet 90% emitowanej dawki, a znoszona ciecz jest źródłem strat i zanieczyszczenia środowiska przyrodniczego.

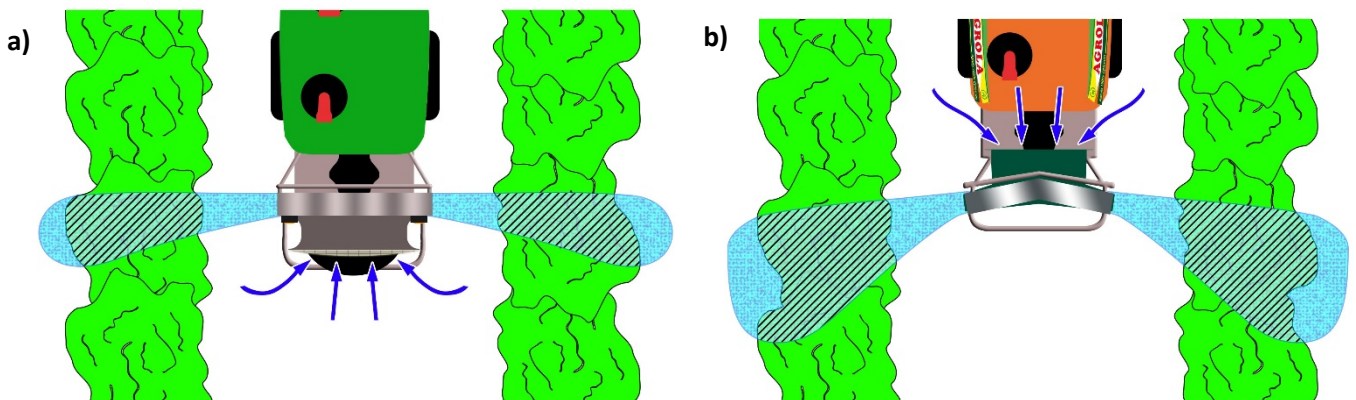


Rys. 4. Wentylator osiowy standardowy



Rys. 5. Wentylator osiowy z deflektorami

Wentylatory osiowe z deflektorami (Rys. 5), w których wirnik jest obudowany kierownicami strumienia powietrza, są wyposażone w pionową szczelinę wylotową kierującą strumień powietrza poziomo i pod niewielkim kątem ku górze. Mniejsza jest wówczas odległość rozpylaczy i wylotów powietrza od korony drzew, co sprzyja lepszemu rozłożeniu cieczy w drzewie i ogranicza jej straty. W związku z tym, że naniesienie ś.o.r. jest zwykle 3÷5-krotnie wyższe na górnej powierzchni liści, strumień powietrza powinien być skierowany lekko ku górze (15–20°), co sprzyja bardziej równomiernemu rozłożeniu preparatu. Choć deflektory redukują wydajność powietrza w odniesieniu do wentylatorów standardowych, to straty te są niewielkie, a wydajność jest wystarczająca do ochrony sadów półkarłowatych i karłowatych.



Rys. 6. Różnice w wielkości penetracji korony a) tradycyjny ciąg; b) odwrócony ciąg



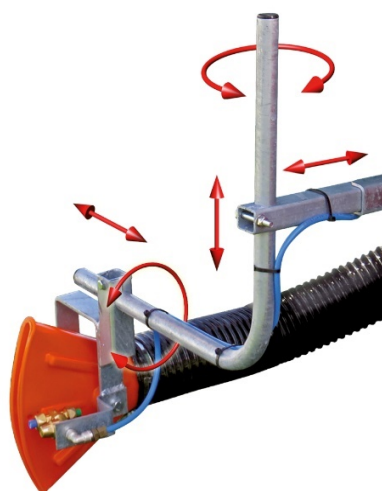
Rys. 7. Wentylator z odwrotnym ciągiem

Wentylator z odwrotnym ciągiem (Rys. 7), posiada wirnik zasysający powietrze, w odwrotnym kierunku (stąd nazwa) niż konwencjonalny wentylator z deflektorem, czyli przeciwnie do kierunku ruchu opryskiwacza (Rys. 6b). Dzięki temu strumień powietrza może być odchyłony do tyłu (o kąt 10-15°) przeciwnie do kierunku ruchu opryskiwacza, co wydłuża drogę kropeł w koronie drzewa i tym samym obszar penetracji korony. Zwiększa się wówczas zdolność korony drzewa do „odfiltrowywania” kropeł cieczy i znacząco maleją straty (ok. 20%) wywołane ich przedmuchiowaniem przez rząd drzew. W związku z tym wentylatory z odwróconym ciągiem” są uważane za najlepiej przystosowane do ochrony drzew karłowatych i półkarłowatych sadzonych w rozstawach do 5,0 m.

Wentylator promieniowy z kierowanym strumieniem powietrza (Rys. 8) jest wyposażony w 4-5 par elastycznych, niezależnie kierowanych przewodów zakończonych gardzielami wylotowymi, w których sąsiadztwie są zamontowane rozpylacze. Dzięki temu strumień powietrza można precyzyjnie dopasować do wielkości i kształtu opryskiwanych drzew. Mniejsza objętość powietrza przy wysokiej prędkości wylotowej (50-60 m/s), w początkowej fazie ruchu dobrze penetruje opryskiwany obiekt, ale też szybciej ulega rozproszeniu w otoczeniu. Z tego powodu wentylatorów promieniowych nie zaleca się do ochrony sadów, ale są one niezastąpione w ochronie plantacji krzewów jagodowych (porzeczka, malina, aronia), w których rozproszenie powietrza nie ma większego znaczenia, dzięki niewielkiej odległości pomiędzy gardzielą wylotową powietrza i krzewem (0,3÷0,5 m). W takich warunkach wentylatory promieniowe z kierowanym strumieniem powietrza wykazują wysoką równomierność naniesienia, przy stratach obniżonych o 20% w odniesieniu do opryskiwaczy standardowych.



Rys. 8. Wentylator promieniowy z kierowanym strumieniem powietrza



Rys. 9. Sposób regulacji położenia dyfuzora opryskiwacza z kierowanym strumieniem powietrza



Rys. 10. Wentylator podwójny

bardziej równomiernemu rozłożeniu ś.o.r. w koronach drzew.

Wentylator podwójny (Rys. 10), w których zastosowano 2 lub 3 wentylatory umieszczone jeden nad drugim są odpowiedzią producentów opryskiwaczy na wysokie formowanie drzew (do 5,0÷6,0 m) przez sadowników w związku z wiosennymi szkodami przymrozkowymi. Ochrona tak wysokich drzew, przy użyciu wentylatorów wyposażonych w deflektory, nie jest możliwa z powodu ich zbyt niskiej wydajności powietrza. Z kolei strumień powietrza z tradycyjnych wentylatorów sięga wprawdzie z trudem wierzchołków drzew, ale jednocześnie „przedmucha” krople cieczy w dolnych partiach korony generując wysokie straty ś.o.r. Zastosowanie podwójnych wentylatorów umożliwiło wytwarzanie strumienia powietrza, który bez trudu sięga wierzchołków wysokich drzew (do 6 m), przy jednocześnie umiarkowanej wydajności powietrza kierowanego w stronę dolnej i środkowej części korony. Te trudne do pogodzenia wymagania spełniają dwa niezależne wentylatory, z których niżej położony wentylator może pracować przy znacznie mniejszej wydajności, ponieważ jest odpowiedzialny tylko za równomierne naniesienie cieczy w swoim sąsiedztwie. Z kolei szczelina wylotowa górnego wentylatora jest bliżej położona od wierzchołków drzew, niż dla tradycyjnych wentylatorów, co redukuje straty i sprzyja



Rys. 11. Wentylator dwuwirnikowy



Rys. 12. Wentylator dwuwirnikowy - asymetryczny

Wentylator dwuwirnikowy (Rys. 11) jest zbudowany z dwóch wirników osadzonych w tej samej osi. Są one napędzane przy użyciu specjalnej przekładni (multiplikatora), wyposażonej w dwa wałki wyjściowe obracające się w przeciwnych kierunkach. Dzięki takiej konstrukcji jeden wirnik odpowiada za wytwarzanie strumienia powietrza z prawej, a drugi z lewej strony wentylatora. Wentylatory dwuwirnikowe charakteryzują się wysoką wydajnością strumienia powietrza i bardziej symetrycznym wpływem powietrza niż wentylatory osiowe z deflektorami wyposażone w pojedynczy wirnik.

Wentylator asymetryczny (Rys. 12), to nowatorskie w skali światowej rozwiązanie, opracowane przez f-mę AGROLA. Zastosowano w nim 2 wirniki umieszczone w jednej osi, ale niezależnie napędzane hydraulicznie. Pozwala to nie tylko na regulację wydajności powietrza podczas ruchu

maszyny, lecz dodatkowo taka regulacja może być przeprowadzana z kabiny podczas pracy opryskiwacza oddzielnie dla prawej i lewej strony opryskiwacza. Stało się to możliwe dzięki zastosowaniu hydraulicznego układu napędowego z elektronicznym układem sterowania wentylatora z kabiny kierowcy, co jest szczególnie przydatne podczas wietrznej pogody. Przykładowo podczas wiatru skierowanego wzdłuż linii rzędów, sposób oddziaływania wiatru na krople cieczy zmienia się każdorazowo podczas kolejnych przejazdów opryskiwacza. Podczas ruchu pod wiatr wskazane jest zwiększenie wydajności powietrza, aby zapewnić równomierne naniesienie cieczy w koronie drzewa. Sytuacja zmienia się diametralnie podczas ruchu w przeciwnym kierunku, czyli z wiatrem, gdy dla tych samych nastaw wydajność wentylatora jest nadmierna. W wentylatorze asymetrycznym można bez trudu skorygować wydajność powietrza zdalnie z kabiny kierowcy bez potrzeby zatrzymywania ciągnika na początku i końcu każdego rzędu. Przeprowadzenie takiej regulacji w obecnie oferowanych wentylatorów wymagałoby zatrzymania ciągnika, co nie jest do zaakceptowania przez praktykę sadowniczą.

Z kolei podczas bocznego wiatru, prostopadłego do linii rzędów, unikalną funkcjonalnością asymetrycznego wentylatora jest możliwość skierowania większej objętości powietrza przeciwnie do wiatru, aby poprawić penetrację koron w rzędach nawietrznych i odwrotnie mniejszej zgodnie z kierunkiem wiatru. Łatwiej będzie wówczas rozpylonej cieczy, emitowanej od strony wiejącego wiatru, osiąść równomiernie w koronie drzewa. Z kolei po drugiej stronie (zawietrznej) wentylatora, gdzie strumień powietrza jest wspomagany przez wiatr, można zredukować zasięg kropel, zmniejszając wydajność wentylatora. Mniejsze będą wówczas straty cieczy wywołane jej „przedmuchiowaniem” przez rząd drzew i jednocześnie zwiększy się naniesienie ś.o.r.

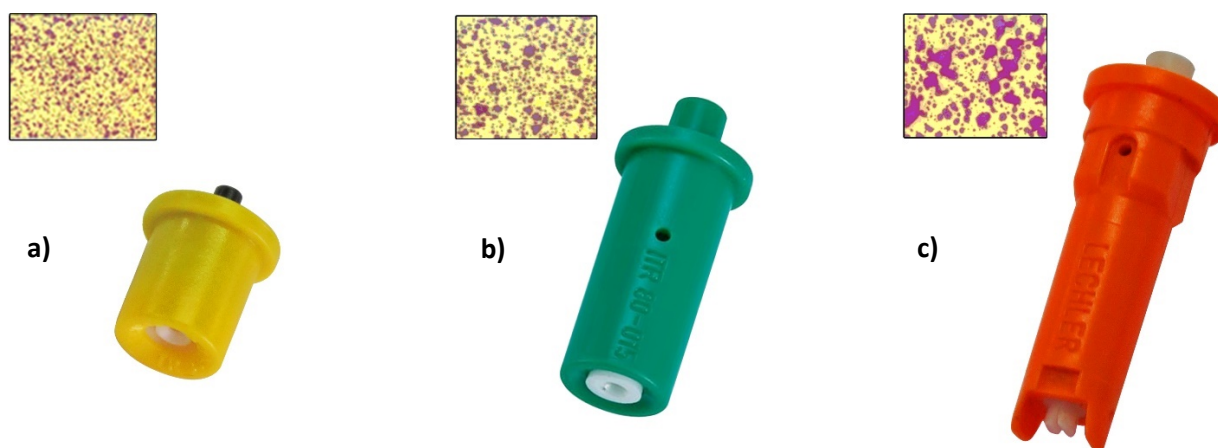
2.2 Rozpylacze dla upraw sadowniczych

W ochronie upraw sadowniczych stosuje się rozpylacze ciśnieniowe. W odróżnieniu od upraw polowych, w których kąt rozpylania wynosi 110° , sadownicze wersje rozpylaczy mają mniejszy kąt rozpylania ($80\text{--}90^\circ$). Ponadto z powodu wyższego ciśnienia roboczego (5-20 bar) wszystkie elementy składowe odpowiadające za jego wydatek, powinny być wykonane z materiału ceramicznego o wysokiej odporności na zużycie erozyjne.

W ochronie upraw sadowniczych nadal dominują **rozpylacze wirowe** (Rys. 13a), które wytwarzają strumień drobnych i bardzo drobnych kropel ($VMD = 150\text{--}250 \mu\text{m}$) w formie pustego stożka i w sprzyjających warunkach atmosferycznych (wiatr do 2,0 m/s) uzyskują najwyższe pokrycie spośród znanych rozpylaczy o tym samym wydatku. Podczas wietrznej pogody drobne krople są jednak łatwo znoszone i nie zapewniają równomiernego rozłożenia kropel cieczy w chronionych roślinach. Maleje wówczas szansa na skuteczny zabieg, a znoszone krople stwarzają zagrożenie dla sąsiadujących upraw i środowiska.

