

Urszula Skomra

# Metodyka integrowanej ochrony chmielu



Urszula Skomra

# Metodyka integrowanej ochrony chmielu

INSTYTUT UPRAWY NAWOŻENIA I GLEBOZNAWSTWA  
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY W PUŁAWACH

---

Recenzent:

prof. dr hab. Stanisław Berbec

Autor fotografii: Urszula Skomra

**Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa - Państwowy Instytut Badawczy**

ul. Czartoryskich 8, 24-100 Puławy, Poland

tel.: (+48) 81 478 67 00, 81 478 69 31; fax: (+48) 81 478 69 32

e-mail: [iung@iung.pulawy.pl](mailto:iung@iung.pulawy.pl)

[www.iung.pl](http://www.iung.pl)

ISBN 978-83-7562-362-8

**Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi**

ul. Wspólna 30; 00-930 Warszawa

tel.: (+48) 22 623 10 00; fax: (+48) 22 623 27 50, 22 623 27 51

Wydanie II poprawione i uzupełnione

Nakład: 200 szt.

# Spis treści

<b>1. Wstęp</b> .....	<b>1</b>
<b>2. Ogólne zasady agrotechniki chmielu</b> .....	<b>2</b>
2.1. Stanowisko pod uprawę chmielu .....	3
2.2. Sadzenie roślin .....	5
2.2.1. Przygotowanie gleby .....	5
2.2.2. Rodzaj sadzonek .....	7
2.2.3. Rozstawa i głębokość sadzenia roślin .....	11
2.3. Dobór odmiany .....	12
2.4. Zabiegi pielęgnacyjne na plantacjach chmielu .....	15
2.4.1. Ciecie karp chmielu .....	17
2.4.2. Naprowadzanie pędów na przewodniki .....	18
2.4.3. Usuwanie dolnych pędów bocznych i liści .....	19
2.4.4. Uprawa roli na plantacjach chmielu .....	20
2.4.5. Współrzędna uprawa z chmielem roślin przeznaczonych na zielony nawóz .....	21
2.5. Nawożenie i nawadnianie chmielu .....	23
2.5.1. Wapnowanie .....	25
2.5.2. Nawożenie azotem .....	27
2.5.3. Nawożenie fosforem i potasem .....	29
2.5.4. Nawożenie magnezem .....	31
2.5.5. Nawozy naturalne .....	34
2.5.6. Nawożenie mikroelementami .....	38
2.5.7. Nawadnianie chmielu .....	43
<b>3. Regulacja zachwaszczenia w uprawie chmielu</b> .....	<b>44</b>
3.1. Niechemiczne metody regulacji zachwaszczenia .....	45
3.2. Chemiczne metody regulacji zachwaszczenia .....	46
<b>4. Ograniczanie sprawców chorób</b> .....	<b>47</b>
4.1. Najważniejsze choroby chmielu .....	50
4.1.1. Mączniak rzekomy chmielu .....	50
4.1.2. Mączniak prawdziwy chmielu .....	53
4.1.3. Wercilioza .....	56
4.1.4. Fuzarioza .....	58
4.1.5. Choroby powodowane przez wirusy i wiroidy .....	59
4.2. Niechemiczne metody ochrony chmielu przed chorobami .....	61
4.2.1. Metoda agrotechniczna .....	61
4.2.2. Metoda hodowlana .....	64

4.3.	Chemiczne metody ochrony chmielu przed chorobami .....	64
4.3.1.	Progi ekonomicznej szkodliwości.....	64
4.3.2.	Systemy wspomaganie decyzji.....	64
4.3.3.	Wybór środka chemicznego .....	66
<b>5.</b>	<b>Ograniczanie strat powodowanych przez szkodniki.....</b>	<b>72</b>
5.1.	Najważniejsze gatunki szkodników w uprawie chmielu .....	72
5.1.1.	Mszyca śliwowo-chmielowa.....	72
5.1.2.	Przędziorek chmielowiec.....	74
5.1.3.	Opuchlak lucernowiec .....	78
5.1.4.	Omacnica prosowianka.....	80
5.1.5.	Pchełka chmielowa.....	81
5.2.	Niechemiczne metody ochrony chmielu przed szkodnikami .....	82
5.3.	Chemiczne metody ochrony chmielu przed szkodnikami .....	84
5.3.1.	Progi ekonomicznej szkodliwości.....	84
5.3.2.	Wybór środka chemicznego .....	86
<b>6.</b>	<b>Zasady stosowania pestycydów w integrowanej ochronie chmielu .....</b>	<b>89</b>
6.1.	Uodparnianie się agrofagów na pestycydy.....	89
6.2.	Ochrona środowiska wodnego .....	90
6.3.	Ochrona organizmów pożytecznych.....	91
6.4.	Technika aplikacji środka ochrony roślin .....	92
6.5.	Przechowywanie środków ochrony roślin .....	96
<b>7.</b>	<b>Zbiór i przechowywanie surowca .....</b>	<b>97</b>
7.1.	Zbiór .....	98
7.2.	Suszenie .....	98
7.3.	Nawilżanie i pakowanie .....	99
7.4.	Przechowywanie chmielu.....	100
<b>8.</b>	<b>Fazy rozwojowe roślin chmielu .....</b>	<b>100</b>
<b>9.</b>	<b>Zasady prowadzenia dokumentacji w integrowanej ochronie roślin.....</b>	<b>104</b>
<b>10.</b>	<b>Literatura uzupełniająca .....</b>	<b>109</b>

# 1. Wstęp

Integrowany system produkcji rolniczej w sposób harmonijny wykorzystuje postęp biologiczny i techniczny w uprawie, nawożeniu i ochronie roślin. W metodzie tej rolnik stara się stosować technologie i środki produkcji, które nie degradują środowiska, a sprzyjają zwiększeniu lub przynajmniej utrzymaniu naturalnej żyzności gleby i jednocześnie zapewniają ekonomiczną opłacalność produkcji. Uprawa chmielu jest specyficzną gałęzią produkcji rolnej silnie oddziałującą na środowisko przyrodnicze, dlatego wdrożenie systemu integrowanego w przypadku tego gatunku jest szczególnie ważne. Jednym z istotnych elementów integrowanej produkcji jest stosowanie zasad integrowanej ochrony roślin, która polega na połączeniu naturalnych i chemicznych sposobów ograniczania rozwoju populacji organizmów szkodliwych, tak aby zminimalizować zagrożenia dla zdrowia ludzi i dla środowiska.

„Metodyka integrowanej ochrony chmielu” przedstawia zasady integrowanej technologii ochrony istotne dla praktyki rolniczej. W opracowaniu tym dużo miejsca poświęcono zagadnieniom związanym z zapewnieniem roślinom chmielu takich warunków rozwoju, które pozwalają nie tylko lepiej wykorzystać potencjał produkcyjny uprawianych odmian, ale również zmniejszają ich podatność na choroby i szkodniki. Omówiono między innymi wymagania siedliskowe chmielu, metody zakładania plantacji oraz zabiegi pielęgnacyjno-uprawowe w okresie wegetacji pod kątem ich oddziaływania fitosanitarnego. Podstawową zasadą integrowanej ochrony roślin jest przewidywanie i ocena występowania zagrożeń, oparta na prawidłowym rozpoznaniu chorób i szkodników oraz znajomości warunków sprzyjających ich występowaniu. W publikacji przedstawiono najważniejsze choroby i szkodniki chmielu oraz ich ograniczanie przy użyciu różnych metod ochrony. Szczególną uwagę zwrócono na metody niechemiczne, które w integrowanej technologii ochrony powinny odgrywać wiodącą rolę, bowiem zmniejszają zależność od stosowania pestycydów. Omówiono również zasady bezpiecznego stosowania chemicznych środków ochrony roślin, ograniczające niekorzystne oddziaływanie tych preparatów na ludzi, zwierzęta i środowisko.

Opracowanie metodyki integrowanej ochrony chmielu wpisuje się w całość działań dotyczących produkcji zdrowej żywności o wysokiej jakości, wyprodukowanej przy zachowaniu bezpieczeństwa dla środowiska naturalnego oraz utrzymaniu ekonomicznej opłacalności. Stosowanie zasad integrowanej ochrony w uprawie chmielu oraz innych gatunków roślin jest

obligatoryjne od 1 stycznia 2014 r. Obowiązek taki nakłada na wszystkie kraje członkowskie Unii Europejskiej Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/128/WE ustanawiająca ramy wspólnotowego działania na rzecz zrównoważonego stosowania pestycydów.

## 2. Ogólne zasady agrotechniki chmielu

Chmiel jest gatunkiem wieloletnim. Częścią trwałą rośliny jest karpa, czyli zmodyfikowany, skrócony pęd podziemny wraz z systemem korzeniowym. Główną funkcją karpki jest ochrona tkanki twórczej w postaci licznych pąków śpiących, z których wiosną wybijają jednoroczne pędy nadziemne. W karpce gromadzone są też substancje zapasowe. System korzeniowy chmielu jest mocno rozbudowany i może sięgać nawet 4 m w głąb gleby. U chmielu występują dwa typy korzeni różniące się budową oraz funkcją. Silne i grube korzenie szkieletowe utrzymują roślinę w glebie. Na korzeniach szkieletowych w strefie 30–40 cm pod powierzchnią gleby tworzą się zgrubiałe odgałęzienia (bulwy) pełniące funkcję organów spichrzowych. Główną rolę w zaopatrywaniu roślin chmielu w wodę i składniki odżywcze pełnią młode, cienkie i delikatne korzenie boczne zaopatrzone we włosniki oraz korzenie przybyszowe tworzące się w okresie letnim na zdrewniałej i przysypanej glebą dolnej części pędów nadziemnych naprowadzonych na przewodniki. Część nadziemną rośliny chmielu stanowią liczne pędy, których cykl życiowy trwa jeden sezon wegetacyjny. Wiosną z karpki wyrasta kilkanaście, a nawet kilkadziesiąt pędów mających zdolność do okręcania się wokół podpór w prawą stronę. W ciągu okresu wegetacyjnego osiągają one długość około 8–9 m. Pędy zaopatrzone są w sześć rzędów haczykowatych włosków czepnych, które ułatwiają im utrzymanie się na podporach. W początkowej fazie wzrostu następuje intensywne wydłużanie pędu głównego, następnie tworzą się liczne pędy boczne, których długość jest cechą odmianową i niekiedy może przekraczać 1,5 m. Na pędach bocznych rozwijają się kwiatostany. Chmiel jest gatunkiem dwupiennym, co oznacza, że kwiaty męskie i żeńskie zawiązują się na oddzielnych roślinach. Jedynie kwiatostany żeńskie przekształcają się w owocostany zwane szyszkami, dlatego na plantacjach produkcyjnych chmielu uprawiane są wyłącznie rośliny żeńskie. Szyszki są wykorzystywane przede wszystkim jako surowiec dla przemysłu piwowarskiego.

Zabiegi agrotechniczne stosowane na plantacjach chmielu mogą wpływać na nasilenie zagrożeń powodowanych przez czynniki biotyczne i abiotyczne lub ograniczać te zagrożenia. Poznanie oddziaływania poszczegól-

nych zabiegów uprawowych i pielęgnacyjnych na rośliny i środowisko jest niezwykle istotne dla ich prawidłowego wykorzystania w systemie integrowanej ochrony chmielu.

## 2.1. Stanowisko pod uprawę chmielu

Stanowisko wpływa bezpośrednio na wzrost i rozwój roślin. Rośliny uprawiane w optymalnych warunkach lepiej plonują oraz są mniej podatne na porażenie przez czynniki chorobotwórcze. Wybór odpowiedniego stanowiska pod plantację chmielu jest szczególnie istotny z uwagi na to, że gatunek ten jest uprawiany na tym samym polu nawet przez kilkadziesiąt lat. Przed podjęciem ostatecznej decyzji o usytuowaniu plantacji, należy zatem dokładnie przeanalizować układ warunków klimatyczno-glebowych oraz ukształtowanie terenu w miejscu planowanego chmielnika.

Korzystne dla uprawy chmielu są warunki strefy klimatu umiarkowanego, ponieważ gatunek ten dla prawidłowego rozwoju wymaga 5–6 tygodniowego okresu jarowizacji z temperaturą poniżej 5°C. Zbyt krótki okres jarowizacji powoduje opóźniony lub nierównomierny rozwój wiosennych pędów wyrastających z karp. Duże spadki temperatury w okresie zimowym, nawet poniżej –30°C nie są groźne dla chmielu, o ile karpa jest przykryta warstwą gleby i śniegu. Podczas bezśnieżnych i mroźnych zim, szczególnie gdy gleba zamarza gwałtownie po okresie intensywnych opadów deszczu, na plantacjach chmielu mogą wystąpić szkody mrozowe spowodowane przede wszystkim odcięciem dostępu powietrza do karp. Najbardziej niebezpieczne dla chmielu są przymrozki wiosenne, szczególnie te pojawiające się w maju, gdy rozwinięte są już nadziemne pędy. Spadek temperatury poniżej 0°C powoduje łamliwość łodyg i liści. Gdy temperatura spada poniżej –3°C, liście zwijają się, a ich brzegi ciemnieją i zasychają. Silniejsze przymrozki powodują nieodwracalne uszkodzenia wierzchołków pędów. Wiosną, w okresie intensywnego wydłużania się pędów, chmiel wymaga stosunkowo wysokich temperatur. Obniżenie temperatury w kwietniu lub maju, odpowiednio poniżej 7°C i 11°C powoduje wyraźne zahamowanie wzrostu roślin. Przy optymalnej temperaturze i dostatku wilgoci pędy chmielu mogą rosnąć bardzo szybko, nawet do 30 cm na dobę. Z powodu stosunkowo wysokich wymagań termicznych w okresie wiosennym oraz wrażliwości na przymrozki, niekorzystna jest lokalizacja plantacji chmielu w obniżeniach terenu, gdzie istnieje niebezpieczeństwo zastoisk mrozowych.



Chmiel jest gatunkiem o dość wysokich wymaganiach wodnych, przy czym nie są one rozłożone równomiernie w ciągu sezonu wegetacyjnego. Największe zapotrzebowanie na wodę występuje w okresie kwitnienia i zawiązywania szyszek, tj. od połowy lipca do końca II dekady sierpnia. Głównym źródłem zaopatrzenia chmielu w wodę są opady atmosferyczne. Ponad 50% potrzeb wodnych chmiel zaspokaja za pośrednictwem korzeni przybyszowych z górnej warstwy gleby o głębokości do 60 cm, dalsze 37% jest pokrywane z poziomu 60–130 cm, a jedynie 13% z głębszych warstw gleby. Najkorzystniejsze warunki wilgotnościowe dla chmielu występują w rejonach, gdzie roczna suma opadów atmosferycznych kształtuje się w granicach 600–700 mm, z czego na okres wegetacji powinno przypadać co najmniej 450 mm. W Polsce najkorzystniejsze warunki klimatyczne dla uprawy chmielu występują na Lubelszczyźnie, Dolnym Śląsku oraz w Wielkopolsce.

Chmiel wymaga gleb głębokich o poprawnych stosunkach wodnych, które pozwalają nie tylko na rozrastanie się systemu korzeniowego, ale również na wykonywanie zabiegów uprawowych przy użyciu ciężkiego sprzętu. Do uprawy tej rośliny najlepiej nadają się mady średnie i lekkie, gleby brunatne wytworzone z lessu, czarne ziemie i mocniejsze gleby bielcowe wytworzone z piasków gliniastych. Uprawa chmielu na słabszych glebach jest możliwa tylko na stanowiskach o wysokim poziomie wód gruntowych, z których rośliny mogą korzystać dzięki głębokiemu systemowi korzeniowemu. Niekorzystne dla chmielu są gleby podmokłe, zbite, o dużej skłonności do zaskorupiania się. Ze względu na to, że chmiel wytwarza głęboki system korzeniowy, przed podjęciem ostatecznej decyzji o lokalizacji chmielnika należy wykonać odkrywkę glebową na głębokość 1 m lub przy użyciu świdra pobrać próby z głębszych warstw gleby, aby zbadać ich przydatność do uprawy tego gatunku.

Przy wyborze miejsca na chmielnik należy brać również pod uwagę ukształtowanie terenu. Specyfika uprawy powoduje, że przez większą część sezonu wegetacyjnego gleba na plantacji nie ma okrywy roślinnej, więc jest szczególnie narażona na erozję wodną i wietrzną. Z tego powodu należy unikać lokalizacji na skłonach przekraczających 2%.

Rozwój organów generatywnych, tj. kwiatostanów, a następnie szyszek chmielu wymaga dobrych warunków świetlnych. W sytuacji niedostatecznego osłonecznienia rozwój kwiatostanów jest ograniczony, co w konsekwencji powoduje zmniejszenie ich liczby lub zupełny brak. Szyszki, które rozwijają się w cieniu rosną wolniej i produkują mniejszą ilość lupuliny.

Cień sprzyja natomiast rozwojowi organów wegetatywnych, ale ich tkanki są delikatniejsze niż w warunkach dostatecznego usłonecznienia, przez to bardziej podatne na choroby i szkodniki. W celu zapewnienia roślinom dobrego nasłonecznienia celowe jest takie usytuowanie rzędów roślin w chmielniku, aby przebiegały one w kierunku południowo-północnym lub z południowo-wschodniego na północno-zachodni.

## 2.2. Sadzenie roślin

### 2.2.1. Przygotowanie gleby

Prawidłowe przygotowanie stanowiska przed posadzeniem chmielu obejmuje szereg zabiegów agrotechnicznych, które mają na celu poprawę struktury oraz wzbogacenie głębszych warstw gleby (20–40 cm) w substancję organiczną. Staranne przygotowanie gleby przed sadzeniem roślin jest szczególnie istotne ze względu na to, iż chmiel jest gatunkiem wieloletnim. Po wysadzeniu roślin na plantacji wykonywanie wielu zabiegów uprawowych będzie zatem ograniczone do strefy międzyrzędzi.

Przygotowanie gleby pod przyszły chmielnik najlepiej rozpocząć już 2–3 lata przed planowanym sadzeniem roślin. Pierwszym etapem, po wcześniejszym zbadaniu gleby, jest doprowadzenie odczynu do wartości optymalnej dla chmielu, tj. pH 6,3–6,4. Należy przy tym pamiętać, że jednorazowa zmiana wartości pH nie powinna przekraczać jednej jednostki, dlatego w przypadku gleb mocno zakwaszonych działania regulujące odczyn trzeba rozłożyć na kilka lat. W celu poprawy żyzności i zasobności głębszych warstw gleby oraz ograniczenia zachwaszczenia zaleca się uprawę wieloletnich roślin bobowatych w mieszance z trawami lub bobowatych w czystym siewie. Dobrymi przedplonami dla chmielu są również: rzepak ozimy, rośliny pastewne i okopowe. Po zebraniu przedplonu należy wykonać podorywkę w celu rozdrobnienia resztek poźniwnych i wymieszania ich z wierzchnią warstwą gleby, a następnie glebę jak najszybciej zabronować, aby ograniczyć utratę wody. Po upływie 2–3 tygodni można zastosować nawożenie naturalne w postaci obornika. Zgodnie z obowiązującymi przepisami (Ustawa o nawozach i nawożeniu z dnia 10 lipca 2007 r. Dz.U. 2007 nr 147 poz. 1033 z późniejszymi zmianami) ilość azotu wnoszonego w okresie roku z nawozami naturalnymi nie może przekraczać  $170 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ . Biorąc pod uwagę przeciętną zawartość azotu w oborniku w granicach od  $4,7$  do  $5,4 \text{ kg} \cdot \text{t}^{-1}$ , dopuszczalna dawka tego nawozu nie powinna być większa niż  $31$ – $36 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ . Obornik należy dokładnie wymieszać z glebą poprzez

wykonanie orki na głębokość 15–20 cm. Zabieg ten trzeba przeprowadzić nie później, niż następnego dnia po wywiezieniu nawozu na pole. Obornik jest nie tylko doskonałym źródłem składników pokarmowych, ale również wpływa korzystnie na fizyczne, chemiczne i biologiczne właściwości gleby. Przy niedostatku obornika można go zastąpić nawozem zielonym. W takiej sytuacji należy zaplanować odpowiedni przedplon z przeznaczeniem na przyoranie. Wartość nawozowa niektórych przedplonów jest porównywalna z obornikiem. Na nawozy zielone uprawia się przeważnie rośliny bobowate, które wzbogacają glebę w azot. Po upływie 4–6 tygodni od nawożenia naturalnego lub organicznego stosuje się odpowiednie nawożenie mineralne ustalone w oparciu o wyniki analiz chemicznych gleby. Szczególnie istotna dla chmielu jest zawartość w glebie przyswajalnych form fosforu, potasu, magnezu oraz cynku i boru. Nawozy mineralne należy dokładnie wymieszać z glebą poprzez wykonanie głębokiej orki (35–40 cm), która dodatkowo powoduje rozluźnienie głębszych warstw gleby. Bardzo dobry wpływ na poprawę stosunków powietrzno-wodnych w glebie ma również głęboszowanie. Zastosowanie tego zabiegu przed sadzeniem roślin chmielu jest szczególnie uzasadnione na glebach cięż-



Fot. 1. Konstrukcja nośna chmielnika



Fot. 2. Chmiel prowadzony systemem widelkowym na przewodnikach ze sznurka polipropylenowego

kich, ze skłonnością do nadmiernego zagęszczania, na których pojawiają się zastoiska wody.

Chmiel jest gatunkiem pnącym, dlatego uprawia się go na specjalnej konstrukcji nośnej stanowiącej podporę dla jego wiotkich pędów. Konstrukcja ma wysokość 6–7 m i jest zbudowana z drutów stalowych, które tworzą rodzaj siatki rozpiętej nad plantacją na słupach wykonanych najczęściej z wglębnie impregnowanego drewna sosnowego (fot.1). Alternatywą dla impregnowanych słupów sosnowych mogą być słupy z drewna dębowego lub akacjowego, które z uwagi na większą trwałość nie wymagają impregnacji, a także słupy żelbetonowe lub kompozytowe. Całość konstrukcji jest zmcowana za pośrednictwem odpowiednich cięgien i kotwic, tak aby uzyskać wytrzymałość pozwalającą na przyjęcie dużych obciążeń wynikających z masy roślin oraz warunków atmosferycznych (wiatr, deszcz). Siatka nośna chmielnika służy do mocowania przewodników roślin wykonanych z drutu lub sznurka polipropylenowego. Górna część przewodnika jest mocowana do siatki, natomiast dolna jest kotwiczona w ziemi w okolicy karp. Najczęściej do jednej karp doprowadza się dwa przewodniki, które tworzą układ w kształcie litery V (fot. 2). Taki system prowadzenia roślin chmielu umożliwia naprowadzenie odpowiedniej liczby pędów z karp i jednocześnie pozwala na sprawne wykonywanie wszystkich niezbędnych zabiegów agrotechnicznych oraz zapewnia roślinom należyty dostęp światła.

### 2.2.2. Rodzaj sadzonek

Chmiel dla celów produkcyjnych rozmnażany jest wegetatywnie. Do zakładania plantacji stosowane są różne rodzaje sadzonek:

- sadzonki nieukorzenione, tzw. sztopry,
- sadzonki ukorzenione uzyskane ze sztoprów,
- sadzonki wolne od wirusów i wiroidów uzyskane przez ukorzenianie niezdrewniałych fragmentów pędów zdrowych roślin matecznych.

Rodzaj użytych sadzonek oraz ich jakość mają istotny wpływ na efektywność przyjęć, a także na wzrost i plonowanie roślin w pierwszych latach uprawy.

Sadzonki nieukorzenione są formowane z jednorocznych, podziemnych odcinków łodyg, które pozyskuje się podczas wiosennego cięcia karp chmielowych. Zdrowe, nieuszkodzone odrosty o średnicy około 1,5 cm są cięte na fragmenty obejmujące przynajmniej dwa okółki pąków (fot. 3).



Zwykle z jednej rośliny uzyskuje się od 4 do 10 sztobrów. Mogą być one wysadzone bezpośrednio na plantację chmielu lub w szkółkę sadzonek.

Sztobry to najprostszy sposób rozmnażania roślin chmielu, dość powszechnie stosowany przez plantatorów z powodu stosunkowo niskiej ceny takiego materiału sadzonkowego. Niestety, metoda ta obarczona jest licznymi wadami. Sztobry można sadzić jedynie w okresie wiosennym, a efektywność przyjęć jest w dużym stopniu uzależniona od przebiegu pogody. Brak systemu korzeniowego uniemożliwia pobieranie wody i składników pokarmowych z gleby, dlatego w początkowym okresie wzrostu, rozwijająca się roślina korzysta tylko z zasobów tych składników zawartych w sadzonce. W sprzyjających warunkach wilgotności i temperatury, stosunkowo szybko wykształca się system korzeniowy i większość sadzonek przyjmuje się dając początek nowym roślinom. W przypadku suszy sztobry wysychają zanim dojdzie do wytworzenia systemu korzeniowego, co znacznie zmniejsza odsetek przyjęć. Niekorzystnie działa również zbyt duże uwilgotnienie gleby połączone z niskimi temperaturami – dochodzi



Fot. 3. Nieukorzeniona sadzonka chmielu z pędu podziemnego, tzw. sztobry



Fot. 4. Sadzonka chmielu uzyskana z fragmentu pędu zielnego

wówczas do gnicia sztobrów. Sadząc sztobery bezpośrednio na plantację, należy się więc liczyć z koniecznością uzupełniania brakujących roślin, szczególnie na glebach ciężkich, ze skłonnością do zaskorupiania się.

Rośliny chmielu wyprowadzone z sadzonek nieukorzenionych początkowo rosną wolno, dlatego wymagają starannej pielęgnacji polegającej na systematycznym odchwaszczaniu, spulchnianiu gleby oraz ochronie przed chorobami i szkodnikami. Pełny plon uzyskuje się zazwyczaj dopiero w trzecim roku po wysadzeniu sztobrów.

Podstawową wadą sztobrów jest duże prawdopodobieństwo przeniesienia na nową plantację patogenów i szkodników zasiedlających glebę lub podziemne części roślin chmielu, w tym również wirusów i wiroidów. Sztobery pozyskuje się z plantacji chmielu podczas corocznego zabiegu cięcia karp. Zabieg ten wykonywany jest w okresie spoczynku roślin, najczęściej wiosną przed rozpoczęciem wegetacji, co utrudnia weryfikację zdrowotności rozmnażanych roślin, a także ich tożsamości odmianowej.

Sadzonki ukorzenione uzyskuje się sadząc sztobery w szkółkach polowych na głębokość 8–10 cm w rozstawie około 60x20 cm. Nie jest wymagane stosowanie podpór. Wybijające pędy chmielu płożą się pokrywając całą powierzchnię pola, co ogranicza rozwój chwastów. Wysadzenie sztobrów na mniejszej powierzchni w szkółce ułatwia pielęgnację oraz ochronę przed chorobami i szkodnikami.

Ukorzenione sadzonki wykopuje się jesienią bezpośrednio przed sadzeniem na plantacji. Ukorzeniona sadzonka chmielu posiada dobrze rozwinięty system korzeniowy oraz małą karpę, w której zgromadzone są substancje zapasowe wykorzystywane wiosną do tworzenia młodych pędów. Sadzonki takie lepiej się przyjmują, a przy prawidłowej pielęgnacji rośliny dają pełny plon już w drugim roku po wysadzeniu. Zakładanie plantacji przy użyciu sadzonek ukorzenionych daje zdecydowanie lepsze efekty w porównaniu ze sztobrami, ale taki materiał sadzonkowy jest droższy, gdyż jego wyprodukowanie wymaga dużych nakładów pracy związanych z sadzeniem sztobrów, całoroczną pielęgnacją (systematyczne odchwaszczanie oraz ochrona przed chorobami i szkodnikami) oraz wykopywaniem ukorzenionych sadzonek.

Z sadzonkami ukorzenionymi, podobnie jak ze sztobrami, przenoszone są na nową plantację patogeny, które porażały rozmnażane rośliny wyjściowe. W konsekwencji, takie plantacje chmielu, już w momencie ich zakładania mogą charakteryzować się niską zdrowotnością roślin, co powoduje szybkie obniżenie produktywności.

Sadzonki wolne od patogenów, w tym wirusów i wiroidów, są najbardziej zaawansowanym rodzajem materiału szkółkarskiego chmielu. Produkcja takich sadzonek przebiega w dwóch etapach. Pierwszy polega na eliminacji patogenów z roślin wyjściowych chmielu metodą regeneracji merystemów wierzchołkowych w kulturach *in vitro*. Komórki merystematyczne są w mniejszym stopniu zasiedlane przez czynniki chorobotwórcze, niż wyspecjalizowane tkanki, dlatego istnieje duża szansa, że rośliny wyprowadzone bezpośrednio z merystemów będą zdrowe. Prawdopodobieństwo uzyskania roślin całkowicie wolnych od patogenów jest tym większe, im mniejszy fragment merystemu zostanie użyty do regeneracji. W przypadku eliminacji wirusów i wiroida utajonego z roślin chmielu stosuje się merystemy wielkości 0,1–0,2 mm. Zregenerowanie całej rośliny z tak małego fragmentu tkanki merystematycznej wymaga niezwykle starannego prowadzenia kultury *in vitro* z wykorzystaniem zestawu odpowiednich pożywek regeneracyjnych. Rośliny wyprowadzone z merystemów wierzchołkowych, po potwierdzeniu ich zdrowotności metodami serologicznymi i molekularnymi, stanowią tzw. rośliny mateczne. W celu ochrony przed wtórną infekcją są one utrzymywane w szklarni, w warunkach pełnego zabezpieczenia przed owadami oraz w izolacji od roślin porażonych.

Drugi etap produkcji zdrowych sadzonek chmielu polega na rozmnażaniu roślin matecznych przez sadzonki zielne, które stanowią fragmenty młodych, niezdrewniałych pędów z jedną parą liści. Proces ryzogenezy jest wspomagany przez traktowanie sadzonek odpowiednim ukorzeniaczem oraz utrzymywanie optymalnej temperatury i wysokiej wilgotności gleby i powietrza. W sprzyjających warunkach sadzonki zielne chmielu ukorzeniają się w ciągu 2–3 tygodni. Następnie są przesadzane do większych doniczek, w których rosną przez kolejne 2–3 miesiące. Po tym czasie uzyskuje się dobrze ukorzone, silne rośliny gotowe do wysadzenia na plantację (fot. 4).

Zdrowe sadzonki są produkowane w doniczkach. Pozwala to na ich wysadzenie na miejsce stałe z nienaruszoną bryłą korzeniową, co gwarantuje bardzo dobre przyjęcia nawet w mniej sprzyjających warunkach. Istotną zaletą tego typu materiału sadzonkowego jest również możliwość wysadzania w warunki polowe przez cały okres wegetacyjny, a nie tylko wiosną, jak to ma miejsce w przypadku sadzonek uzyskiwanych ze sztobrów. Metoda rozmnażania chmielu przez sadzonki zielne charakteryzuje się dużą wydajnością. Pędy roślin matecznych po ścięciu szybko odrastają i mogą być ponownie wykorzystane jako źródło materiału rozmnożeniowego. Z jednej rośliny matecznej w kilku cyklach cięcia można uzyskać w sezonie wegetacyjnym nawet 100 roślin potomnych. Eliminacja pato-

genów z roślin chmielu prowadzona jest przy użyciu zaawansowanych metod biotechnologicznych, a ukorzenianie sadzonek zielnych przebiega w kontrolowanych warunkach temperatury i wilgotności, co również wymaga odpowiedniego zaplecza technicznego. Czyni to metodę stosunkowo drogą i uniemożliwia wyprodukowanie tego typu sadzonek we własnym zakresie przez plantatora. Niemniej jednak, korzyści wynikające z zastosowania zdrowego materiału szkółkarskiego rekompensują wymienione mankamenty, o czym świadczy fakt, że jest on powszechnie wykorzystywany na świecie do zakładania nowych plantacji chmielu. Zdrowy materiał szkółkarski jest szczególnie polecany do zakładania plantacji w integrowanej technologii produkcji chmielu, gdyż w ten sposób ogranicza się występowanie patogenów, szczególnie tych przenoszonych na drodze wegetatywnego rozmnażania roślin. Daje to gwarancję uzyskania wysokiej jakości surowca przy mniejszym obciążeniu środowiska.

### 2.2.3. Rozstawa i głębokość sadzenia roślin

Chmiel jest gatunkiem światłolubnym, dlatego rośliny muszą być sadzone w takich odległościach, aby zapewnić im równomierny dostęp promieniowania słonecznego. Standardowo chmiel sadi się w rzędach rozmieszczonych w odległości 3 metrów. Taka rozstawa rzędów pozwala na swobodne wykonywanie niezbędnych zabiegów pielęgnacyjnych z użyciem ciągnika lub innych urządzeń mechanicznych. Odległość roślin w rzędzie zależy od uprawianej odmiany chmielu, najczęściej jest to 1,5 metra. W przypadku odmian mniej bujnych, takich jak 'Marynka', można rośliny posadzić gęściej, tj. co 1,2m, natomiast intensywnie rosnące rośliny odmiany 'Magnet' powinny być sadzone w rozstawie 1,7m.

Rozstawa roślin wpływa na wielkość oraz jakość plonów. Zbyt gęste sadzenie powoduje duże zacinienie dolnych części rośliny, co skutkuje zawiązaniem mniejszej liczby szyszek lub ich brakiem. Szyszki wytworzone w dobrze oświetlonych partiach rośliny charakteryzują się ponadto większą masą oraz wyższą zawartością alfa kwasów. Należy również pamiętać, że zwiększenie obsady roślin na plantacji generuje większe nakłady pracy oraz koszty materiałów, nie prowadząc równocześnie do proporcjonalnego wzrostu plonów.

Rozstawa roślin jest jednym z istotnych elementów regulujących mikroklimat plantacji chmielu. Nadmierne zagęszczenie rzędów roślin utrudnia cyrkulację powietrza wewnątrz chmielnika, co przyczynia się do wzrostu wilgotności powietrza i w konsekwencji stwarza korzystniejsze warunki



do rozwoju chorób grzybowych. Zachowanie optymalnej odległości pomiędzy roślinami w rzędzie jest więc bardzo ważnym ogniwem w strategii integrowanej ochrony, bowiem zmniejsza ryzyko rozwoju niektórych chorób. Bezpośrednio przed sadzeniem roślin należy bardzo starannie wyrównać pole, co umożliwi wysadzenie wszystkich sadzonek na jednakowej głębokości. Wyrównanie głębokości sadzenia jest bardzo istotne, gdyż ułatwia precyzyjne wykonywanie mechanicznego cięcia karp w kolejnych latach uprawy. Sadzonki należy sadzić na głębokość 12–15 cm. W przypadku sadzenia jesiennego należy zadbać o to, aby wokół sadzonki nie powstało zagłębienie, w którym będzie zalegała woda. Najlepiej uformować nad sadzonką niewielki kopczyk, który wiosną należy rozgarnąć wyrównując powierzchnię plantacji. Sadzenie późną wiosną lub latem wiąże się niekiedy z koniecznością podlewania sadzonek w pierwszym okresie po posadzeniu. W takiej sytuacji dobrze jest uformować wokół sadzonki niewielkie zagłębienie, w którym zatrzyma się woda z podlewania. Zagłębienie to należy zniwelować przed zimą, aby nie dopuścić do gromadzenia się nadmiaru wody wokół rośliny.

### 2.3. Dobór odmiany

Chmiel jest wykorzystywany przede wszystkim jako surowiec dla przemysłu piwowarskiego. Specyficzne metabolity wtórne zawarte w szyszkach odgrywają kluczową rolę w kształtowaniu walorów piwa: odpowiadają za charakterystyczny smak i aromat, stabilizują pianę oraz zwiększają trwałość napoju. Najważniejsze dla przemysłu piwowarskiego są dwie grupy związków: żywice chmielowe i olejki. To właśnie w skład żywic chmielowych wchodzi alfa kwasy, których pochodne powstające w trakcie warzenia nadają piwu specyficzny, gorzkawy smak. O swoistym chmielowym aromacie piwa decyduje kompozycja olejku aromatycznego, którą tworzy kilkaset związków o zróżnicowanej strukturze chemicznej. Zawartość alfa kwasów w szyszkach poszczególnych odmian chmielu waha się od kilku do kilkunastu procent. Duże różnice odmianowe obserwuje się również w zawartości i składzie olejku aromatycznego. Zawartość i kompozycja głównych metabolitów wtórnych stanowi podstawę do podziału odmian chmielu na dwie podstawowe grupy użytkowe, tj. odmiany goryczkowe i aromatyczne.

Odmiany goryczkowe charakteryzują się wysoką zawartością alfa kwasów, w granicach 10–19% i są wykorzystywane w początkowej fazie warzenia

piwa, co gwarantuje wytworzenie pożądaných pochodnych o swoistym gorzkim smaku. Jakość profilu aromatycznego tych odmian jest mniej istotna, bowiem większość składników olejku ulatnia się lub ulega przemianom podczas gotowania brzeczki. Odmiany goryczkowe cechują się zazwyczaj wyższym potencjałem plonowania oraz późniejszym dojrzewaniem w porównaniu z odmianami aromatycznymi.

Odmiany aromatyczne chmielu charakteryzują się szlachetnym zapachem, który jest ich najważniejszą cechą wykorzystywaną w produkcji piwa. Są one aplikowane w końcowym etapie warzenia, tak aby zachować jak najwięcej lotnych składników olejku. Zawartość alfa kwasów u odmian aromatycznych jest cechą drugorzędną, gdyż przy takim sposobie dawkowania większość tych związków nie ulega przekształceniu w pochodne o gorzkim smaku. Aromatyczne odmiany chmielu charakteryzują się więc niższą zawartością alfa kwasów w porównaniu z goryczkowymi. Najbardziej szlachetne odmiany aromatyczne cechują się również dość niskim potencjałem plonowania i zazwyczaj wcześniej uzyskują dojrzałość technologiczną.

W Polsce uprawiane są zarówno odmiany aromatyczne, jak i goryczkowe. W strukturze nasadzeń przeważają odmiany goryczkowe, które w 2020 r. zajmowały 65,2% areалу. Według danych Inspekcji Jakości Handlowej Artykułów Rolno-Spożywczych (IJHARS) w 2020 r. w Polsce uprawiano 24 odmiany chmielu – 14 aromatycznych i 10 goryczkowych. Cztery dominujące odmiany – 'Hallertau Magnum', 'Marynka', 'Lubelski' i 'Magnat' zajmowały łącznie 84,2% całego areálu. W uprawie przeważały odmiany polskie wyhodowane w IUNG-PIB w Puławach. Są one dobrze przystosowane do warunków klimatycznych naszego kraju i mogą być uprawiane we wszystkich rejonach uprawy na terenie Polski. Dużą popularnością cieszą się również odmiany niemieckie i amerykańskie. Większość introdukowanych odmian dobrze zaaklimatyzowała się w warunkach klimatyczno-glebowych naszego kraju.

Odmiany chmielu uprawiane w Polsce nie różnią się wyraźnie pod względem wymagań klimatyczno-glebowych. Plantatorzy chmielu w kwestii doboru odmian do uprawy powinni kierować się przede wszystkim ich cechami użytkowymi oraz zapotrzebowaniem rynku. Podstawowym kryterium, które biorą pod uwagę firmy skupujące chmiel jest typ odmiany oraz zawartość alfa kwasów w szyszkach. Przy wyborze odmiany należy brać również pod uwagę jej wigor, potencjał plonowania, łatwość suszenia, a także termin dojrzewania, który jest bardzo istotnym elementem wpływającym na organizację pracy w gospodarstwie. Pod tym względem odmiany

**Tabela 1.** Charakterystyka najważniejszych odmian uprawianych w Polsce

Typ użytkowy	Odmiana	Pochodzenie	Potencjal plonowania (t/ha)	Średnia zawartość alfa kwasów (%)	Średnia zawartość olejków eterycznych (mg/100 g s.m.)	Dojrzewanie
Goryczkowa	Hallertau Magnum	Niemcy	2,0	11,0–16,0	1,6–2,6	późna
Goryczkowa	Iunga	Polska	2,0–3,0	10,0–14,0	1,5–2,5	średnio późna
Goryczkowa	Magnat	Polska	1,8–2,8	12,0–15,0	1,0–1,2	późna
Goryczkowa	Marynka	Polska	1,8–2,5	7,0–10,0	2,0–3,0	średnio wczesna
Aromatyczna	Cascade	USA	2,0–2,5	4,5–8,9	0,8–1,5	średnio późna
Aromatyczna	Hallertau Tradition	Niemcy	1,9	4,0–7,0	0,5–1,0	średnio wczesna
Aromatyczna	Lubelski	Polska	1,0–1,5	3,0–5,5	0,6–1,3	wczesna
Aromatyczna	Perle	Niemcy	1,8	4,0–9,0	0,5–1,5	średnio późna
Aromatyczna	Puławski	Polska	1,6–2,4	8,0–10,5	0,8–1,4	średnio późna
Aromatyczna	Sybilla	Polska	2,0–3,0	6,5–8,0	1,2–2,1	średnio późna

**Tabela 2.** Wrażliwość odmian chmielu na najważniejsze choroby

Odmiana	Mączniak rzekomy	Mączniak prawdziwy	Wercilioza
Hallertau Magnum	mała	bardzo duża	bardzo mała
Iunga	mała	duża	brak informacji
Magnat	średnia	duża	brak informacji
Marynka	mała	średnia	bardzo mała
Cascade	mała	brak informacji	mała
Hallertau Tradition	bardzo mała	średnia	mała
Lubelski	średnia	mała	duża
Perle	bardzo mała	średnia do dużej	bardzo mała
Puławski	mała	duża	brak informacji
Sybilla	mała	średnia	mała

chmielu uprawiane w Polsce wykazują duże zróżnicowanie. Cechą ważną z punktu widzenia integrowanej ochrony jest wrażliwość na choroby.

W tabelach 1 i 2 przedstawiono wybrane cechy użytkowe najważniejszych odmian chmielu uprawianych w Polsce. Wyniki dla odmian polskich zostały opracowane na podstawie wieloletnich doświadczeń prowadzonych w różnych rejonach kraju przez hodowcę oraz COBORU. Dane dla odmian niemieckich i amerykańskich pochodzą z informacji zawartych w opisach tych odmian i zostały opracowane na podstawie badań prowadzonych w tych krajach.

## 2.4. Zabiegi pielęgnacyjne na plantacjach chmielu

Każdy z zabiegów pielęgnacyjnych na plantacji chmielu ma określone znaczenie, należy go wykonać starannie oraz w odpowiednim terminie agrotechnicznym zharmonizowanym z rozwojem biologicznym i wymaganiami chmielu (tab. 3). Zapewni to prawidłowy rozwój roślin i w konsekwencji pozwoli na uzyskanie zadowalającego plonu szyszek o odpowiedniej jakości.

**Tabela 3.** Ważniejsze zabiegi pielęgnacyjne wykonywane w okresie wegetacji chmielu

Zabieg	Termin wykonania	Cel
Cięcie karp	10–20 kwietnia lub koniec października	<ul style="list-style-type: none"> <li>- utrzymanie zwartej karpki,</li> <li>- utrzymanie karpki na odpowiedniej głębokości,</li> <li>- usunięcie fragmentów chorych i zasiedlonych przez szkodniki,</li> <li>- dostosowanie rytmu rozwojowego roślin do warunków klimatycznych oraz potrzeb organizacji pracy w gospodarstwie.</li> </ul>
Naprowadzanie pędów na przewodniki	5–25 maja	<ul style="list-style-type: none"> <li>- wybranie odpowiednich pędów, które wydadzą płon,</li> <li>- usunięcie pędów zbędnych stanowiących konkurencję,</li> <li>- znormalizowanie liczby pędów na jednostce powierzchni.</li> </ul>
Usuwanie dolnych pędów bocznych i liści	po zdrewnieniu dolnych części łodyg	<ul style="list-style-type: none"> <li>- lepsze odżywienie górnej, plonującej części rośliny,</li> <li>- ułatwienie wykonywania zabiegów uprawowych i ochronnych,</li> <li>- zmniejszenie wilgotności powietrza w chmielniku poprzez stymulację cyrkulacji.</li> </ul>
Uprawa roli	wiosna (bronowanie, kultywatorowanie)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- zatrzymanie parowania wody z gleby,</li> <li>- wyrównanie powierzchni plantacji,</li> <li>- wymieszanie nawozów mineralnych z glebą.</li> </ul>
	lato (kultywatorowanie)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- spulchnienie gleby w międzyrzędziach,</li> <li>- obsypywanie dolnej części łodyg w celu pobudzenia wzrostu korzeni przybyszowych,</li> <li>- niszczenie chwastów,</li> <li>- wymieszanie nawozów mineralnych z glebą.</li> </ul>
	jesień (orka, głęboszowanie)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- głębokie spulchnienie gleby, likwidacja podeszwy płużnej,</li> <li>- wymieszanie nawozów mineralnych z glebą,</li> <li>- przyoranie obornika,</li> <li>- ograniczanie zachwaszczenia.</li> </ul>
Współrzędna uprawa roślin na zielony nawóz	sierpień, wrzesień w zależności od gatunku	<ul style="list-style-type: none"> <li>- wzbogacenie gleby w substancję organiczną i składniki mineralne,</li> <li>- ograniczanie wymywania składników pokarmowych, przede wszystkim azotanów,</li> <li>- ochrona gleby przed erozją,</li> <li>- zwiększenie aktywności biologicznej gleby,</li> <li>- poprawa struktury gruzełkowej gleby,</li> <li>- ograniczanie występowania niektórych chorób,</li> <li>- ograniczanie zachwaszczenia.</li> </ul>

### 2.4.1. Cięcie karp chmielu

Chmiel wytwarza dwa rodzaje pędów: pędy pionowe wyrastające nad powierzchnię gleby oraz rozłogi płożące się pod jej powierzchnią. Rozłogi są organami rozmnażania wegetatywnego roślin chmielu i w warunkach naturalnych dają początek nowym roślinom umożliwiając rozprzestrzenianie się na nowym obszarze. Na plantacjach produkcyjnych rozwój rozłogów prowadzi do niekorzystnego rozczłonowania karp, dlatego powinny być one usuwane podczas cięcia karp.

Głównym zadaniem pędów pionowych jest wytworzenie kwiatostanów, a następnie owocostanów zwanych szyszkami. Rośliny chmielu wytwarzają zazwyczaj kilkanaście, a nawet kilkadziesiąt pędów owoconośnych. Część z nich jest naprowadzana na przewodniki i wydaje plon, pozostałe są usuwane. W trakcie sezonu wegetacyjnego wzdłuż rzędów roślin formowane są grobelki, w wyniku czego dolna część naprowadzonych pędów jest obsypywana glebą. Pod wpływem zmienionych warunków rozwoju, obsypane fragmenty pędów grubieją tworząc górną część karp zwaną młodym drzewem. Podczas zabiegu cięcia karp większość młodego drzewa jest usuwana, tak aby karpa pozostawała cały czas na jednakowej głębokości, tj. 5–10 cm pod powierzchnią gleby. Podstawowym celem cięcia jest więc utrzymanie karp na określonej głębokości pod powierzchnią gleby oraz uformowanie jej zwartego pokroju. Niemniej istotną funkcją cięcia karp jest dostosowanie rytmu rozwojowego roślin do warunków klimatycznych danego rejonu oraz do potrzeb organizacji pracy w gospodarstwie, dlatego szczególnie ważne jest terminowe wykonanie tego zabiegu. Opóźnienie cięcia wpływa niekorzystnie na rozwój części wegetatywnych rośliny, co skutkuje spadkiem plonu. Przyjmuje się, że cięcie karp w Polsce powinno być przeprowadzone najpóźniej do 20 kwietnia. Jeśli dotrzymanie tego terminu w danym roku nie jest możliwe, należy raczej zrezygnować z cięcia karp, niż wykonać je zbyt późno. Zabieg cięcia karp można również przeprowadzać jesienią, najlepiej w październiku. Jesienne cięcie jest zalecane szczególnie na stanowiskach o nieregulowanych właściwościach wodnych, gdzie wczesną wiosną z powodu zbyt dużego uwilgotnienia gleby występują trudności z terminowym prowadzeniem prac przy użyciu ciężkiego sprzętu.

Starannie wykonany zabieg cięcia pełni też funkcję fitosanitarną, gdyż pozwala na usunięcie z karp fragmentów chorych lub zasiedlonych przez szkodniki. Cięcie może być wykonywane ręcznie, ale obecnie najczęściej stosuje się do tego specjalne maszyny – ścinarki. Przed przystąpieniem do mechanicznego cięcia powierzchnia plantacji musi być dokładnie



wyrównana, co umożliwi precyzyjne wykonanie tej czynności na tą samą głębokość dla wszystkich karp. Wahania głębokości cięcia skutkują nierównomiernymi wschodami roślin, a w skrajnych przypadkach mogą prowadzić do zniszczenia niektórych karp.

#### 2.4.2. Naprowadzanie pędów na przewodniki

Młode pędy chmielu początkowo rosną pionowo i nie wykazują tendencji do owijania się. Dopiero po osiągnięciu wysokości około 50 cm zaczynają wykonywać ruchy okrężne w prawą stronę. Jest to odpowiedni moment, aby rozpocząć naprowadzanie na przewodniki. Spośród kilkunastu, a nawet kilkudziesięciu pędów wyrastających z karpki należy wybrać jedynie 4–6, które wydadzą plon (fot. 5 i 6). Odpowiednie do naprowadzania są pędy średniej długości, które wyrastają z głębiej położonej części karpki. Należy unikać naprowadzania pędów najdłuższych wyrastających ze szczytu karpki, bowiem są one bardziej łamliwe. Wybrane pędy okręca się ostrożnie wokół przewodnika w kierunku zgodnym z ruchem wskazówek zegara. Ważne jest, aby nie uszkodzić ich wierzchołków. Pozostałe



**Fot. 5.** Roślina chmielu przed naprowadzeniem pędów na przewodniki. Pędy o widocznie ciemniejszych liściach wyrastają ze szczytowej części karpki i nie powinny być naprowadzane na przewodniki



**Fot. 6.** Roślina chmielu po naprowadzeniu pędów na przewodniki

pędy stanowią konkurencję dla tych naprowadzonych, należy je więc usunąć. Często jednak nie usuwa się od razu wszystkich pędów, ale pozostawia kilka w rezerwie. Można je wykorzystać w przypadku, gdy któryś z pędów naprowadzonych ulegnie uszkodzeniu. Pędy rezerwowe usuwa się w czasie naprowadzania poprawkowego, które przeprowadza się około dwa tygodnie po naprowadzaniu podstawowym.

Do karpki chmielowej doprowadzane są przeważnie dwa przewodniki, na każdy naprowadza się 2–3 pędy. Taka obsada zapewnia optymalne warunki wzrostu i pozwala na uzyskanie maksymalnego plonu. Zwiększenie liczby naprowadzonych pędów podnosi nakłady pracy oraz powoduje niekorzystne zagęszczenie roślin w późniejszym okresie wegetacji. W takiej sytuacji, dolna część rośliny jest mocno ocieniona, co ogranicza wzrost szyszek, a także podnosi ryzyko rozwoju chorób grzybowych.

Terminowość i jakość naprowadzania decydują o wielkości plonów. Termin naprowadzania zależy od odmiany chmielu oraz warunków pogodowych, które wpływają na tempo wzrostu roślin. Najczęściej przypada on w okresie 10–20 maja. Rośliny naprowadzone zbyt wcześnie charakteryzują się bujnym wzrostem, ale mniejszą obsadą szyszek. Zbyt późne naprowadzanie opóźnia wzrost roślin i dojrzewanie szyszek oraz wpływa niekorzystnie na zawartość alfa kwasów.

### **2.4.3. Usuwanie dolnych pędów bocznych i liści**

Jednym z ważnych zabiegów pielęgnacyjnych wykonywanych na plantacjach chmielu jest usuwanie dolnych pędów i liści roślin do wysokości około 60–70 cm od powierzchni gleby (fot. 7). Dolne, zacienione pędy nie plonują, natomiast czerpią składniki pokarmowe i przeszkadzają w pracach pielęgnacyjnych. Ich usunięcie prowadzi do lepszego odżywienia wyższych, plonujących części rośliny oraz ma znaczenie fitosanitarne, bowiem ułatwia ruch powietrza na plantacji, co zmniejsza wilgotność i ogranicza rozwój chorób grzybowych. Zabieg ten najczęściej wykonuje się ręcznie odcinając pędy boczne za pomocą ostrego noża. Możliwe jest również niszczenie dolnych pędów chmielu przy użyciu roztworów nawozów mineralnych o działaniu parzącym (np. saletra amonowa w dawce 50 kg na 300 l wody), ale wówczas należy odpowiednio skorygować dawki nawożenia. Bardzo ważne jest, aby zabieg chemiczny wykonać dopiero wówczas, gdy nastąpi zdrewnienie łodyg w dolnej części rośliny. Dostateczne zdrewnienie tkanek zabezpiecza łodygę przed uszkodzeniem, natomiast niezdrewniałe pędy boczne i liście ulegają zniszczeniu.





Fot. 7. Plantacja chmielu – usunięte dolne pędy roślin

#### 2.4.4. Uprawa roli na plantacjach chmielu

Wiosenna uprawa roli ma na celu zatrzymanie w glebie jak największej ilości wody pochodzącej z opadów zimowych oraz wyrównanie powierzchni plantacji. Pierwszym zabiegiem wiosennym powinno być bronowanie gleby wzdłuż i w poprzek rzędów. Należy je wykonać jak najwcześniej, gdy tylko stan gleby pozwala na użycie ciężkiego sprzętu. Spulchnienie górnej warstwy gleby powoduje przerwanie parowania wody zgromadzonej podczas zimy. Staranne wyrównanie powierzchni plantacji jest niezbędne do prawidłowego przeprowadzenia zabiegu mechanicznego cięcia karp przy użyciu ścinarki.

Letnie zabiegi uprawowe powinny uwzględniać rodzaj gleby, jej aktualny stan oraz fazę rozwojową roślin. Uprawa w tym okresie prowadzona jest tylko w międzyrzędziach i ma na celu spulchnienie gleby ugniecionej przy okazji wykonywania zabiegów pielęgnacyjnych (np. zawieszania przewodników, oprysków chemicznych) lub zaskorupionej pod wpływem intensywnych opadów deszczu. Ważnym zadaniem uprawy roli w międzyrzędziach jest również ograniczanie chwastów. Równoległe z uprawą mię-

dzyrzędzi przeprowadza się obsypywanie glebą dolnej, zdrewniałej części łodyg chmielu. W ten sposób wzdłuż rzędów roślin formowane są grobelki o wysokości 15–30 cm. Zabieg ten ma na celu stworzenie korzystnych warunków do rozwoju korzeni przybyszowych zaopatrujących roślinę w wodę i składniki odżywcze. Obsypywanie rzędów roślin wykonuje się przy użyciu chmielarskiej brony talerzowej w kilku etapach, aż do uzyskania grobelki o odpowiedniej wysokości. Zabiegi spulchniające glebę oraz obsypywanie rzędów roślin należy zakończyć najpóźniej na przełomie czerwca i lipca (przed kwitnieniem roślin), aby nie uszkodzić rozwijających się korzeni przybyszowych.

Jesienna uprawa roli obejmuje zabiegi wykonywane po zbiorze roślin z plantacji. Jej celem jest spulchnienie gleby w międzyrzędziach, która na skutek wielokrotnych przejazdów ciężkiego sprzętu rolniczego podczas zbioru szyszek jest zbita, zachwaszczona i narażona na utratę wilgoci. Bezpośrednio po zbiorze chmielu należy wykonać kultywatorowanie międzyrzędzi na głębokość 10 cm. Co kilka lat (3–5 w zależności od rodzaju gleby) zalecane jest spulchnianie na głębokość 50–70 cm przy użyciu głębosza. Głęboszowanie rozluźnia glebę bez jej odwracania. Zabieg ten powoduje skruszenie zbitej, często nieprzepuszczalnej podeszwy płużnej, poprawia cechy fizyczne gleby oraz jej napowietrzenie. Jednym z ważniejszych zabiegów uprawowych w chmielniku jest orka zimowa na głębokość 15–20 cm. Przed orką należy wykonać nawożenie mineralne i naturalne, ewentualnie wapnowanie. Orka powoduje równomierne rozmieszczenie nawozów w całej warstwie uprawnej gleby, wpływa na poprawę jej właściwości fizycznych oraz stymuluje rozwój silnego systemu korzeniowego u roślin chmielu. Trzeba jednak pamiętać, że orka zmniejszając gęstość i zwięzłość gleby, zwiększa ryzyko występowania erozji wodnej i wietrznej.

#### **2.4.5. Współrzędna uprawa z chmielem roślin przeznaczonych na zielony nawóz**

Intensywna uprawa gleby chmielnika powoduje nasilenie procesów erozyjnych. Liczne zabiegi pielęgnacyjne wykonywane przy użyciu ciężkiego sprzętu nadmiernie zagęszczają glebę oraz pogarszają jej strukturę. Wpływa to niekorzystnie na żyzność i urodzajność oraz aktywność biologiczną gleby. Niezwykle istotne jest więc wprowadzenie zabiegów pozwalających na utrzymanie jej naturalnej żyzności. Jednym z takich zabiegów jest wysiew i współrzędna uprawa z chmielem roślin przeznaczonych na zielony nawóz.

Korzystne oddziaływanie międzyplonów polega na:

- wzbogacaniu gleby w substancję organiczną i składniki mineralne,
- ograniczaniu wymywania składników pokarmowych, przede wszystkim azotanów,
- ochronie gleby przed erozją,
- zwiększaniu aktywności biologicznej gleby,
- poprawie struktury gruzełkowatej gleby,
- ograniczaniu występowania niektórych chorób,
- ograniczaniu zachwaszczenia.

Do uprawy współrzędnej należy wybrać takie gatunki roślin, które są niezawodne w naszych warunkach klimatycznych, nie stanowią przeszkody w uprawie chmielu oraz słabo konkurują z nim w wykorzystywaniu wilgoci glebowej i składników pokarmowych. Do gatunków najlepiej nadających się do uprawy w międzyrzędziach chmielu należą żyto i rzepik ozimy, a także gorczyca i facelia. Żyto i rzepik wysiewa się jesienią po zbiorze chmielu, a zielonka przyorywana jest w maju następnego roku. Gatunki te, pozostają więc na plantacji przez okres ośmiu miesięcy zabezpieczając glebę chmielnika przed erozją. Uprawa rzepiku ozimego jest bardziej ryzykowna ze względu na jego mniejszą tolerancję na opóźniony termin siewu oraz słabszą zimotrwałość w porównaniu z żytem. Gorczyca biała i facelia błękitna wysiewane są na dwa tygodnie przed zbiorem chmielu (koniec sierpnia), a przyorywane późną jesienią (listopad), okres ochronnego działania tych gatunków na glebę chmielnika jest więc dużo krótszy, niż w przypadku żyta i rzepiku.

Gatunkiem najbardziej polecanym do współrzędnej uprawy z chmielem jest żyto, bowiem oprócz wartości nawozowej posiada ono również właściwości fitosanitarne. Działa ograniczająco na występowanie wercyciliozy – groźnej choroby powodującej więdnienie roślin chmielu. Oddziaływanie żyta uprawianego w międzyrzędziach chmielu z przeznaczeniem na przyoranie polega na zwiększaniu liczebności bakterii antagonistycznych w stosunku do *Verticillium nonalfalfae* – sprawcy wercyciliozy. Żyto należy wysiewać w międzyrzędzia chmielnika pasami o szerokości 2–2,5 m (fot. 8). Siew powinien być wykonany bezpośrednio po zbiorze chmielu, tj. w drugiej połowie września, w ilości 160–200 kg nasion na 1 ha chmielnika. Żyto należy przyorać przed wykłoszeniem, tj. w połowie maja, uzyskuje się wówczas najlepszy efekt plonotwórczy. Opóźnienie tej czynności wpływa niekorzystnie na plonowanie chmielu.