W warunkach wietrznej pogody lepiej sprawdzają się coraz powszechniej stosowane **rozpylacze eżektorowe** (Rys. 13b), które dzięki specjalnej budowie zasysają zewnętrzne powietrze w stosunku zbliżonym do 1:1. W specjalnej komorze następuje spadek ciśnienia cieczy, co niemal całkowicie eliminuje drobne krople, a w efekcie mieszania cieczy i powietrza następuje napowietrzenie kropel przed ich formowaniem w dyszy wylotowej. Dzięki temu ich średnia wielkość jest nawet ponad dwukrotnie większa niż dla standardowych rozpylaczy wirowych o tym samym wydatku cieczy. Tak uformowane krople, wypełnione pęcherzykami powietrza, pękają przy kontakcie z organami roślin, co sprzyja ich lepszemu pokryciu. W uprawach sadowniczych stosuje się dwa rodzaje rozpylaczy eżektorowych - wirowe oraz płaskostrumieniowe. Te ostatnie wytwarzane są w dwóch wersjach: długiej i krótkiej (kompaktowej). Wirowe rozpylacze eżektorowe wytwarzają strumień kropel w kształcie pustego stożka, a ich wielkość mieści się pomiędzy tradycyjnymi rozpylaczami wirowymi i eżektorowymi płaskostrumieniowymi. Z kolei tzw. długie płaskostrumieniowe rozpylacze eżektorowe z uwagi na dłuższą komorę wewnętrzną, niż w wersji „krótkiej”, charakteryzują się większym spadkiem ciśnienia, przez co wytwarzają najgrubsze krople (Rys. 13c). Trudno przecenić zalety większych i cięższych kropel podczas silniejszego wiatru, gdy zawodzą tradycyjne rozpylacze wirowe. Łatwiej pokonują one przeciwnie skierowany wiatr. Dzięki temu można uzyskać bardziej równomierne rozłożenie ś.o.r. i lepsze

pokrycie wierzchołków drzew, gdy drobne krople emitowane przez tradycyjne rozpylacze wirowe już do nich nie docierają. Badania naukowe potwierdzają wprawdzie, że rozpylacze eżektorowe są niemal tak samo skuteczne jak tradycyjne, ale jednocześnie dają one mniejsze pokrycie niż rozpylacze standardowe o tym samym wydatku cieczy. Dlatego też, standardowe rozpylacze wirowe, powinny być nadal stosowane podczas sprzyjających warunków atmosferycznych do zabiegów np. przy użyciu preparatów kontaktowych.



Rys. 13. Rozpylacze do opryskiwaczy sadowniczych; a) rozpylacz wirowy tradycyjny; b) rozpylacz wirowy eżektorowy; c) rozpylacz płaskostrumieniowy eżektorowy

2.3 Wyposażenie opryskiwacza

Zakup opryskiwacza wiąże się ze sporym wydatkiem, dlatego podczas zakupu należy zwrócić uwagę na wyposażenie, co wymaga starannego przemyślenia. Niewielki udział ceny zakupu opryskiwacza (5-10%) w sumarycznych kosztach ochrony sadów, w porównaniu ze znaczną wartością zużywanych ś.o.r. (60-65%) i kosztami wykonania zabiegu (25-30%) powinien skłaniać do wyboru lepszych i droższych rozwiązań. O ile cena maszyny może być ważnym argumentem dla właściciela niewielkiego sadu, produkującego owoce przemysłowe, o tyle nie odgrywa już tak dużej roli w sadzie dostarczającym wysokiej jakości owoce. Zwłaszcza, że skutki awarii w okresie nasilonej ochrony w takich sadach lub niewystarczająca precyzja w nanoszeniu preparatów mogą kosztować znacznie więcej niż nowy opryskiwacz. Wbrew powszechnym opiniom, największą korzyścią z posiadania nowoczesnego opryskiwacza nie są oszczędności preparatów, ale możliwość wykonania skutecznego zabiegu gwarantującego wysoką jakość i cenę owoców w warunkach, w których mniej nowoczesne maszyny już sobie nie radzą.

Zawsze najważniejszy jest *wentylator*, gdyż decyduje on o równomierności naniesienia i stratach cieczy (Rozdział 2.1). Najlepiej, gdy będzie to wentylator osiowy wyposażony w deflektory dostosowujące strumień powietrza do opryskiwanych drzew. W nowoczesnym sadownictwie tradycyjne wentylatory bez deflektorów nie znajdują już zastosowania.

Wysokiej klasy *zawór sterujący*, najlepiej sterowany elektrycznie z kabiny ciągnika, zapewni precyzyjne dozowanie cieczy i szybkie ocinanie dopływu cieczy do rozpylaczy. Współczesne opryskiwacze nie mogą już obejść się bez sterowników mikroprocesorowych, zwanych potocznie *komputerami*. Utrzymują one stałą dawkę cieczy użytkowej, bez względu na zmieniającą się prędkość roboczą. Ich zastosowanie znacznie uprościło konstrukcję układu sterowania, ułatwiło obsługę i zwiększyło dokładność dozowania cieczy użytkowej.

Bardzo ważna jest *instalacja do płukania układu cieczowego*, która ułatwi praktyczną realizację zaleceń dotyczących postępowania z resztkami cieczy użytkowej i mycia opryskiwaczy. Do wykonywania zabiegów w sadach z wąskimi uwrociami bardzo przydatny jest tzw. *dyszel przegubowy*. Zmniejsza on promień skrętu agregatu i zapobiega uszkodzaniu drzew.

Należy jednak pamiętać, że niezbędne staje się wówczas użycie specjalnego wałka homokinetycznego, z podwójnym przegubem, zdolnego do przenoszenia napędu na pompę i wentylator nawet pod kątem 80–90°.

Staranny montaż nowoczesnych podzespołów nie zawsze gwarantuje wysoką jakość opryskiwacza. W chwili zakupu trudno jednoznacznie ocenić cechy użytkowe i niezawodność maszyny. Mogą to zrobić jedynie specjaliści, a tych jest niewielu. W związku z tym dobrze jest zapytać sąsiadów, jak sprawują się wcześniej zakupione przez nich opryskiwacze. Opinia o wieloletniej eksploatacji, choć niekiedy uwzględnia subiektywne odczucia właściciela, jest zawsze wiarygodnym testem świadczącym o jej jakości i niezawodności.

3. Parametry opryskiwacza i warunki zabiegu

Korzyści płynące z dokładnie wykonanej kalibracji opryskiwacza trudno przecenić, a dokładna regulacja opryskiwacza jest nie tylko obowiązkiem wynikającym z przepisów prawa, lecz jednym z podstawowych warunków osiągnięcia wysokiej skuteczności zabiegu, przy minimalnej emisji ś.o.r. do środowiska. Polega ona na takim ustaleniu parametrów roboczych opryskiwacza, aby zapewniły one równomierne naniesienie zalecanej dawki ś.o.r. na chronione obiekty, przy możliwie niewielkich stratach ś.o.r. Nie należy przy tym zapominać, że na ustalenie parametrów roboczych (rodzaj i wielkość rozpylacza, ciśnienie cieczy, wydajność wentylatora, prędkość robocza) w dużym stopniu wpływają warunki wykonania zabiegu (wiatr, temperatura, wilgotność) jak i cechy morfologiczne roślin (wielkość, kształt, gęstość).

Kalibrację opryskiwacza powinno się przeprowadzać zawsze na początku sezonu i każdorazowo po naprawie lub wymianie podzespołów, wpływających na dawkę wypryskiwanej cieczy, czyli zwłaszcza po:

- wymianie ciągnika lub opon w kołach napędowych,
- naprawie układu cieczowego (rozpylacze, manometr, zawór sterujący),
- wykonaniu zabiegu na większej powierzchni (np. wypryskanie 40-50 zbiorników cieczy użytkowej).

Z tego powodu, przed przystąpieniem do realizacji procedury kalibracji, należy sprawdzić stan techniczny opryskiwacza. Na początku należy bardzo szczegółowo zapoznać się z etykietą-instrukcją stosowania ś.o.r. i dokładnie przestrzegać zawartych tam zaleceń zważając, że zabronione jest użycie wyższych dawek ś.o.r., od tych zalecanych. Wprawdzie kalibracja kojarzy się nam głównie z wyznaczeniem parametrów związanych z emisją cieczy użytkowej, to nie należy zapominać o regulacji strumienia powietrza. Na zakończenie wskazane jest notowanie ustalonych nastaw podczas kalibracji. Jest to dobry zwyczaj, który przyspiesza szybką zmianę parametrów opryskiwacza (np. podczas zmiany dawki, warunków zabiegu, itp.).

3.1 Wydajność strumienia powietrza

Kluczową rolę w ochronie sadów i krzewów owocowych odgrywa strumień powietrza, który odpowiada za:

- przenoszenie kropeł cieczy wytworzonych przez rozpylacze na opryskiwane rośliny,
- równomierną dystrybucję ś.o.r.,
- wielkość strat wywołanych przedmuchiwaniem cieczy poza opryskiwane obiekty.

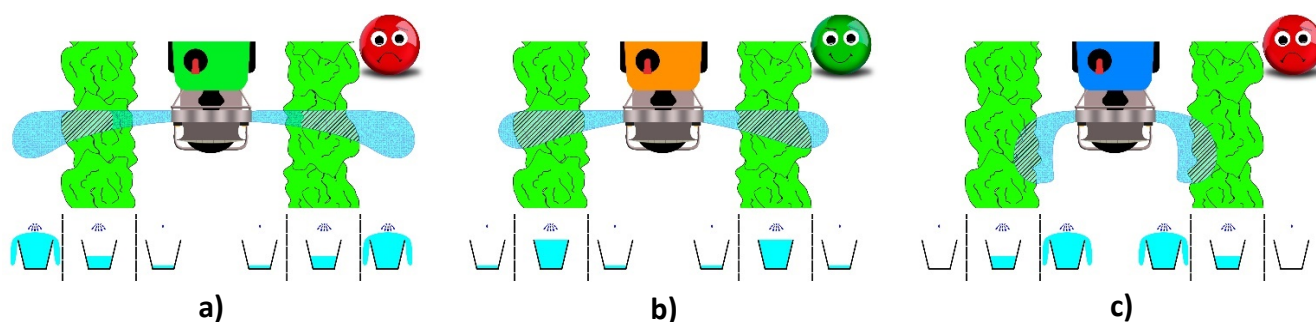
Większość dostępnych na rynku opryskiwaczy ma zwykle o wiele za dużą wydajność wentylatora i z tego powodu często obserwowanym zjawiskiem są zabiegi, w których krople cieczy są przedmuchiwane daleko poza strefę opryskiwania. Wprawdzie wysoka wydajność strumienia powietrza sprzyja równomiernemu rozłożeniu ś.o.r., ale jest to jedyna zaleta nadmiernie wydajnego strumienia powietrza. Do wad należy **zmniejszenie zdolności liści do wychwytywania kropeł cieczy**. Przyjmują one wówczas ułożenie równoległe do kierunku strumienia powietrza, co zmniejsza ich powierzchnię zdolną

do wychwytywania kroplel cieczy i tym samym naniesienie ś.o.r., a w konsekwencji redukuje skuteczność zabiegu. Jednocześnie przedmuchiwanie kroplel przez korony roślin są ewidentną stratą w wymiarze ekonomicznym i ekologicznym. Odnosi się to zwłaszcza do zabiegów w sadach karłowatych, o niewielkich i luźnych koronach drzew i tym samym o niskiej zdolności do zatrzymywania („odfiltrowywania”) kroplel cieczy (Rys. 14).



Rys. 14. Wydajność powietrza a wielkość naniesienia ś.o.r. w koronie drzewa

Znacznie rzadziej obserwowanym zjawiskiem w polskich sadach jest zbyt niska wydajność wentylatora. W takiej sytuacji strumień powietrza nie dociera do wierzchołkowych partii korony drzewa i do liści zlokalizowanych w osi drzewa. Można zatem z dużym przekonaniem stwierdzić, że właściwie dobrana wydajność wentylatora to wynik kompromisu. Powinna ona być na tyle wysoka, aby zapewnić równomierne naniesienie, ale również na tyle niska, aby straty cieczy wywołane jej przedmuchiowaniem były możliwie jak najmniejsze.



Rys. 15. Wydajność wentylatora a penetracja korony drzewa: a) zbyt wysoka; b) odpowiednia; c) zbyt niska

Z wymienionych powyżej powodów, odpowiednia regulacja strumienia powietrza odgrywa kluczową rolę w kalibracji opryskiwacza (wydajność i kierunek). Poniżej zamieszczono kilka wskazówek, będących wynikiem obserwacji i badań naukowych, które powinny ułatwić zrozumienie zasad praktycznej regulacji strumienia powietrza.