Fot. 8. Współrzędna uprawa żyta z chmielem

## 2.5. Nawożenie i nawadnianie chmielu

Nawożenie jest jednym z ważniejszych czynników plonotwórczych w uprawie chmielu, który jest gatunkiem o stosunkowo dużych wymaganiach pokarmowych. Z 1 ha plantacji odprowadza się z plonem około 150 kg N, 45 kg  $P_2O_5$ , 160 kg  $K_2O$ , 40 kg MgO oraz 190 kg CaO. Nawożenie

musi uzupełnić pulę składników odżywczych do poziomu umożliwiającego pokrycie potrzeb pokarmowych roślin. Jednocześnie powinno w jak najmniejszym stopniu wpływać na środowisko przyrodnicze poprzez przemieszczanie się składników nawozowych z gleby do wód gruntowych i powierzchniowych. Aplikacja odpowiedniej ilości nawozów przeprowadzona we właściwym czasie, umożliwia pełne wykorzystanie składników odżywczych przez rośliny, co decyduje o wysokiej efektywności i opłacalności nawożenia.

Podstawą racjonalnego nawożenia jest rozpoznanie aktualnej zawartości przyswajalnych form składników pokarmowych w glebie. Określa się ją na podstawie analiz chemicznych gleby wykonywanych przez laboratoria Okręgowych Stacji Chemiczno-Rolniczych oraz inne laboratoria agrochemiczne. Badania obejmują określenie pH oraz zasobności w makro- i mikroelementy. Analizę chemiczną gleby na plantacji chmielu powinno się wykonywać co 3–4 lata. Próbkę gleby należy pobierać z dwóch poziomów 0–25 cm i 25–40 cm. Z każdego poziomu trzeba przygotować do analizy jedną próbę ogólną o masie około 0,5 kg. Próba ogólna powinna się składać z 30–40 próbek pierwotnych pobranych losowo z rzędów roślin i międzyrzędzi w taki sposób, aby reprezentowały obszar plantacji o zbliżonych warunkach agrotechnicznych i przyrodniczych. Liczebność próbek pierwotnych pobranych z rzędów i międzyrzędzi musi być jednakowa. Jeśli plantacja jest położona na obszarze zróżnicowanym pod względem glebowym lub ukształtowania terenu, to należy wydzielić różniące się powierzchnie i dla każdej z nich przygotować oddzielną, reprezentatywną próbę ogólną. Próbkę gleby do analizy chemicznej nie należy pobierać po zastosowaniu nawożenia mineralnego, naturalnego lub wapnowania. Najlepiej badania takie wykonać po zbiorach chmielu. Szczegółowe zasady pobierania próbek glebowych do analiz chemicznych można znaleźć na stronie internetowej Krajowej Stacji Chemiczno-Rolniczej ([www.schr.gov.pl/p,155,instrukcje](http://www.schr.gov.pl/p,155,instrukcje)).

Pobieranie składników pokarmowych przez rośliny zależy od wielu czynników środowiskowych, z których najważniejsze to: wilgotność gleby i temperatura, odczyn gleby oraz oddziaływanie synergistyczne lub antagonistyczne pomiędzy poszczególnymi składnikami mineralnymi w glebie. W okresach ciepłych i wilgotnych dostępność składników pokarmowych jest zdecydowanie większa niż w czasie suszy. Nadmierna ilość opadów jest jednak powodem wymywania niektórych składników pokarmowych do głębszych warstw gleby, gdzie ich pobieranie przez rośliny chmielu jest utrudnione. Dotyczy to zwłaszcza azotu, wapnia i magnezu.

Należy pamiętać, że chmiel, mimo bardzo głębokiego systemu korzeniowego, większość swoich potrzeb zaspokaja przez korzenie przybyszowe penetrujące warstwę gleby do głębokości 60 cm. Istotnym elementem racjonalnego nawożenia jest utrzymywanie odpowiedniego pH gleby. Optymalny odczyn gleby dla chmielu wynosi od 6,3 do 6,4, chociaż gatunek ten może zadowolająco plonować w szerszym zakresie pH od 5,8 do 7,9. Przy lekko kwaśnym odczynie gleby (pH od 5,6 do 6,5) występuje największa dostępność dla roślin fosforu, potasu, wapnia, saletrzaney formy azotu oraz niektórych mikroelementów, np. miedzi i cynku. Deficyt lub nadmiar niektórych związków mineralnych w glebie prowadzi do zachwiania równowagi w środowisku glebowym, co skutkuje zaburzeniami pobierania składników pokarmowych przez rośliny. Zbyt wysoka zawartość azotu w glebie ogranicza pobieranie fosforu, potasu, cynku, miedzi i magnezu. Nadmiar fosforu powoduje zablokowanie pobierania wapnia, cynku, miedzi i manganu, natomiast nadmiar potasu działa niekorzystnie na pobieranie wapnia, magnezu i azotu. Te oddziaływania mogą być wynikiem zarówno niewystarczającego, jak i nadmiernego nawożenia, dlatego szczególnie istotne jest kontrolowanie poziomu poszczególnych składników pokarmowych w glebie oraz ich zrównoważone dawkowanie.

### 2.5.1. Wapnowanie

Wapnowanie ma na celu uregulowanie odczynu gleby, który jest jednym z najważniejszych czynników decydujących o żyzności gleb i plonowaniu roślin. Odczyn gleby wpływa na rozpuszczalność i przyswajalność składników pokarmowych, dlatego w znacznym stopniu decyduje o możliwości ich wykorzystania przez rośliny. Odczyn ulega zmianom prowadzącym z reguły do wzrostu kwasowości. Do ważniejszych czynników powodujących stopniowe zakwaszenie gleby należy zaliczyć: wymywanie wapnia poza zasięg systemu korzeniowego na skutek opadów atmosferycznych, odprowadzanie tego składnika z plonami roślin oraz zakwaszające działanie niektórych nawozów mineralnych. Znaczącą rolę w zakwaszeniu gleb odgrywają też kwasy organiczne i nieorganiczne powstające w wyniku rozkładu substancji organicznej w glebie. Odczyn gleby na plantacjach chmielu, powinien więc być systematycznie kontrolowany przynajmniej co 4–5 lat. Dawki wapnia zależą od stopnia zakwaszenia gleby i jej kategorii agronomicznej (tab. 4).

Ze względu na procesy fizyko-chemiczne oraz biologiczne zachodzące w glebie, jednorazowa zmiana wartości pH nie może być większa, niż o jedną

**Tabela 4.** Dawki wapnia w zależności od kategorii agronomicznej gleby oraz wartości pH

Wapnowanie	Kategorie agronomiczne gleb*					
	lekka		średnia		ciężka	
	pH	dawka CaO (t·ha <sup>-1</sup> )	pH	dawka CaO (t·ha <sup>-1</sup> )	pH	dawka CaO (t·ha <sup>-1</sup> )
Konieczne	do 4,5	3,5	do 5,0	4,5	do 5,5	6,0
Potrzebne	4,6 – 5,0	2,5	5,1 – 5,5	3,0	5,6 – 6,0	3,0
Wskazane	5,1 – 5,5	1,5	5,6 – 6,0	1,7	6,1 – 6,5	2,0
Ograniczone	5,6 – 6,0	—	6,1 – 6,5	1,0	6,6 – 7,0	1,0
Zbędne	> 6,0	—	> 6,5	—	> 7,0	—

\* ustalone w oparciu o zawartość frakcji <0,02mm: gleba lekka – 11–20% frakcji <0,02 mm; gleba średnia – 21–35% frakcji <0,02 mm; gleba ciężka – >35% frakcji <0,02 mm

jednostkę. Maksymalna jednorazowa dawka CaO dla gleb lekkich wynosi 2,0 t/ha, dla gleb średnich 3,0 t/ha, a dla ciężkich 4,0 t/ha. Gleby kwaśne i bardzo kwaśne wymagają więc zastosowania programu sukcesywnego wapnowania rozciągniętego na okres kilku lat.

Istotny w skutecznym wapnowaniu jest prawidłowy wybór nawozu w oparciu o rodzaj gleby. Na rynku dostępne są nawozy wapniowe w formie węglanowej (CaCO<sub>3</sub>) i tlenkowej (CaO). Nawozy tlenkowe działają szybko i powinny być preferowane na glebach ciężkich, gliniastych, natomiast wolno działające wapno węglanowe lepiej sprawdza się na glebach lekkich i piaszczystych. Na glebach o małej zawartości magnezu najbardziej wskazane jest stosowanie nawozów wapniowo-magnezowych w formie tlenkowej lub węglanowej.

Optymalnym terminem stosowania nawożenia wapniowego na plantacjach chmielu jest wczesna jesień, po zakończeniu zbioru szyszek. Nawozy wapniowe wysiewa się na całej powierzchni plantacji i miesza z glebą kultywatorem. Dostępność wapnia dla roślin zależy od rozdrobnienia nawozu oraz od stopnia wymieszania go z glebą. Należy unikać łącznego stosowania wapnowania z innymi nawozami mineralnymi, a także obornikiem. Przerwa pomiędzy wapnowaniem a nawożeniem fosforowo-potasowym lub nawożeniem obornikiem powinna wynosić co najmniej 3 tygodnie.



## 2.5.2. Nawożenie azotem

Plonotwórcze działanie azotu wiąże się z jego udziałem w budowie białka i kwasów nukleinowych oraz syntezie chlorofilu i fotosyntezie. Azot jest w dużych ilościach pobierany przez rośliny chmielu. Szczególnie duże zapotrzebowanie na ten składnik przypada w okresie intensywnego wzrostu, a więc w fazie wydłużania się łodyg i tworzenia pędów bocznych oraz w okresie poprzedzającym kwitnienie i wiązanie szyszek. Rośliny chmielu reagują negatywnie zarówno na niedobór jak i nadmiar azotu. Zbyt małe dawki azotu powodują obniżenie wielkości plonu, natomiast nadmiar tego składnika skutkuje opóźnieniem dojrzewania, pogorszeniem jakości z powodu obniżenia zawartości alfa kwasów w szyszkach oraz wzrostem wrażliwości roślin chmielu na niektóre choroby.

Zapotrzebowanie chmielu na azot określa się biorąc pod uwagę przewidywany plon chmielu na podstawie średnich plonów z ostatnich 3–5 lat oraz maksymalne pobranie jednostkowe, które w przypadku chmielu wynosi 75 kg/t.

**zapotrzebowanie chmielu na azot = plon suchego chmielu (t/ha) × 75 kg/t**

Potrzeby pokarmowe chmielu w odniesieniu do azotu najczęściej kształtują się w granicach od 150 do 250 kg N/ha w zależności od odmiany. Planując nawożenie azotem należy uwzględnić nie tylko ilość tego składnika w nawozach mineralnych, ale również wnoszoną z obornikiem, nawozami zielonymi i organicznymi, a także tymi aplikowanymi dolistnie. W przypadku stosowania nawozów azotowych do usuwania dolnych pędów chmielu trzeba dodatkowo skorygować wielkość nawożenia mineralnego.

Ponadto należy wziąć pod uwagę zasoby azotu mineralnego znajdujące się wiosną w warstwie gleby 0–60 cm. Dawka nawozów mineralnych powinna stanowić uzupełnienie ilości azotu działającego z innych źródeł. Ponieważ azot z nawozów mineralnych nie jest wykorzystywany w całości, jego dawkę należy skorygować uwzględniając współczynnik wykorzystania azotu z nawozów mineralnych, którego wielkość wynosi 0,7.

**dawka N min. = zapotrzebowanie chmielu na azot – (suma azotu działającego z innych źródeł)/0,7**



Najważniejsze kwestie dotyczące nawożenia azotem reguluje Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 12 lutego 2020 r. (Dz. U. 2020, poz. 243) w sprawie przyjęcia „Programu działań mających na celu zmniejszenie zanieczyszczenia wód azotanami pochodzącymi ze źródeł rolniczych oraz zapobieganie dalszemu zanieczyszczeniu”. Program ten zawiera szczegółowe informacje dotyczące obliczania dawki azotowych nawozów mineralnych oraz ułatwiające określenie ilości azotu działającego na rośliny z innych źródeł. Należy pamiętać, że w przypadku chmielu maksymalna ilość azotu działającego ze wszystkich źródeł, w tym również nawozów mineralnych, nie może przekraczać 350 kg/ha.

Nawozy azotowe powinny być stosowane w dawkach dzielonych, dostosowanych do fazy rozwojowej oraz rytmu pobierania azotu przez poszczególne odmiany chmielu. Najczęściej stosuje się podział dawki na trzy części (tab. 5).

**Tabela 5.** Podział dawki azotu w nawożeniu chmielu

Typ odmiany	Po cięciu karp	Po naprowadzeniu pędów na przewodniki	Wysokość roślin $\frac{3}{4}$ konstrukcji	Początek lipca (przed kwitnieniem)
Aromatyczny	—	1/3	1/3	1/3
Goryczkowy	1/3	1/3	1/3	—
Odmiany późne	1/3	1/3	—	1/3

Do nawożenia chmielu można stosować wszystkie rodzaje nawozów azotowych znajdujących się w handlu. Nawozy rozsiewa się równomiernie na całej powierzchni plantacji i miesza z glebą. Nie należy stosować nawozów azotowych bezpośrednio na karpki chmielu. Wiosną najlepiej zastosować mocznik lub inne nawozy zawierające azot w formie niesaletrzonej, natomiast w następnych terminach korzystniej jest stosować szybko działające nawozy, takie jak saletrzak lub saletra amonowa. Na glebach kwaśnych należy unikać stosowania siarczanu amonu, który powoduje dodatkowe obniżenie pH.

Na plantacjach zagrożonych werticiliozą oraz w latach suchych, gdy istnieje niebezpieczeństwo suszy glebowej, a także gdy konieczne jest szyb-

kie dokarmienie roślin, np. po uszkodzeniu przez grad, polecane jest stosowanie azotu w formie oprysku dolistnego. Nawożenie dolistne może zastąpić nawet połowę przewidywanej dawki azotu. Najczęściej stosuje się opryskiwanie roślin 1% roztworem mocznika, który może być aplikowany co 10–14 dni począwszy od połowy czerwca do połowy sierpnia. W pełni wegetacji roślin, do opryskania 1 ha chmielnika zużywa się 3000l roztworu, co odpowiada 30kg mocznika. Z tą ilością dostarcza się roślinom około 14kg azotu. Mocznik stosowany dolistnie jest szybko pobierany przez liście i łatwo przemieszcza się w roślinie. W zalecanym stężeniu nie wykazuje działania fitotoksycznego.

### 2.5.3. Nawożenie fosforem i potasem

Fosfor bierze udział w syntezie związków organicznych oraz regulacji procesów syntezy skrobi i transportu węglowodanów w roślinie. Jest również składnikiem kwasów nukleinowych oraz związków odpowiadających za wewnątrzkomórkowy transport energii. Fosfor wpływa na wzrost systemu korzeniowego, zwiększa odporność roślin na choroby grzybowe, a także na niskie temperatury. Pierwiastek ten bardzo słabo przemieszcza się w glebie, ale jego przyswajalność przez rośliny zależy od temperatury, wilgotności oraz odczynu gleby. Niska temperatura, mała wilgotność oraz pH poniżej 5,0 to czynniki utrudniające pobieranie tego składnika z gleby.

Potas reguluje gospodarkę wodną, jest aktywatorem ponad 50 enzymów roślinnych, a także bierze udział w procesach fotosyntezy i przemieszczaniu asymilatów. Pierwiastek ten zwiększa wytrzymałość roślin na suszę oraz wpływa na ich mrozoodporność. Dostępność potasu zależy od zasobności gleby oraz od jej zdolności do uwalniania tego składnika do roztworu glebowego. Gleby ciężkie zawierają wprawdzie więcej potasu niż gleby lekkie, ale jest on silniej związany, dlatego też trudniej dostępny dla roślin. Dobre uwilgotnienie gleby, wyższa temperatura oraz lekko kwaśny odczyn zwiększają dostępność potasu dla roślin.

Wielkość dawek nawozów fosforowych i potasowych zależy od zawartości przyswajalnych form tych składników w glebie i powinna być określona na podstawie analizy chemicznej. Trzeba jednak pamiętać, że potas jest zatrzymywany w glebie znacznie słabiej niż fosfor, dlatego łatwiej jest wymywany lub ulega przemieszczeniu w głąb profilu glebowego. Należy to wziąć pod uwagę przy określaniu poziomu nawożenia tym makroelementem. Zasobność gleby w fosfor i potas należy ocenić biorąc pod uwagę liczby graniczne dla poszczególnych klas zasobności podane w tabeli 6.

**Tabela 6.** Ocena zasobności gleb w przyswajalne formy fosforu i potasu w zależności od rodzaju gleby

Zasobność gleby	Zawartość mg·100g <sup>-1</sup> gleby			
	fosfor (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	potas (K <sub>2</sub> O)		
		gleba lekka	gleba średnia	gleba ciężka
Bardzo niska	<5,0	<5,0	<7,5	<10,0
Niska	5,1–10,0	5,1–10,0	7,6–12,5	10,1–15,0
Średnia	10,1–15,0	10,1–15,0	12,6–20,0	15,1–25,0
Wysoka	15,1–20,0	15,1–20,0	20,1–25,0	25,1–30,0
Bardzo wysoka	>20,1	>20,1	>25,1	>30,1

Wielkość dawek nawozów fosforowych i potasowych zależy nie tylko od zasobności gleby, ale również od wymagań pokarmowych roślin i poziomu plonowania. Dawki fosforu (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) i potasu (K<sub>2</sub>O) dla trzech poziomów plonowania chmielu: 1500 kg·ha<sup>-1</sup>, 2000 kg·ha<sup>-1</sup> oraz 2500 kg·ha<sup>-1</sup> z uwzględnieniem zasobności gleby przedstawiono w tabelach 7 i 8.

**Tabela 7.** Zalecana dawka fosforu (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) w zależności od zasobności gleby oraz wielkości plonu szyszek chmielu

Zasobność gleby	Dawka fosforu (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) w kg·ha <sup>-1</sup>		
	plon 1500 kg·ha <sup>-1</sup>	plon 2000 kg·ha <sup>-1</sup>	plon 2500 kg·ha <sup>-1</sup>
Bardzo niska	120	130	140
Niska	70	80	90
Średnia	30	40	50
Wysoka	20	30	40
Bardzo wysoka	15	20	25

**Tabela 8.** Zalecana dawka potasu ( $K_2O$ ) w zależności od zasobności gleby oraz wielkości plonu szyszek chmielu

Zasobność gleby	Dawka potasu ( $K_2O$ ) w $kg \cdot ha^{-1}$		
	plon 1500 $kg \cdot ha^{-1}$	plon 2000 $kg \cdot ha^{-1}$	plon 2500 $kg \cdot ha^{-1}$
Bardzo niska	170	230	270
Niska	140	190	230
Średnia	110	150	180
Wysoka	100	130	160
Bardzo wysoka	55	70	90

Dawki mineralnych nawozów fosforowo-potasowych należy skorygować uwzględniając dopływ tych makroelementów z innych źródeł, takich jak nawozy naturalne i organiczne, jeśli były one stosowane. Szczegółowe informacje na temat ilości składników wnoszonych w nawozach naturalnych oraz ich wykorzystania przez rośliny przedstawiono w rozdziale 2.5.5. Nawozy naturalne.

Nawozy fosforowe i potasowe najlepiej stosować w dawce jednorazowej, jesienią, pod orkę zimową, co pozwala na ich dokładne wymieszanie z warstwą orną gleby. Na glebach lekkich zalecany jest podział dawki nawozów fosforowych i potasowych w taki sposób, aby połowę zastosować pod orkę zimową, natomiast pozostałą część wiosną, przed lub bezpośrednio po cięciu karp. Przy podziale dawki, wiosną zaleca się nawożenie fosforem w formie superfosfatów, natomiast potasem w postaci siarczanu potasu. Nawozy potasowe w formie chlorkowej należy stosować tylko jesienią.

Jeśli zawartość fosforu w glebie przekracza  $40 mg P_2O_5 \cdot 100g^{-1}$ , to należy zaniechać nawożenia tym składnikiem. Natomiast, nawożenia potasem nie należy stosować, jeśli jego zawartość w glebach lekkich przekracza  $40 mg K_2O \cdot 100g^{-1}$ , w glebach średnich  $50 mg K_2O \cdot 100g^{-1}$ , a w glebach ciężkich  $60 mg K_2O \cdot 100g^{-1}$ .

#### 2.5.4. Nawożenie magnezem

Magnez jest składnikiem chlorofilu, bierze więc udział w asymilacji  $CO_2$ . Odgrywa również rolę w syntezie kwasów nukleinowych i białek oraz jest

aktywatorem licznych enzymów. Magnez pobudza wzrost systemu korzeniowego oraz stymuluje pobieranie przez rośliny innych składników pokarmowych, szczególnie fosforu i potasu.

Gleby większości plantacji chmielu w Polsce charakteryzują się niską zawartością przyswajalnego magnezu. Pierwiastek ten jest łatwo wymywany w głąb profilu glebowego, szczególnie w glebach kwaśnych oraz ubogich w materię organiczną. Zakwaszenie gleby (pH poniżej 5) powoduje słabsze pobieranie magnezu przez rośliny. Charakterystycznym objawem niedoboru tego składnika u chmielu jest chloroza międzynynerwowa (fot. 9). Symptomy pojawiają się początkowo na najstarszych liściach w dolnej części rośliny, z czasem widoczne są również na liściach młodszych.

Dawki magnezu pod chmiel określa się na podstawie zasobności i rodzaju gleby oraz prognozowanego plonu szyszek (tab. 9 i 10).



Fot. 9. Objawy niedoboru magnezu na liściach chmielu

**Tabela 9.** Ocena zasobności gleb w magnez (MgO) w zależności od rodzaju gleby

Zasobność gleby	Zawartość mg·100 g <sup>-1</sup>		
	gleba lekka	gleba średnia	gleba ciężka
Bardzo niska	<2,0	<3,0	<4,0
Niska	2,1–3,0	3,1–5,0	4,1–6,0
Średnia	3,1–5,0	5,1–7,0	6,1–10,0
Wysoka	5,1–7,0	7,1–9,0	10,1–14,0
Bardzo wysoka	>7,1	>9,1	>14,1

**Tabela 10.** Zalecane dawki magnezu (MgO) w zależności od zasobności gleby oraz prognozowanego plonu szyszek chmielu

Zasobność gleby	Dawka magnezu (MgO) w kg·ha <sup>-1</sup>		
	plon 1500 kg·ha <sup>-1</sup>	plon 2000 kg·ha <sup>-1</sup>	plon 2500 kg·ha <sup>-1</sup>
Bardzo niska	65	75	85
Niska	50	60	70
Średnia	35	45	55
Wysoka	25	35	45
Bardzo wysoka	15	25	35

Nawożenie magnezem łączy się najczęściej z zabiegiem wapnowania, ponieważ gleby zakwaszone często charakteryzują się niską lub bardzo niską zawartością tego składnika pokarmowego. Stosowanie wapna magnezowego co drugi lub co trzeci raz w rotacji wapnowania oraz systematyczne nawożenie obornikiem w pełni pokrywa zapotrzebowanie chmielu na magnez na glebach o średniej zasobności. W przypadku niskiej zawartości magnezu zachodzi konieczność dodatkowego dokarmiania roślin tym składnikiem przy użyciu nawozów mineralnych. Nawozy zawierające magnez w formie węglanowej lub krzemianowej należy stosować

jesienią. Wprawdzie działają one wolno, ale ich straty z powodu wymywania są niewielkie, a wpływ na plon chmielu jest długotrwały. Łatwo rozpuszczalne siarczany i chlorki magnezu działają stosunkowo krótko i łatwo ulegają wymyciu, szczególnie z gleb lekkich. Powinny być stosowane wiosną po cięciu karp, a nawet po naprowadzeniu roślin na przewodniki. Siarczan magnezu w postaci roztworu o stężeniu 2% nadaje się również do dokarmiania dolistnego chmielu.

### 2.5.5. Nawozy naturalne

Nawozy naturalne oparte o odchody zwierzęce, takie jak obornik, gnojówka, czy gnojowica, nie tylko dostarczają roślinom składniki pokarmowe, ale pełnią również wiele innych funkcji poprawiających stan gleby:

- są ważnym źródłem próchnicy,
- poprawiają właściwości fizyko-chemiczne gleby,
- zwiększają aktywność biologiczną gleby,
- łagodzą ujemny wpływ jednostronnego lub niezrównoważonego nawożenia mineralnego,
- są źródłem mikroelementów.

W przypadku chmielu, wiele zabiegów pielęgnacyjno-uprawowych działa destrukcyjnie na glebę, a wieloletnia uprawa na tym samym stanowisku powoduje kumulację niekorzystnych zjawisk. W integrowanej technologii produkcji chmielu należy więc zwrócić szczególną uwagę na systematyczne stosowanie nawozów naturalnych, które ograniczają ujemne skutki uprawy w monokulturze. W nawożeniu chmielu wykorzystywany jest najczęściej obornik. Zawartość składników pokarmowych w oborniku jest zróżnicowana, zależy bowiem od wielu czynników takich jak: skład chemiczny ściółki i odchodów zwierzęcych, a także od sposobu przechowywania obornika. Dla obliczenia ilości składników pokarmowych wniesionych do gleby wraz z obornikiem można przyjąć wartości średnie podane w tabeli 11 lub oprzeć się na rzeczywistej zawartości określonej na podstawie badań laboratoryjnych nawozu.

W dawce 30t obornika, która jest najczęściej zalecana dla chmielu wnoszone jest przeciętnie: 140–160 kg N, 85–130 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 195–270 kg K<sub>2</sub>O i 45–55 kg Mg. Obornik jest również ważnym źródłem mikroelementów. Wykorzystanie składników pokarmowych z obornika rozkłada się na okres 2–3 lat. Na glebach lekkich okres działania obornika jest krótszy w porównaniu z glebami ciężkimi. Nawożenie obornikiem na plantacjach chmielu



**Tabela 11.** Przeciętna zawartość składników mineralnych w różnych rodzajach obornika ( $\text{kg}\cdot\text{t}^{-1}$ )

Składnik	Gatunek zwierząt		
	bydło	trzoda chlewna	konie
N	4,7	5,1	5,4
$\text{P}_2\text{O}_5$	2,8	4,4	2,9
$\text{K}_2\text{O}$	6,5	6,8	9,0
CaO	4,3	4,4	4,3
Mg	1,5	1,8	1,6
Na	1,0	1,1	0,6

Źródło: [www.iung.pl/dpr/nawozy\\_naturalne\\_rodzaje.html](http://www.iung.pl/dpr/nawozy_naturalne_rodzaje.html)

przeprowadza się jesienią. Z uwagi na to, że rośliny mogą wykorzystać tylko część składników pokarmowych zawartych w oborniku, ilość podstawowych makroelementów NPK wnoszoną w zastosowanej dawce tego nawozu należy przeliczyć na tzw. składniki działające, stosując odpowiednie równoważniki nawozowe azotu (tab. 12) oraz współczynniki wykorzystania fosforu i potasu (tab. 13).

Stosując obornik należy pamiętać o przestrzeganiu zasad związanych z ochroną zdrowia ludzi i zwierząt oraz środowiska. Zgodnie z ustawą o nawozach i nawożeniu z dnia 10 lipca 2007 r. (Dz.U. 2007 nr 147 poz. 1033) dawka nawozu naturalnego powinna być tak dostosowana, aby nie wnosić więcej niż 170 kg azotu w czystym składniku na 1 ha użytków rolnych w okresie roku. Zmniejszenie jednorazowej dawki obornika ma na celu zminimalizowanie ryzyka zanieczyszczenia cieków wodnych lub wód gruntowych przez związki azotu, fosforu, potasu i innych pierwiastków uwolnione z rozkładającej się substancji organicznej. W celu uniknięcia strat składników pokarmowych oraz ograniczenia możliwości zanieczyszczenia środowiska, wymieszanie obornika z glebą powinno zostać przeprowadzone możliwie szybko, nie później niż 24 godziny od jego zastosowania. Na glebach lżejszych obornik należy przyorać na głębokość 12–18 cm, natomiast na glebach zwięzłych na 8–12 cm. Obornik oraz inne nawozy naturalne w postaci stałej lub płynnej można stosować w okresie od 1 marca do 30 listopada.



**Tabela 12. Równoważniki nawozowe azotu w zależności od rodzaju obornika**

Rodzaj nawozu naturalnego	Równoważniki nawozowe azotu przy nawożeniu jesienią
<b>Obornik</b>	
Bydło	0,35
Trzoda chlewna	0,40
Drób nieśny	0,40
Drób rzeźny	0,45
Pozostałe przeżuwacze, konie, futerkowe roślinożerne	0,30
<b>Gnojowica</b>	
Bydło	0,50
Trzoda chlewna	0,60
Drób nieśny – pomiot podsuszany/ nie podsuszany	0,45 / 0,65
Zwierzęta futerkowe mięsożerne	0,65
Pozostałe przeżuwacze, futerkowe roślinożerne	0,45
<b>Gnojówka</b>	
Bydło	0,55
Trzoda chlewna	0,65
Drób nieśny	0,65
Drób rzeźny	0,65
Pozostałe przeżuwacze, konie, futerkowe roślinożerne	0,45

Opracowano na podstawie rozporządzenia Rady Ministrów w sprawie przyjęcia „Programu działań mających na celu zmniejszenie zanieczyszczenia wód azotanami pochodzącymi ze źródeł rolniczych oraz zapobieganie dalszemu zanieczyszczeniu” z dnia 12 lutego 2020 r. Dz.U. z 2020 r. poz. 243, zał. 8, tab. 11

**Tabela 13.** Współczynniki wykorzystania fosforu i potasu z różnych nawozów naturalnych

Rodzaj nawozu	Współczynnik wykorzystania	
	Fosfor (P)	Potas (K)
Obornik w pierwszym roku po zastosowaniu	0,4	0,8
Obornik w drugim roku po zastosowaniu	0,3	0,1
Gnojowica w pierwszym roku po zastosowaniu	0,8	0,8
Gnojowica w drugim roku po zastosowaniu	0,1	0,1
Gnojówka w pierwszym roku po zastosowaniu	0,8	-
Gnojówka w drugim roku po zastosowaniu	0,1	-

Źródło: [www.iung.pl/dpr/nawozy\\_naturalne\\_rodzaje.html](http://www.iung.pl/dpr/nawozy_naturalne_rodzaje.html)

Ilość azotu działającego należy obliczyć mnożąc całkowitą ilość tego składnika wniesioną w nawozie naturalnym przez odpowiednią wartość z tabeli 12. W przypadku fosforu i potasu ilość składników działających należy obliczyć poprzez pomnożenie całkowitej ilości tych makroelementów wniesionej w nawozie naturalnym przez wartość odpowiedniego współczynnika wykorzystania z tabeli 13.

Przykładowo, ilość azotu, fosforu i potasu działających w dawce 30 t obornika bydlęcego w pierwszym roku po zastosowaniu, wynosi:

azot:  $4,7 \text{ kg} \cdot \text{t}^{-1} (\text{zawartość N wg tab. 11}) \times 30 \text{ t (dawka obornika)} \times 0,35 (\text{równoważnik nawozowy wg tab. 12}) = 49,4 \text{ kg}$

fosfor:  $2,8 \text{ kg} \cdot \text{t}^{-1} (\text{zawartość } \text{P}_2\text{O}_5 \text{ wg tab. 11}) \times 30 \text{ t (dawka obornika)} \times 0,4 (\text{współczynnik wykorzystania wg tab. 13}) = 33,6 \text{ kg}$

potas:  $6,5 \text{ kg} \cdot \text{t}^{-1} (\text{zawartość } \text{K}_2\text{O} \text{ wg tab. 11}) \times 30 \text{ t (dawka obornika)} \times 0,8 (\text{współczynnik wykorzystania wg tab. 13}) = 156 \text{ kg}$

Zatem w pierwszym roku po zastosowaniu 30 t obornika, dawki nawozów azotowych, fosforowych i potasowych wynikające z potrzeb nawożenia należy zmniejszyć odpowiednio o 49,4 kg, 33,6 kg oraz 156 kg.

W przypadku, gdy obliczona ilość składników działających jest zbyt wysoka i przekracza zapotrzebowanie roślin, wskazane jest zmniejszenie dawki nawozu naturalnego i jej dostosowanie do potrzeb nawożenia.

Nawozów naturalnych nie wolno stosować na glebach zalanych wodą oraz przykrytych śniegiem lub zamrożonych do głębokości 30 cm oraz podczas opadów deszczu.

Stosowanie i przechowywanie nawozów naturalnych reguluje rozporządzenie Rady Ministrów w sprawie przyjęcia „Programu działań mających na celu zmniejszenie zanieczyszczenia wód azotanami pochodzącymi ze źródeł rolniczych oraz zapobieganie dalszemu zanieczyszczaniu” z dnia 12 lutego 2020 r. (Dz. U. z 2020 r. poz. 243).

### 2.5.6. Nawożenie mikroelementami

Mikroelementy, mimo że pobierane są przez rośliny w niewielkich ilościach stanowią niezbędny składnik w żywieniu. Są one aktywatorami wielu enzymów, uczestniczą w reakcjach metabolicznych związanych z procesem fotosyntezy, przemianami związków azotu i tworzeniem białek, a także podnoszą odporność roślin na patogeny. Niedostateczna zawartość tych składników zakłóca metabolizm roślin, co z kolei rzutuje na ich wzrost i rozwój. Uprawa chmielu przez wiele lat na tym samym polu może powodować wyczerpanie z gleby niektórych pierwiastków śladowych lub blokowanie ich pobierania. Niedobory najczęściej dotyczą cynku i boru, bowiem chmiel wykazuje duże zapotrzebowanie na te składniki.

Charakterystyczne są objawy niedoboru cynku na chmielu zwane liściozwojem (fot. 10). Liście żółkną i nie osiągają typowej dla chmielu wielkości. Ich kłapy, a szczególnie środkowa, wydłużają się i wywijają ku górze przyjmując łódeczkowaty kształt (fot. 11). Występowaniu niedoboru cynku sprzyjają: intensywne nawożenie fosforem, niska temperatura, silne ugniatanie gleby oraz zasadowy odczyn gleby (pH powyżej 8). Skuteczną metodą ograniczania objawów liściozwoju jest nawożenie dolistne 0,2% roztworem siarczanu cynku lub innym nawozem mikroelementowym z dużą zawartością cynku zgodnie z zaleceniami producenta.

Objawy niedoboru boru występują przede wszystkim na najmłodszych częściach roślin. Niedobór tego składnika powoduje osłabienie wzrostu roślin, zgrubienie i zeszywnienie młodych pędów oraz ich słabe ulistnienie (fot. 12). Blaszki liściowe są zdeformowane, a ich brzegi podwinięte ku dołowi (fot. 13). Przy silnym niedoborze obumierają wierzchołki wzrostu pędów bocznych. Objawy te pogłębia susza, silne nasłonecznienie oraz wysokie dawki nawozów potasowych i wapniowych.



Fot. 10. Objawy niedoboru cynku o różnym nasileniu



Fot. 11. Typowe objawy liściozwoju u chmielu – wydłużenie środkowej kłapy liścia, wywinięcie blaszki liściowej ku górze



Fot. 12. Niedorozwój liści chmielu w górnej części pędu oraz deformacja liści spowodowana niedoborem boru





Fot. 13. Objawy niedoboru boru na liściach chmielu - deformacja i podwinięcie blaszki liściowej ku dołowi

Pobieraniu boru sprzyja pH gleby w zakresie 5,5–6,5 oraz duża zawartość przyswajalnego fosforu i optymalne zaopatrzenie roślin w wapń. Nadmiar boru może być toksyczny dla roślin. Z uwagi na to, nawozy doglebowe zawierające bor powinny być stosowane w dawkach 1–2 kg czystego składnika na hektar, bardzo wczesną wiosną.

Nawożenie mikroelementami w integrowanej technologii produkcji powinno być oparte na znajomości zasobności gleby w te składniki (tab. 14–15).

Tabela 14. Ocena zasobności gleb w cynk (Zn) w zależności od rodzaju gleby

Zasobność gleby	Zawartość mg·kg <sup>-1</sup> gleby		
	gleba lekka	gleba średnia	gleba ciężka
Niska	<1,4	<4,6	<11,5
Średnia	1,4–6,3	4,6–20,5	11,5–51,1
Wysoka	>6,3	>20,5	>51,1



**Tabela 15.** Ocena zasobności gleb w bor (B) w zależności od odczynu gleby

Zasobność gleby	Zawartość mg·kg <sup>-1</sup> gleby			
	pH<4,5	pH 4,6–5,5	pH 5,6–6,5	pH>6,5
Niska	<0,8	<1,0	<1,3	<2,2
Średnia	0,8–2,6	1,0–3,2	1,3–4,3	2,2–7,2
Wysoka	>2,6	>3,2	>4,3	>7,2

Podstawowym sposobem zapobiegania niedoborom mikroelementów jest systematyczne nawożenie obornikiem lub innymi nawozami naturalnymi. Przy braku obornika można stosować nawożenie doglebowe w formie specjalnych nawozów mikroelementowych lub nawozów makroelementowych wzbogaconych dodatkowo w mikroprzemiastki. Gdy zachodzi konieczność szybkiego przeciwdziałania niedoborom mikroelementów polecana jest aplikacja dolistna, która daje szybsze efekty niż nawożenie doglebowe. Najlepiej stosować wieloskładnikowe nawozy dolistne przeznaczone dla chmielu, których skład jest dostosowany do wymagań tego gatunku. Nawozy te należy stosować zgodnie z zaleceniami producenta do momentu osiągnięcia przez chmiel fazy kwitnienia. Nawożenie dolistne polecane jest szczególnie w okresie intensywnego wzrostu roślin oraz w tzw. fazach krytycznych, gdy występuje zwiększone zapotrzebowanie na niektóre składniki pokarmowe. Sprawdza się ono również w sytuacji zachwiania równowagi chemicznej w glebie prowadzącej do blokowania dostępności niektórych składników odżywczych. Wskazaniem do stosowania dolistnego nawożenia chmielu mogą być długotrwałe okresy suszy, w czasie których rośliny nie mogą pobrać składników pokarmowych z gleby z powodu niedostatku wilgoci. Nawożenie dolistne charakteryzuje wysoki stopień wykorzystania składników odżywczych, co zwiększa efektywność dokarmiania. Zaletą tego sposobu nawożenia roślin jest również zmniejszenie dawek doglebowych, co ogranicza wymywanie składników pokarmowych i zanieczyszczenie wód powierzchniowych i gruntowych.

### 2.5.7. Nawadnianie chmielu

Dostateczna ilość wody w glebie jest niezbędna do uzyskania wysokich plonów roślin. Deficyt wody wpływa na zahamowanie niektórych procesów fizjologicznych, ogranicza podział komórek i syntezę enzymów, prowadzi do zaburzeń asymilacji i transpiracji oraz zmniejszenia intensywności oddychania i transportu produktów fotosyntezy. Zaburzenia te wpływają negatywnie na rozwój roślin i prowadzą do obniżenia zarówno wielkości, jak i jakości plonu.

Chmiel jest gatunkiem o dużych potrzebach wodnych, ale jednocześnie jest dość tolerancyjny na suszę z uwagi na głęboki system korzeniowy, który umożliwia pobieranie wody z głębszych warstw gleby. Przyjmuje się, że potrzeby wodne chmielu kształtują się na poziomie około 600–700 mm rocznie. Podstawowym źródłem zaopatrzenia chmielu w wodę są opady atmosferyczne, jednak ich ilość często jest niewystarczająca, a nierównomierne rozłożenie w sezonie wegetacyjnym powoduje okresowe niedobory wody. Szczególnie niekorzystnie na wzrost i rozwój roślin oddziałują susze występujące w okresach krytycznych, tj. okresach szczególnej wrażliwości roślin na niedobór wody. W przypadku chmielu pierwszy okres krytyczny występuje w fazie wykształcania pędów bocznych. Dobre zaopatrzenie w wodę w tej fazie decyduje o długości pędów bocznych oraz liczbie kwiatostanów. Drugim okresem krytycznym jest faza zawiązywania szyszek. W tej fazie zapotrzebowanie chmielu na wodę jest największe. Uzupełnianie deficytów wody w okresach krytycznych jest jednym z najbardziej skutecznych czynników plonotwórczych. Dostateczne zaopatrzenie roślin w wodę przyczynia się również do zwiększenia ich odporności na choroby i szkodniki. W warunkach klimatycznych Polski nawadnianie pełni jedynie rolę uzupełniającą w stosunku do ilości wody dostarczonej w postaci opadów. Celem nawadniania jest pokrywanie niedoborów wody w górnej warstwie gleby do głębokości około 60 cm, tj. w strefie największego pobierania wody przez korzenie. Harmonogram nawodnień powinien uwzględniać fazę rozwojową roślin chmielu i związane z nią zapotrzebowanie na wodę, ilość oraz częstotliwość opadów, czynniki atmosferyczne takie jak temperatura, wilgotność powietrza, usłonecznienie oraz prędkość wiatru, a także miąższość i właściwości gleby, które wpływają na jej zdolność do zatrzymywania wody.

Uzupełnianie niedoborów wilgoci w chmielnikach może być przeprowadzane poprzez nawadnianie kropłowe oraz nawadnianie wgłębne. Nawadnianie kropłowe polega na dostarczaniu małych dawek wody na powierzchnię gleby, wzdłuż rzędów roślin. Woda jest aplikowana

punktowo przy użyciu linii kroplujących rozkładanych na powierzchni rzędów po naprowadzeniu i obsypaniu roślin. System ten pozwala na oszczędne gospodarowanie zasobami wodnymi i jest najczęściej stosowany na plantacjach chmielu. Jego wadą jest konieczność corocznego usuwania z plantacji linii kroplujących i ich ponownego rozkładania w kolejnym sezonie wegetacyjnym. Rozwiązaniem tego problemu jest zawieszenie linii kroplujących w rzędach roślin chmielu na wysokości kilkudziesięciu centymetrów nad powierzchnią gruntu. Umożliwia to wykonywanie zabiegów uprawowych w rzędach roślin bez konieczności corocznego demontażu linii kroplujących. Nawadnianie wgłębne polega na dostarczaniu wody bezpośrednio do strefy korzeniowej roślin przy użyciu przewodów ułożonych na głębokości około 35–40 cm. System ten jest najbardziej efektywny, bowiem dostarcza wodę w pobliże korzeni oraz zapobiega jej stratom na skutek parowania z powierzchni gleby. W tym systemie przewody rozprowadzające wodę są umieszczone na stałe w glebie i nie ma potrzeby ich usuwania na okres zimy.

System nawadniania kropłowego może być również wykorzystywany do aplikowania nawozów płynnych. Zaletą takiego rozwiązania jest dostarczanie roślinom składników pokarmowych w pobliże systemu korzeniowego w okresie największego zapotrzebowania. Zwiększa to efektywność nawożenia i pozwala na zmniejszenie dawki stosowanych składników. Racjonalne dawkowanie nawozów płynnych poprzez system kropłowy ogranicza ryzyko przenawożenia oraz zanieczyszczenia wód gruntowych.

### 3. Regulacja zachwaszczenia w uprawie chmielu

Szkodliwość chwastów w uprawie chmielu polega przede wszystkim na konkurowaniu o dostęp do wody i substancji pokarmowych. Chmiel jest najwyższą rośliną uprawną, a w sprzyjających warunkach środowiska może rosnać bardzo szybko, dlatego konkurencja o światło zwykle nie występuje, nawet w przypadku dużego zachwaszczenia plantacji. Wyjątek stanowią młode rośliny w pierwszym roku uprawy, które po posadzeniu rosnać wolniej. Niekorzystne oddziaływanie chwastów polega również na tym, że mogą być one żywicielami niektórych gatunków szkodników (np. przędziorka chmielowca) lub nosicielami patogenów powodujących choroby chmielu (np. *Verticillium nonalfalfae*). Nadmierny rozwój chwastów zawsze prowadzi do osłabienia wzrostu i zmniejszenia plonowania roślin

chmielu, dlatego regulacja zachwaszczenia powinna stanowić element integrowanej technologii ochrony tego gatunku.

### 3.1. Niechemiczne metody regulacji zachwaszczenia

Walkę z chwastami należy rozpocząć jeszcze przed założeniem plantacji chmielu. Polega ona na zastosowaniu przedplonu ograniczającego zachwaszczenie oraz na starannym uprawieniu gleby po zbiorze przedplonu. Odpowiednim przedplonem dla chmielu jest lucerna, koniczyna lub mieszanki z roślinami strączkowymi. Zespół uprawek letnio-jesiennych po zbiorze przedplonu powinna rozpocząć wczesna podorywka, na głębokość 5–8 cm. Przynosi ona dobre efekty w przypadku chwastów rozmnażających się przez nasiona, ponieważ przerywa proces dojrzewania nasion. Największy wpływ na ograniczanie zachwaszczenia ma orka zimowa. Niszczy ona chwasty aktualnie występujące na plantacji, a także powoduje przemieszczenie nasion chwastów do głębszych warstw gleby, co ogranicza ich zdolność kiełkowania. Oddziaływanie chwastów na chmiel jest szczególnie niekorzystne w przypadku roślin młodych, zaraz po ich posadzeniu w polu. W celu zwiększenia konkurencyjności młodych roślin chmielu w stosunku do chwastów zaleca się stosowanie do zakładania plantacji sadzonek ukorzenionych, które lepiej się przyjmują i szybciej rosną. Ponadto należy zapewnić roślinom chmielu optymalne warunki wzrostu poprzez odpowiednie nawożenie, nawadnianie oraz ochronę przed chorobami i szkodnikami. Wszystkie te działania pozwolą na ograniczenie ujemnych skutków obecności chwastów w początkowym okresie wzrostu roślin, kiedy są najbardziej wrażliwe na zachwaszczenie.

Walka z chwastami nie może się ograniczać do chmielników młodych, ale powinna być prowadzona systematycznie również w kolejnych latach uprawy. Jest to szczególnie ważne w przypadku upraw wieloletnich, gdzie zaniedbanie czynności regulujących zachwaszczenie może doprowadzić do szybkiej kompensacji chwastów. Dopuszczenie do wysiania nasion prowadzi do zwiększenia ich zapasu w glebie. Dlatego chwasty powinno się niszczyć zanim zakwitną i wydadzą nasiona. Podstawowe znaczenie dla regulacji zachwaszczenia chmielników ma prawidłowo wykonana jesienna i wiosenna mechaniczna uprawa gleby. Zabiegi uprawowe prowadzone w okresie wegetacji roślin chmielu, takie jak spulchnianie międzyrzędzi oraz obsypywanie rzędów roślin, skutecznie ograniczają zachwaszczenie w chmielniku nawet do połowy lipca. W późniejszym okresie nie stosuje się zabiegów spulchniających w międzyrzędziach ze względu na możliwość

uszkodzenia korzeni przybyszowych roślin chmielu. Należy pamiętać, że częste wykonywanie zabiegów mechanicznych, bez uzasadnionej potrzeby powoduje przesuszenie, przyspieszoną mineralizację materii organicznej i degradację gleby. W integrowanym systemie ochrony roślin stosowanie mechanicznych zabiegów uprawowych, powinno więc być wyważone.

Ważną rolę w ograniczaniu zachwaszczenia w chmielnikach odgrywają rośliny uprawiane w międzyrzędziach chmielu, przeznaczone na zielony nawóz. Dobierając gatunki roślin do uprawy współrzędnej z chmielem w aspekcie ich oddziaływania na zachwaszczenie, należy brać pod uwagę okres pokrycia powierzchni gleby szatą roślinną. Im jest on dłuższy, tym skuteczniejsza jest regulacja zachwaszczenia.

### 3.2. Chemiczne metody regulacji zachwaszczenia

W integrowanej metodzie ochrony roślin przed chwastami stosowanie herbicydów powinno być ograniczone do niezbędnego minimum. Prawidłowo i terminowo wykonane mechaniczne zabiegi uprawowe zazwyczaj skutecznie zabezpieczają plantacje chmielu przed nadmiernym zachwaszczeniem. Herbicydy są stosowane tylko w wyjątkowych sytuacjach. Krytyczny dla rozwoju chwastów w chmielniku jest okres po wytworzeniu korzeni przybyszowych przez rośliny chmielu. W tym czasie nie stosuje się już zabiegów spulchniających w międzyrzędziach, wzrasta więc liczebność chwastów. W przypadku bardzo silnego zachwaszczenia polecane jest zastosowanie chemicznego odchwaszczania jednym z preparatów dopuszczonych do zwalczania chwastów w chmielnikach.

Efektywne stosowanie herbicydów w uprawie chmielu wymaga nie tylko właściwego doboru środka chemicznego, ale również odpowiedniej techniki aplikacji. Do zwalczania chwastów należy stosować opryskiwacze ciśnieniowe bez przystawki wentylatorowej, zaopatrzone w belkę dostosowaną do szerokości międzyrzędzi. Rozpylacze powinny być ustawione w taki sposób, aby nie dopuścić do nakładania się cieczy użytkowej na stykach pasów zabiegowych i uwrociach. Zabieg przy użyciu herbicydów należy wykonywać w dni bezwietrzne, aby nie narażać sąsiednich upraw na znoszenie cieczy użytkowej. Konieczne jest bezwzględne przestrzeganie zaleceń podanych w etykiecie-instrukcji stosowania środka, które określają jego działanie na chwasty, dawkę oraz termin i warunki aplikacji w taki sposób, aby uzyskać maksymalną skuteczność i jednocześnie nie dopuścić do zagrożenia zdrowia ludzi i zwierząt, a także skażenia śro-

dowiska. Wykaz substancji przeznaczonych do regulacji zachwaszczenia w chmielnikach przedstawiono w tabeli 16.

**Tabela 16.** Charakterystyka substancji czynnych przeznaczonych do zwalczania chwastów w uprawie chmielu

Substancja czynna	Sposób działania	Wrażliwe gatunki chwastów
Fluazyfop-P-butylo- lowy	Substancja przeznaczona do zwalczania rocznych i wieloletnich chwastów jednoliściennych. Wchłaniana przez liście i przemieszczana do stożków wzrostu pędów i korzeni. Najlepsze efekty działania uzyskuje się, gdy w czasie zabiegu chwasty jednoroczne są w fazie od 2 liści do końca krzewienia, a chwasty wieloletnie (np. perz) w fazie 4–8 liści. Fluazyfop-P-butylo-owy jest najbardziej skuteczny w okresie intensywnego wzrostu chwastów. Preparatów zawierających tę substancję aktywną nie należy stosować, gdy temperatura powietrza przekracza 27°C.	chwastnica jednostronna, miotła zbożowa, owies głuchy, włośnica zielona, włośnica sina, wiechlina zwyczajna, perz właściwy

Środki ochrony roślin aktualnie dopuszczone do obrotu i zalecane do zwalczania chwastów w chmielnikach można znaleźć w Wyszukiwarce Środków Ochrony Roślin na stronie Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi [[www.gov.pl/web/rolnictwo/wyszukiwarka-srodkow-ochrony-roslin--zastosowanie](http://www.gov.pl/web/rolnictwo/wyszukiwarka-srodkow-ochrony-roslin--zastosowanie)]. Wykazy środków zalecanych do zwalczania chwastów w chmielnikach znajdują się w systematycznie aktualizowanym Programie Ochrony Chmielu opracowywanym w Instytucie Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowym Instytucie Badawczym i zamieszczanym na Platformie Sygnalizacji Agrofagów ([www.agrofagi.com.pl](http://www.agrofagi.com.pl)).

## 4. Ograniczanie sprawców chorób

Choroba infekcyjna rozwija się w następstwie zakłócenia równowagi pomiędzy trzema oddziałującymi na siebie czynnikami: patogenem, wrażliwą rośliną żywicielską oraz warunkami środowiska. Straty powodowane przez choroby zależą od rozmiaru epidemii. Epidemicznemu wystąpieniu choroby sprzyjają:



1. koncentracja na określonym obszarze jednego gatunku lub odmiany roślin o dużej podatności na zachorowanie,
2. obecność patogena o dużej wirulencji i sile reprodukcyjnej, dobrze przystosowanego do środowiska oraz łatwo rozprzestrzeniającego się na opanowanym obszarze,
3. wystąpienie warunków atmosferycznych korzystnych dla rozwoju patogena.

Specyfika uprawy chmielu sprzyja rozwojowi epidemii chorób. Gatunek ten jest uprawiany w jednolitej odmianowo monokulturze, co oznacza, że wszystkie rośliny na plantacji są jednakowo podatne na porażenie. Mała odległość pomiędzy roślinami ułatwia szybkie szerzenie się choroby. Uprawa chmielu na tym samym stanowisku przez wiele lat oraz wegetatywny sposób rozmnażania mogą powodować gromadzenie się patogenów zarówno w roślinach, jak i glebie. Duża wysokość roślin oraz ich zagęszczenie na plantacji sprzyjają wytworzeniu w chmielniku specyficznego mikroklimatu, korzystnego dla rozwoju wielu czynników chorobotwórczych.

Integrowana ochrona roślin polega na połączeniu naturalnych i chemicznych sposobów ograniczania rozwoju populacji organizmów szkodliwych, tak aby zminimalizować zagrożenia dla zdrowia ludzi, zwierząt i dla środowiska. Podstawową zasadą integrowanej ochrony jest zapobieganie nadmiernemu rozwojowi organizmów szkodliwych poprzez stosowanie metod niechemicznych, takich jak: właściwy płodozmian, uprawa odmian odpornych, odpowiednie zabiegi agrotechniczne, zrównoważone nawożenie, ograniczanie rozprzestrzeniania agrofagów, czy też ochrona organizmów pożytecznych. Środki chemiczne wykorzystuje się dopiero wówczas, kiedy przy użyciu powyższych metod nie można utrzymać nasilenia organizmów szkodliwych poniżej progów szkodliwości.

Potrzeba wykonania chemicznego zabiegu ochrony roślin powinna być każdorazowo ustalana w oparciu o wyniki monitorowania agrofagów. Stosowanie zasad integrowanej ochrony wymaga zatem prowadzenia systematycznych obserwacji występowania organizmów szkodliwych.

Kluczowym elementem monitoringu jest umiejętność prawidłowego rozpoznawania chorób. Terminarz pojawiania się poszczególnych chorób na plantacjach chmielu oraz ich najważniejsze cechy diagnostyczne przedstawiono w tabelach 17 i 18.

**Tabela 17.** Kalendarz pojawiania się chorób podczas wegetacji chmielu

Choroba	Miesiąc					
	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Mączniak rzekomy						
Mączniak prawdziwy						
Wercilioza						
Fuzarioza						

**Tabela 18.** Najważniejsze cechy diagnostyczne chorób chmielu oraz fazy rozwojowe roślin, w których mogą występować objawy

Choroba	Faza rozwojowa chmielu	Miejsce pojawiania się objawów choroby; cechy diagnostyczne
Mączniak rzekomy	- od początku wegetacji do naprowadzenia pędów na przewodniki	- młode pędy wyrastające z karpny – skrócone międzywęzła, liście żółto-zielone, blaszka liściowa wywinęta do spodu, na spodniej stronie blaszki liściowej szary nalot (tzw. pędy kłosowate)
	- faza tworzenia pędów bocznych	- pędy boczne – skrócone międzywęzła, niekiedy objawy przypominające pędy kłosowate
	- faza kwitnienia	- kwiatostany – brunatnienie i zasychanie
	- faza wiązania szyszek i dojrzałości technologicznej	- szyszki – brunatne smugi wzdłuż listków okrywowych szyszek, brunatnienie całych listków lub szyszek
Mączniak prawdziwy	- faza tworzenia pędów bocznych do zbiorów	- liście – białe, mączyste, wypukłe plamy na górnej powierzchni blaszki liściowej
	- faza kwitnienia	- kwiatostany – biały, mączysty nalot, zasychanie
	- faza wiązania szyszek i dojrzałości technologicznej	- szyszki – zahamowanie wzrostu, deformacja porażonych listków szyszek, biały, mączysty nalot, który z czasem zmienia barwę na ciemno brązową
Wercilioza	- faza kwitnienia i wykształcania szyszek	- pęd główny – zgrubienie, widoczne na przekroju zbrunatnienie tkanki naczyniowej,
		- liście – żółknięcie, a następnie więdnienie postępujące od dołu rośliny, liście łatwo odpadają.
Fuzarioza	- okres poprzedzający kwitnienie	- pęd główny – zgnilizna podstawy, pęd daje się łatwo wyciągnąć z gleby
		- liście – więdnienie i zasychanie

## 4.1. Najważniejsze choroby chmielu

### 4.1.1. Mączniak rzekomy chmielu

Mączniak rzekomy chmielu jest jedną z najbardziej rozpowszechnionych chorób. Występuje we wszystkich rejonach uprawy chmielu w Europie i Ameryce Północnej. W przypadku silnego porażenia roślin w warunkach sprzyjających rozwojowi sprawcy choroby, może dojść do całkowitej utraty plonu. Choroba jest powodowana przez grzyb *Pseudoperonospora humuli*, który może porażać zarówno nadziemne, jak i podziemne części rośliny chmielu.

#### Objawy

Pierwsze symptomy mączniaka rzekomego pojawiają się wiosną na młodych pędach wyrastających z karpki i są następstwem systemicznego porażenia rośliny (infekcja pierwotna). Porażone pędy mają skrócone międzywęzła, liście są żółtozielone i kruche, a blaszki liściowe wywinięte ku dołowi (fot. 14). Z powodu tego charakterystycznego wyglądu pędy takie są nazywane kłosowatymi.



Fot. 14. Objawy mączniaka rzekomego na wiosennych pędach chmielu (pęd kłosowaty)

Na spodniej stronie liści pędów kłosowatych widoczny jest obfity, szarofioletowy nalot utworzony z grzybni oraz zarodni infekcyjnych sprawcy choroby. Dzięki zarodniom infekcyjnym patogen może rozprzestrzeniać się i porażać następne rośliny chmielu. Mówimy wówczas o infekcji wtórnej, która ma przeważnie charakter miejscowy. Objawy infekcji wtórnej mogą występować na liściach, pędach, kwiatach i szyszkach. Na porażonych liściach tworzą się charakterystyczne, kanciaste plamy, których kształt wyznaczają przestrzenie pomiędzy nerwami. Plamy te są początkowo chlorotyczne, ale szybko ulegają nekrozie. Na spodniej stronie blaszki liściowej, w miejscach plam, występuje nalot grzybni i zarodni infekcyjnych *P. humuli*. Porażone pędy boczne mogą przypominać pędy kłosowate, ale często mają jedynie skrócone międzywęzła, natomiast barwa i kształt blaszki liściowej pozostają bez zmian (fot. 15). Niekiedy dochodzi do wtórnego porażenia pędu głównego już po naprowadzeniu na przewodniki. Pęd taki jest zahamowany we wroście oraz traci zdolność do owijania się wokół przewodnika i odchyła się od niego. W przypadku bardzo silnego porażenia dochodzi do całkowitego zniszczenia pędu (fot. 16).