W dużym przybliżeniu tyle, aby „wypchnąć” powietrze znajdujące się już w koronie drzewa „nowym” powietrzem zawierającym zawieszony w powietrzu kroplel cieczy. Precyzyjne określenie wydajności wentylatora dla wszystkich rodzajów sadu nie jest możliwe, ponieważ zależy ona od wielu czynników, w tym gęstości i wielkości drzew, a każdy sad jest inny. Logiczne rozumowanie wskazuje

także na związek między wydajnością wentylatora i prędkością opryskiwania. Przed i w czasie kwitnienia wystarczy mniejsza wydajność wentylatora niż w fazie pełnego ulistnienia, gdy trudniej strumieniowi powietrza pokonać opory korony drzewa wypełnionej przez liście. Z uwagi na zróżnicowany wiek, uprawiane odmiany i sposób formowania i gęstość drzew, która zmienia się w czasie, nie da się tylko raz, na początku sezonu ustalić parametrów strumienia powietrza. Badania wskazują, że niekiedy powierzchnia liści może przyrosnąć nawet o 100% w okresie 10 dni. Z tych powodów brak jest w pełni obiektywnych sposobów wyznaczania najbardziej odpowiedniej wydajności powietrza. Dlatego, podczas regulacji strumienia powietrza, niezwykle istotna jest uważna obserwacja strumienia powietrza podczas przeprowadzania kalibracji i zabiegu w sadzie lub plantacji oraz dokonywanie odpowiednich korekt.

$$\text{Prędkość robocza [km/godz.]} = \frac{\text{współczynnik gęstości* x wydajność wentylatora [m}^3\text{/godz.]}{1000 \times \text{wysokość drzew [m]} \times \text{rozstawa [m]}}$$

Objaśnienia:

(*) - współczynnik gęstości drzew (2÷4), większa gęstość – niższa wartość współczynnika

$$\text{Prędkość robocza [km/godz.]} = \frac{3,0 \times 25\,000 \text{ [m}^3\text{/godz.]}{1000 \times 3,0 \text{ [m]} \times 3,5 \text{ [m]}} = 7,14 \text{ km/godz.}$$

Przykład:

- wydajność wentylatora	25.000 m ³ /godz.
- wysokość drzew	3,0
- rozstawa drzew	3,5 m
- współczynnik gęstość drzew	3,0 (średnia gęstość)

W tabeli (Tabela 4) przedstawiono wartości prędkości roboczej, obliczone przy użyciu w/w wzoru, dla kilku przykładowych wydajności wentylatora oraz wysokości i rozstawu drzew. Zamieszczone dane wskazują, w jak dużym stopniu wydajność wentylatora wpływa na prędkość roboczą opryskiwacza. Gdy wydajność wentylatora jest niewielka (np. 13.000 m³/godz.), można przy jego użyciu chronić tylko sady z niewielkimi drzewkami posadzonymi w rozstawie do 4,0÷4,5 m. Z kolei użycie wentylatora, o stosunkowo dużej wydajności (35.000 m³/godz.), jest ograniczone do zabiegów w sadach o wysokich drzewach (3,0÷4,0 m), posadzonych w rozstawie (4,5÷5,0 m).

Tabela 4. Teoretyczna prędkość robocza (km/h) opryskiwacza sadowniczego w zależności od wydajności wentylatora, wysokości drzew i rozstawu rzędów.

Wydajność wentylatora 13 000 (m ³ /godz.)					
Wysokość drzewa (m)	Rozstawa rzędów (m)				
	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
Prędkość (km/godz.)					
2,0	7,1	6,1	5,4	4,8	4,3
2,5	5,7	4,9	4,3	3,8	3,4
3,0	4,7	4,0	3,6	3,1	2,9
3,5	4,1	3,5	3,1	2,7	2,4
4,0	3,6	3,1	2,7	2,4	2,1

Wydajność wentylatora 20 000 (m ³ /godz.)					
Wysokość drzewa (m)	Rozstawa rzędów (m)				
	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
Prędkość (km/godz.)					
2,0	11,0	9,4	8,2	7,3	6,6
2,5	8,8	7,5	6,6	5,9	5,3
3,0	7,3	6,3	5,5	4,9	4,4
3,5	6,3	5,4	4,7	4,2	3,8
4,0	5,5	4,7	4,1	3,7	3,3

Wydajność wentylatora 35 000 (m ³ /godz.)					
Wysokość drzewa (m)	Rozstawa rzędów (m)				
	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
Prędkość (km/godz.)					
2,0	19,2	16,5	14,4	12,8	11,6
2,5	15,4	13,2	11,5	10,3	9,2
3,0	12,8	11,0	9,6	8,5	7,7
3,5	11,0	9,4	8,2	7,3	6,6
4,0	9,6	8,3	7,2	6,4	5,8

Objaśnienia:

- wydajność odpowiednia,
- wydajność zbyt wysoka (zmniejszyć obroty wirnika lub/i kąt łopat),
- wydajność zbyt niska (zwiększyć obroty wirnika lub/i kąt łopat),

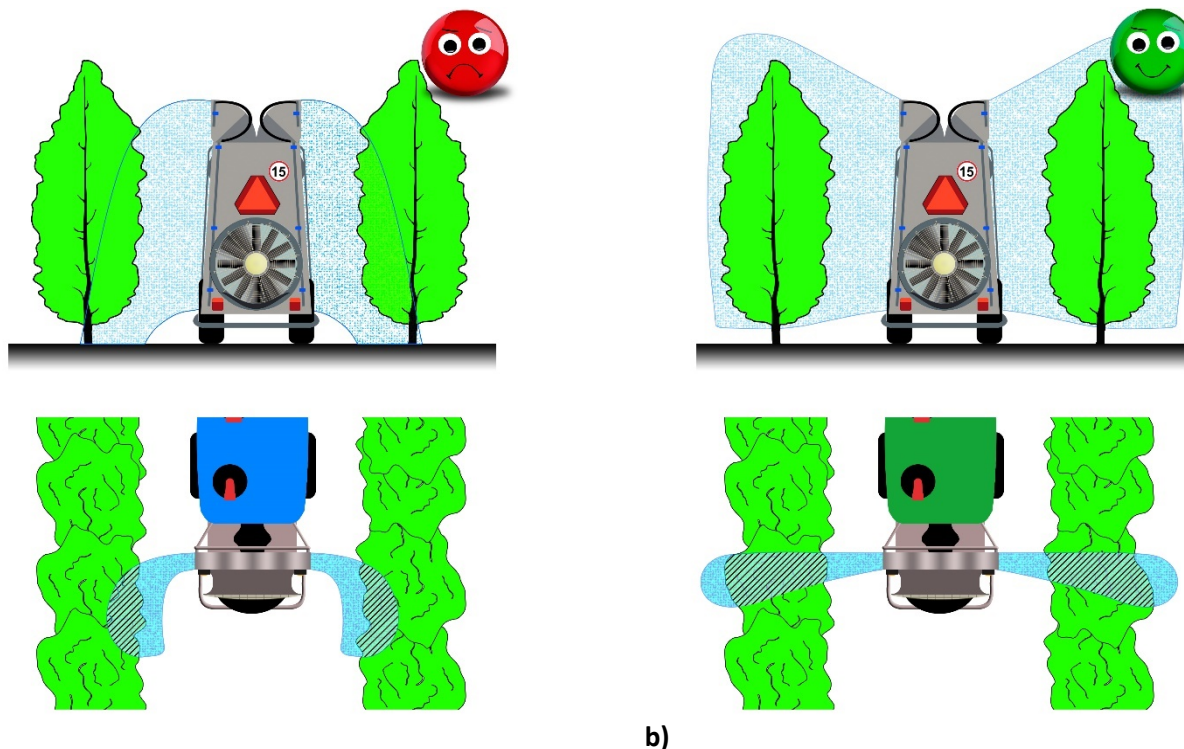
* wartości w tabeli mają charakter orientacyjny,

* przyjęto do obliczeń $k = 3,3$ (mała gęstość drzew).

Przedstawione powyżej wzór i dane zamieszczone w tabeli mają tylko orientacyjny charakter. Ułatwiają jednak zrozumienie zależności pomiędzy prędkością roboczą i wydajnością wentylatora, a typem sadu. Mogą jednak ułatwić, w pewnym stopniu, podjęcie właściwej decyzji przy zakupie opryskiwacza, w tym zwłaszcza wybór wentylatora o najbardziej odpowiedniej wydajności. Jeśli będzie to sad jednorodny, o zbliżonej rozstawie i wielkości drzew, to wystarczy wentylator z wąskim zakresem

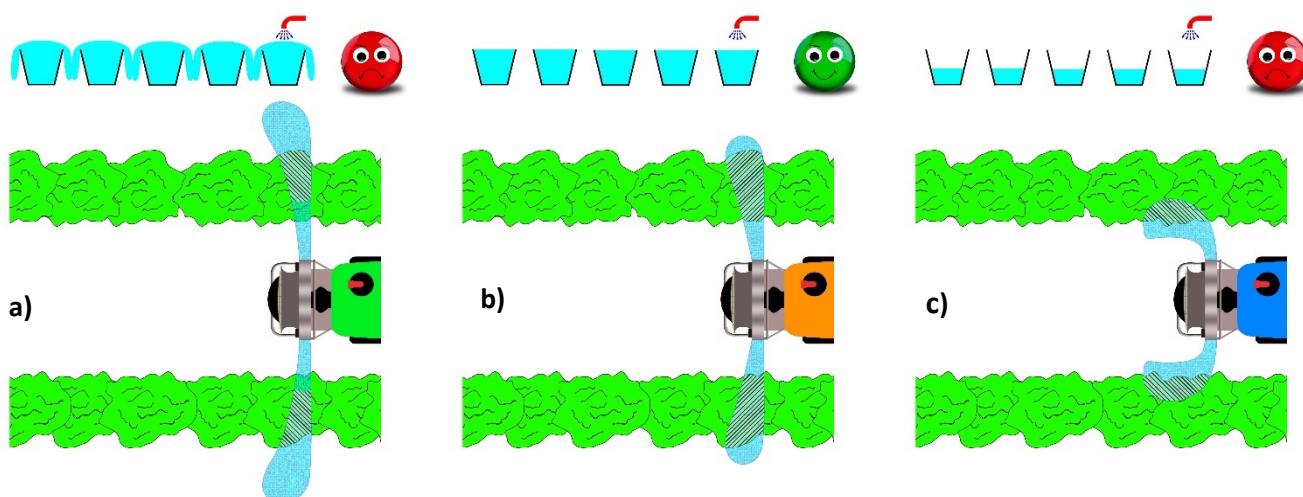
regulacji wydajności. W większości sadów spotyka się jednak bardzo zróżnicowane rozstawy, jak i wielkość, gęstość i formę prowadzenia drzew. Wówczas, przewidziany do zakupu wentylator, musi mieć dużą elastyczność w zakresie regulacji parametrów strumienia powietrza. Stąd bezpieczniej jest zaopatrzyć się w maszynę, z większym wentylatorem, o szerokich możliwościach regulacji wydajności powietrza.

3.2 Wydajność powietrza, a prędkość robocza



Rys. 16. Wpływ prędkości roboczej na jakość zabiegu - zasięg strumienia cieczy i powietrza: a) prędkość zbyt wysoka; b) prędkość optymalna

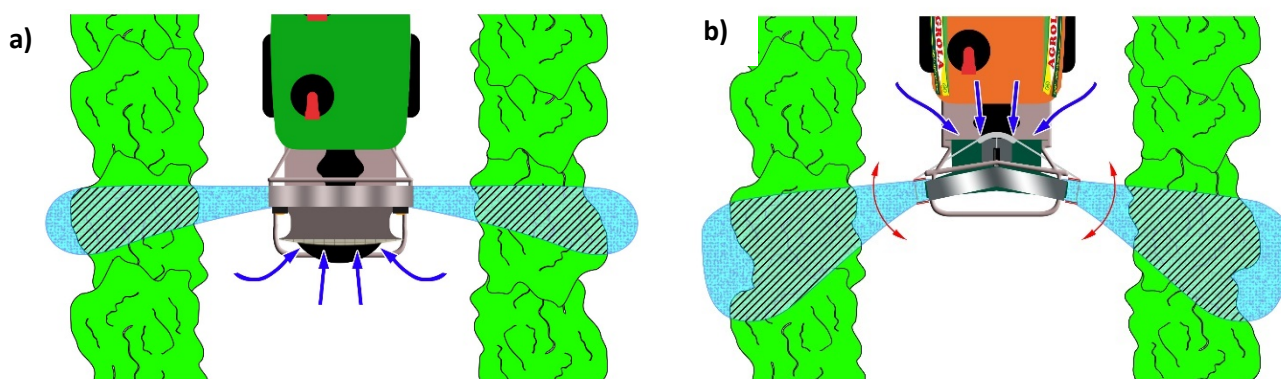
Często prezentowanym przez doradców przykładem, ułatwiającym zrozumienie relacji pomiędzy wydajnością wentylatora a prędkością roboczą, jest napełnianie szklanek wodą przy użyciu węża. W przedstawionym przykładzie proces opryskiwania symbolizuje napełnianie szklanek, a ich pojemność - objętość koron drzew. Jeśli wąż przemieszcza się zbyt wolno, to następuje przelanie szklanek, a jeśli zbyt szybko, to szklanki zdążą napełnić się tylko częściowo (Rys. 17a). Przykład ten i powyżej zamieszczony wzór wskazują, że wydajność wentylatora powinna być proporcjonalna do prędkości ruchu opryskiwacza, jak również do wielkości drzew (Rys. 17b). Z kolei opryskiwanie większych drzew (większe szklanki) będzie wymagało zmniejszenia prędkości końcówki węża. Podobnie jest ze zbyt słabym strumieniem powietrza wytwarzanym przez wentylator o niskiej wydajności, który jest łatwo rozpraszany w otaczającym powietrzu i przez to dysponuje mniejszą zdolnością do penetracji korony drzewa. Ponadto, nadmiernie odchyła się ku tyłowi, podczas ruchu opryskiwacza. Wprawdzie lekkie odchylenie strumienia powietrza ku tyłowi jest korzystne (rozdz. 4.2), to nadmierne odchylenie ku tyłowi ogranicza penetrację korony przez krople cieczy i zmniejsza pionowy zasięg cieczy (Rys. 17c) i (Rys. 16a). Skutkuje to niedostatecznym naniesieniem s.o.r. na wierzchołkach drzew i w konsekwencji obniżeniem skuteczności zabiegu.