Porażone kwiatostany stają się ciemnobrązowe, a następnie zasychają i opadają. Nasilenie objawów mączniaka rzekomego na szyszkach jest zróżnicowane w zależności od fazy rozwojowej, w której doszło do porażenia. Porażenie młodych, niewykształconych szyszek prowadzi do zahamowania ich dalszego rozwoju i zasychania. Na szyszkach w pełni rozwiniętych pojawiają się charakterystyczne, brunatne smugi przebiegające wzdłuż



Fot. 15. Pędy boczne chmielu zdeformowane na skutek porażenia przez *P. humuli*





Fot. 16. Wtórne porażenie pędu głównego chmielu

listków okrywowych. W warunkach sprzyjających rozwojowi choroby brązowieją całe listki okrywowe, a nawet całe szyszki (fot. 17). *P. humuli* poraża również karpki chmielu oraz rozłogi i korzenie. Na podziemnych częściach rośliny choroba objawia się występowaniem czerwono brązowych plam lub smug bezpośrednio pod korą.



Fot. 17. Objawy mączniaka rzekomego na szyszkach chmielu

## Epidemiologia

Patogen zimuje w postaci grzybni, która rozrasta się pomiędzy komórkami w pąkach śpiących zlokalizowanych w górnej części karpny. Z takich pąków wyrastają wiosną systemicznie porażone pędy kłosowate. W sprzyjających warunkach temperatury i wilgotności na spodniej stronie liści tworzą się trzonki i zarodnie infekcyjne, które są przenoszone przez wiatr lub krople deszczu na sąsiednie rośliny, powodując infekcję wtórną. Zarodnie kiełkują w obecności wody uwalniając zoospory, które mogą wnikać do wewnętrznych tkanek przez otwarte aparaty szparkowe lub mikrouszkodzenia. W ten sposób może dochodzić do porażenia liści, szyszek oraz merystemów wierzchołkowych pędów bocznych. W sprzyjających warunkach temperatury i wilgotności, infekcje wtórne powtarzają się wielokrotnie w ciągu sezonu wegetacyjnego. Porażenie liści i szyszek ma charakter lokalny, natomiast porażenie merystemów wierzchołkowych jest systemiczne i prowadzi do wytworzenia zdeformowanych pędów bocznych przypominających wiosenne pędy kłosowate.

Występowaniu mączniaka rzekomego sprzyja wysoka wilgotność oraz umiarkowana temperatura. W takich warunkach aparaty szparkowe roślin są otwarte, co ułatwia wnikanie sprawcy choroby. *P. humuli* może wytwarzać zarodniki w szerokim zakresie temperatury, przy czym optymalne wartości kształtują się w granicach od 16°C do 20°C. Warunkiem niezbędnym jest wysoka wilgotność powietrza przekraczająca 80–90% oraz temperatura minimalna przekraczająca 5°C. Kiełkowanie zarodników odbywa się jedynie w obecności wody. Do porażenia pędów dochodzi, gdy powierzchnia tkanek roślinnych jest wilgotna nieprzerwanie przez okres od 3 do 6 godzin, przy temperaturze od 8°C do 23°C. W przypadku porażenia liści wymagany okres zwilżenia tkanek jest krótszy (1,5–2 h), a zakres temperatury wynosi od 15°C do 29°C. Tak szeroki zakres temperatury, w której może dochodzić do porażenia roślin chmielu przez *P. humuli* sprawia, że warunki sprzyjające rozwojowi choroby pojawiają się wielokrotnie w ciągu sezonu wegetacyjnego, co pociąga za sobą konieczność stałej kontroli zdrowotności roślin.

### **4.1.2. Mączniak prawdziwy chmielu**

Mączniak prawdziwy chmielu występuje we wszystkich rejonach uprawy tej rośliny na świecie, poza Australią i Nową Zelandią. Sprawcą choroby jest grzyb *Podosphaera macularis*, który może porażać wszystkie nadziemne



części rośliny. Najbardziej podatne są młode liście oraz kwiaty i szyszki. Przy niekontrolowanym przebiegu choroba może spowodować całkowitą utratę plonu.

### Objawy

Pierwsze objawy choroby pojawiają się na młodych liściach w postaci białych, mączystych kolonii (fot.18). Niekiedy nalot może pokrywać całą powierzchnię blaszki liściowej, wówczas często dochodzi do zahamowania wzrostu liścia i jego deformacji (fot.19). Nalot występujący zazwyczaj na górnej powierzchni blaszki liściowej jest utworzony przez skupienia grzybni i zarodników konidialnych. Zarodniki konidialne są łatwo



Fot. 18. Objawy mączniaka prawdziwego na liściach chmielu



Fot. 19. Deformacja blaszek liściowych chmielu spowodowana przez mączniaka prawdziwego (po lewej). Po prawej liście zdrowe

przenoszone przez wiatr, a do kiełkowania nie wymagają obecności wody. W okresie wegetacji dochodzi do licznych infekcji wtórnych, które doprowadzają do rozwoju choroby na kwiatostanach oraz szyszkach. Porażone kwiatostany są początkowo pokryte mączystym nalotem grzybni *P. macularis*, następnie rozwija się nekroza, która prowadzi do ich całkowitego zniszczenia.

Porażenie szyszek w początkowej fazie rozwoju powoduje zahamowanie ich wzrostu, co jest przyczyną znacznych strat plonu. Szyszki porażone w okresie dojrzewania ulegają deformacjom o różnym nasileniu (fot. 20). Zdeformowane fragmenty szyszek są pokryte białym nalotem grzybni z zarodnikami konidialnymi. Z czasem nalot ten przybiera barwę ciemno brunatną na skutek wytwarzania przez grzyb kulistych, ciemnych otocznii, które są formą zimującą patogena. Mączniak prawdziwy chmielu wpływa też niekorzystnie na skład chemiczny szyszek obniżając zawartość alfa kwasów oraz olejków chmielowych.

### Epidemiologia

Grzyb zimuje w postaci otocznii tworzących się pod koniec sezonu wegetacyjnego na silnie porażonych szyszkach i liściach lub w postaci grzybni wewnątrz pąków, które stanowią chronię przed niekorzystnymi warunkami pogodowymi. Otocznie, które są głównym źródłem infekcji pierwotnej na plantacjach chmielu w Europie, charakteryzują się odpornością na działanie niskich temperatur (poniżej  $-20^{\circ}\text{C}$ ) oraz fungicydów. Wysiew



Fot. 20. Objawy mączniaka prawdziwego na szyszkach chmielu

zarodników workowych formujących się w otocznjach następuje w kwietniu. Porażeniu ulegają młode liście, na których tworzy się grzybnia z zarodnikami konidialnymi. Choroba rozprzestrzenia się bardzo szybko, gdyż w ciągu sezonu wegetacyjnego cykle infekcji wtórnych powtarzają się wielokrotnie, a grzyb ma zdolność wytwarzania ogromnej liczby zarodników konidialnych.

Rozwój mączniaka prawdziwego jest uzależniony od warunków pogodowych w sezonie wegetacyjnym, dlatego nasilenie epidemii w poszczególnych latach jest zróżnicowane. Bardzo duży wpływ na rozwój mączniaka prawdziwego chmielu ma temperatura. *P. macularis* może rozwijać się w szerokim zakresie temperatury od 12°C do 27°C, ale temperatura optymalna waha się od 18°C do 21°C. Do czynników ograniczających rozwój choroby należą: wysoka temperatura (powyżej 27°C) oraz bezpośrednie promieniowanie słoneczne. Ograniczający wpływ promieniowania słonecznego występuje głównie na plantacjach młodych. W drugiej części sezonu wegetacyjnego rośliny chmielu są zazwyczaj mocno rozbudowane i do środka chmielnika dociera światło rozproszone, które z kolei stymuluje rozwój choroby, podobnie jak wysoka wilgotność powietrza.

### 4.1.3. Wercilioza

Choroba powodowana jest przez grzyb *Verticillium nonalfalfae*. Patogen żyje w glebie i może porażać wiele gatunków roślin zielnych oraz drzewiastych. Wercilioza występuje najczęściej na glebach zwięzłych, nadmiernie uwilgotnionych, o niewłaściwych warunkach powietrznych. Zagraża roślinom chmielu na plantacjach o naruszonej równowadze biologicznej gleby powstałej w wyniku stosowania zbyt wysokiego, niezrównoważonego nawożenia mineralnego. Szczególnie niebezpieczne jest nadmierne nawożenie azotem w formie azotanowej, które prowadzi do wzrostu podatności roślin na porażenie.

#### Objawy

Grzyb opanowuje organy i tkanki biorące udział w pobieraniu i przewodzeniu wody oraz składników odżywczych. Pierwszym objawem choroby jest żółknięcie liści na głównym pędzie, a następnie ich więdnienie, które postępuje od dolnej części rośliny ku górze (fot. 21). Żółknięcie rozpoczyna się od brzegów blaszki liściowej, które następnie zasychają i wywijają się do góry. Liście takie bardzo łatwo odrywają się od łodygi.

Najbardziej charakterystycznym objawem wercyciliozy jest zbrunatnienie tkanki naczyniowej widoczne po przecięciu pędu (fot. 22). Pierwsze objawy choroby zwykle występują w okresie wiązania szyszek, przy czym z jednej karpki mogą wyrastać zarówno pędy zdrowe, jak i chore. Łagodna forma choroby bardzo rzadko prowadzi do zamierania roślin. Forma letalna może wystąpić w sytuacji, gdy wrażliwa odmiana chmielu zostanie porażona przez agresywny szczep *Verticillium nonalfalfae*. Rośliny reagują wówczas nagłym wędnięciem pędów bez stopniowych objawów żółknięcia liści. W ciągu 2–3 tygodni zamierają liście i pędy boczne. Liście zwykle opadają, natomiast szyszki pozostają na pędach, gdzie zasychają. Ta forma choroby prowadzi często do zamierania całych roślin.

### Epidemiologia

W cyklu życiowym *V. nonalfalfae* można wyróżnić trzy fazy: uśpiania, pasożytniczą oraz saprofityczną. Grzybnia spoczynkowa bytująca w glebie jest pobudzana do kiełkowania przez wydzieliny korzeniowe roślin. Grzyb



Fot. 21. Żółknięcie i zasychanie liści chmielu spowodowane przez *Verticillium nonalfalfae*



Fot. 22. Brązowienie wiązek przewodzących na skutek porażenia chmielu przez grzyb *V. nonalfalfae* (fot. S. Radišek)



wnika do rośliny chmielu przez włósniki lub bezpośrednio przez skórę podziemnych organów roślin. Po skolonizowaniu kory korzeni następuje infekcja tkanki naczyniowej przewodzącej wodę z korzeni do górnych partii rośliny. W porażonych naczyniach tworzą się zarodniki konidialne, które przemieszczają się ze strumieniem wody i składników odżywczych do wyższych części rośliny. Do naczyń wydzielana jest guma utrudniająca przewodzenie wody. Ponadto grzyb wytwarza mykotoksyny oraz enzymy degradujące ściany komórkowe porażonych naczyń. W konsekwencji zaatakowane wiązki przewodzące brunatnieją, a ich funkcja przewodzenia wody zostaje ograniczona, co prowadzi do więdnienia rośliny. Grzyb zasiedla tkankę naczyniową pędu głównego oraz pędów bocznych i ogonków liściowych do wysokości 1,5 m. W zamierających tkankach tworzą się struktury spoczynkowe grzyba, które uwalniane są do gleby podczas rozkładu porażonych części roślin. Grzybnia spoczynkowa *V. nonalfalfae* może przetrwać w glebie bez udziału rośliny gospodarza przez okres 2–3 lat. Obecność roślin żywicielskich pobudza ją do wzrostu, co rozpoczyna następny cykl choroby.

Rozprzestrzenianie się werciliozy na plantacjach chmielu zachodzi przede wszystkim podczas uprawy gleby. Chwasty występujące w chmielniku mogą być bezobjawowymi nosicielami patogena. Stanowią one źródło porażenia dla roślin chmielu. Na inne plantacje chmielu choroba może się rozprzestrzeniać za pośrednictwem zarażonego materiału sadzonkowego.

#### 4.1.4. Fuzarioza

Sprawcą fuzariozy chmielu są grzyby: *Fusarium sambucinum* lub *Fusarium culmorum*. Pierwszy z patogenów występuje głównie na chmielu uprawianym na glebach wilgotnych, natomiast drugi zasiedla stanowiska suche. Układ czynników środowiska korzystny dla *F. culmorum* to bezdeszczowa i ciepła pogoda oraz intensywne nawożenie mineralne.

##### Objawy

Pierwszym objawem choroby jest gwałtowne więdnienie i zasychanie roślin (fot. 23). Najczęściej ma to miejsce w okresie poprzedzającym kwitnienie lub w warunkach wysokiej temperatury. Pędy z objawami więdnienia dają się łatwo wyjmować z gleby, co spowodowane jest zgnilizną podstawy pędu (fot. 24). W przeciwieństwie do werciliozy, u roślin porażonych przez grzyby z rodzaju *Fusarium* nie obserwuje się zbrunatnienia wiązek przewodzących.



Fot. 23. Więdnięcie pędów chmielu na skutek porażenia przez grzyby z rodzaju *Fusarium*



Fot. 24. Zgnilizna podstawy pędów chmielu spowodowana przez grzyby z rodzaju *Fusarium*

## Epidemiologia

Grzyby powodujące fuzariozę chmielu zasiedlają glebę, występują również na resztkach roślin. Porażają chmiel przede wszystkim przez zranienia łodygi powstałe na styku z glebą w wyniku działania wiatru, maszyn rolniczych lub żerowania owadów. Przy dużej wilgotności, na powierzchni porażonych pędów widoczny jest obfity, biały lub różowy nalot grzybni.

### **4.1.5. Choroby powodowane przez wirusy i wiroidy**

Do najgroźniejszych wirusów występujących w roślinach chmielu należą: wirus mozaiki jabłoni *Apple mosaic virus* (ApMV) oraz wirus mozaiki chmielu *Hop mosaic virus* (HpMV). Patogeny te występują powszechnie na plantacjach chmielu w Polsce. Spośród wiroidów, najczęściej spotykany jest wiroid utajony chmielu *Hop latent viroid* (HLVd). W Polsce stwierdzono



również nieliczne przypadki porażenia chmielu przez wirusa utajonego chmielu *Hop latent virus* (HPLV) oraz przez wiroida karłowatości chmielu *Hop stunt viroid* (HSVd).

Chmiel porażony przez wirusy lub wiroidy najczęściej nie wykazuje widocznych objawów chorobowych. Utrudnia to identyfikację roślin porażonych i uniemożliwia ich eliminację z plantacji we wczesnym okresie rozwoju epidemii. Taka sytuacja powoduje niekontrolowane rozprzestrzenianie patogenów i w konsekwencji zwiększanie się liczby porażonych roślin wraz z wiekiem plantacji. Wirusy mogą być przenoszone z sokiem chorych roślin w sposób mechaniczny w czasie prac pielęgnacyjnych, podczas których dochodzi do zranienia rośliny, a nawet przez ocieranie się roślin pod wpływem wiatru. Ten sposób rozprzestrzeniania jest charakterystyczny dla wirusa ApMV oraz wiroidów HLVD i HSVd. Natomiast w przenoszeniu wirusa mozaiki chmielu oraz wirusa utajonego chmielu dominującą rolę odgrywają mszyce. Jednak najważniejszym sposobem przenoszenia zarówno wirusów, jak i wiroidów chmielu jest rozmnażanie wegetatywne roślin. Patogeny te są przenoszone na nowo zakładane plantacje z materiałem rozmnożeniowym pochodzącym z porażonych roślin.

U roślin chmielu porażonych przez wirusy, często obserwuje się obniżenie plonu szyszek oraz zawartości alfa i beta kwasów. W przypadku porażenia przez wiroida utajonego chmielu dodatkowo występują niekorzystne zmiany profilu aromatycznego. Szkodliwość wirusów i wiroidów dla poszczególnych odmian chmielu jest bardzo zróżnicowana. Wrażliwe odmiany mogą reagować na porażenie obniżeniem plonowania i zawartości alfa kwasów nawet o 20–50%, podczas gdy u odmian tolerancyjnych nie obserwuje się istotnych różnic pomiędzy roślinami zdrowymi i porażonymi.

Jedyną skuteczną metodą ograniczania wirusów i wiroidów jest stosowanie zdrowego materiału szkółkarskiego do zakładania nowych plantacji chmielu. Niestety, z powodu powszechnego występowania tych patogenów na istniejących plantacjach chmielu oraz bezobjawowego przebiegu infekcji, tradycyjny materiał rozmnożeniowy jakim są sztabry, nie może być używany do produkcji zdrowych sadzonek. Materiał szkółkarski chmielu wolny od wirusów i wiroidów uzyskuje się z roślin matecznych uwolnionych od tych patogenów na drodze regeneracji merystemów wierzchołkowych w kulturach *in vitro* oraz utrzymywanych w stanie pełnej zdrowotności w warunkach szklarniowych. Uzyskane w ten sposób zdrowe rośliny mateczne rozmnaża się następnie metodą ukorzenia sadzonek zielnych.

## 4.2. Niechemiczne metody ochrony chmielu przed chorobami

Chmiel jest gatunkiem wieloletnim uprawianym na tym samym stanowisku nawet przez kilkanaście lat. Tak długa uprawa w monokulturze powoduje wiele niekorzystnych zjawisk w glebie, takich jak wzrost zakwaszenia, zachwianie proporcji pomiędzy poszczególnymi składnikami mineralnymi oraz naruszenie równowagi biologicznej. Powyższe zjawiska mogą przyczynić się do wzrostu zagrożenia ze strony patogenów, gdyż z jednej strony osłabiają kondycję roślin, z drugiej zaś stymulują rozwój organizmów chorobotwórczych. Niechemiczne metody ochrony roślin przed chorobami obejmują różnorodne zabiegi agrotechniczne i hodowlane mające na celu:

- regulację mikroklimatu plantacji w taki sposób, aby był niekorzystny dla rozwoju sprawcy choroby,
- ograniczenie liczebności organizmów patogenicznych,
- zwiększenie odporności rośliny gospodarza na porażenie.

### 4.2.1. Metoda agrotechniczna

Prawidłowo i terminowo wykonane zabiegi agrotechniczne są jednym z ważniejszych elementów ograniczania porażenia roślin chmielu przez patogeny. Zabiegi agrotechniczne w chmielnikach wpływają na wszystkie czynniki rozwoju choroby, tj. mikroklimat, patogena oraz roślinę gospodarza.

#### Regulacja mikroklimatu plantacji

Istotnym czynnikiem sprzyjającym rozwojowi niektórych chorób grzybowych, np. mączniaka rzekomego i prawdziwego chmielu jest utrzymujące się przez dłuższy czas zwilżenie powierzchni blaszki liściowej lub wysoka wilgotność względna powietrza w chmielniku. Duże zagęszczenie roślin sprzyja utrzymywaniu się wysokiej wilgotności, co skutkuje wydłużeniem okresu zwilżenia powierzchni blaszki liściowej. Dlatego już na etapie zakładania plantacji chmielu należy zachować odpowiednią rozstawę roślin. Dla większości odmian chmielu uprawianych w Polsce optymalna odległość pomiędzy roślinami w rzędzie wynosi 1,5 m, natomiast pomiędzy rzędami 3 m. Rozstawa taka powinna być bezwzględnie zachowana w przypadku odmian mocno rozbudowanych, ulistnionych i intensywnie rosnących, takich jak 'Magnum' czy 'Sybilla'. Wolniej rosnące i mniej ulistnione rośliny

odmiany 'Marynka' mogą być sadzone nieco gęściej, tj. co 1,2 m. W przypadku odmiany 'Magnat', charakteryzującej się dużym wigorem i bardzo długimi pędami bocznymi najlepiej zastosować rozstaw 1,7 m.

Równie istotnym elementem wpływającym na wilgotność powietrza w chmielniku jest liczba pędów naprowadzona na przewodnik. Zaleca się, aby z każdej karpki naprowadzać od 4 do 6 pędów na dwa przewodniki. Zapewnia to uzyskanie optymalnego plonu szyszek. Zwiększanie liczby pędów z karpki prowadzi do nadmiernego zacinienia dolnych partii roślin. Przyczynia się to do niekorzystnego wzrostu wilgotności, a także do zmniejszenia wielkości plonu, bowiem w dolnej, zacinionej części roślin zawiązuje się zdecydowanie mniej szyszek. Zabiegiem agrotechnicznym stymulującym przepływ powietrza i w konsekwencji zmniejszenie wilgotności w chmielniku jest usuwanie dolnych pędów i liści do wysokości około 60 cm od powierzchni gleby.

### Zdrowy materiał sadzonkowy

Integrowana ochrona chmielu powinna przede wszystkim skupiać się na działaniach profilaktycznych. Do tego typu działań należy zaliczyć stosowanie zdrowego materiału sadzonkowego do zakładania nowych plantacji. Ma to szczególne znaczenie dla gatunków roślin rozmnażanych wegetatywnie, do których zalicza się chmiel. Wśród patogenów, które mogą być przenoszone za pośrednictwem materiału sadzonkowego należy wymienić: *Pseudoperonospora humuli* powodującego mączniaka rzekomego chmielu, grzyby z rodzaju *Verticillium* i *Fusarium* będące przyczyną chorób wędnięcia oraz wirusy i wiroidy. Zastosowanie zdrowego materiału sadzonkowego powinno być połączone z zachowaniem odpowiednich zasad fitosanitarnych zapobiegających powtórnemu porażeniu. Jest to szczególnie istotne w przypadku wymiany roślin na plantacji. Podstawową zasadą jest staranne usunięcie karp starych roślin oraz fragmentów pędów, rozłogów czy korzeni. Wskazana jest również przerwa w uprawie chmielu przez okres przynajmniej jednego roku połączona z zastosowaniem odpowiedniego przedplonu o działaniu fitosanitarnym oraz ograniczającym zachwaszczenie.

### Ograniczanie źródeł infekcji

Niszczanie źródeł infekcji jest jednym z najistotniejszych elementów ograniczających zagrożenie ze strony organizmów chorobotwórczych. Polega ono na usuwaniu z plantacji chorych roślin lub ich części oraz resztek roślin pozostających po zerwaniu szyszek, a także chwastów, które są żywicielami niektórych patogenów chmielu. Ważne jest również stosowa-

nie zabiegów uprawowych mających na celu niszczenie zimujących form patogenów rozwijających się na obumarłych liściach i szyszkach.

Usuwanie chorych roślin chmielu ma szczególne znaczenie w ograniczaniu werciliozy i fuzariozy, bowiem likwiduje ogniska tych chorób oraz ogranicza kumulację patogenów w glebie. W przypadku mączniaka rzekomego chmielu skutecznym zabiegiem ograniczającym źródła infekcji jest usuwanie wiosennych pędów kłosowatych oraz staranne cięcie karp. Zagrożenie ze strony mączniaka prawdziwego można zminimalizować poprzez usuwanie lub przyorywanie resztek porażonych roślin, na których tworzą się zimujące otocznie *P. macularis*. Usuwanie chwastów spełnia natomiast ważną rolę w ograniczaniu *V. nonalfalfae* oraz wirusa mozaiki jabłoni.

### Racjonalne nawożenie

Nawożenie wpływa nie tylko na kondycję roślin, ale również na równowagę biologiczną w glebie. Odpowiednie nawożenie poprawia plonowanie chmielu oraz przyczynia się do zwiększenia odporności roślin na porażenie przez patogeny. Do składników odżywczych, które w największym stopniu oddziałują na procesy metaboliczne związane z odpornością należą azot, fosfor i potas. Odpowiednie zaopatrzenie w potas i fosfor zwiększa odporność roślin na choroby, natomiast nadmierne nawożenie azotem opóźnia dojrzewanie roślin oraz powoduje wydelikacenie tkanek, zwiększając podatność na porażenie.

Pomiędzy poszczególnymi składnikami nawożenia mineralnego powinny być zachowane odpowiednie proporcje. Jednostronne nawożenie mineralne może prowadzić do ograniczenia dostępności poszczególnych składników odżywczych oraz do zmniejszenia aktywności mikrobiologicznej gleby. Te niekorzystne zjawiska mogą być ograniczane poprzez stosowanie nawozów organicznych i naturalnych, które intensyfikują rozwój mikroflory glebowej, również tej antagonistycznej w stosunku do patogenów.

Zrównoważone nawożenie jest jednym z elementów integrowanej ochrony chmielu przed werciliozą. Na plantacjach, na których stwierdza się występowanie tej choroby wskazane jest zmniejszenie nawożenia azotem oraz wyeliminowanie jego formy saletrzanej, a także uprawa żyta w międzyrzędziach chmielu i jego przyoranie na zielony nawóz. Fitosanitarne oddziaływanie żyta polega na stymulowaniu rozwoju bakterii z rodzaju *Pseudomonas*, antagonistycznych w stosunku do *V. nonalfalfae*, sprawcy werciliozy. Wynika również ze zmniejszenia zawartości azotu mineralnego w glebie.

## 4.2.2. Metoda hodowlana

Uprawa odmian odpornych lub tolerancyjnych jest najlepszą metodą ochrony roślin przed chorobami. Odmiany chmielu różnią się znacznie pod względem wrażliwości na poszczególne choroby (tab.2). Całkowitą odporność, umożliwiającą rezygnację ze stosowania ochrony chemicznej roślin w okresie wegetacji, uzyskano tylko w stosunku do mączniaka prawdziwego. Jednak jest to tzw. odporność pionowa, determinowana przez pojedyncze geny swoiste w stosunku do rasy patogena. Tego typu odporność jest stosunkowo nietrwała z uwagi na dużą zmienność sprawcy mączniaka prawdziwego, który tworzy nowe rasy zdolne do jej przełamania. Dlatego nieustannie prowadzone są prace hodowlane i poszukiwania nowych źródeł odporności na mączniaka prawdziwego chmielu. Dotychczas na świecie wyhodowano kilkanaście odmian chmielu odpornych na tę chorobę w oparciu o różne genetyczne źródła odporności. Niestety, odporność wielu tych odmian została już przełamana.

## 4.3. Chemiczne metody ochrony chmielu przed chorobami

### 4.3.1. Progi ekonomicznej szkodliwości

Chmiel należy do upraw, które wymagają intensywnej ochrony przed chorobami. Niewłaściwie prowadzona ochrona chemiczna może wywoływać wiele efektów ubocznych w środowisku: skażenie gleby, wód gruntowych i atmosfery oraz żywności, niekorzystne zmiany w biocenozie, a także powstawanie odporności patogenów na środki ochrony roślin. W integrowanej ochronie roślin metoda chemiczna jest jednym z elementów systemu wielokierunkowych działań mających na celu utrzymanie nasilenia choroby poniżej progu ekonomicznej szkodliwości przy jak najmniejszym zagrożeniu dla środowiska. Użycie środków ochrony roślin jest wskazane dopiero wówczas, gdy wyczerpane zostaną inne metody, a nasilenie choroby przekroczy próg ekonomicznej szkodliwości (tab. 19).

### 4.3.2. Systemy wspomaganie decyzji

Systemy wspomaganie decyzji są niezwykle istotnym elementem integrowanej ochrony roślin. Ich zadaniem jest szybkie przekazywanie informacji o potencjalnym ryzyku wystąpienia choroby, co umożliwia wykonanie

**Tabela 19.** Orientacyjne progi ekonomicznej szkodliwości dla mączniaka rzekomego i prawdziwego chmielu

Choroba	Termin obserwacji	Próg ekonomicznej szkodliwości
Mączniak rzekomy	- od początku wegetacji do naprowadzania pędów na przewodniki (infekcja pierwotna)	10% roślin z pędami kłosowatymi
	- od naprowadzenia pędów na przewodniki do kwitnienia	występowanie na 100 liściach więcej niż 100 plam mączniakowych,
	- faza kwitnienia	pierwsze objawy porażenia na kwiatach
	- faza wiązania szyszek	pierwsze objawy porażenia na szyszkach
Mączniak prawdziwy	- faza tworzenia pędów bocznych do kwitnienia	pierwsze objawy porażenia na liściach
	- faza kwitnienia	pierwsze objawy porażenia na kwiatach
	- faza wiązania szyszek	pierwsze objawy porażenia na szyszkach

zabiegu ochronnego w optymalnym terminie. Wykonywanie zabiegów chemicznych zgodnie z sygnalizacją zagrożenia chorobą może znacznie zmniejszyć ich liczbę. Przyczynia się to do zredukowania negatywnego wpływu na środowisko, a także zmniejsza nakłady na ochronę roślin. W Polsce w 2003 r. opracowano agrometeorologiczny system ochrony plantacji chmielu przed mączniakiem rzekomym, który sygnalizował potrzebę wykonania zabiegu na podstawie matematycznego modelu choroby oraz bieżących danych meteorologicznych. W skład systemu wchodziła automatyczna stacja meteorologiczna połączona z komputerem, gdzie zainstalowano program Prog-Chmiel przeznaczony do przetwarzania danych meteorologicznych i prognozowania rozwoju mączniaka. System wdrożono w rejonie Powiśla lubelskiego, gdzie jest największa koncentracja uprawy chmielu w Polsce. W ciągu kilku lat funkcjonowania systemu stwierdzono, że ochrona przed mączniakiem rzekomym prowadzona według sygnalizacji ograniczała się do 2–3 zabiegów chemicznych w sezonie wegetacyjnym w zależności od warunków pogodowych. Mimo to, jej skuteczność była taka sama jak w przypadku ochrony tradycyjnej, która zakłada wykonanie 6–7 zabiegów ochronnych w odstępach co 10–14 dni.



### 4.3.3. Wybór środka chemicznego

W integrowanej ochronie roślin decyzja o użyciu chemicznych środków ochrony powinna być podejmowana tylko w sytuacji, gdy inne strategie ochrony nie przynoszą oczekiwanych efektów, a nasilenie choroby zbliża się do progu ekonomicznej szkodliwości. Przy wyborze środka chemicznego trzeba brać pod uwagę jego toksyczność, mechanizm działania oraz ryzyko uodparniania się zwalczanych czynników chorobotwórczych.

W ostatnich latach dokonał się znaczny postęp w zakresie mechanizmów działania środków ochrony roślin, co doprowadziło do zwiększenia selektywności preparatów, ograniczenia szkodliwości dla środowiska naturalnego oraz zmniejszenia stosowanych dawek. Mimo to, zabiegi ochronne stwarzają niebezpieczeństwo negatywnego oddziaływania na środowisko, ludzi oraz organizmy pożyteczne, dlatego zgodnie z zaleceniami Dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/128/WE, w systemie integrowanym należy stosować środki ochrony roślin niskiego ryzyka. Preparaty takie powinny charakteryzować się dużą toksycznością w stosunku do docelowych agrofagów oraz małą toksycznością dla organizmów niebędących celem zwalczania, a także krótką trwałością w środowisku, tak aby po spełnieniu swego zadania ulegały szybkiej degradacji.

Ze względu na sposób działania fungicydy dzieli się na: kontaktowe (powierzchniowe), wgłębne i układowe (systemiczne). Preparaty kontaktowe działają tylko na powierzchni roślin w miejscu ich naniesienia. Nie wnikają w głąb rośliny i nie przemieszczają się w niej. Fungicydy kontaktowe nie niszczą sprawcy choroby po jego wniknięciu do rośliny, dlatego też powinny być stosowane zapobiegawczo. Działanie fungicydów kontaktowych jest skuteczne tylko wówczas, gdy pokrywają one dokładnie całą powierzchnię rośliny tworząc warstwę ochronną. Z uwagi na to, po wystąpieniu opadów deszczu powodujących zmycie środka z powierzchni rośliny oprysk należy powtórzyć. Preparaty o działaniu kontaktowym poleca się do ochrony plantacji w pełni wegetacji, kiedy wzrost części nadziemnej roślin jest mniej intensywny, bowiem nie zapewniają one ochrony nowym przyrostom, które nie są pokryte środkiem ochrony. Zaletą preparatów powierzchniowych jest ich mniejsza podatność na zjawisko uodparniania się grzybów.

Środki wgłębne wnikają do tkanek rośliny na kilka warstw komórek, a ich przemieszczanie w roślinie ma zakres lokalny. Z uwagi na to ich działanie ochronne w stosunku do nowych przyrostów jest ograniczone, dlatego nie są polecane do ochrony intensywnie rosnących roślin. Jednak

w przeciwieństwie do środków o działaniu kontaktowym skutecznie chronią rośliny w warunkach często powtarzających się intensywnych opadów. Fungicydy wgłębne powinny być stosowane przemiennie z preparatami o innych mechanizmach działania ze względu na ryzyko uodparniania się grzybów na substancje czynne zawarte w tych środkach.

Preparaty o działaniu układowym wnikają w głąb rośliny i przemieszczają się do wiązek przewodzących, zapewniając ochronę także w tych miejscach, na które preparat nie został naniesiony. Zatem działanie ochronne preparatów systemicznych obejmuje także nowe przyrosty, dlatego środki te są szczególnie przydatne w ochronie młodych, szybko rosnących roślin. Fungicydy układowe wykazują toksyczność również w stosunku do patogenów rozwijających się w roślinie, zatem mogą być stosowane interwencyjnie. Z uwagi na duże niebezpieczeństwo uodparniania się grzybów na substancje czynne preparatów systemicznych, częstotliwość ich stosowania powinna być ograniczona do 1-2 zabiegów w sezonie wegetacyjnym.

Środki ochrony roślin stosowane są bezpośrednio w środowisku, stanowiąc potencjalne zagrożenie wynikające z dużej aktywności biologicznej oraz szerokiego zakresu szkodliwego oddziaływania. Bardzo ważna jest zatem identyfikacja zagrożeń mogących wystąpić podczas ich stosowania. Środki ochrony roślin klasyfikuje się pod względem zagrożeń dla zdrowia człowieka oraz dla środowiska i organizmów wodnych (tab.20.). W celu ograniczenia tych zagrożeń, środki ochrony roślin należy stosować zgodnie z informacjami zamieszczonymi w etykiecie-instrukcji dołączonej do każdego preparatu. Aktualny wykaz środków ochrony roślin przeznaczonych do zwalczania chorób chmielu jest dostępny na stronie Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi: [www.gov.pl/web/rolnictwo/wyszukiwarka-srodkow-ochrony-roslin---zastosowanie](http://www.gov.pl/web/rolnictwo/wyszukiwarka-srodkow-ochrony-roslin---zastosowanie)).

Wykazy środków zalecanych do zwalczania chorób chmielu znajdują się również w systematycznie aktualizowanym Programie Ochrony Chmielu opracowywanym w Instytucie Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowym Instytucie Badawczym i zamieszczanym na Platformie Sygnalizacji Agrofagów ([www.agrofagi.com.pl](http://www.agrofagi.com.pl)).

Najważniejsze metody ograniczania sprawców chorób występujących w uprawie chmielu przedstawiono w tabeli 21.

**Tabela 20.** Sposób działania i szkodliwość substancji czynnych środków ochrony roślin zalecanych do ochrony chmielu przed chorobami

Choroba	Substancja czynna	Sposób działania w roślinie	Szkodliwość dla ludzi	Szkodliwość dla środowiska
Mączniak rzekomy	fosetyl glinu	układowe	<b>drażniący</b> - działa drażniąco na oczy.	- przy właściwym stosowaniu produkt nie stwarza zagrożenia dla środowiska, - ulega szybkiej biodegradacji, - nie ulega bioakumulacji.
	azoksystrobina	wgłębne i układowe	- działa szkodliwie w następstwie wdychania.	<b>niebezpieczny dla środowiska</b> - działa bardzo toksycznie na organizmy wodne powodując długotrwałe skutki.
	mandipropamid	wgłębne i kontaktowe	- przy właściwym stosowaniu produkt nie stwarza zagrożenia dla zdrowia.	<b>niebezpieczny dla środowiska</b> - działa toksycznie na organizmy wodne powodując długotrwałe skutki.
	miedź w postaci wodorotlenku miedzi + miedź w postaci tlenochlorku miedzi	kontaktowe	- może powodować wystąpienie reakcji alergicznej.	<b>niebezpieczny dla środowiska</b> - działa bardzo toksycznie na organizmy wodne powodując długotrwałe skutki.
	miedź w postaci tlenochlorku miedzi	kontaktowe	- działa szkodliwie w następstwie wdychania, - działa drażniąco na oczy.	<b>niebezpieczny dla środowiska</b> - działa bardzo toksycznie na organizmy wodne powodując długotrwałe skutki.
	miedź w postaci tlenochlorku miedzi + cymoksanil	wgłębne i kontaktowe	- działa szkodliwie po poiknieniu, - działa drażniąco na oczy, - działa szkodliwie w następstwie wdychania, - może powodować wystąpienie reakcji alergicznej.	<b>niebezpieczny dla środowiska</b> - działa bardzo toksycznie na organizmy wodne powodując długotrwałe skutki, - toksyczny dla pszczoł.

c.d. Tabela 20.

Choroba	Substancja czynna	Sposób działania w roślinie	Szkodliwość dla ludzi	Szkodliwość dla środowiska
c.d. Mączniak rzekomy	miedź w postaci trizasadowego siarczanu miedzi	kontaktowe	- może powodować wystąpienie reakcji alergicznej.	<b>niebezpieczny dla środowiska</b> - działa bardzo toksycznie na organizmy wodne powodując długotrwałe skutki, - toksyczny dla pszczoł.
	oospory grzyba <i>Pythium oligandrum</i> (preparat biologiczny)	<i>Pythium oligandrum</i> rozkłada strzępki grzybów chorobotwórczych oraz stymuluje mechanizmy odpornościowe chronionej rośliny	- może powodować wystąpienie reakcji alergicznej.	- przy właściwym stosowaniu produkt nie stwarza zagrożenia dla środowiska.
Mączniak prawdziwy	siarka	kontaktowe	- może powodować wystąpienie reakcji alergicznej.	nie jest klasyfikowany zgodnie z kryteriami określonymi w przepisach o substancjach i preparatach chemicznych.
	fluopiram + trifloksystrobina	układowe i kontaktowe	- działa szkodliwie po połknięciu, - może powodować uszkodzenie narządów (wątroba) poprzez długotrwałe lub powtarzane narażenie, - może powodować wystąpienie reakcji alergicznej.	<b>niebezpieczny dla środowiska</b> - działa bardzo toksycznie na organizmy wodne powodując długotrwałe skutki.
	olej z pomarańczy	kontaktowe	- działa drażniąco na oczy, - działa szkodliwie w następstwie wdychania.	<b>niebezpieczny dla środowiska</b> - działa toksycznie na organizmy wodne powodując długotrwałe skutki.

Tabela 21. Najważniejsze metody ograniczania sprawców chorób chmielu

Choroba (sprawca choroby)	Metoda agrotechniczna i hodowlana	Metoda chemiczna
<p>Mączniak rzekomy (<i>Pseudoperonospora humuli</i>)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- stosowanie zdrowego materiału sadzonkowego do zakładania plantacji,</li> <li>- zachowanie właściwej rozstawy roślin podczas sadzenia (dla większości odmian chmielu 1,5×3,0 m),</li> <li>- naprowadzanie odpowiedniej liczby pędów na przewodniki (nie więcej niż 4-6 pędów z karpą),</li> <li>- staranne cięcie karp połączone z usunięciem części porażonych,</li> <li>- usuwanie wiosennych pędów kłosowatych,</li> <li>- usuwanie dolnych pędów i liści w celu zmniejszenia wilgotności powietrza w chmielniku,</li> <li>- zrównoważone nawożenie azotem,</li> <li>- uprawa odmian o mniejszej wrażliwości na chorobę (brak odmian całkowicie odpornych).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- opryskiwanie fungycydami przeznaczonymi do ochrony chmielu w okresie od ukazania się pierwszych pędów do dojrzałości szyszek, z uwzględnieniem progów szkodliwości,</li> <li>- w okresach szczególnego zagrożenia chorobą, tj. bezpośrednio po naprowadzeniu pędów na przewodniki oraz w przypadku uszkodzenia roślin przez grad, silny wiatr lub herbicydy należy zastosować oprysk odpowiednim fungycydem zapobiegawczo, bez względu na występowanie objawów choroby.</li> </ul>
<p>Mączniak prawdziwy (<i>Podospheara macularis</i>)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- zachowanie właściwej rozstawy roślin podczas sadzenia (dla większości odmian chmielu 1,5×3,0 m),</li> <li>- naprowadzanie odpowiedniej liczby pędów na przewodniki (nie więcej niż 4-6 pędów z karpą),</li> <li>- usuwanie dolnych pędów i liści w celu zmniejszenia wilgotności powietrza w chmielniku,</li> <li>- usuwanie z plantacji lub przyorywanie resztek porażonych roślin,</li> <li>- zrównoważone nawożenie azotem,</li> <li>- uprawa odmian odpornych.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- opryskiwanie przy życiu fungycydów w momencie pojawienia się pierwszych objawów na liściach, kwiatach lub szyszkach.</li> </ul>

c.d. Tabela 21.

Choroba (sprawca choroby)	Metoda agrotechniczna i hodowlana	Metoda chemiczna
<p>Verticilioza (<i>Verticillium nonalfalfae</i>)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- stosowanie zdrowego materiału sadzonkowego do zakładania plantacji,</li> <li>- usuwanie z plantacji roślin porażonych oraz bezpośrednio sąsiadujących z nimi,</li> <li>- niszczenie chwastów, które są roślinami żywicielskimi dla sprawcy choroby,</li> <li>- racjonalne i zrównoważone nawożenie mineralne,</li> <li>- ograniczenie nawożenia azotowego,</li> <li>- nawożenie obornikiem,</li> <li>- głębokie spulchnianie gleby w międzyrzędziach,</li> <li>- uprawa żyta na zielony nawóz w międzyrzędziach chmielu,</li> <li>- uprawa odmian o mniejszej wrażliwości na chorobę (brak odmian całkowicie odpornych).</li> </ul>	
<p>Fuzarioza (<i>Fusarium sambucinum</i>, <i>Fusarium culmorum</i>)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- regulacja stosunków powietrzno-wodnych w glebie poprzez eliminację zastoisk wody, regularne głęboszowanie, unikanie nadmiernego ugniatania gleby,</li> <li>- stosowanie nawozów naturalnych i organicznych,</li> <li>- utrzymywanie odczynu gleby na poziomie optymalnym dla chmielu, tj. pH około 6,3,</li> <li>- usuwanie chorych roślin,</li> <li>- zapobieganie mechanicznym uszkodzeniom okolicy podstawy pędu,</li> <li>- zapobieganie zerowaniu szkodników powodujących uszkodzenia podstawy pędu,</li> <li>- uprawa odmian o mniejszej wrażliwości na chorobę (brak odmian całkowicie odpornych).</li> </ul>	
<p>Wirusy i wiroidy</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- stosowanie zdrowego materiału sadzonkowego.</li> </ul>	



## 5. Ograniczanie strat powodowanych przez szkodniki

### 5.1. Najważniejsze gatunki szkodników w uprawie chmielu

#### 5.1.1. Mszyca śliwowo-chmielowa

Mszyca śliwowo-chmielowa (*Phorodon humuli* Schrank) jest najczęściej występującym szkodnikiem na plantacjach chmielu. Dorosłe formy bezskrzydłe osiągają wielkość od 1,2 mm do 1,8 mm, formy uskrzydłone są nieco większe (1,8–2,1 mm) (fot.25). Ten gatunek mszycy charakteryzuje się zielonym zabarwieniem. Przy masowym występowaniu mszyca śliwowo-chmielowa może powodować poważne szkody na plantacjach chmielu. Mszyce najchętniej opanowują najmłodsze części rośliny. Owady początkowo żerują na spodniej stronie blaszki liściowej nakłuwając ją i wysysając soki. W późniejszym okresie atakują również kwiatostany i szyszki. W czasie żerowania mszyce wprowadzają do komórek roślinnych wydzielinę gruczołów ślinowych, która zawiera enzymy i inne substancje aktywne zmieniające metabolizm roślin. W konsekwencji dochodzi



Fot. 25. Mszyca śliwowo-chmielowa forma bezskrzydła i uskrzydłona

do nadmiernego wzrostu i podziału uszkodzonych komórek, co objawia się deformacją pędów oraz skręcaniem liści. Opanowane przez szkodnika kwiatostany przestają się rozwijać, natomiast szyszki stają się bladezielone, a następnie brązowieją. Mszyce żerujące wewnątrz szyszek wydzielają bogatą w cukry spadź, która stanowi podłoże do rozwoju grzybów z grupy sadzaków. Grzyby te tworzą czarny nalot ograniczający asymilację, co powoduje dodatkowe obniżenie wielkości oraz jakości plonu. Mszyce żerujące na roślinach osłabiają je, co ma wpływ na plonowanie w roku następnym. Szkodniki te biorą również udział w rozprzestrzenianiu wirusów HpMV i HpLV.

### Cykl życiowy

Mszyca śliwowo-chmielowa jest gatunkiem dwudomowym, co oznacza, że do pełnego cyklu rozwojowego wymaga obecności dwóch roślin żywicielskich. Żywicielami zimowymi są różne gatunki śliw, na których mszyce składają zimujące jaja. Wiosną wylęgają się z nich formy bezskrzydłe szkodnika, które żerują na liściach wierzchołkowych śliw powodując ich skręcanie. W maju rodzą się uskrzydłone samice (migrantki), które przelatują na chmiel, który jest żywicielem letnim mszycy śliwowo-chmielowej. Przebieg nalotów jest uzależniony od czynników atmosferycznych, takich jak: temperatura, prędkość wiatru oraz wilgotność względna powietrza. Inicjacja lotów następuje przy temperaturze 13°C, ale ich intensywność jest największa, gdy średnia dobowa temperatura powietrza waha się w granicach od 14,5°C do 20°C, a wilgotność względna kształtuje się na poziomie 70%. Wzrost wilgotności powoduje ograniczenie nalotów. Najważniejszym czynnikiem modyfikującym przebieg nalotów jest wiatr. Gdy jego prędkość przekroczy 4 m/s – naloty ustają. W sprzyjających warunkach atmosferycznych migrantki mogą pokonywać lotem aktywnym dystans dochodzący do 1,5 km, ale są też w sposób bierny przenoszone przez wiatr i wówczas zakres migracji może zwiększyć się do kilku kilometrów.

Obecność w bezpośrednim sąsiedztwie chmielników stanowisk żywicieli zimowych mszycy śliwowo-chmielowej, tj. śliw i tarniny, powoduje wzrost zagrożenia ze strony tego szkodnika. Im dalej od plantacji rosną rośliny śliw, tym mniejsze jest ryzyko pojawienia się mszyc. Uskrzydłone samice zasiedlają głównie najmłodsze liście chmielu, w górnej części pędów. Tam rodzą larwy, które dają początek kilku pokoleniom bezskrzydłych samic żerujących na spodniej stronie liści i powodujących największe szkody. W okresie wegetacji może rozwijać się na chmielu 8–10 pokoleń samic bezskrzydłych o dużym potencjale rozrodczym. W sprzyjających warunkach (umiarkowana temperatura i wysoka wilgotność powietrza), może dojść do



Fot. 26. Mszyce widoczne na spodniej stronie blaszki liściowej chmielu

masowego pojawu, a zagęszczenie populacji na jednym liściu może przekraczać 2000 osobników (fot. 26). Upalna i sucha pogoda przyczynia się do znacznego ograniczenia potencjału rozrodczego mszyc. Jesienią, gdy długość dnia skraca się do 12–14 godzin, rozwijają się uskrzydłone samice, które przenoszą się na żywiciela zimowego. Tam, rozmnażają się dzieworodnie dając początek osobnikom bezskrzydłym. Po około 2 tygodniach, na chmielu pojawiają się uskrzydłone samce, które również przelatują na żywiciela zimowego, gdzie dochodzi do zapłodnienia. Jaja są składane w pobliżu pąków śliw. Charakteryzują się one bardzo dużą odpornością na warunki atmosferyczne i są w stanie przetrwać zimę, nawet jeśli temperatura powietrza spada do  $-30^{\circ}\text{C}$ .

### 5.1.2. Przędziorek chmielowiec

Przędziorek chmielowiec (*Tetranychus urticae* Koch) należy do roztoczy o szerokim zakresie roślin żywicielskich. Dorosłe samice osiągają wielkość od 0,4 do 0,6 mm, a osobniki męskie są jeszcze mniejsze. Z powodu małych rozmiarów pojawienie się pierwszych roztoczy często bywa niezauważone, co może doprowadzić do szybkiego rozwoju populacji i poważnych strat. Pierwszym sygnałem występowania przędziorka jest pojawienie

się na spodniej stronie blaszki liściowej delikatnej pajęczynki, pod którą występują wszystkie stadia rozwojowe szkodnika, tj. jaja, larwy i osobniki dorosłe (fot. 27). Szkodnik często występuje gniazdowo atakując początkowo rośliny położone na obrzeżach chmielnika. Zasiedla najpierw dolne partie roślin posuwając się stopniowo ku górze, aż do szyszek.

Żerowanie przędziorka polega na wysysaniu soków, co powoduje silne zaburzenia przemiany materii u zaatakowanych roślin. W uszkodzonych liściach wzrasta intensywność oddychania, zmniejsza się zawartość chlorofilu oraz ulega zakłóceniu funkcjonowanie aparatów szparkowych. W wyniku tych niekorzystnych procesów liście żółkną, a następnie przybierają barwę miedziano-brunatną i zasychają (fot. 28). Podobne zmiany występują w szyszkach (fot. 29).

W przypadku masowego występowania przędziorka chmielowca na chmielu powstają szkody, które określa się mianem „zgorzeli miedziowej”.

Występowaniu przędziorka sprzyjają lata ciepłe i suche, wówczas liczebność populacji wzrasta bardzo szybko. Szczególnie narażone na atak szkodników są obrzeża plantacji, gdzie wilgotność powietrza jest mniejsza niż w środku chmielnika. Przy masowym występowaniu, szkodnik może spowodować całkowitą utratę plonu (fot. 30).



Fot. 27. Oprzęd przędziorka chmielowca na liściu chmielu. Osobniki dorosłe, larwy i jaja przędziorka pod oprzędem





Fot. 28. Roślina chmielu zaatakowana przez przędziorka chmielowca



Fot. 29. Objawy żerowania przędziorka chmielowca na szyszkach chmielu (po lewej: szyszka zdrowa)



Fot. 30. Roślina chmielu zniszczona przez przędziorka chmielowca

### Cykl życiowy

Samice przędziorka chmielowca zimują na resztkach roślin, pomiędzy grudkami gleby, czy w szczelinach słupów. Wiosną, gdy temperatura wzrasta powyżej 10°C, przędziorki rozpoczynają żerowanie najczęściej na młodych liściach chwastów, szczególnie pokrzywy. Z chwastów przechodzą na rośliny uprawne. Samica przędziorka w ciągu swojego życia składa od 50 do 150 jaj. Czas potrzebny do rozwoju jednego pokolenia przędziorków zależy od temperatury powietrza. W temperaturze 13°C cykl ten trwa 36 dni, podczas gdy w 28°C tylko 6 dni. Optymalne warunki do rozwoju przędziorka chmielowca to wysoka temperatura w granicach 29–31°C oraz mała wilgotność powietrza (35–55%). W ciągu sezonu wegetacyjnego



w warunkach klimatycznych naszego kraju rozwija się najczęściej cztery pokolenia roztoczy. Pod koniec wegetacji, gdy dni stają się krótsze przędziorki przemieszczają się do miejsc zimowania.

### 5.1.3. Opuchlak lucernowiec

Opuchlak lucernowiec (*Otiorhynchus ligustici* L.) – chrząszcz z rodziny ryjkowców jest szkodnikiem o szerokim zakresie roślin żywicielskich. Na chmielu żerują zarówno larwy, jak i osobniki dorosłe. Kremowo-białe larwy osiągają długość około 1,5 cm, bytują w glebie w pobliżu karpki chmielowej i żywią się młodymi korzeniami (fot. 31). W wyniku żerowania larw na podziemnych częściach roślin najmłodsze korzenie są obgryzione, natomiast w starszych widoczne są wyjedzone charakterystyczne jamki i rynienki. Uszkodzone w ten sposób karpki rosną słabiej, a w kolejnych sezonach wegetacji próchnieją i zamierają.

Dorosłe chrząszcze mają szaro-ziemiste zabarwienie i osiągają długość 1,3–1,5 cm. Nie są zdolne do latania. Żerują na młodych pędach chmielu niszcząc ich wierzchołki (fot. 32). Przy masowym występowaniu szkodnika brakuje odpowiednich pędów do naprowadzenia na przewodniki. Chrząszcze mogą uszkadzać również pędy już naprowadzone do czasu osiągnięcia przez rośliny wysokości około 2 m. W takim przypadku występuje konieczność naprowadzenia pędów zapasowych lub bocznych.



Fot. 31. Larwy opuchlaka lucernowca; uszkodzenia korzeni chmielu spowodowane przez larwy opuchlaka



Fot. 32. Opuchlak lucernowiec – chrząszcz; uszkodzenia pędu chmielu spowodowane przez chrząszcze opuchlaka

Szczególnie dogodne warunki dla rozwoju opuchlaka występują na glebach piaszczysto-gliniastych, szybko ogrzewających się wiosną. Występowanie szkodnika na plantacji chmielu ma najczęściej charakter gniazdowy. Przy masowym wystąpieniu na jednej karpie może znajdować się ponad 100 larw i około 40 chrząszczy.

### Cykl życiowy

Pełny rozwój opuchlaka lucernowca trwa trzy lata. Większość życia szkodnik spędza pod powierzchnią gleby. W lipcu, z jaj złożonych w pobliżu karpki, wylęgają się larwy chrząszcza, które żerują na korzeniach roślin chmielu do końca okresu wegetacji. Późną jesienią larwy przemieszczają się do głębszych warstw gleby na głębokość 60–80 cm, gdzie zimują. Larwy przepoczwarczają się zwykle w czerwcu. Chrząszcze po wyjściu z poczwarki przebywają w pobliżu karpki, ale nie żerują, aż do wiosny następnego roku. Wiosną, gdy temperatura gleby osiąga 13–15°C, dorosłe chrząszcze wychodzą na powierzchnię i rozpoczynają żerowanie na młodych pędach. Żerowanie trwa do końca maja, następnie chrząszcze schodzą do gleby i składają jaja w pobliżu karpki. Jeden osobnik może złożyć do 600 jaj.

#### 5.1.4. Omacnica prosowianka

Omacnica prosowianka (*Ostrinia nubilalis* Hubner) jest motylem nocnym o ubarwieniu beżowo-brązowym, wielkości około 1,5 cm. Szkody na chmielu wyrządzają larwy, które żerują wewnątrz pędów uszkadzając rdzeń łądygi (fot.33). W konsekwencji dochodzi do zakłócenia obiegu wody w roślinie, co prowadzi do więdnienia, zasychania pędów bocznych oraz zahamowania wzrostu. Przy masowym występowaniu szkodnika, w jednym pędzie do wysokości 4 m może występować nawet 15 larw. Obecność omacnicy zdradzają otwory w łądydze, przez które wysypują się trociny zmieszane z odchodami larw (fot. 33).



Fot.33. Obraz żerowania larwy omacnicy prosowianki na chmielu oraz larwa żerująca wewnątrz łądygi



Fot.34. Złóże jaj omacnicy prosowianki na liściu chmielu



## Cykl życiowy

Samice odbywają loty i składają jaja na liściach chmielu, najczęściej na przełomie czerwca i lipca (fot. 34). Z jaj wylęgają się larwy, które po kilku dniach żerowania na liściach wgryzają się do wnętrza pędu. Larwy żerują w pędach przez cały okres wegetacji, tam też zimują. Wiosną następuje przepoczwarczenie i wylatują osobniki dorosłe. Rozwojowi motyla sprzyjają ciepłe i suche warunki. Zasięg występowania omacnicy prosowianki obejmuje wszystkie rejony uprawy chmielu w Polsce. W ostatnich latach zagrożenie dla chmielu ze strony tego szkodnika wzrosło z powodu znacznego zwiększenia areалу kukurydzy, która jest rośliną żywicielską omacnicy prosowianki.

### 5.1.5. Pchełka chmielowa

Pchełka chmielowa (*Psylliodes attenuata* Koch) jest małym, skaczącym chrząszczem wielkości około 1,5–2,5 mm, barwy ciemnozielonej, niemal czarnej z metalicznym połyskiem. Szkodnik żeruje na liściach chmielu wygryzając liczne otwory w blaszce liściowej (fot. 35). Przy masowym wystąpieniu pchełki może dochodzić do całkowitego zniszczenia liści w dolnej części rośliny. Jest to szczególnie niebezpieczne wiosną, na początku wegetacji roślin, bowiem może prowadzić do zahamowania ich wzrostu. Szkody te są zazwyczaj rekompensowane przez szybko rosnące rośliny. W późniejszym okresie wegetacji, gdy część nadziemna chmielu jest mocno rozbudowana, znaczenie pchełki chmielowej maleje. Pchełka chmielowa jest zatem szkodnikiem o mniejszym znaczeniu dla starszych roślin chmielu. Poważne szkody może natomiast wyrządzać na nowo zakładanych plantacjach.



Fot. 35. Uszkodzenia liści chmielu spowodowane żerowaniem pchełki chmielowej



Fot. 36. Szyszka chmielu uszkodzona przez pchełkę chmielową

Młode sadzonki chmielu w okresie adaptacji do warunków polowych rosną wolniej, co może skutkować większym nasileniem uszkodzeń.

Chrząższe żerują tylko w dni słoneczne i ciepłe, natomiast w okresie chłódów chronią się w glebie lub w spękaniach słupów chmielowych. W latach szczególnie ciepłych i suchych nasilenie szkodnika wzrasta i może dochodzić do uszkodzenia szyszek (fot. 36). Pchełka chmielowa wygryza otworki w listkach szyszki, może też uszkadzać osadkę.

#### Cykl życiowy

Chrząższe zimują w ziemi na głębokości około 10 cm. W początkowym okresie wegetacji roślin żerują na pokrzywach lub innych chwastach, z których przenoszą się na chmiel. Wiosną samice składają jaja w wierzchniej warstwie gleby. Z jaj wylęgają się larwy, które żywią się młodymi korzonkami powodując ich uszkodzenie. Larwy przepoczwarczają się w ziemi, a po około trzech tygodniach z poczwarki wylęgają się chrząższe. Wylot chrząższy przypada na okres letni.

## 5.2. Niechemiczne metody ochrony chmielu przed szkodnikami

Integrowany system ochrony roślin skierowany jest nie tyle na zwalczanie poszczególnych agrofagów, ale przede wszystkim na oddziaływanie na całą agrocenozę w taki sposób, aby zapobiegać nadmiernym stratom



spowodowanym przez szkodniki. Założenie to jest realizowane przez kontrolę wielkości populacji szkodników oraz stworzenie korzystnych warunków dla rozwoju ich naturalnych wrogów, a także stosowanie technik zwiększających odporność roślin na szkodniki.

Kontrola wielkości populacji szkodników powinna być prowadzona systematycznie ze szczególnym uwzględnieniem okresów największego zagrożenia masowym pojawem. Orientacyjne terminy pojawów najważniejszych szkodników chmielu przedstawiono w tabeli 22.

**Tabela 22.** Kalendarz pojawiania się szkodników podczas wegetacji chmielu

Szkodnik	Miesiąc					
	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Mszyca śliwowo-chmielowa						
Przędziorek chmielowiec						
Opuchlak lucernowiec – chrząszcze						
Opuchlak lucernowiec – larwy						
Omacnica prosowianka						
Pchełka chmielowa						

Jedną z podstawowych metod ograniczania liczebności szkodników jest likwidacja gatunków roślin będących ich żywicielami w obrębie lub w sąsiedztwie plantacji chmielu. Niektóre szkodniki atakujące chmiel charakteryzują się szerokim zakresem roślin żywicielskich. Często obejmuje on również popularne chwasty towarzyszące uprawie chmielu lub występujące w okolicach plantacji. Do takich szkodników należy przędziorek chmielowiec, czy też pchełka chmielowa. Szkodniki rozpoczynają wiosenne żerowanie na chwastach, z których w późniejszym okresie przenoszą się na chmiel. Niszczenie chwastów, a szczególnie pokrzywy, utrudnia rozwój przędziorka i pchełki, może więc ograniczyć ich występowanie na roślinach chmielu. Podobny efekt w odniesieniu do mszycy śliwowo-chmielowej przynosi usuwanie żywicieli zimowych tego gatunku, czyli śliw w promieniu przynajmniej 1,0 km od chmielnika. Skutecznym sposobem ograniczania liczebności omacnicy prosowianki jest usuwanie z plantacji i palenie zaschniętych pędów chmielu pozostałych po zbiorze, w których zimuje około 95% larw tego szkodnika.