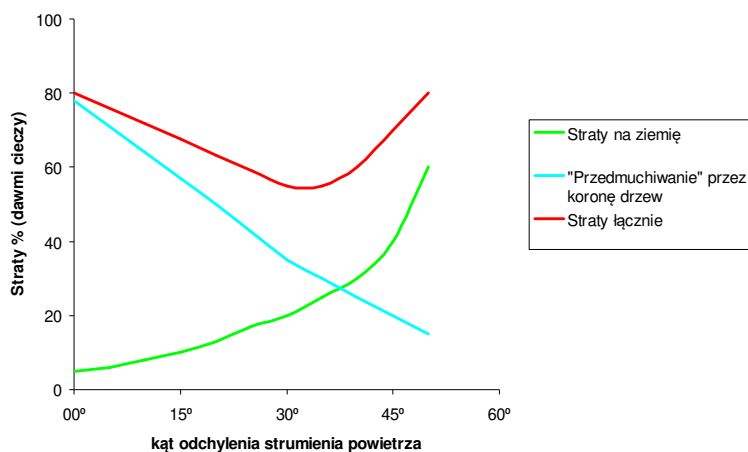
Rys. 17. Wydajność wentylatora – penetracja korony drzewa: a) zbyt wysoka; b) odpowiednia; c) zbyt niska

3.3 Kierunek strumienia powietrza

Możliwości regulacji kierunku strumienia powietrza w opryskiwaczach sadowniczych są niewielkie. Jedynie wentylatory promieniowe z kierowanym strumieniem powietrza (rozdz. 2.1, Rys. 9) pozwalają na i niemal dowolną konfigurację rurowych wylotów powietrza. W wentylatorach osiowych dostępne są tylko regulowane kierownice krańcowe (Rys. 18), chroniące strumień powietrza przed niekontrolowanym rozproszeniem i ograniczające straty cieczy kierowanej ponad i pod korony drzew. Zaś strumień powietrza jest skierowany na stałe lekko ku górze pod kątem 15–20°, co poprawia równomierność dystrybucji ś.o.r., pomiędzy górną i dolną powierzchnią liści, w odniesieniu do poziomo skierowanego strumienia powietrza. Należy bowiem pamiętać, że na górną powierzchnię liści nanoszone jest 3–5-krotnie więcej cieczy niż na dolną. Z kolei w wentylatorach z odwróconym ciągiem (rozdz. 2.1, Rys. 7), w odróżnieniu od wentylatorów standardowych, strumień powietrza może być skierowany na stałe ku tyłowi (o kąt 10-15°), przeciwnie do kierunku ruchu opryskiwacza, co wydłuża drogę kropeł w koronie drzewa i zwiększa zdolność korony do zatrzymywania kropeł cieczy. W konsekwencji straty cieczy użytkowej np. w sadach karłowatych maleją o 20% (Rys. 19).



Rys. 18. Kierowane gardziele wylotowe (krańcowe) w wentylatorze osiowym z odwróconym ciągiem: a) strumień powietrza standardowy; b) strumień powietrza odchylony

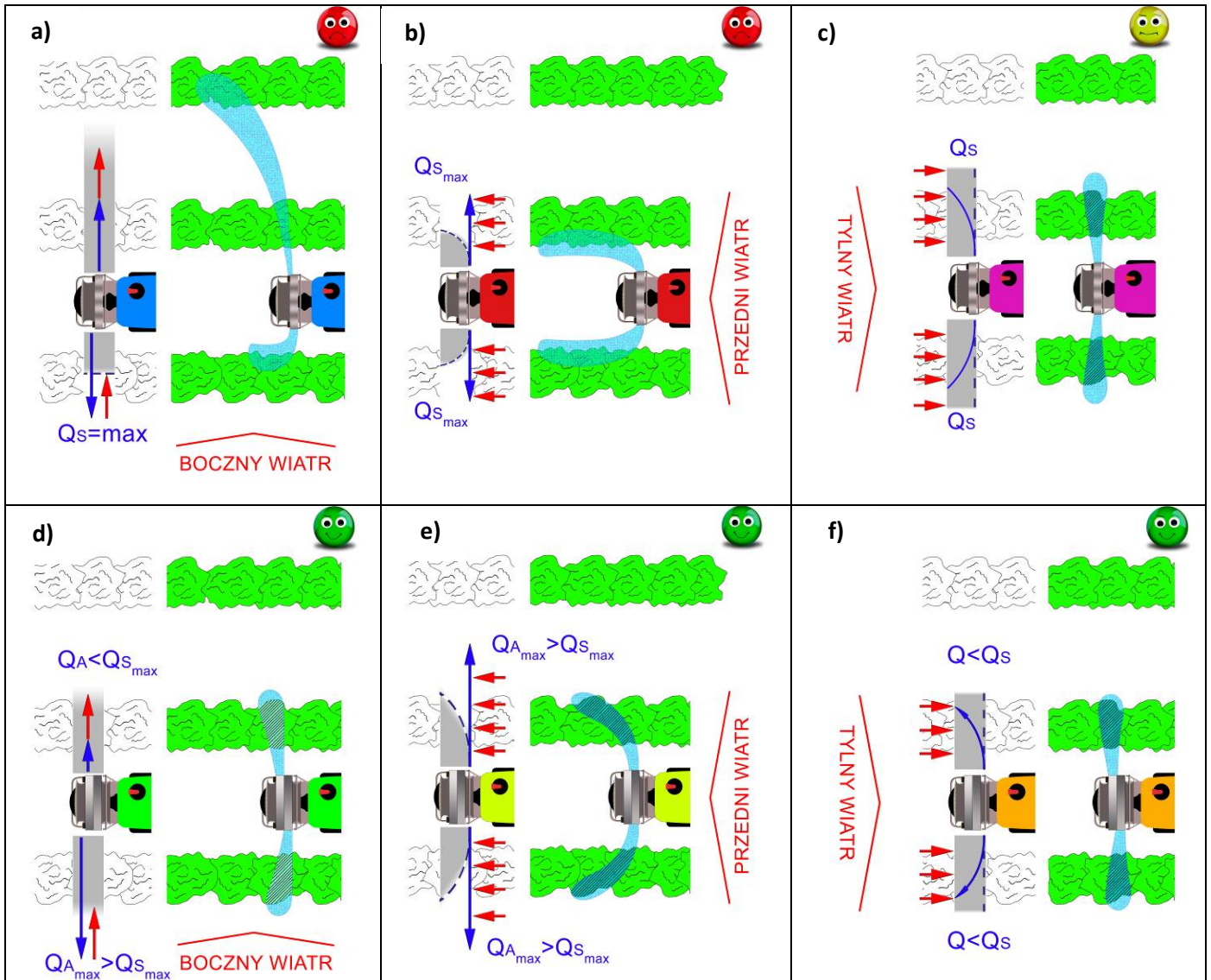


Rys. 19. Wielkość strat cieczi użytkowej w zależności od kąta odchylenia strumienia powietrza

3.4 Wiatr jest poważnym utrudnieniem

Warunki atmosferyczne mogą zmienić się podczas trwania zabiegu, a wietrzna pogoda jest poważnym utrudnieniem podczas wykonywania zabiegów opryskiwania. Dlatego dobrym nawykiem jest częste sprawdzanie prędkości wiatru. Choć są już dostępne proste i tanie przenośne anemometry, to ich użycie w zamkniętej kabinie i podczas ruchu agregatu jest utrudnione. W związku z tym należy bacznie obserwować otoczenie, w tym zwłaszcza zachowanie się np. roślin, dymu, aby na tej podstawie szacować prędkość wiatru, co może nam ułatwić Tabela 1.

Choć regulacje prawne wiatru zabraniają wykonywanie zabiegów, gdy prędkość wiatru przekracza 4,0 km/godz., to nawet i ta prędkość bywa niekiedy nadmiernie wysoka. Przykładem może być sytuacja, gdy wiatr (np. 4 m/s) jest skierowany zgodnie z linią rzędów, wówczas podczas jazdy pod wiatr należy doliczyć jeszcze wiatr względny będący rezultatem ruchu agregatu (np. 7,2 km = 2 m/s). Czyli łącznie na rozpylone krople cieczi będzie oddziaływać wiatr o prędkości 6 m/s. W praktyce oznacza to, że podczas ruchu pod wiatr należy znacząco zwiększyć wydajność wentylatora, aby przezwyciężyć oddziaływanie wiatru i zapewnić odpowiednią penetrację koron. W naszym przykładzie podczas ruchu w przeciwnym kierunku sumaryczna prędkość wiatru będzie wynosiła tylko 2,0 m/s (4,0 – 2,0 m/s) i tym samym pierwotnie ustawiona wydajność powietrza będzie o wiele za wysoka, ponieważ jadąc z wiatrem przedmuchiwana będzie znaczna część cieczi, a warunki do jej nanoszenia na liściach znacząco się pogorszą. Wypadałoby wówczas zmniejszyć wydajność wentylatora. Teoretycznie jest to możliwe, ale w produkcji towarowej, gdy cenna jest każda minuta, jest to praktycznie niewykonalne, aby taką korektę przeprowadzać przy każdym uwrociu. Technicznie jest to możliwe tylko dla wentylatorów asymetrycznych (patrz: rozdz.2.1; Rys. 12 oraz Rys. 20).



Rys. 20. Wpływ wiatru na wykonywany zabieg oprysku; a) wpływ bocznego wiatru na wykonywany zabieg opryskiwaczem standardowym; b) wpływ przedniego wiatru na wykonywany zabieg opryskiwaczem standardowym; c) wpływ tylnego wiatru na wykonywany zabieg opryskiwaczem standardowym; d) wpływ bocznego wiatru na wykonywany zabieg opryskiwaczem asymetrycznym; e) wpływ przedniego wiatru na wykonywany zabieg opryskiwaczem asymetrycznym; f) wpływ tylnego wiatru na wykonywany zabieg opryskiwaczem asymetrycznym: Q_{Smax} – maksymalny wydatek strumienia powietrza wentylatora w opryskiwaczu standardowym; Q_A – wydatek strumienia powietrza wentylatora w kierunku lewym w opryskiwaczu asymetrycznym; Q_{Amax} – maksymalny wydatek strumienia powietrza wentylatora w wybranym kierunku w opryskiwaczu asymetrycznym; Q – wydatek strumienia powietrza wentylatora w opryskiwaczu przy wietrze tylnym; Q_s – wydatek strumienia powietrza wentylatora w opryskiwaczu standardowym.

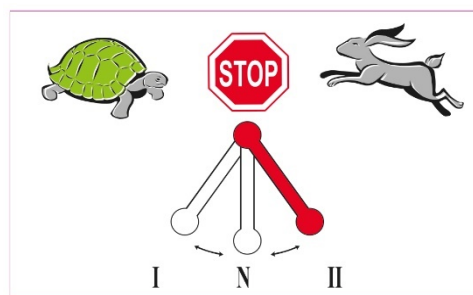
Choć najbardziej odpowiedni zakres prędkości roboczych wynosi $6,0 \div 7,0$ km/godz., to dotyczy on optymalnych warunków podczas zabiegu, czyli gdy prędkość wiatru nie przekracza 1,5 m/s. Takie zalecenia modyfikuje wiatr, który z jednej strony utrudnia proces nanoszenia cieczy użytkowej, a z drugiej zwiększa znoszenie i straty ś.o.r.. W związku z tym, gdy prędkość wiatru jest wyższa niż 2,0 m/s, to nie powinno się przekraczać prędkości roboczej 4-5 km/godz. Niekiedy zachodzi także potrzeba jednoczesnego zwiększenia wydajności wentylatora. Choć wydaje się, że wyższe zakresy prędkości roboczych można stosować dla wentylatorów o większej wydajności, to takiego przekonania nie

potwierdzają wyniki badań naukowych. Przyczyną jest zmienna prędkość i kierunek wiatru w sadzie lub plantacji krzewów jagodowych, co dodatkowo potęguje zróżnicowana ekspozycja wentylatora na wiatr, podczas ruchu agregatu opryskowego. Zabiegi przy wyższych prędkościach będą możliwe dopiero po wprowadzeniu inteligentnych opryskiwaczy, wyposażonych w układy automatycznej korekty strumienia powietrza w zależności od lokalnej prędkości i kierunku wiatru.

4. Regulacja opryskiwacza

4.1 Wydajność powietrza

Bogatsi o wiedzę z zakresu znaczenia poprawnej regulacji strumienia w prawidłowej ochronie sadów można przystąpić do praktycznej kalibracji wentylatora. Współczesne opryskiwacze oferują dwa sposoby regulacji wydajności wentylatora poprzez zmianę: obrotów wirnika wentylatora lub kąta natarcia łopatek. Pierwsza metoda, z wykorzystaniem dwubiegowej przekładni – multiplikatora (Rys. 21) jest nie tylko najprostsza, lecz także zapewnia najszerszy zakres regulacji. Rzadziej spotykanym, ale równie skutecznym rozwiązaniem jest bezstopniowa zmiana kąta natarcia łopat wirnika, którą wykonuje się przy użyciu specjalnego klucza. Zakres regulacji można też w niewielkim zakresie powiększyć przez zmianę obrotów silnika pamiętając jednak, że wraz z redukcją obrotów rośnie pulsacja ciśnienia, maleje wydajność pompy opryskiwacza i pogarsza się efekt mieszania.



Rys. 21. Zmiana wydajności wentylatora - przełożenie przekładni wentylatora

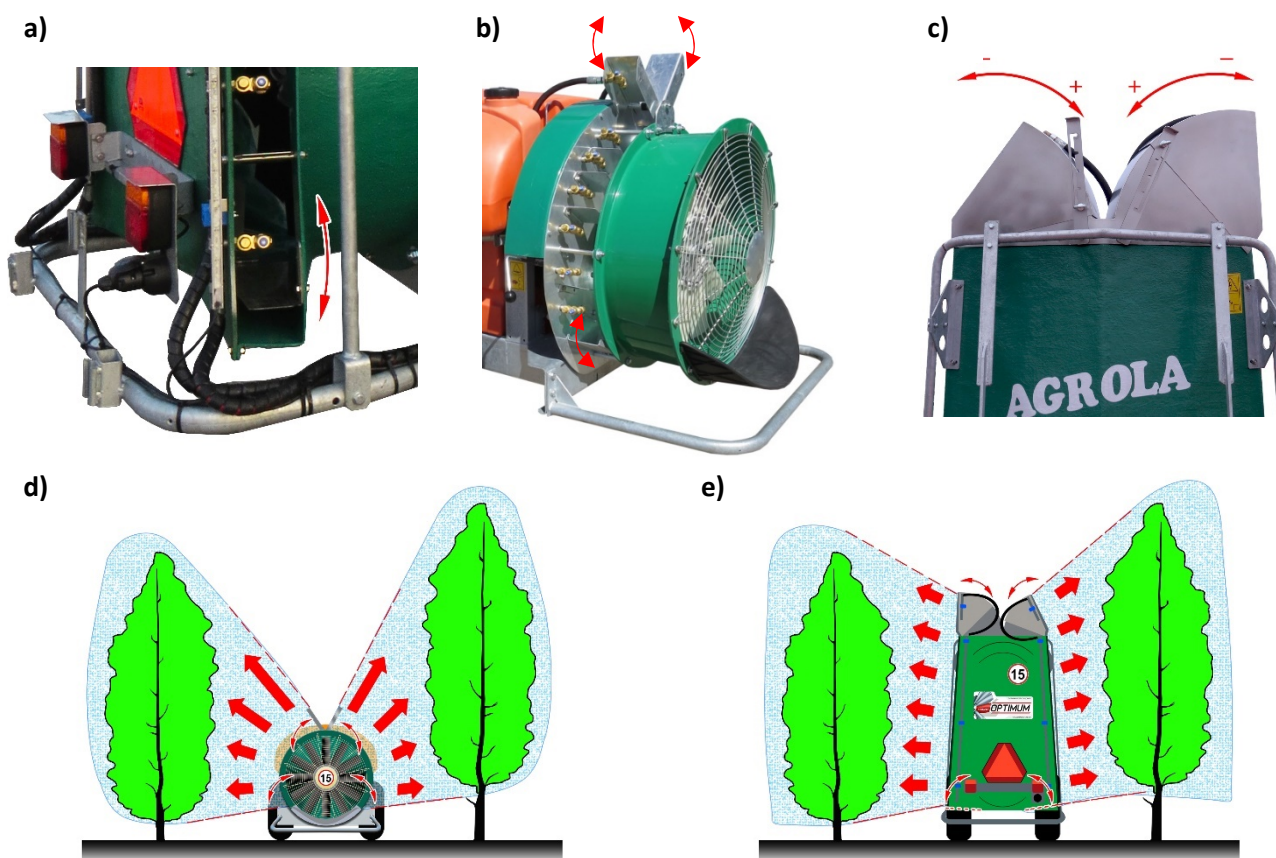
Po ustawieniu odpowiedniej prędkości roboczej i wydajności wentylatora należy sprawdzić nastawy w sadzie. W tym celu należy wykonać testowy zabieg przy użyciu czystej wody. Dobrze jest wówczas skorzystać z usług drugiej osoby, która będzie obserwowała zachowanie się strumienia cieczy i powietrza w sąsiedniej uliczce roboczej sadu. Podczas wiatru skierowanego wzdłuż rzędów, gdy strumień kropeł pojawi się po drugiej stronie opryskiwanych drzew i będzie sięgał nie dalej jak 0,5÷1,0 m poza obrys korony drzewa lub co najwyżej do środka kolejnego międzyrzędzia, to należy uznać, że prędkość robocza i wydajność wentylatora jest prawidłowo wyregulowana. Jeśli zaś chmura przedmuchiwanego strumienia nie pojawi się w ogóle, lub co gorsza będzie sięgała kolejnego sąsiadującego rzędu, to należy skorygować nastawy strumienia powietrza i test przeprowadzić powtórnie. W warunkach bocznego wiatru należy zapewnić przede wszystkim odpowiednią penetrację rzędu nawietrznego, czyli rzędu, od którego jest skierowany wiatr. Rząd zawietrzny i tak będzie wystarczająco „przedmuchiwany” przez strumień powietrza z wentylatora, ponieważ jest dodatkowo wspomagany przez wiatr. Dopiero użycie wentylatorów z asymetryczną regulacją wydajności pozwoli na bardziej precyzyjną regulację strumienia powietrza. Taką praktyczną korektę wydajności powietrza powinno się przeprowadzać, nie rzadziej niż co 2 tygodnie pamiętając, że powierzchnia liści może się nawet podwoić w tym okresie.

W ostatnim okresie pojawił się wentylator asymetryczny (patrz: rozdz.2.1; Rys. 12) o nie znanych dotąd cechach użytkowych i dużej elastyczności regulacji wydajności strumienia powietrza. Pozwala on nie tylko na regulację wydajności powietrza podczas ruchu maszyny, lecz dodatkowo taka regulacja może być przeprowadzana oddzielnie dla prawej i lewej strony opryskiwacza. Stało się to możliwe dzięki zastosowaniu hydraulicznego układu napędowego z elektronicznym układem sterowania wentylatora z kabiny kierowcy.

4.2 Kierunek powietrza

Techniczne możliwości regulacji kierunku powietrza w opryskiwaczach sadowniczych są dużo mniejsze niż wydajności strumienia powietrza. Tylko wentylatory promieniowe z kierowanym systemem emisji powietrza pozwalają na wielokierunkową i niemal dowolną regulację rurowych wylotów powietrza (Rys. 8; Rys. 9). Z powodu jednak niskiej wydajności powietrza rzadko znajdują zastosowanie w sadach, choć są niemal niezastąpione na plantacjach krzewów jagodowych. Regulacja polega na takim rozłożeniu rurowych wylotów równomiernie w pionie w odległości 0,3-0,5 m od korony drzewa lub krzewu, zważając aby nie pozostawić nieopryskanych organów drzewa.

W wentylatorach osiowych montowane są dwie regulowane kierownice krańcowe, z których pierwsza jest montowana w dolnej części gardzieli (Rys. 22a) wylotowej strumienia powietrza. Chroni ona strumień powietrza przed niekontrolowanym rozproszeniem i kierowaniem kropeł cieczy pod korony drzew. Z kolei druga, montowana w górnej strefie gardzieli (Rys. 22c), zapobiega kierowaniu strumienia powietrza ponad korony drzew.



Rys. 22. Regulacja zasięgu strumienia powietrza w zależności od wielkości drzewa: a) dolne kierownice powietrza; b) górne i dolne kierownice powietrza; c) górne kierownice powietrza; d) ustawienie kierownic powietrza w opryskiwaczu bez deflektora; e) ustawienie kierownic powietrza w opryskiwaczu z deflektorem

4.3 Prędkość robocza

Po wyborze wydajności wentylatora i kierunku strumienia powietrza można przystąpić do ustalenia prędkości, z jaką porusza się opryskiwacz. Przy wyższych prędkościach roboczych strumień powietrza nadmiernie odchyła się ku tyłowi i zmniejsza się także pionowy zasięg cieczy. Skutkuje to niedostatecznym naniesieniem ś.o.r. w osi drzewa oraz na wierzchołkach drzew i w konsekwencji obniżeniem skuteczności zabiegu (Rys. 16a). Podczas sprzyjających warunków atmosferycznych można korzystać z górnego zakresu prędkości (6–7 km/godz.), a w czasie wiatru, o prędkości powyżej 2 m/s, bardziej odpowiedni jest dolny zakres (4–5 km/godz.), ponieważ wiatr rozprasza strumień powietrza wytwarzany przez wentylator i utrudnia równomierne naniesienie cieczy w koronie drzewa.

W trakcie wyboru najbardziej odpowiedniej prędkości roboczej należy wziąć pod uwagę również gęstość drzew. Ochronę gęstych sadów, w fazie pełnego ulistnienia, należy przeprowadzać z niższymi prędkościami niż tych samych drzew podczas kwitnienia. Wczesną wiosną i w okresie kwitnienia oraz w młodych sadach karłowatych, zabiegi można wykonywać z prędkościami sięgającymi nawet 10 km/godz., gdyż strumień powietrza bez trudu może penetrować koronę drzewa. Zabiegi przy wyższych prędkościach roboczych (10-12 km/godz.) można będzie przeprowadzać dopiero przy użyciu opryskiwacza z wentylatorem asymetrycznym (Rys. 23). Jednocześnie trzeba pamiętać, że zbyt niska prędkość robocza, dla opryskiwacza wyposażonego w wentylator o dużej wydajności, pogarsza warunki nanoszenia kropeł i powoduje straty cieczy, która "przedmuchiwana" przez koronę drzewa zanieczyszcza glebę i powietrze (patrz: rozdz.3.2).



Rys. 23. Widok opryskiwacza dwuwentylatorowego z asymetryczną regulacją strumienia powietrza

W podsumowaniu można stwierdzić, że niższe prędkości robocze należy stosować, gdy:

- opryskiwacz jest wyposażony w wentylator o niskiej wydajności (np. promieniowy),
- zabiegi wykonuje się w sadach tradycyjnych (wysokie drzewa, rozbudowane korony),
- drzewa są w fazie pełnego ulistnienia,
- zabiegi wykonuje się przy wietrznej pogodzie (2–3 m/s).

Dla prędkości roboczej ustalonej według powyżej opisanych zasad, należy dobrać odpowiednie przełożenie skrzyni biegów i obroty silnika mając na uwadze, że nie mogą być one zbyt niskie, ponieważ jednocześnie maleje wydajność pompy i wentylatora. Podczas kalibracji jak i w trakcie wykonywania zabiegów należy posługiwać się tylko tzw. ręcznym gazem. Dzięki temu można łatwo utrzymać stałą prędkość jazdy, obroty WOM i tym samym stały wydatek cieczy użytkowej. Warto pamiętać, że szybkie dodanie lub ujęcie gazu, to niepotrzebne obciążenie silnika zważywszy, że wirnik wentylatora obraca się z prędkością blisko 3000 obr./min.

Praktyczną kalibrację prędkości roboczej należy rozpocząć od odmierzenia i oznaczenia odcinka o długości 100 m. Powinien być on zlokalizowany w uliczce roboczej sadu lub w innym miejscu o zadarnionej powierzchni, co w połączeniu z obciążeniem ciągnika wodą wypełniającą zbiornik opryskiwacza do połowy, zapewni zbliżony poślizg jak podczas zabiegu w sadzie. Następnie należy wybrać przełożenie skrzyni biegów, ustalić obroty silnika (ręczny gaz) i zmierzyć czas przejazdu odcinka kontrolnego. Na koniec wystarczy obliczyć ze wzoru prędkość roboczą lub odczytać ją z niżej zamieszczonej tabeli. Jeśli nawet ciągnik jest wyposażony w prędkościomierz, to należy sprawdzić, czy odczyt prędkości jest właściwy.

4.4 Dawka wody

Prawidłowa ustalona dawka wody jest wynikiem kompromisu pomiędzy zapewnieniem równomiernego rozłożenia ś.o.r. w koronie drzewa i niskiego poziomu strat wywołanych ich ociekaniem. Z tego powodu nie może być zbyt niska, gdyż nie zabezpiecza równomiernego rozkładu ś.o.r. w drzewie, co może skutkować obniżoną skutecznością zabiegu. Z kolei nadmierna dawka, powyżej granicy retencji, czyli zdolności drzewa do zatrzymywania cieczy, zapewnia wprawdzie wysokie pokrycie organów, ale jednocześnie tworzą się krople zlewne, które ociekają na ziemię lub na niżej położone liście. W takiej sytuacji nie dość, że ciecz użytkowa już jest rozcieńczona, to dodatkowo z powodu jej ociekania ilość naniesionego ś.o.r. spada poniżej poziomu skuteczności biologicznej.

Logiczne rozumowanie podpowiada użycie niższych dawek podczas ochrony sadów karłowatych o niewielkich, luźnych koronkach, a wyższych w ochronie sadów półkarłowatych o bardziej rozbudowanych koronach. Podstawą takiego podejścia jest formuła TRV (Tree Row Volume) opracowana przez amerykańskich naukowców już ok. 50 lat temu (Rys. 24). Zdążyła się ona przyjąć nie tylko w Polsce, lecz także innych przodujących sadowniczo krajach świata. Pomimo przyjętych uproszczeń jest to metoda bardzo logiczna i prosta, dlatego warto ją zastosować w praktyce.

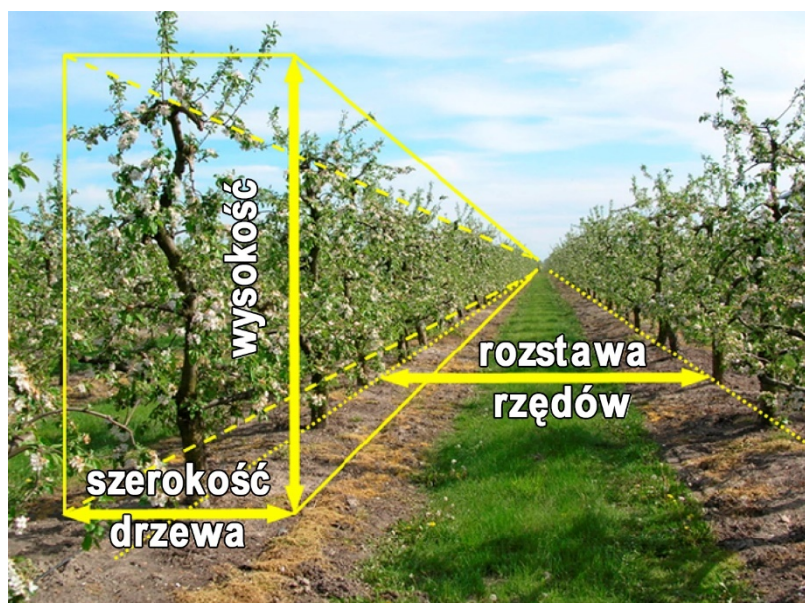
$$TRV [m^3/ha] = \frac{\text{wysokość drzew [m]} \times \text{szerokość drzew [m]}}{\text{rozstawa rzędów [m]}} \times 10\,000 [m^2/ha]$$

Przyjmując, że w polskich warunkach na 1 m³ sadu potrzeba około 0,033 litra cieczy użytkowej można wyliczyć dawkę przypadającą na 1 hektar sadu wg niżej zamieszczonej formuły:

$$\text{dawka cieczy [l/ha]} = \frac{\text{wysokość drzew [m]} \times \text{szerokość drzew [m]}}{\text{rozstawa rzędów [m]}} \times 330$$


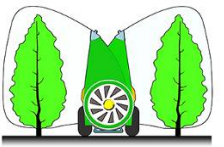
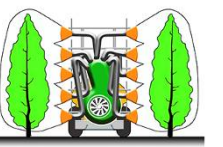
W tabeli (Tabela 5) zamieszczono dawki cieczy dla przykładowych typów sadów wyznaczone przy użyciu formuły TRV. Jak łatwo zauważyć wraz ze wzrostem rozstawy drzew i objętości koron rośnie również dawka cieczy użytkowej. Z uwagi na dużą różnorodnością opryskiwanych drzew, w tym zwłaszcza ich gęstości, w tabeli podano szeroki zakres dawek. Dolny zakres jest zalecany dla drzew o luźno formowanych koronach lub we wczesnych fazach rozwojowych, a górny dla bardziej gęstych drzew lub gdy w etykiecie ś.o.r. zaleca się dobre zwilżenie organów drzewa (np. pni drzew podczas zwalczania bawełnicy korówki lub innych trudno dostępnych szkodników).