Zrównoważone nawożenie, przede wszystkim azotowe jest jednym z istotnych czynników zwiększających odporność roślin chmielu na niektóre szkodniki. Nadmierne nawożenie azotem stymuluje wzrost wegetatywnych części roślin. Pojawiają się młode, delikatne przyrosty chętnie zasiedlane np. przez mszyce. Również przedziorki atakują przeważnie rośliny nadmiernie nawożone lub osłabione z powodu stresu spowodowanego niedostatkami wody. Zrównoważone nawożenie chmielu oraz nawadnianie mogą ograniczać nadmierny rozwój populacji tych szkodników.

Hodowlana metoda ochrony roślin chmielu przed szkodnikami polega na uprawie odmian odpornych lub mniej podatnych. Niestety wśród odmian chmielu uprawianych w Polsce brak jest takich, które są odporne na szkodniki.

## 5.3. Chemiczne metody ochrony chmielu przed szkodnikami

### 5.3.1. Progi ekonomicznej szkodliwości

Podstawową zasadą integrowanej ochrony roślin jest przewidywanie oraz umiejętność oceny występowania zagrożeń. Stosowanie tej zasady w ochronie chmielu przed szkodnikami wymaga stałego kontrolowania występowania agrofagów na plantacji oraz znajomości ich biologii. Lustracja plantacji przynajmniej raz w tygodniu powinna stać się rutynową czynnością w okresie wegetacji roślin. Trzeba sobie zdawać sprawę, że w celu skutecznej ochrony chmielu nie jest konieczne całkowite wyeliminowanie szkodników ze środowiska, ale utrzymanie ich liczebności poniżej progu ekonomicznej szkodliwości. Próg ekonomicznej szkodliwości oznacza takie nasilenie populacji szkodnika, przy którym straty z powodu jego żerowania są równe nakładom, które miałyby być poniesione w celu jego zwalczania. Wykonywanie chemicznych zabiegów ochrony roślin przy nasileniu agrofaga poniżej progu ekonomicznej szkodliwości jest nie tylko nieuzasadnione ekonomicznie, ale również szkodliwe. Zbędne zabiegi przy użyciu zoocydów mogą przyczynić się do szybszego rozwoju odporności na substancje aktywne preparatów chemicznych w populacji szkodników. Mogą być również powodem zmniejszenia liczebności organizmów pożytecznych, będących naturalnymi wrogami szkodników. Należy pamiętać, że w integrowanej ochronie roślin zabieg chemicznego zwalczania jest wskazany dopiero wówczas, gdy inne metody o charakterze profilaktycznym nie przynoszą oczekiwanych efektów. Decyzję o zastosowaniu chemicznej ochrony roślin należy podejmować rozważnie, na podstawie

oceny rzeczywistego zagrożenia przez agrofagi oraz w oparciu o progi ekonomicznej szkodliwości (tab. 23).

**Tabela 23.** Progi ekonomicznej szkodliwości najważniejszych szkodników chmielu

Szkodnik	Częstotliwość oraz sposób prowadzenia obserwacji	Próg ekonomicznej szkodliwości
Mszycy śliwowo-chmielowa	maj – lipiec (do fazy kwitnienia chmielu). Obserwacje prowadzić co 10–14 dni na młodych liściach i wierzchołkach pędów.	50–100 osobników bezskrzydłych na jednym liściu
	lipiec – sierpień (faza kwitnienia i wiązania szyszek). Obserwacje prowadzić co 7-10 dni na kwiatostanach i szyszkach chmielu.	występowanie pojedynczych mszyc na kwiatostanach lub szyszkach
Przędziorek chmielowiec	czerwiec – wrzesień (liczebność populacji należy kontrolować przynajmniej raz w tygodniu na podstawie obserwacji spodniej strony blaszki liściowej przy użyciu lupy)	5–10 osobników na jednym liściu
Opuchlak lucernowiec	marzec – kwiecień (od pojawienia się pierwszych pędów chmielu na powierzchni gleby do osiągnięcia przez rośliny wysokości około 2 m). Obserwacje wykonywać co najmniej raz w tygodniu na młodych pędach chmielu.	5 chrząszczy na 100 roślinach wybranych losowo w 3–5 miejscach na plantacji.

Progi ekonomicznej szkodliwości są wartościami orientacyjnymi, służącymi jedynie jako pomoc, a nie jedyne kryterium podejmowania decyzji o wykonaniu zabiegu chemicznego. Ocena zagrożenia powinna uwzględniać również analizę warunków pogodowych oraz agrotechnicznych w aspekcie ich oddziaływania na rozwój populacji szkodnika, informacje o jego występowaniu w danym rejonie w poprzednich latach, a także wiedzę na temat wrogów naturalnych szkodnika.

### 5.3.2. Wybór środka chemicznego

Odpowiedni wybór środka chemicznego decyduje o skuteczności zabiegu. Podstawową zasadą jest dostosowanie środka ochrony roślin do zwalczanego agrofaga. Prawidłowa identyfikacja szkodnika jest pierwszym etapem podejmowania decyzji o zastosowaniu preparatu chemicznego do ochrony. Wybór zoocydu powinien uwzględniać również takie czynniki jak temperatura, w której preparat wykazuje największą skuteczność oraz okres prewencji i karencji. Preparaty należy dobierać pod kątem ukierunkowanego działania, tak aby w jak najmniejszym stopniu oddziaływały na organizmy niebędące celem zwalczania. Wśród organizmów występujących na plantacjach chmielu jest wiele gatunków drapieżnych czy pasożytniczych, które są naturalnymi wrogami szkodników. Mogą one w sprzyjających warunkach regulować liczebność populacji niepożądanych agrofagów. W systemie integrowanej ochrony roślin należy stosować preparaty niskiego ryzyka, których oddziaływanie na zdrowie ludzi oraz środowisko powoduje najmniejsze skutki uboczne. Należy bezwzględnie przestrzegać zalecanych dawek preparatu oraz zasad przygotowania cieczy użytkowej i wykonywania oprysku, a także bezpiecznego stosowania środków ochrony roślin. Informacje te zawarte są w etykiecie – instrukcji dołączonej do każdego środka ochrony roślin.

Wykaz środków ochrony roślin dopuszczonych do obrotu i zalecanych do zwalczania szkodników w uprawie chmielu podano w tabeli 24. Aktualne informacje na temat preparatów rekomendowanych do ochrony chmielu można również znaleźć w Wyszukiwarce Środków Ochrony Roślin na stronie Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi ([www.gov.pl/web/rolnictwo/wyszukiwarka-srodkow-ochrony-roslin---zastosowanie](http://www.gov.pl/web/rolnictwo/wyszukiwarka-srodkow-ochrony-roslin---zastosowanie)).

Wykazy środków zalecanych do zwalczania szkodników chmielu znajdują się ponadto w systematycznie aktualizowanym Programie Ochrony Chmielu opracowywanym w Instytucie Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowym Instytucie Badawczym i zamieszczanym na Platformie Sygnalizacji Agrofagów ([www.agrofagi.com.pl](http://www.agrofagi.com.pl)).

Najważniejsze metody ograniczania szkodników występujących w uprawie chmielu przedstawiono w tabeli 25.

**Tabela 24. Sposób działania i szkodliwość substancji czynnych zoocydów stosowanych w ochronie chmielu przed szkodnikami**

Szkodnik	Substancja czynna	Sposób działania w roślinie	Szkodliwość dla ludzi	Szkodliwość dla środowiska
Mszyca sliwowo-chmielowiec	flonikamid	układowy	<ul style="list-style-type: none"> <li>- działa drażniąco na oczy,</li> <li>- działa szkodliwie po połknięciu,</li> <li>- może powodować wystąpienie reakcji alergicznej.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- działa szkodliwie na organizmy wodne, powodując długotrwałe skutki.</li> </ul>
	flupyradifuron	układowy	<ul style="list-style-type: none"> <li>- działa szkodliwie w następstwie wdychania,</li> <li>- może powodować reakcję alergiczną skóry.</li> </ul>	<p><b>niebezpieczny dla środowiska</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- działa bardzo toksycznie na organizmy wodne powodując długotrwałe skutki,</li> <li>- stosowany zgodnie z etykietą jest bezpieczny dla organizmów pożytecznych.</li> </ul>
	spirotriamet	układowy	<ul style="list-style-type: none"> <li>- działa szkodliwie po połknięciu oraz w następstwie wdychania,</li> <li>- podejrzewa się, że działa szkodliwie na płodność,</li> <li>- podejrzewa się, że działa szkodliwie na dziecko w łonie matki.</li> </ul>	<p><b>niebezpieczny dla środowiska</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- działa toksycznie na organizmy wodne powodując długotrwałe skutki,</li> <li>- niebezpieczny dla pszczoł.</li> </ul>
Przędziorek chmielowiec	acekwincyl	powierzchniowy	<ul style="list-style-type: none"> <li>- działa szkodliwie po połknięciu,</li> <li>- może spowodować uszkodzenie narządów (układ krwionośny) w następstwie długotrwałego lub powtarzanego narażenia,</li> <li>- może powodować wystąpienie reakcji alergicznej.</li> </ul>	<p><b>niebezpieczny dla środowiska</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- działa bardzo toksycznie na organizmy wodne powodując długotrwałe skutki.</li> </ul>

c.d. na następnej stronie



Szkodnik	Substancja czynna	Sposób działania w roślinie	Szkodliwość dla ludzi	Szkodliwość dla środowiska
Przędziorek chmielowiec	milbemektyna	powierzchniowy i wgłębny	- łatwopalna ciecz i para, - połknięcie i dostanie się przez drogi oddechowe może grozić śmiercią.	<b>niebezpieczny dla środowiska</b> - działa bardzo toksycznie na organizmy wodne powodując długotrwałe skutki, - toksyczny dla pszczoł.
Pchełka chmielowa	lambdacyhalotryna	powierzchniowy	- działa szkodliwie po połknięciu, - działa szkodliwie w następstwie wdychania, - może powodować reakcję alergiczną skóry.	<b>niebezpieczny dla środowiska</b> - działa bardzo toksycznie na organizmy wodne powodując długotrwałe skutki, - niebezpieczny dla pszczoł.

Tabela 25. Metody ochrony chmielu przed szkodnikami

Szkodnik	Metoda agrotechniczna i hodowlana	Metoda chemiczna
Mszyca śliwowo-chmielowa	- usuwanie żywicieli zimowych (śliw) w promieniu około 1 km od plantacji chmielu, - uprawa odmian mniej podatnych, - zrównoważone nawożenie azotowe.	- opryskiwanie insektycydem z uwzględnieniem progu ekonomicznej szkodliwości właściwego dla fazy rozwojowej chmielu, - stosowanie preparatów selektywnych, bezpiecznych dla pożytecznej entomofauny.
Przędziorek chmielowiec	- niszczenie chwastów, szczególnie pokrzywy w pobliżu plantacji chmielu, - zrównoważone nawożenie i nawadnianie roślin chmielu.	- opryskiwanie akarycydem z uwzględnieniem progu ekonomicznej szkodliwości.
Omacnica prosowianka	- usuwanie z plantacji i palenie pędów chmielu pozostałych po zbiorze.	
Pchełka chmielowa	- niszczenie chwastów, szczególnie pokrzywy w pobliżu plantacji chmielu.	- opryskiwanie odpowiednim insektycydem w początkowej fazie rozwoju chmielu do osiągnięcia przez rośliny wysokości około 50 cm.

## 6. Zasady stosowania środków ochrony roślin w integrowanej ochronie chmielu

### 6.1. Uodparnianie się agrofagów na środki ochrony roślin

Uodparnianie się agrofagów na środki ochrony roślin jest rezultatem wielokrotnego stosowania preparatów chemicznych zawierających tą samą substancję czynną. Substancja czynna działa na patogeny jak czynnik selekcyjny. Podatne formy zostają zniszczone, ale jeśli w populacji pojawią się osobniki odporne, to zaczynają się szybko rozwijać z powodu braku konkurencji. Wielokrotne stosowanie tej samej substancji czynnej sprawia, że formy odporne zdobywają przewagę i wówczas preparat chemiczny traci swoją skuteczność. Prawdopodobieństwo uodpornienia się agrofagów na środki ochrony roślin zależy od zmienności organizmu szkodliwego oraz mechanizmu działania preparatu. W przypadku substancji czynnych, których działanie opiera się na zakłócaniu wielu funkcji życiowych patogena prawdopodobieństwo uodpornienia jest znikome. Jeśli jednak związek działa tylko na jedną, ściśle określoną funkcję, wystarczy mutacja jednego genu w genomie patogena, aby doprowadzić do wytworzenia odporności. W takim przypadku, prawdopodobieństwo uodpornienia się organizmu chorobotwórczego jest zdecydowanie większe. Ryzyko wystąpienia odporności jest ściśle związane z szybkością rozmnażania i łatwością rozprzestrzeniania się patogena. Gatunki zdolne do szybkiego i masowego rozmnażania łatwiej uodparniają się na środki ochrony roślin.

Zapobieganie uodpornieniu się agrofagów na środki ochrony roślin polega na ograniczaniu presji selekcyjnej na populację organizmu szkodliwego. Oznacza to, że w programie ochrony należy bezwzględnie unikać stosowania tych samych preparatów lub preparatów z jednej grupy chemicznej oraz stosować rotację środków ochrony roślin o różnych mechanizmach działania w stosunku do organizmów zwalczanych. Należy też stosować rotację środków o różnym sposobie działania w roślinie, tj. przemiennie stosować preparaty o działaniu powierzchniowym, wgłębnym i układowym. Planując chemiczną ochronę przed chorobami, należy więc zwrócić uwagę na skład chemiczny preparatu. Często preparaty o innych nazwach handlowych zawierają tą samą substancję czynną, co stwarza niebezpieczeństwo pojawienia się form odpornych w populacji agrofaga. W celu ograniczenia

powstawania odporności organizmów szkodliwych nie należy przekraczać maksymalnej liczby zabiegów danym preparatem w sezonie wegetacyjnym oraz zachować zalecany w etykiecie środka minimalny odstęp pomiędzy zabiegami.

## 6.2. Ochrona środowiska wodnego

Zabiegi ochronne z użyciem środków ochrony roślin wykonywane na polach uprawnych stanowią potencjalne zagrożenie dla otaczającego środowiska. Pozostałości preparatów mogą przenikać do gleby, wody i powietrza, a następnie do produktów spożywczych i paszowych, z którymi dostają się do łańcucha pokarmowego ludzi i zwierząt stanowiąc poważne zagrożenie dla zdrowia. Środowisko wodne jest szczególnie wrażliwe na środki ochrony roślin. W celu likwidacji potencjalnych zagrożeń, zgodnie z Dyrektywą Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/128/WE z dnia 21 października 2009 r. należy wdrożyć odpowiednie mechanizmy służące ochronie środowiska wodnego i zasobów wody pitnej. Ochrona środowiska wodnego powinna być realizowana przez:

- przyznanie pierwszeństwa preparatom, które nie zostały sklasyfikowane jako niebezpieczne dla środowiska wodnego,
- stosowanie bezpiecznych dla środowiska technik aplikacji środków ochrony roślin polegających na użyciu urządzeń antyznoszeniowych, np. specjalnych rozpylaczy eliminujących drobne krople o średnicy  $<100\mu\text{m}$ ,
- utworzenie stref buforowych, tak aby ograniczyć ekspozycję wód na znoszenie cieczy roboczej, przesiąkanie i spływanie,
- utworzenie stref ochronnych dla wód powierzchniowych i podziemnych wykorzystywanych do pobierania wody pitnej, w których nie wolno stosować ani przetrzymywać środków ochrony roślin,
- ograniczenie lub wyeliminowanie stosowania środków ochrony roślin w obrębie infrastruktury znajdującej się w pobliżu wód powierzchniowych lub podziemnych oraz na powierzchniach uszczelnionych lub wysoce przepuszczalnych.

Środki ochrony roślin muszą być stosowane w sposób właściwy, tj. zgodnie z informacjami podanymi w etykietach, z uwzględnieniem zasad integrowanej ochrony roślin, a także zasad BHP podczas sporządzania cieczy użytkowej, wykonywania oprysku oraz po jego zakończeniu.

### 6.3. Ochrona organizmów pożytecznych

Działanie środków ochrony roślin obejmuje nie tylko docelową grupę agrofagów, ale również organizmy, które nie są celem zwalczania. Wśród tych organizmów bardzo ważną grupę stanowią drapieżne lub pasożytnicze owady, które są naturalnymi wrogami szkodników. Do najbardziej znanych wrogów naturalnych mszyc zalicza się larwy i osobniki dorosłe biedronek (fot.37) oraz larwy złotooka i muchówek z rodziny bzygowatych, a także drapieżne wciornastki. Populację przędziorka chmielowca redukują drapieżne gatunki roztoczy. Naturalni wrogowie w sprzyjających warunkach mogą skutecznie utrzymywać liczebność agrofagów poniżej progu ekonomicznej szkodliwości. Podczas zabiegów zwalczania szkodników na plantacjach chmielu należy też zwrócić uwagę na ochronę owadów zapylających. Wprawdzie chmiel jest gatunkiem wiatropylnym, ale zarówno na plantacji, jak i w jej pobliżu mogą występować owadopylne gatunki chwastów lub kwitnące uprawy stanowiące pożytek dla pszczoł i innych owadów zapylających.

Ochrona organizmów pożytecznych polega przede wszystkim na racjonalnym stosowaniu chemicznych środków ochrony roślin w oparciu o realne zagrożenie masowym wystąpieniem szkodnika. W tym celu trzeba stale monitorować rozwój populacji szkodników oraz podejmować decyzję o użyciu środka chemicznego w oparciu o próg ekonomicznej szkodliwości.



Fot. 37. Larwa biedronki zjadająca mszycę

Należy unikać stosowania insektycydów o szerokim spektrum działania, a wybierać selektywne, o krótkim okresie prewencji, które skutecznie niszczą organizmy niepożądane i jednocześnie są mało toksyczne dla form pożytecznych. Ważnym elementem ochrony pożytecznej entomofauny jest również ustalenie terminu zabiegu chemicznego w taki sposób, aby nie powodować wysokiej śmiertelności owadów pożytecznych, np. nie stosować, gdy w uprawie występują kwitnące chwasty lub stosować wieczorem po zakończeniu oblotu roślin przez owady zapylające. Należy również zapobiegać znoszeniu cieczy użytkowej na sąsiednie kwitnące uprawy lub miejsca, gdzie pszczoły mogą mieć pożytek. Należy bezwzględnie przestrzegać zapisów i ograniczeń zawartych w etykiecie środka ochrony roślin dotyczących ochrony pszczół oraz innych stawonogów niebędących celem działania preparatu.

## 6.4. Technika aplikacji środka ochrony roślin

Stosowanie środków ochrony roślin na terenie otwartym przy użyciu opryskiwaczy regulują odpowiednie przepisy prawne (Ustawa o środkach ochrony roślin z dnia 8 marca 2013 r. Dz. U. 2013 poz. 455). Określają one warunki atmosferyczne w jakich dopuszcza się wykonywanie zabiegów ochrony roślin oraz minimalną odległość od określonych miejsc lub obiektów, którą należy zachować stosując chemiczne środki ochrony. Informacje te są również zawarte w etykietach środków ochrony roślin, dlatego każdorazowo przed użyciem preparatu należy się zapoznać ze szczegółowymi zaleceniami etykiety. Należy bezwzględnie zachować okres prewencji, tj. czas po zastosowaniu środka ochrony roślin, w którym człowiek i zwierzęta nie powinni przebywać w pobliżu miejsc, gdzie był on stosowany. Zgodnie z Dyrektywą Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/128/WE z dnia 21 października 2009 r. (Dz. Urz. UE L309/71 z dnia 24.11.2009 r.), sprzęt do aplikacji środków ochrony roślin musi zapewniać dokładne dozowanie i rozprowadzenie cieczy roboczej. Sprzęt powinien działać niezawodnie, pozwalać na łatwe napełnianie, opróżnianie i czyszczenie, tak aby uniemożliwić wyciek preparatów do środowiska. Stan sprzętu musi zapewniać bezpieczeństwo pracy podczas wykonywania zabiegów ochrony roślin. Sprawność techniczna opryskiwaczy powinna zostać potwierdzona badaniami przeprowadzonymi przez jednostki organizacyjne upoważnione przez Inspekcję Ochrony Roślin i Nasiennictwa. Badania takie trzeba przeprowadzać co 3 lata. Należy również zadbać o to, aby przygotowanie cieczy użytkowej odbywało się w sposób ograniczający ryzyko zanieczysz-

czenia wód powierzchniowych i podziemnych oraz gleby. Przygotowanie cieczy użytkowej należy przeprowadzić w odległości nie mniejszej niż 20 m od studni, ujęć wody oraz zbiorników i cieków wodnych - w przypadku sporządzania cieczy użytkowej z zastosowaniem środków ochrony roślin przeznaczonych dla użytkowników profesjonalnych (Dz. U. z dnia 22 maja 2013 r., poz. 625). Ciecz użytkową należy zawsze sporządzać bezpośrednio przed zastosowaniem. Zawsze należy dokładnie ustalić i przygotować tylko taką ilość cieczy użytkowej, która jest niezbędna do ochrony zaplanowanej powierzchni plantacji. Do zabiegu nie należy używać wody o niskiej temperaturze oraz o dużej twardości. W przypadku użycia mieszaniny kilku agrochemikaliów należy zwrócić uwagę na kolejność dodawania poszczególnych składników. Najpierw miesza się ciecz z nawozami, a potem dodaje się wstępnie rozcieńczone środki ochrony roślin i uzupełnia wodą do wymaganej objętości.

Ważnym elementem wpływającym na efektywność ochrony roślin jest dobór dawki cieczy użytkowej. Ilość cieczy użytkowej powinna być na tyle duża, aby dokładnie pokryć rośliny preparatem ochronnym. Jednak użycie nadmiernej dawki cieczy prowadzi do ściekania kropli, co zmniejsza skuteczność oprysku oraz powoduje większe skażenie środowiska glebowego. Z uwagi na to ilość cieczy użytkowej powinna być dostosowana do fazy rozwojowej roślin (tab. 26).

**Tabela 26.** Dawka cieczy użytkowej niezbędna do prawidłowego wykonania oprysku w zależności od fazy rozwojowej roślin chmielu

Faza rozwojowa (BBCH)	Ilość cieczy użytkowej (l·ha <sup>-1</sup> )
Wschody i wykształcanie pędów (BBCH10–32)	500–700
Rośliny osiągają od 1/4 do 1/3 wysokości konstrukcji chmielnika (BBCH 32–33)	700–1000
Rośliny osiągają od 1/3 do 3/4 wysokości konstrukcji chmielnika (BBCH 33–37)	1000–1500
Rośliny osiągają od 3/4 wysokości konstrukcji do siatki nośnej chmielnika (BBCH 37–50)	1500–2000
Kwitnienie roślin (BBCH 51–69)	2000–2400
Wykształcanie szyszek i dojrzewanie (BBCH 70–89)	2400–3300



Wykonywanie zabiegów ochrony roślin zgodnie z wymienionymi wymogami ogranicza ryzyko zanieczyszczenia środowiska, ale nie eliminuje go całkowicie. Podczas wykonywania oprysków część cieczy użytkowej jest przenoszona z prądami powietrza na tereny sąsiadujące z plantacją, gdzie są niepożądane, a nawet mogą stanowić zagrożenie dla ludzi i zwierząt, a także wód i gleby. Zjawiska znoszenia nie da się całkowicie wyeliminować, ale można je ograniczyć. Do najważniejszych czynników wpływających na wielkość znoszenia cieczy użytkowej zalicza się:

- wielkość kropeł cieczy użytkowej, która zależy od ciśnienia cieczy oraz typu i rozmiaru rozpylacza,
- prędkość roboczą opryskiwacza,
- prędkość strumienia powietrza generowaną przez wentylatory,
- czynniki atmosferyczne, takie jak prędkość i kierunek wiatru oraz wilgotność i temperatura powietrza,
- czynniki biologiczne (faza rozwojowa, wielkość i gęstość roślin).

W przypadku ochrony chemicznej chmielu zagrożenie znoszeniem cieczy użytkowej jest dużym problemem. Chmiel jest uprawiany na konstrukcjach nośnych o wysokości 6–7 m. Skuteczne pokrycie preparatem ochronnym tak wysokich roślin jest możliwe dzięki zastosowaniu opryskiwaczy o dużej wydajności wentylatora i odpowiedniej konstrukcji rozpylaczy. Jednym z warunków dokładnego pokrycia rośliny cieczą roboczą jest rozproszenie preparatu na drobne krople. Przyjmuje się, że w celu dokładnego i równomiernego pokrycia górnej i dolnej powierzchni blaszki liściowej chmielu średnica kropeł cieczy roboczej powinna wynosić od 75 do 130  $\mu\text{m}$ . Krople o średnicy poniżej 100  $\mu\text{m}$  są najbardziej podatne na znoszenie, dlatego jeśli jest to możliwe zabieg należy wykonywać przy użyciu możliwie dużych kropeł. Trzeba jednak pamiętać, że zbyt duże krople słabiej docierają do środka rzędów roślin oraz spływają z powierzchni liści, co zmniejsza skuteczność zabiegu ochronnego oraz stwarza ryzyko zanieczyszczenia gleby i wód. Istotną przyczyną zwiększenia znoszenia cieczy użytkowej jest również nadmierna prędkość robocza opryskiwacza. Optymalna prędkość jazdy opryskiwacza w chmielnikach zależy od fazy rozwojowej roślin. W początkowym okresie wzrostu chmielu może być ona większa i wynosić do 3,5  $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ , natomiast w końcowym okresie wegetacji nie należy przekraczać 2,5  $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ . Należy pamiętać, że zbyt duża prędkość robocza wywołuje również miejscowe zawirowania powietrza, co skutkuje gorszą penetracją rzędów roślin. W ochronie chmielu

niezbędne jest stosowanie opryskiwaczy z pomocniczym strumieniem powietrza wytwarzanym przez wentylator. Zwiększenie wydajności wentylatora wpływa na równomierne pokrycie cieczą użytkową całej rośliny, a także na rozmieszczenie jej na górnej i dolnej powierzchni blaszki liściowej. Niestety, zwiększa się przy tym znacząco zasięg znoszenia. Nadmierna prędkość powietrza wytwarzanego przez wentylator zwiększa straty cieczy, która może być zagrożeniem dla środowiska. Jest to szczególnie niebezpieczne we wczesnych fazach rozwojowych roślin, kiedy ich zdolność do zatrzymywania cieczy użytkowej jest mniejsza w porównaniu z roślinami w pełni rozwoju. Najważniejszym czynnikiem atmosferycznym wpływającym na wielkość znoszenia jest wiatr. Przyjmuje się, że odległość przemieszczania się kropeł jest wprost proporcjonalna do prędkości wiatru. Wilgotność i temperatura wpływają na szybkość odparowania kropli. Ewaporacja prowadzi do zmniejszenia masy kropli, które mogą przemieszczać się na większe odległości. Niekorzystny wpływ czynników atmosferycznych na znoszenie cieczy użytkowej można ograniczyć wybierając odpowiednią porę dnia na wykonanie zabiegów ochrony roślin. Najbardziej dogodny jest późny wieczór lub wczesny rano, ponieważ zazwyczaj prędkość wiatru jest wówczas mniejsza. W tym okresie niższa jest również temperatura oraz większa wilgotność powietrza, co ogranicza ewaporację. Znoszenie cieczy użytkowej ma większy zasięg w początkowych fazach rozwoju roślin. Rośliny bardziej rozbudowane, o większej powierzchni liści charakteryzują się większą zdolnością do zatrzymywania cieczy użytkowej, co w efekcie redukuje ilość i zasięg znoszonego roztworu.

Jednym z najprostszych sposobów ograniczania znoszenia cieczy użytkowej podczas ochrony chemicznej chmielu jest stosowanie specjalnej techniki wykonywania oprysków w skrajnych rzędach chmielnika. Polega ona na wyłączeniu rozpylaczy na połowie głowicy opryskiwacza od zewnętrznej części chmielnika, tak aby cząstki preparatu ochronnego skierowane były w kierunku wnętrza plantacji. Najczęściej stosuje się przejazd skrajnym rzędem plantacji z wyłączonymi rozpylaczami od strony zewnętrznej, a następnie przejazd co drugim rzędem z włączonymi wszystkimi rozpylaczami (wariant I). Najlepsze efekty uzyskuje się wówczas, gdy oprysk połową rozpylaczy jest wykonywany w trzech skrajnych rzędach chmielnika (wariant II). Skrajne rzędy roślin są naturalną barierą dla cieczy znoszonej z głębi chmielnika, dlatego następne rzędy opryskiwane są pełnym zestawem rozpylaczy, ale przejazdy wykonuje się co drugim rzędem. Taka technika pozwala na ograniczenie znoszenia cząstek rozpylanej cieczy roboczej w odległości 20m od chmielnika z 6,0% (wariant I) do 0,7% (wariant II). Bardziej zaawansowanym sposobem ograniczania znoszenia

cieczy użytkowej jest stosowanie rozpylaczy niskoznoszeniowych, które dzięki specjalnej konstrukcji generują większe krople, w sposób znaczący ograniczając liczbę kropli o średnicy poniżej 100µm, które są najbardziej podatne na znoszenie.