Formuła TRV służy do wyznaczania dawek cieczy dla opryskiwaczy konwencjonalnych. W przypadku użycia bardziej precyzyjnych systemów emisji (np. wentylatorów deflektorowych i z kierowanym strumieniem powietrza), dawkę cieczy można zredukować nawet o 20–25%, ponieważ charakteryzują się one mniejszymi stratami niż wentylatory konwencjonalne, które kierują więcej cieczy pod i ponad korony drzew.



Rys. 24. Sposób wyznaczania objętości koron drzew (TRV - Tree Row Volume)

Tabela 5. Dawka cieczy (l/ha) w zależności od opryskiwacza, rozstawy rzędów i wielkości drzew

Sad		Opryskiwacz		
Rozstawa	Wielkość drzew (szer. x wys.)			
6,0	4,0 x 3,5	600 ÷ 800	-	-
4,5 ÷ 5,0	3,5 x 3,0	500 ÷ 750	300 ÷ 500	-
4,0	2,8 x 2,0	300 ÷ 500	250 ÷ 300	250 ÷ 300
3,0 ÷ 3,5	2,1 x 1,5	200 ÷ 300	150 ÷ 200	150 ÷ 200

4.5 Rodzaj i liczba rozpylaczy

Rodzaj i liczba rozpylaczy jest wypadkową warunków przyszłego zabiegu. Do zabiegów przy użyciu preparatów kontaktowych i podczas sprzyjających warunków atmosferycznych lepiej jest używać standardowe rozpylacze wirowe. Jednak podczas wietrznej pogody drobne krople są łatwo znoszone i nie zapewniają równomiernej dystrybucji cieczy użytkowej. W takich warunkach doskonale sprawdzają się rozpylacze eżektorowe wytwarzające grube krople, które łatwiej pokonują przeciwnie skierowany wiatr. Dlatego, nawet podczas niewielkiego wiatru (powyżej 1,5 m/s) można rozważyć użycie rozpylaczy eżektorowych (Tabela 6), ale już podczas prawdziwie wietrznej pogody (powyżej 3,0 m/s) ich użycie staje się konieczne i jest wówczas szansą na skuteczny zabieg. Najgrubsze krople wytwarzają tzw. długie wersje rozpylaczy eżektorowych płaskostrumieniowych, które łatwiej pokonują przeciwnie skierowany wiatr. Dzięki temu lepiej penetrują koronę drzewa i łatwiej docierają do wierzchołków drzew, podczas gdy drobne krople, emitowane przez tradycyjne rozpylacze wirowe, już tam nie docierają.

Tabela 6. Prędkość wiatru – rodzaj rozpylacza

Rodzaj rozpylacza	Wielkość kropeł	Prędkość wiatru [m/s]
Wirowy standardowy	b. drobne, drobne	0 – 1,5
Wirowy eżektorowy	grube	1,5 - 3,0
Płaskostrumieniowy eżektorowy (krótki)	grube	2,0 - 3,0
Płaskostrumieniowy eżektorowy (długi)	bardzo grube	2,5 - 4,0

Z kolei liczbę rozpylaczy należy wyznaczyć w sadzie stosownie do wielkości opryskiwanych drzew. W przypadku ochrony sadów karłowatych lub dopiero co posadzonych drzewek użycie całego kompletu rozpylaczy nie jest uzasadnione, dlatego należy odciąć rozpylacze kierujące cieczą ponad koronę drzewa.

4.6 Wydatek rozpylaczy i ciśnienie cieczy

Tabela 7. Tabela wydatków rozpylaczy LECHLER

Typ rozpylacza	Wydatek z jednego rozpylacza [l/min]																
	Ciśnienie [bar]																
	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
TR 80-005	0,23	0,25	0,28	0,30	0,32	0,34	0,36	0,38	0,39	0,41	0,42	0,44	0,45	0,47	0,48	0,49	0,51
TR 80-0067	0,31	0,35	0,38	0,41	0,44	0,47	0,49	0,52	0,54	0,56	0,58	0,60	0,62	0,64	0,66	0,68	0,70
ID 90-01 TR 80-01	0,45	0,51	0,55	0,60	0,64	0,68	0,72	0,75	0,78	0,82	0,85	0,88	0,91	0,93	0,96	0,99	1,01
ID 90-015 TR 80-015	0,68	0,76	0,83	0,90	0,96	1,02	1,07	1,13	1,18	1,22	1,27	1,31	1,36	1,40	1,44	1,48	1,52
ID 90-02 TR 80-02	0,92	1,03	1,13	1,22	1,30	1,38	1,45	1,53	1,60	1,67	1,73	1,79	1,85	1,90	1,96	2,01	2,07
IDK 90-025	1,15	1,28	1,40	1,52	1,62	1,71	1,81	1,90	1,98	2,06	2,14	2,21	2,29	2,36	2,43	2,49	2,56
ID 90-03 TR 80-03	1,37	1,53	1,68	1,81	1,94	2,06	2,17	2,28	2,38	2,48	2,57	2,66	2,75	2,83	2,91	2,99	3,07
ID 90-04 TR 80-04	1,82	2,04	2,23	2,41	2,58	2,74	2,88	3,03	3,16	3,29	3,41	3,53	3,65	3,76	3,87	3,98	4,08
ID 90-05 TR 80-05	2,28	2,55	2,79	3,01	3,22	3,42	3,60	3,77	3,94	4,10	4,26	4,41	4,55	4,69	4,83	4,96	5,09
ID 90-06	2,73	3,05	3,34	3,61	3,86	4,09	4,32	4,52	4,72	4,91	5,10	5,28	5,45	5,62	5,78	5,94	6,09

Tabela 8. Tabela wydatków rozpylaczy TeeJet ConeJet (VisiFlo)

Typ rozpylacza	Wydatek z jednego rozpylacza [l/min]																
	Ciśnienie [bar]																
	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
TXB800050	0,22	0,25	0,27	0,28	0,30	0,32	0,33	0,35	0,36	0,37	0,38	0,40	0,41	0,42	0,43	0,44	0,45
TXB800067	0,30	0,33	0,36	0,39	0,41	0,43	0,45	0,47	0,49	0,51	0,53	0,54 6	0,56	0,58	0,59	0,61	0,62
TXB8001	0,45	0,50	0,54	0,58	0,62	0,65	0,68	0,71	0,74	0,77	0,79	0,82	0,84	0,87	0,89	0,91	0,93
TXB80015	0,68	0,75	0,82	0,89	0,94	1,00	1,05	1,1	1,15	1,19	1,23	1,28	1,32	1,35	1,39	1,43	1,46
TXB8002	0,90	1,01	1,10	1,18	1,26	1,33	1,40	1,47	1,53	1,59	1,65	1,70	1,75	1,81	1,86	1,9	1,95
TXB8003	1,37	1,53	1,67	1,80	1,93	2,04	2,15	2,25	2,35	2,45	2,54	2,63	2,72	2,80	2,88	2,96	3,03
TXB8004	1,82	2,03	2,23	2,40	2,57	2,72	2,87	3,01	3,14	3,27	3,39	3,51	3,62	3,73	3,84	3,94	4,04

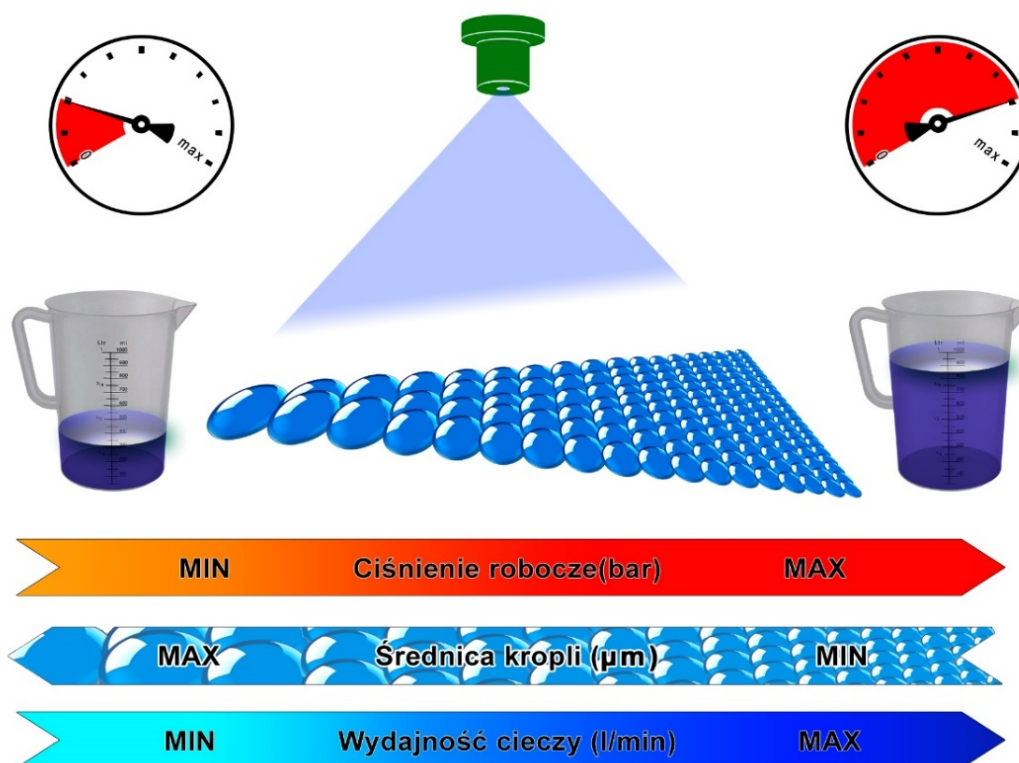
Tabela 9. Tabela wydatków rozpylaczy ALBUZ (ATI)

Typ rozpylacza	Wydatek z jednego rozpylacza [l/min]																
	Ciśnienie [bar]																
	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
ATI 80-0050	0,23	0,26	0,28	0,31	0,33	0,35	0,37	0,38	0,4	0,42	0,43	0,45	0,46	0,48	0,49	0,5	0,52
ATI 80-0075	-	0,39	0,42	0,46	0,49	0,52	0,55	0,57	0,6	0,62	0,65	0,67	0,69	0,71	0,73	0,75	0,77
ATI 80-01	-	0,52	0,57	0,61	0,65	0,69	0,73	0,77	0,8	0,83	0,86	0,89	0,92	0,95	0,98	1,01	1,03
ATI 80-015	-	0,77	0,85	0,92	0,98	1,04	1,1	1,15	1,2	1,25	1,3	1,34	1,39	1,43	1,47	1,51	1,55
ATI 80-02	-	1,03	1,13	1,22	1,31	1,39	1,46	1,53	1,6	1,67	1,73	1,79	1,85	1,9	1,96	2,01	2,07
ATI 80-025	-	1,29	1,41	1,53	1,63	1,73	1,83	1,91	2	2,08	2,16	2,24	2,31	2,38	2,45	2,52	2,58
ATI 80-03	-	1,55	1,7	1,83	1,96	2,08	2,19	2,3	2,4	2,5	2,59	2,68	2,77	2,86	2,94	3,02	3,1
ATI 80-035	-	1,81	1,98	2,14	2,29	2,42	2,56	2,68	2,8	2,91	3,02	3,13	3,23	3,33	3,43	3,52	3,61
ATI 80 -04	-	2,07	2,26	2,44	2,61	2,77	2,92	3,06	3,2	3,33	3,46	3,58	3,7	3,81	3,92	4,03	4,13
ATI 80-05	-	2,58	2,83	3,06	3,27	3,46	3,65	3,83	4	4,16	4,32	4,47	4,62	4,76	4,9	5,03	5,16

Kolejnym etapem procedury kalibracyjnej opryskiwacza sadowniczego jest obliczenie wydatku pojedynczego rozpylacza, z wykorzystaniem niżej zamieszczonej formuły.

$$\text{wydatek rozpylacza [l/min]} = \frac{\text{dawka wody (l/ha)} \times \text{rozstawa rzędów [m]} \times \text{prędkość [km/godz]}}{\text{liczba rozpylaczy} \times 600}$$

Znana jest już dawka wody, rozstawa rzędów, prędkość robocza i liczba rozpylaczy. Można więc przystąpić do obliczenia wydatku pojedynczego rozpylacza, a następnie do wyboru najbardziej odpowiedniego rozmiaru z wykorzystaniem tabeli wydatków (Tabela 7, 0, Tabela 9). Uprzednio należy zidentyfikować producenta rozpylacza. Gdy brak będzie znaków producenta, a czytelny będzie znaczek ISO, co oznacza, że wydatek i kolor rozpylacza jest standaryzowany, można wówczas skorzystać z uniwersalnej tabeli wydatków. Zazwyczaj opryskiwacz jest już wyposażony w określony rodzaj rozpylaczy. W takiej sytuacji wystarczy wówczas dobrać takie ciśnienie cieczy, przy którym rozpylacz osiąga wydatek obliczony przy użyciu wyżej zamieszczonego wzoru. Ważne, aby nie przekraczać najbardziej odpowiedniego zakresu ciśnień wskazanych przez producenta. Gdy takie zalecenia nie będą dostępne, to należy przyjąć zakres 5-15 bar (0,5-1,5 MPa), który jest najbardziej odpowiedni dla wirowych rozpylaczy sadowniczych. Ciśnienie poniżej 5 bar (0,5 MPa) nie zapewnia odpowiedniej jakości rozpylania (wielkości kropeł), a przekraczanie 15 bar (1,5 MPa) jest nieuzasadnione, gdyż wysokie ciśnienie nie poprawia znacząco jakości rozpylania, a niepotrzebnie obciąża elementy układu cieczowego przyspieszając zużycie pompy i rozpylaczy. W przypadku, gdy dostępne jest kilka rozmiarów rozpylaczy, a obliczony wydatek osiągają 2, a niekiedy nawet 3 różnego rozmiaru rozpylacze (np. Lechler), to należy wybrać ten rozmiar, który wytwarza krople o wielkości najbardziej odpowiedniej dla planowanego zabiegu. Należy przy tym pamiętać, że wielkość kropeł rośnie wraz ze spadkiem ciśnienia (Rys. 25) i odwrotnie. W przypadku wietrznej pogody (powyżej 2,5 m/s) i braku rozpylaczy eżektorowych należy wybrać rozpylacz większego rozmiaru, pracujący w dolnym zakresie ciśnień (np. 5 bar). Będą wówczas wytwarzane większe krople, które są wprawdzie mniej podatne na znoszenie, ale osiągają mniejsze pokrycie. Z kolei podczas niewielkiego wiatru można wybrać rozpylacz mniejszego rozmiaru, pracujący przy wyższym ciśnieniu, który będzie wytwarzał krople drobne dające wysokie pokrycie.



Rys. 25. Wpływ ciśnienia cieczy na wielkość kropeł

Zróżnicowana wielkość drzew i coraz wyższe wymagania, stawiane technice ochrony, wymuszają użycie różnych rodzajów rozpylaczy w zależności od dawki cieczy, zaleceń w etykiecie ś.o.r., warunków

atmosferycznych itp. Szybką zmianę rozpylaczy ułatwiają wprawdzie obracalne korpusy wielorozpylaczowe, ale w opryskiwaczach sadowniczych z uwagi na brak miejsca stosuje się zazwyczaj korpusy 2-rozpylaczowe. W przeciętnych warunkach wystarczy zaopatrzyć się w komplet standardowych rozpylaczy wirowych (np. żółty 01 lub zielony 015) i drugi komplet rozpylaczy eżektorowych o tym samym wydatku. Można wówczas szybko reagować na warunki atmosferyczne zmieniając rodzaj rozpylacza, a nawet wybrać warianty mieszane polegający np. na włączeniu 2 par rozpylaczy eżektorowych w górnej części szczeliny wylotowej i standardowych w dolnej części. Taka konfiguracja znacząco podniesie równomierność naniesienia w wierzchołkowej części korony drzewa, ponieważ większe i przez to cięższe krople są mniej podatne na znoszenie.

Ostatnim krokiem będzie sprawdzenie, czy wyznaczony wydatek rozpylacza jest zgodny z rzeczywistym, co nie jest takie oczywiste pamiętając, że może się okazać, że rozpylacze mogą być nadmiernie zużyte lub uszkodzony manometr będzie wskazywał błędne ciśnienie. W tym celu należy ustawić żądane ciśnienie przy pomocy zaworu sterującego, zmierzyć wydatek z kilku wybranych rozpylaczy (3-4) oddzielnie dla prawej i lewej sekcji, zbierając ciecz przez 30 sek. do wyskalowanych pojemników miarowych i porównać uzyskane wydatki z tymi obliczonymi ze wzoru. W przypadku, gdy wyniki pomiarów odbiegają od wydatku obliczonego należy skorygować ciśnienie i wykonać pomiar powtórnie.

Przynajmniej raz do roku dobrze jest sprawdzić, przy użyciu papieru wodoczułego, który przy kontakcie z kroplami cieczy przebarwia się z koloru żółtego na niebieski, czy dawka cieczy i parametry strumienia powietrza są ustalone prawidłowo (Rys. 26). Najlepiej 4-5 próbek, o wymiarach 3x4 cm, zamocować do pionowej listwy umieszczonej wzdłuż przewodnika. Można także zamocować próbki bezpośrednio do liści przy użyciu spinaczy biurowych. Po wykonaniu zabiegu testowego można oszacować uzyskane pokrycie.

5. Kalibracja opryskiwacza - procedura

5.1 Ustal wydajność wentylatora, kierunek strumienia powietrza i rodzaj rozpylaczy

Przed przystąpieniem do kalibracji opryskiwacza zaopatrzyć się w:

- pojemnik miarowy o pojemności 1,5÷2,0 l,
- taśmę mierniczą i paliki,
- zegarek z sekundnikiem (lub stoper) i kalkulator (wszystko masz w telefonie komórkowym),
- notatnik

oraz ubierz odzież ochronną (buty gumowe, kombinezon, rękawice, osłona twarzy).

Następnie napełnij zbiornik czystą wodą i przeprowadź zabieg testowy w sadzie, w którym będziesz wykonywał zabieg opryskiwania.

1. Wybierz rodzaj rozpylaczy stosownie do prędkości wiatru.
2. Ustal wstępnie prędkość roboczą w zakresie 4-8 km/godz. i taką wydajność wentylatora, aby krople cieczy sięgały wierzchołków drzew, a te przedmuchiwane przez koronę drzewa były ledwo widoczne po drugiej stronie opryskiwanych rzędów drzew (skorzystaj z pomocy drugiej osoby).
3. Dostosuj kierunek strumienia powietrza do wielkości drzew i ustaw kierownice krańcowe w taki sposób, aby dolna ograniczała kierowanie kropeł cieczy pod korony, a górna ponad korony drzew.
4. Gdy wydajność powietrza będzie nadmierna, to zwiększ prędkość roboczą pamiętając, aby nie przekraczała ona 7 km/godz., a gdy to nie wystarczy, zmniejsz wydajność wentylatora redukując przełożenie przekładni wentylatora (patrz. Rozdz. 4.1.).
5. Zapisz w tabeli: rodzaj rozpylacza oraz bieg i obroty ciągnika oraz bieg wentylatora.

Przykład:

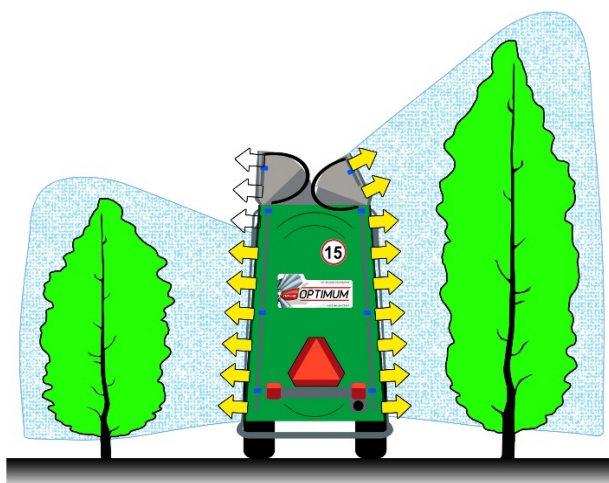
- wpisz datę i nazwę kwatery
- wybierz standardowy rozpylacz wirowy (np. Lechler TR)
- bieg II
- obroty silnika 1700 obr./min



Data	Ciągnik				Bieg wentylatora	Sad				Dawka cieczy	Rozpylacz				
	Bieg	Obroty	Czas – 100 m	Prędkość		Nazwa kwatery	Wysokość	Szerokość	Rozstawa		Rodzaj	Liczba	Wydatek	Rozmiar	Ciśnienie
dd.mm.rr	-	n/min	sek.	km/h	-	-	m	m	m	l/ha	-	szt.	l/min	-	bar
22.06.20	II	1700			2	D					TR				

5.2 Ustal liczbę rozpylaczy

1. Przejedź do kwatery, w której będzie wykonywany zabieg.
2. Włącz wybrany wcześniej rodzaj rozpylaczy.
3. Ustaw ciśnienie cieczy zgodnie z rekomendacjami producenta rozpylaczy (zwykle 5,0÷15 bar).
4. Włącz ustalony wcześniej bieg i obroty ciągnika.
5. Dostosuj liczbę rozpylaczy do wielkości drzew wyłączając te, które kierują krople cieczy ponad i pod koronę drzewa.
6. Zapisz w tabeli liczbę pracujących rozpylaczy.



Przykład:

- liczba rozpylaczy 14 szt.

Data	Ciągnik				Bieg wentylatora	Sad				Dawka cieczy	Rozpylacze				
	Bieg	Obroty	Czas – 100 m	Prędkość		Nazwa kwatery	Wysokość	Szerokość	Rozstawa		Rodzaj	Liczba	Wydatek	Rozmiar	Ciśnienie
dd.mm.rr	-	n/min	sek.	km/h	-	-	m	m	m	l/ha	-	szt.	l/min	-	bar
22.06.20	II	1700			2	D					TR	14			

5.3 Wyznacz prędkość roboczą

1. Przejdź do kwatery, w której będzie wykonywany zabieg ze zbiornikiem wypełnionym do połowy.
2. Odmierz i oznacz odcinek testowy (najlepiej 100 m) w uliczce roboczej sadu.
3. Włącz ustalony wcześniej bieg i obroty ciągnika.
4. Zmierz czas przejazdu odcinka testowego i wynik zapisz w tabeli.
5. Oblicz, z niżej zamieszczonego wzoru lub odczytaj z tabeli prędkość roboczą.
6. Wynik zapisz w tabeli.



$$\text{Prędkość (km/h)} = \frac{100 \text{ (m)}}{\text{Czas przejazdu (sek.)}} \times 3,6$$

Parametr	Wartość parametru																						
Czas (s/100 m)	40	45	48	50	52	54	56	58	60	62	64	66	68	70	72	74	76	78	80	85	90	95	100
Prędkość (km/h)	9,0	8,0	7,5	7,2	6,9	6,7	6,4	6,2	6,0	5,8	5,6	5,5	5,3	5,1	5,0	4,9	4,7	4,5	4,4	4,2	4,0	3,8	3,6

Przykład:

- czas przejazdu odcinka pomiarowego
- prędkość

58 sek.
6,2 km/godz.

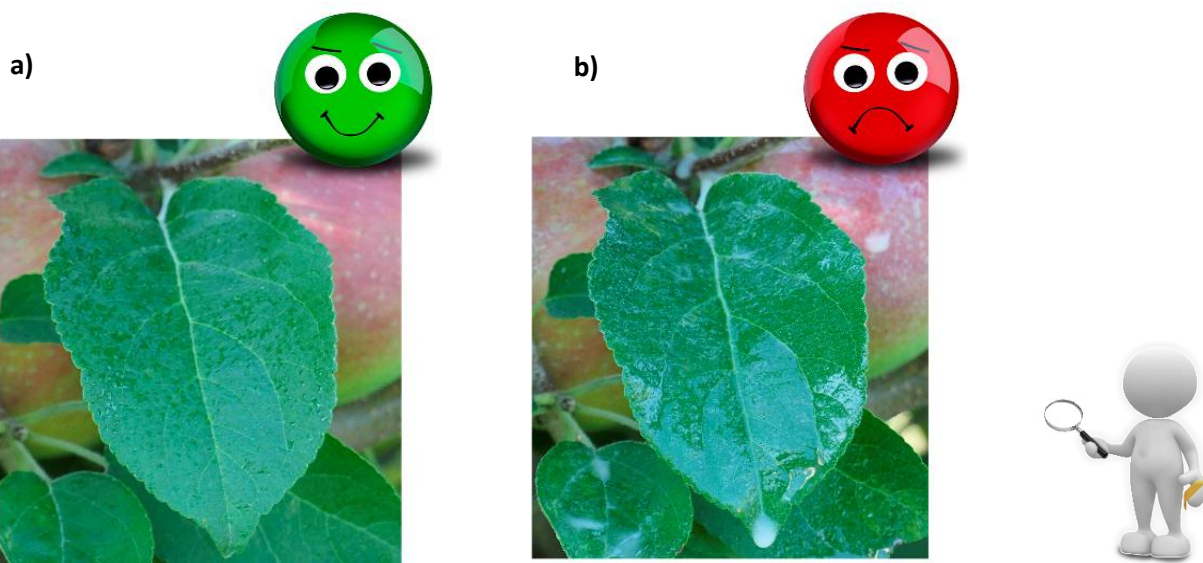
Data	Ciągnik				Bieg wentylatora	Sad				Dawka cieczy	Rozpylacze				
	Bieg	Obroty	Czas – 100 m	Prędkość		Nazwa kwatery	Wysokość	Szerokość	Rozstawa		Rodzaj	Liczba	Wydatek	Rozmiar	Ciśnienie
dd.mm.rr	-	n/min	sek.	km/h	-	-	m	m	m	l/ha	-	szt.	l/min	-	bar
22.06.20	II	1700	58	6,2	2	D					TR	14			

5.4 Wyznacz dawkę cieczy

Gdy nie ma specjalnych zaleceń w etykiecie ś.o.r., to:

1. Zmierz wielkość drzew (wysokość x szerokość) i rozstawę rzędów, a wynik zapisz w tabeli.
2. Korzystając z niżej zamieszczonej formuły oblicz dawkę cieczy.
3. Zapisz wynik w tabeli.

$$\text{dawka cieczy [l/ha]} = \frac{\text{wysokość drzew [m]} \times \text{szerokość drzew [m]}}{\text{rozstawa rzędów [m]}} \times 330$$



Rys. 26. Dawka cieczy: a) odpowiednia; b) nadmierna (ociekanie)

Przykład:

- wymiary drzewa (wys. x szer.) 2,8 x 2,0 m
- rozstawa rzędów 4,0 m
- oblicz i zapisz dawkę cieczy 462 l/ha

$$462 \text{ [l/ha]} = \frac{2,8 \text{ [m]} \times 2,0 \text{ [m]}}{4 \text{ [m]}} \times 330$$

Data	Ciągnik				Bieg wentylatora	Sad				Dawka cieczy	Rozpylacze				
	Bieg	Obroty	Czas – 100 m	Prędkość		Nazwa kwatery	Wysokość	Szerokość	Rozstawa		Rodzaj	Liczba	Wydatek	Rozmiar	Ciśnienie
dd.mm.rr	-	n/min	sek.	km/h	-	-	m	m	m	l/ha	-	szt.	l/min	-	bar
22.06.20	II	1700	58	6,2	2	D	2,8	2,0	4,0	462	TR	14			

5.5 Oblicz wydatek pojedynczego rozpylacza

- Oblicz wydatek cieczy z pojedynczego rozpylacza korzystając z wcześniej wyznaczonych danych i niżej zamieszczonej formuły.
- Zapisz wynik w tabeli.

$$\text{wydatek rozp. [l/min]} = \frac{\text{dawka wody (l/ha)} \times \text{rozstawa rzędów [m]} \times \text{prędkość [km/godz]}}{\text{liczba rozpylaczy} \times 600}$$

Przykład:

- oblicz wydatek rozpylacza i zapisz dane w tabeli

1,36 l/min



$$1,36 \text{ [l/min]} = \frac{462 \text{ [l/ha]} \times 4,0 \text{ [m]} \times 6,2 \text{ km/godz.}}{14 \text{ [szt.]} \times 600}$$

Data	Ciągnik				Bieg wentylatora	Sad				Dawka cieczy	Rozpylacze				
	Bieg	Obroty	Czas – 100 m	Prędkość		Nazwa kwatery	Wysokość	Szerokość	Rozstawa		Rodzaj	Liczba	Wydatek	Rozmiar	Ciśnienie
dd.mm.rr	-	n/min	sek.	km/h	-	-	m	m	m	l/ha	-	szt.	l/min	-	bar
22.06.20	II	1700	58	6,2	2	D	2,8	2,0	4,0	462	TR	14	1,36		

5.6 Wybierz wielkość rozpylacza i ciśnienie cieczy

- Wybierz z tabeli wydatków wielkość rozpylacza i ciśnienie cieczy odpowiadające obliczonemu wydatkowi (w pkt. 5.5).
- Gdy nie masz tabeli wydatków, to drogą kolejnych przybliżeń znajdź ciśnienie cieczy, dla którego uzyskasz obliczony wydatek.
- Zapisz w tabeli wielkość rozpylacza i ciśnienie cieczy.



Przykład:

- z tabeli wydatków (np. f-ma Lechler) wybrano rozmiar rozpylacza 02

- ciśnienie robocze 9,0 bar

Data	Ciągnik				Bieg wentylatora	Sad				Dawka cieczy	Rozpylacze				
	Bieg	Obroty	Czas – 100 m	Prędkość		Nazwa kwatery	Wysokość	Szerokość	Rozstawa		Rodzaj	Liczba	Wydatek	Rozmiar	Ciśnienie
dd.mm.rr	-	n/min	sek.	km/h	-	-	m	m	m	l/ha	-	szt.	l/min	-	bar
22.06.20	II	1700	58	6,2	2	D	2,8	2,0	4,0	462	TR	14	1,36	02	9,0

Typ rozpylacza	Wydatek z jednego rozpylacza [l/min]																			
	Ciśnienie [bar]																			
	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
TR 80-005	0,16	0,20	0,23	0,25	0,28	0,30	0,32	0,34	0,36	0,38	0,39	0,41	0,42	0,44	0,45	0,47	0,48	0,49	0,51	
TR 80-0067	0,22	0,27	0,31	0,35	0,38	0,41	0,44	0,47	0,49	0,52	0,54	0,56	0,58	0,60	0,62	0,64	0,66	0,68	0,70	
ID 90-01 TR 80-01	0,32	0,39	0,45	0,51	0,55	0,60	0,64	0,68	0,72	0,75	0,78	0,82	0,85	0,88	0,91	0,93	0,96	0,99	1,01	
ID 90-015 TR 80-015	0,48	0,59	0,68	0,76	0,83	0,90	0,96	1,02	1,07	1,13	1,18	1,22	1,27	1,31	1,36	1,40	1,44	1,48	1,52	
ID 90-02 TR 80-02	0,65	0,80	0,92	1,03	1,13	1,22	1,30	1,38	1,45	1,53	1,60	1,67	1,73	1,79	1,85	1,90	1,96	2,01	2,07	
IDK 90-025	0,81	0,99	1,15	1,28	1,40	1,52	1,62	1,71	1,81	1,90	1,98	2,06	2,14	2,21	2,29	2,36	2,43	2,49	2,56	
ID 90-03 TR 80-03	0,97	1,19	1,37	1,53	1,68	1,81	1,94	2,06	2,17	2,28	2,38	2,48	2,57	2,66	2,75	2,83	2,91	2,99	3,07	
ID 90-04 TR 80-04	1,29	1,58	1,82	2,04	2,23	2,41	2,58	2,74	2,88	3,03	3,16	3,29	3,41	3,53	3,65	3,76	3,87	3,98	4,08	
ID 90-05 TR 80-05	1,61	1,97	2,28	2,55	2,79	3,01	3,22	3,42	3,60	3,77	3,94	4,10	4,26	4,41	4,55	4,69	4,83	4,96	5,09	
ID 90-06	1,93	2,36	2,73	3,05	3,34	3,61	3,86	4,09	4,32	4,52	4,72	4,91	5,10	5,28	5,45	5,62	5,78	5,94	6,09	

5.7 Sprawdź rzeczywisty wydatek rozpylacza

1. Uruchom opryskiwacz, wybierz ustalone wcześniej rozpylacze i ustaw wyznaczone ciśnienie robocze.
2. Przy użyciu pojemnika miarowego (1÷2 l) i stopera zmierz wydatek z 3÷4 rozpylaczy oddzielnie dla lewej i prawej sekcji opryskowej, zbierając ciecz przez 1 minutę.
3. Gdy zmierzony wydatek odbiega od obliczonego, powtórz pomiar zmieniając ciśnienie.



5.8 Wyznacz ilość ś.o.r. niezbędną do wykonania zabiegu

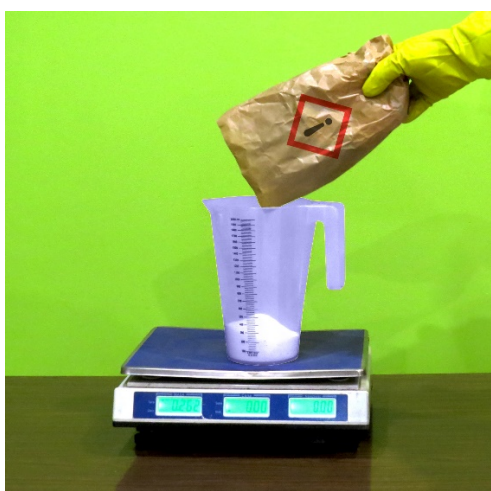
1. Odczytaj z etykiety i zapisz dawkę ś.o.r.
2. Oblicz ze wzoru ilość ś.o.r. niezbędną do przygotowania żądanej objętości cieczy użytkowej.
3. Oblicz ze wzoru ilość ś.o.r. dostosowaną do żądanej objętości cieczy użytkowej.

$$\text{Ilość ś.o.r. (kg lub l/zbiornik)} = \frac{\text{dawka ś.o.r. (kg/ha)} \times \text{objętość cieczy (l)}}{\text{dawka cieczy (l/ha)}}$$

Przykład:

- dawka ś.o.r. w etykiecie	0,7 kg
- objętość cieczy	600 l
- dawka cieczy	460 l/ha

$$0,91 \text{ (kg lub l / zbiornik)} = \frac{0,7 \text{ (kg/ha)} \times 600 \text{ (l)}}{460 \text{ (l/ha)}}$$



6. Skrócona procedura kalibracji opryskiwacza sadowniczego

Lp	Procedura kalibracji	Przykład																																																	
1	<p>Określ lub oblicz odpowiednią dawkę cieczy w zależności od:</p> <ul style="list-style-type: none"> - wielkości drzew (szerokość, wysokość) - rozstawy rzędów $\text{Dawka cieczy (l/ha)} = \frac{\text{Wys. drzew (m)} \times \text{Szerokość drzew (m)}}{\text{Rozstawa rzędów (m)}} \times 330$	<ul style="list-style-type: none"> - jabłonie, rozstawa 4,0 (m) - drzewa (wys. x szer.) – 2,5 x 1,7 (m) - wiatr 2,0÷2,5 (m/s)^(*) $\frac{2,5 \text{ (m)} \times 1,7 \text{ (m)}}{4,0 \text{ (m)}} \times 330 = 350 \text{ (l/ha)}$																																																	
2	<p>Wyznacz liczbę rozpylaczy (wyłącz te rozpylacze, które kierują ciecz pod lub nad korony drzew)</p>	12 (szt.)																																																	
3	<p>Zmierz czas przejazdu odcinka testowego (100 m)</p>	<p>pomiaru należy dokonać na płaskim terenie, zachowując stałe obroty silnika</p> <p>45 (sek) – pomiar 1</p> <p>z uwagi na wiatr* zmniejsz prędkość tj bieg / obroty i ponów pomiar</p> <p>62 (sek) – pomiar 2</p>																																																	
4	<p>Oblicz prędkość ze wzoru lub odczytaj z tabeli</p> $\text{Prędkość (km/godz)} = \frac{3,6 \times 100 \text{ (m)}}{\text{Czas przejazdu (odcinka 100 m)}}$	$\frac{3,6 \times 100 \text{ (m)}}{62 \text{ (sek)}} = 5,8 \text{ (km/godz)}$																																																	
	<table border="1"> <tr> <td>Czas (s/100m)</td> <td>40</td><td>45</td><td>48</td><td>50</td><td>52</td><td>54</td><td>56</td><td>58</td><td>60</td><td>62</td><td>64</td><td>66</td><td>68</td><td>70</td><td>72</td><td>74</td><td>76</td><td>78</td><td>80</td><td>85</td><td>90</td><td>95</td><td>100</td> <td rowspan="2">Uwaga: Zielone pole – zalecany zakres prędkości</td> </tr> <tr> <td>Prędkość (km/h)</td> <td>9,0</td><td>8,0</td><td>7,5</td><td>7,2</td><td>6,9</td><td>6,7</td><td>6,4</td><td>6,2</td><td>6,0</td><td>5,8</td><td>5,6</td><td>5,5</td><td>5,3</td><td>5,1</td><td>5,0</td><td>4,9</td><td>4,7</td><td>4,5</td><td>4,4</td><td>4,2</td><td>4,0</td><td>3,8</td><td>3,6</td> </tr> </table>	Czas (s/100m)	40	45	48	50	52	54	56	58	60	62	64	66	68	70	72	74	76	78	80	85	90	95	100	Uwaga: Zielone pole – zalecany zakres prędkości	Prędkość (km/h)	9,0	8,0	7,5	7,2	6,9	6,7	6,4	6,2	6,0	5,8	5,6	5,5	5,3	5,1	5,0	4,9	4,7	4,5	4,4	4,2	4,0	3,8	3,6	
Czas (s/100m)	40	45	48	50	52	54	56	58	60	62	64	66	68	70	72	74	76	78	80	85	90	95	100	Uwaga: Zielone pole – zalecany zakres prędkości																											
Prędkość (km/h)	9,0	8,0	7,5	7,2	6,9	6,7	6,4	6,2	6,0	5,8	5,6	5,5	5,3	5,1	5,0	4,9	4,7	4,5	4,4	4,2	4,0	3,8	3,6																												
5	<p>Oblicz wydatek rozpylacza według wzoru</p> $\text{Wydatek (l/min)} = \frac{\text{Dawka (l/ha)} \times \text{Rozstawa rzędów (m)} \times \text{Prędkość (km/h)}}{\text{Liczba rozpylaczy} \times 600}$	$\frac{350 \text{ (l/ha)} \times 4,0 \text{ (m)} \times 5,8 \text{ (km/godz)}}{12 \text{ (szt)} \times 600} = 1,13 \text{ (l/min)}$																																																	
6	<p>Znajdź ciśnienie odpowiadające obliczonemu wydatkowi rozpylacza:</p> <ul style="list-style-type: none"> - z tabeli wydatków rozpylaczy, - lub metodą kolejnych przybliżeń 	rozpylacz eżektorowy ITR80-015 (Lechler) ^(*) ciśnienie 11,0 bar																																																	
7	<p>Sprawdź rzeczywisty wydatek rozpylacza</p> <ul style="list-style-type: none"> - dla co najmniej 3 rozpylaczy - z każdej sekcji opryskowej 	<p>sprawdzić poprawność wskazań manometru, w razie potrzeby wymienić na nowy</p> <p>dokonaj korekty związanej z rzeczywistym wydatkiem rozpylaczy, w razie potrzeby wymienić na nowe</p> <p>rzeczywisty wydatek z jednego rozpylacza 1,18 l/min by utrzymać wydatek zwiększyć prędkość do 6 km/h lub zmniejszyć ciśnienie do 10 bar</p>																																																	

(*) – w związku ze zwiększoną prędkością wiatru (2,0÷2,5 m/s), zmniejsz prędkość roboczą i zastosuj rozpylacze inżektorowe