Optymalizacja wielkości kropeł oraz minimalizowanie niekorzystnego wpływu czynników atmosferycznych są podstawowymi elementami techniki ograniczającej znoszenie. Technika wykonywania zabiegów przy użyciu środków ochrony roślin powinna również eliminować nakładanie się cieczy użytkowej na stykach pasów zabiegowych i uwrociach.

Po zakończeniu zabiegu należy zawsze usunąć resztki cieczy użytkowej z opryskiwacza i dokładnie wymyć sprzęt. Z resztkami cieczy użytkowej należy postępować w sposób ograniczający ryzyko skażenia wód powierzchniowych i podziemnych oraz gleby. Niedopuszczalne jest wylanie pozostałej cieczy na glebę lub do systemu ściekowo-kanalizacyjnego. Opryskiwacz należy umyć w miejscu do tego przeznaczonym w odległości nie mniejszej niż 30 m od studni, ujęć wody oraz zbiorników i cieków wodnych.

## 6.5. Przechowywanie środków ochrony roślin

Środki ochrony roślin mogą stanowić zagrożenie dla zdrowia ludzi, zwierząt oraz środowiska, dlatego podczas ich stosowania oraz przechowywania należy zachować dużą ostrożność. Środki powinny się kupować wyłącznie od przedsiębiorców uprawnionych do prowadzenia takiej działalności, w oryginalnych i nieuszkodzonych opakowaniach opatrzonych etykietą w języku polskim. Zasady postępowania przy stosowaniu środków ochrony roślin oraz sposób ich przechowywania regulują odpowiednie przepisy (Dz. U. z dnia 4 lipca 2002 r nr 99. poz.896 oraz Dz. U. z dnia 31 maja 2013 r. poz. 625). Zgodnie z tymi przepisami, środki przechowuje się w miejscach lub obiektach, w których zastosowano rozwiązania zabezpieczające przed skażeniem wód powierzchniowych, podziemnych oraz gruntu. Pomieszczenie to powinno być wyraźnie oznakowane oraz zabezpieczone przed dostępem osób nieupoważnionych, dzieci i zwierząt. Środki należy zawsze przechowywać w oryginalnych opakowaniach oraz w sposób uniemożliwiający kontakt z żywnością, napojami lub paszą. Magazyn środków ochrony roślin powinien być oddalony od zabudowań mieszkalnych, inwentarskich, spichlerzy oraz innych magazynów spożywczych, a także od studni, ujęć wody pitnej, zbiorników i cieków wodnych.

Powinien posiadać utwardzoną, nieprzepuszczalną posadzkę umożliwiającą dokładne usunięcie środka w przypadku jego rozlania lub rozsypania. Pomieszczenie powinno również posiadać oświetlenie i wentylację, a temperatura wewnątrz powinna być utrzymywana w przedziale 5–25°C.

W magazynie środków ochrony roślin w widocznym miejscu powinny znajdować się:

- wykaz przechowywanych środków,
- instrukcja bezpieczeństwa i higieny pracy ze środkami ochrony roślin,
- numery telefonów do najbliższego centrum powiadamiania ratunkowego lub zakładu opieki zdrowotnej.

Ponadto magazyn powinien być wyposażony w środki ochrony indywidualnej w zależności od występujących zagrożeń oraz apteczkę zawierającą środki do udzielania pierwszej pomocy w przypadku zatrucia agrochemikaliami.

W magazynie środków ochrony roślin niedopuszczalne jest palenie tytoniu i spożywanie posiłków oraz przechowywanie artykułów żywnościowych, leków, pasz, nasion i ziarna zbóż, a także przedmiotów osobistego użytku, materiałów pędnych i łatwo palnych.

## 7. Zbiór i przechowywanie surowca

Zbiór chmielu rozpoczyna się, gdy rośliny osiągną dojrzałość technologiczną. Jest to taka faza dojrzałości owocostanów, w której ich cechy jakościowe kształtują się na optymalnym poziomie z punktu widzenia przetwórstwa. W tym okresie szyszki charakteryzują się najkorzystniejszym składem chemicznym, a ich masa osiąga najwyższą wartość. Lupulina znajdująca się między listkami szyszki nabiera żółtego zabarwienia, pojawia się charakterystyczny chmielowy zapach. Szyszki stają się sprężyste, a ich listki zamykają się. Ustalenie odpowiedniego terminu zbioru jest bardzo istotne i wymaga dużego doświadczenia chmielarza. Zbyt wczesne rozpoczęcie zbioru powoduje obniżenie plonu z powodu niskiej masy szyszek, ponadto szyszki zebrane zbyt wcześnie charakteryzują się niższą zawartością alfa kwasów. Opóźnienie zbioru również wpływa niekorzystnie na jakość surowca. Szyszki stają się kruche, co zwiększa straty podczas zbioru maszynowego. Jednocześnie pogarszają się ich właściwości chemiczne ważne dla przemysłu piwowarskiego.

## 7.1. Zbiór

Chmiel zbiera się przy użyciu stacjonarnych maszyn zrywających, dlatego pierwszym etapem pracy jest pozyskanie roślin z plantacji oraz ich transport do stanowiska zbioru. Chmieliny (łodygi owinięte wokół jednego przewodnika) są odcinane od karpy, a następnie odrywane od siatki nośnej chmielnika. Czynności te zazwyczaj wykonuje się ręcznie. Jedna osoba przecina łodygi chmielu wraz z przewodnikiem na wysokości około 70–80 cm. Następnie dwie osoby jadące na przyczepie ciągnika chwytają odcięte końce chmielin i przytrzymują je podczas jazdy, co powoduje oderwanie przewodnika od siatki nośnej. Zerwane rośliny spadają kolejno na przyczepę. W większych gospodarstwach chmielarskich wykorzystuje się automatyczne zrywacze obsługiwane przez traktorzystę. Zrywacz taki przecina łodygi chmielu, a następnie odrywa je od siatki nośnej chmielnika. Rośliny równomiernie spadają na specjalną przyczepę, z której są automatycznie zsuwane po przywiezieniu do stanowiska zbioru. Chmieliny są umieszczane w podajniku maszyny zrywającej szyszki. Podajnik wciąga rośliny do maszyny wyposażonej w specjalne zęby zrywające umieszczone na obracających się bębnach. Powodują one oderwanie szyszek i części liści od pędów. Zerwana masa szyszek i liści jest następnie poddawana czyszczeniu na specjalnych czyszczalniach wykorzystujących różnice w kształcie i masie poszczególnych części roślin. Dobrze uregulowana maszyna do zbioru chmielu, powinna dokładnie odrywać szyszki od pędów, nie rozkruszać ich podczas zrywania, nie pozostawiać liści i fragmentów pędów w zerwanym surowcu, a także zapobiegać przedostawaniu się szyszek do frakcji odpadów.

## 7.2. Suszenie

Zerwane i oczyszczone szyszki chmielu należy jak najszybciej wysuszyć, gdyż przetrzymywane w stanie świeżym szybko tracą swoje walory. Prawidłowe suszenie pozwala na zachowanie cennych właściwości chemicznych szyszek nawet przez kilka miesięcy. Chmiel suszony jest w specjalnych suszarniach żaluzjowych opalanych paliwem stałym, ciekłym lub gazowym. Najczęściej stosowane są wielokondygnacyjne suszarnie komorowe, w których czynnikiem suszącym jest powietrze ogrzane do temperatury 45–60°C. Dzięki specjalnej konstrukcji suszarni ogrzane powietrze przemieszcza się od dołu ku górze przez poszczególne kondygnacje wypełnione chmielem o różnym stopniu wysuszenia. Świeże szyszki są umieszczane na najwyższym poziomie suszarni. Nad nim w dachu znajduje się wywietrz-



nik służący do odprowadzania wilgotnego powietrza. Suszenie wstępne na górnym sicie trwa 2–3 godziny, w tym czasie warstwa szyszek powinna być kilkakrotnie przemieszana, aby zapewnić równomierne wysuszenie. Wstępnie wysuszone szyszki są przesypywane na niższe kondygnacje suszarni, gdzie odbywa się ich dosuszenie. Świeże szyszki chmielu mają wilgotność około 80%. Po wysuszeniu, wilgotność najdłużej schnącej osadki, nie powinna przekraczać 6%. Czas suszenia zależy od budowy szyszek. Szyszki o delikatnej osadce suszy się przeważnie około 6 godzin, te o grubszej osadce około 8 godzin. Prawidłowo wysuszone szyszki chmielu powinny mieć barwę jasnozieloną oraz cytrynowożółtą lupulinę. Osadka powinna łatwo się łamać podczas zgniatania w palcach.

### 7.3. Nawilżanie i pakowanie

Po zakończeniu suszenia szyszki są bardzo kruche i łatwo ulegają uszkodzeniu, dlatego przed zapakowaniem należy przywrócić im elastyczność. Uzyskuje się to przez wtórne zwiększenie wilgotności suszu do około 12%. Wysuszony chmiel jest higroskopijny, a więc stopniowo pochłania wodę z powietrza. Susz można więc nawilżyć w sposób naturalny, przechowując go w dobrze przewietrzanych magazynach, w luźnych stosach przez okres około 2 tygodni. Jednak długotrwałe przetrzymywanie niespakowanego suszu powoduje utlenianie cennych składników chemicznych i w konsekwencji pogorszenie jego jakości. Szyszki powinny być zatem jak najszybciej sprasowane i zapakowane, aby ograniczyć dostęp powietrza. Proces nawilżania należy więc przeprowadzić możliwie szybko. Służą do tego klimatyzatory, w których warstwa suszu jest przedmuchiwana powietrzem o temperaturze około 25–28°C i wilgotności względnej 80–95%. W klimatyzatorze proces nawilżania można skrócić nawet do 90 min.

Nawilżone szyszki odzyskują elastyczność. Pozwala to na ich bezpieczne zgniatanie i pakowanie bez obawy o rozkruszenie. Chmiel pakowany jest w worki chmielarskie cylindryczne o średnicy 70 cm i wysokości 200 cm lub worki o kształcie prostopadłościanu. Worek taki powinien zawierać około 60–70 kg sprasowanych szyszek. Prasowanie chmielu nie tylko zmniejsza objętość surowca, ale również ogranicza penetrację powietrza, co hamuje procesy utleniania żywic chmielowych cennych dla przemysłu piwowarskiego. Do pakowania chmielu używane są prasy mechaniczne z regulowaną siłą nacisku. Równomierne napełnienie worka następuje przez sprasowanie kilku porcji chmielu. Następnie worek jest zaszywany i odstawiany do chłodnego magazynu.

## 7.4. Przechowywanie chmielu

Dobrze wysuszony, sprasowany chmiel może być przechowywany przez okres kilku miesięcy w suchych magazynach pozbawionych obcych zapachów. Najlepiej jeśli chmiel magazynowany jest w chłodniach w temperaturze  $+1^{\circ}\text{C}$  do  $+5^{\circ}\text{C}$ . W takich warunkach procesy utleniania zachodzą bardzo powoli, co pozwala na zachowanie cennych składników szyszek.

Spakowanie źle wysuszonych szyszek może doprowadzić do samozapłonu surowca. W obecności wilgoci i tlenu zachodzą egzotermiczne procesy utleniania żywic i materii organicznej prowadzące do wzrostu temperatury wewnątrz worka chmielowego. Pod wpływem wysokiej temperatury susz początkowo brązowieje, a następnie może dojść do jego zapalenia.

Obecnie chmiel jest niemal w całości przetwarzany na produkty chmielowe, głównie granulaty i ekstrakty o standaryzowanej zawartości alfa kwasów. Przerób następuje w ciągu kilku miesięcy po zbiorach, tak aby straty cennych dla piwowarstwa substancji aktywnych chmielu były jak najmniejsze.

Wysuszony i zapakowany chmiel jest dopuszczany do obrotu handlowego po uzyskaniu certyfikatu. Certyfikat jest wydawany przez Inspekcję Jakości Handlowej Artykułów Rolno-Spożywczych na podstawie badań laboratoryjnych. Potwierdza on, że dana partia chmielu pochodząca z jednej odmiany spełnia minimalne wymagania jakościowe w zakresie wilgotności, zawartości zanieczyszczeń organicznych i nasion. Wilgotność szyszek nie może przekraczać 14%, zawartość zanieczyszczeń grubych 6%, natomiast zanieczyszczeń drobnych 4%. Zawartość nasion w chmielu niezaziarnionym nie może być większa niż 2%.

## 8. Fazy rozwojowe roślin chmielu

Poprawne określenie fazy rozwojowej rośliny uprawnej pozwala nie tylko na prawidłowe określenie progu szkodliwości choroby lub szkodnika, ale również na terminowe wdrożenie agrotechnicznych metod ochrony roślin, co zwiększa ich skuteczność. Fazy fenologiczne powinny być również podstawą programowania nawożenia roślin, szczególnie nawozami azotowymi. Prawidłowe wyznaczenie okresów największego zapotrzebowania roślin na niektóre składniki pokarmowe pozwala na ich lepsze wykorzystanie.

Obecnie najbardziej uniwersalną i jednocześnie najprostszą skalą do określania głównych faz rozwojowych roślin jedno- oraz dwuliściennych jest skala BBCH przyjęta w krajach Unii Europejskiej. Skala ta, w całym rozwoju rośliny, określa 10 wyraźnie różniących się faz głównych. Fazy te ponumerowane są od 0 do 9, przy czym wyższa cyfra wskazuje na późniejszą fazę rozwojową rośliny. W celu dokładniejszego określenia rozwoju poszczególnych gatunków roślin, w obrębie każdej fazy głównej wydzielono szereg charakterystycznych etapów pośrednich, numerując je również od 0 do 9. Precyzyjne określenie fazy rozwojowej opiera się więc na dwucyfrowym kodzie, w którym pierwsza cyfra oznacza główną fazę rozwojową natomiast druga – etap pośredni. Każdej fazie odpowiada inny wygląd zewnętrzny opisywanej rośliny. Przejście od jednej fazy do kolejnej odbywa się w sposób płynny. Przyjmuje się, że początek fazy przypada wówczas, gdy 10% roślin ma cechy charakterystyczne dla danej fazy rozwojowej, natomiast pełnia – gdy 50 % roślin posiada te cechy. Długość fazy rozwojowej zależy od gatunku rośliny, odmiany oraz od warunków atmosferycznych w danym regionie uprawy.

## **Klucz do określania faz rozwojowych chmielu BBCH**

### **Główna faza rozwojowa 0: Wschody**

---

- 00 Spoczynek: karpa bez widocznych pędów (przed cięciem)
- 01 Spoczynek: karpa bez widocznych pędów (cięcie przeprowadzone)
- 07 Początek wzrostu pędów pod powierzchnią gleby (karpa przed cięciem)
- 08 Początek wzrostu pędów pod powierzchnią gleby (cięcie przeprowadzone)
- 09 Pierwsze pędy widoczne na powierzchni gleby

### **Główna faza rozwojowa 1: Rozwój liści**

---

- 11 Rozwinięta pierwsza para liści
- 12 Rozwinięta druga para liści (początek okręcania się pędów)
- 13 Rozwinięta trzecia para liści
- 1. Fazy trwają aż do...
- 19 Rozwinięta dziewiąta i następne pary liści

### **Główna faza rozwojowa 2: Tworzenie pędów bocznych**

---

- 21 Widoczna pierwsza para pędów bocznych
- 22 Widoczna druga para pędów bocznych
- 23 Widoczna trzecia para pędów bocznych
- 2. Fazy trwają aż do...
- 29 Rozwinięta dziewiąta i następne pary pędów bocznych (pojawiają się pędy boczne drugiego rzędu)

### **Główna faza rozwojowa 3: Wydłużanie się pędów głównych**

---

- 31 Pędy osiągają 10% wysokości konstrukcji nośnej chmielnika
- 32 Pędy osiągają 20% wysokości konstrukcji nośnej chmielnika
- 33 Pędy osiągają 30% wysokości konstrukcji nośnej chmielnika
- 3. Fazy trwają aż do...
- 38 Pędy dorastają do siatki nośnej chmielnika
- 39 Zakończenie wzrostu pędów głównych

### **Główna faza rozwojowa 5: Rozwój kwiatostanów**

---

- 51 Widoczne pąki kwiatostanów
- 55 Nabrziałe pąki kwiatostanów

### **Główna faza rozwojowa 6: Kwitnienie**

---

- 61 Początek kwitnienia: około 10% kwiatostanów otwartych
- 62 Około 20% kwiatostanów otwartych
- 63 Około 30% kwiatostanów otwartych
- 64 Około 40% kwiatostanów otwartych
- 65 Pełnia kwitnienia: około 50% kwiatostanów otwartych
- 66 Około 60% kwiatostanów otwartych
- 67 Około 70% kwiatostanów otwartych
- 68 Około 80% kwiatostanów otwartych
- 69 Koniec kwitnienia

### **Główna faza rozwojowa 7: Rozwój szyszek**

---

- 71 Początek wiązania szyszek: 10% kwiatostanów przekształcona w szyszki
- 75 Połowa fazy rozwoju szyszek: wszystkie kwiatostany przekształcone w szyszki, szyszki małe, znamiona słupków nadal widoczne
- 79 Rozwój szyszek zakończony: niemal wszystkie szyszki osiągają maksymalną wielkość, szyszki miękkie

### **Główna faza rozwojowa 8: Dojrzewanie szyszek**

---

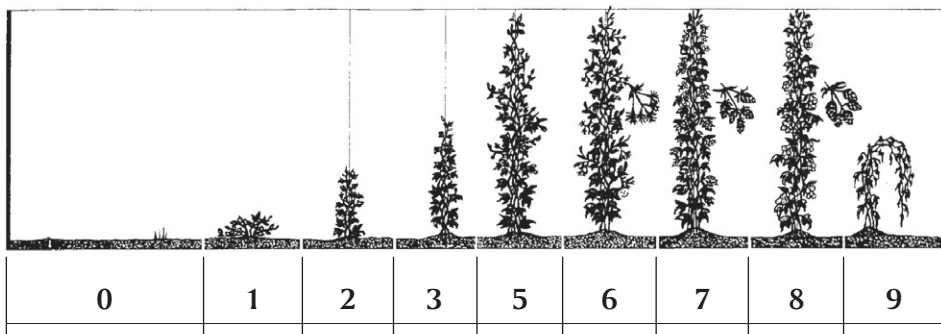
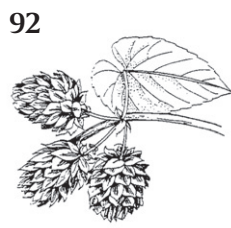
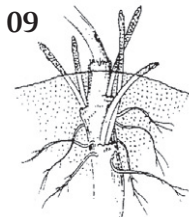
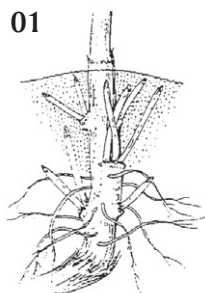
- 81 Początek dojrzewania: 10% szyszek z zamkniętymi listkami
- 82 20% szyszek z zamkniętymi listkami
- 83 30% szyszek z zamkniętymi listkami
- 84 40% szyszek z zamkniętymi listkami
- 85 Zaawansowane dojrzewanie: 50% szyszek z zamkniętymi listkami
- 86 60% szyszek z zamkniętymi listkami
- 87 70% szyszek z zamkniętymi listkami
- 88 80% szyszek z zamkniętymi listkami
- 89 Szyszki dojrzałe do zbioru: zamknięte listki, lupulina barwy żółto-żółtej, pełny chmielowy aromat

### **Główna faza rozwojowa 9: Starzenie się i wchodzenie w okres spoczynku**

---

- 92 Dojrzałość fizjologiczna: szyszki żółto-brązowe, pogorszenie jakości aromatu
- 97 Okres spoczynku: liście i pędy nadziemne zamierają

**Rys.1.** Klucz do określania faz rozwojowych chmielu w skali BBCH  
 (Growth stages of mono- and dicotyledonous plants. BBCH  
 Monograph, edited by Uwe Meier. Julius Kühn-Institut,  
 Quedlinburg, 2018)





## 9. Zasady prowadzenia dokumentacji w integrowanej ochronie roślin

Posiadacze gruntów, na których są wykonywane zabiegi z użyciem środków ochrony roślin przez użytkowników profesjonalnych, w tym również plantatorzy chmielu, są zobowiązani do prowadzenia ewidencji zabiegów wykonywanych przy użyciu chemicznych środków ochrony roślin. Zapisywanie podstawowych danych o przeprowadzonych zabiegach umożliwia właściwe planowanie ochrony przed chorobami i szkodnikami oraz ułatwia dobór odpowiednich preparatów. Informacja o wcześniej wykonanych zabiegach pozwala na taki dobór środków ochrony roślin, aby ograniczyć zjawisko uodparniania się agrofagów na substancje czynne. Ułatwia również zachowanie zalecanych okresów prewencji i karencji.

Ewidencja powinna zawierać:

- nazwę rośliny,
- powierzchnię uprawy w gospodarstwie,
- wielkość powierzchni chronionej oraz termin wykonania zabiegu,
- nazwę zastosowanego środka ochrony roślin,
- dawkę środka,
- przyczynę zastosowania środków ochrony roślin określoną na podstawie monitorowania organizmu szkodliwego oraz przekroczenia progu szkodliwości.

Ewidencja powinna być przechowywana przez okres przynajmniej trzech lat od dnia wykonania zabiegu. Zapisy zawarte w prowadzonej ewidencji mogą być kontrolowane przez Państwową Inspekcję Ochrony Roślin i Nasiennictwa pod kątem: stosowania środków dopuszczonych do obrotu, ich prawidłowego wykorzystania w odniesieniu do uprawy i organizmu szkodliwego, terminu wykonania zabiegu oraz dawki preparatu.

W gospodarstwach chmielarskich, w których uprawia się różne odmiany chmielu na kilku kwaterach, ewidencję należy prowadzić oddzielnie dla każdej kwatery. Zapisy o stosowaniu środków ochrony roślin można uzupełnić uwagami dotyczącymi warunków atmosferycznych, fazy rozwojowej rośliny, a przede wszystkim skuteczności przeprowadzonego zabiegu zwalczania agrofagów. Nie są to wprowadzić informacje wymagane w ustawie, ale mogą być bardzo przydatne w planowaniu zabiegów ochronnych.

Ustawa nie precyzuje formy prowadzenia ewidencji stosowanych środków ochrony roślin. Zapisy o zabiegach można prowadzić w samodzielnie sporządzonym dokumencie, np. w zeszycie, ale wygodniej jest skorzystać z gotowych formularzy.

Przykładowy spis kwater oraz wzór ewidencji stosowanych środków ochrony roślin podano w tabelach 27 i 28.

Państwowa Inspekcja Ochrony Roślin i Nasiennictwa w ramach prowadzonych kontroli stosowania środków ochrony roślin weryfikuje u profesjonalnych użytkowników stosowanie zasad integrowanej ochrony roślin z wykorzystaniem listy weryfikacyjnej (tab. 29).

Stosowanie środków ochrony roślin z uwzględnieniem zasad integrowanej ochrony wiąże się z wypełnieniem podstawowych wymogów prawnych dotyczących posiadanej dokumentacji, prawidłowości przygotowania i wykonywania zabiegów ochrony roślin, a także postępowania po wykonaniu zabiegu opryskiwania. Obligatoryjne wymagania dla profesjonalnego użytkownika środków ochrony roślin przedstawiono w tabeli 30.

**Tabela 27.** Spis kwater chmielu oraz ich oznaczenie

L.p.	Oznaczenie kwatery	Powierzchnia (ha)	Rok założenia	Uprawiana odmiana chmielu
1				
2				
3				
4				
5				

**Tabela 28. Przykładowy wzór ewidencji środków ochrony roślin stosowanych w uprawie chmielu**

Odmiana chmielu	Powierzchnia uprawy (ha)	Powierzchnia, na której wykonano zabieg (ha)	Kwatery, na których wykonano zabieg	Termin wykonania zabiegu	Zastosowany środek ochrony roślin			Przyczyna zastosowania środka ochrony roślin (np. nazwa choroby lub szkodnika.)	Uwagi
					nazwa	dawka (kg, l/ha)	ilość cieczy użytkowej (l/ha)		

**Tabela 29.** Lista weryfikacyjna stosowania zasad integrowanej ochrony chmielu

Podejmowane działania	TAK / NIE	Uwagi
<b>I. Działania w celu zapobiegania lub ograniczania występowania organizmów szkodliwych</b>		
Stosowanie materiału sadzonkowego o potwierdzonej zdrowotności.	<input type="checkbox"/> / <input type="checkbox"/>	
Właściwy termin wykonania zabiegów agrotechnicznych i pielęgnacyjnych.	<input type="checkbox"/> / <input type="checkbox"/>	
Stosowanie metod agrotechnicznych ograniczających ryzyko występowania chorób i szkodników, np. naprowadzanie odpowiedniej liczby pędów na przewodniki (4-6 pędów z karpy), usuwanie dolnych pędów i liści, mechaniczne niszczenie chwastów, głęboszowanie.	<input type="checkbox"/> / <input type="checkbox"/>	
Racjonalne nawożenie w oparciu o wyniki analiz zasobności gleby oraz stosowanie nawozów azotowych z uwzględnieniem podziału dawki w terminach dostosowanych do fazy rozwojowej roślin.	<input type="checkbox"/> / <input type="checkbox"/>	
Regulacja odczynu gleby poprzez wapnowanie, jeśli na taką potrzebę wskazują wyniki analiz glebowych.	<input type="checkbox"/> / <input type="checkbox"/>	
Usuwanie porażonych roślin lub ich organów w celu ograniczania lub eliminacji źródeł infekcji.	<input type="checkbox"/> / <input type="checkbox"/>	
Stosowanie środków higieny, np. czyszczenie i dezynfekcja maszyn, sprzętów, itp.	<input type="checkbox"/> / <input type="checkbox"/>	
<b>II. Korzystanie z narzędzi wspomagających podejmowanie decyzji o zwalczaniu organizmów szkodliwych</b>		
Systematyczne prowadzenie lustracji pod kątem występowania chorób i szkodników.	<input type="checkbox"/> / <input type="checkbox"/>	
Prowadzenie ochrony chemicznej w oparciu o progi ekonomicznej szkodliwości lub wyniki oceny zagrożenia chorobowego uprawy.	<input type="checkbox"/> / <input type="checkbox"/>	
Prowadzenie notatek dotyczących występowania organizmów szkodliwych, wykonywanych zabiegów oraz innych zjawisk mających wpływ na produktywność plantacji, np. susza, gradobicie.	<input type="checkbox"/> / <input type="checkbox"/>	
Korzystanie z danych meteorologicznych.	<input type="checkbox"/> / <input type="checkbox"/>	
Korzystanie z opracowań naukowych oraz usług doradczych w integrowanej ochronie roślin.	<input type="checkbox"/> / <input type="checkbox"/>	
<b>III. Podejmowanie działań w celu minimalizowania zagrożeń związanych ze stosowaniem środków ochrony roślin</b>		
Stosowanie selektywnych środków ochrony roślin.	<input type="checkbox"/> / <input type="checkbox"/>	
Zastępowanie ochrony chemicznej metodami alternatywnymi, gdy jest to możliwe i uzasadnione ekonomicznie.	<input type="checkbox"/> / <input type="checkbox"/>	
Przemienne stosowanie środków ochrony roślin o różnych mechanizmach działania.	<input type="checkbox"/> / <input type="checkbox"/>	
Ograniczenie liczby zabiegów i stosowanych środków ochrony roślin do niezbędnego minimum.	<input type="checkbox"/> / <input type="checkbox"/>	
<b>IV. Czy w ocenie profesjonalnego użytkownika stosowane działania i metody integrowanej ochrony roślin są efektywne?</b>	<input type="checkbox"/> / <input type="checkbox"/>	

**Tabela 30. Obligatoryjne wymagania dla profesjonalnego użytkownika środków ochrony roślin**

Punkty kontrolne	Spełnienie wymagań TAK / NIE	Uwagi
Posiadanie przez osobę stosującą środki ochrony roślin aktualnego, na czas wykonywania zabiegów, zaświadczenia o ukończeniu szkolenia w zakresie stosowania środków ochrony roślin lub doradztwa dotyczącego środków ochrony roślin lub integrowanej produkcji, lub innego dokumentu potwierdzającego uprawnienia do stosowania środków ochrony roślin.	<input type="checkbox"/> / <input type="checkbox"/>	
Posiadanie dowodów zakupu fabrycznie nowego sprzętu albo aktualnego protokołu badania technicznego potwierdzającego sprawność techniczną sprzętu przeznaczonego do stosowania środków ochrony roślin oraz oznaczenia znakiem kontrolnym lub posługiwanie się sprzętem wyłączonym z obowiązku badań.	<input type="checkbox"/> / <input type="checkbox"/>	
Posiadanie i prawidłowe prowadzenie dokumentacji dotyczącej stosowanych środków ochrony roślin.	<input type="checkbox"/> / <input type="checkbox"/>	
Stosowanie środków ochrony roślin zgodnie z etykietą, w tym z zachowaniem warunków dotyczących środków ostrożności związanych z ochroną zdrowia ludzi i zwierząt oraz ochroną środowiska naturalnego, np. zachowanie stref ochronnych i bezpiecznych odległości od zbiorników i cieków wodnych, pasiek i terenów nieużytkowanych rolniczo.	<input type="checkbox"/> / <input type="checkbox"/>	
Stosowanie środków ochrony roślin z uwzględnieniem zasad integrowanej ochrony.	<input type="checkbox"/> / <input type="checkbox"/>	
Przechowywanie środków ochrony roślin wyłącznie w oryginalnych opakowaniach.	<input type="checkbox"/> / <input type="checkbox"/>	
Przechowywanie środków ochrony roślin w miejscach do tego przeznaczonych zgodnie z wymaganiami prawa.	<input type="checkbox"/> / <input type="checkbox"/>	
Używanie wyłącznie środków ochrony roślin dopuszczonych do obrotu i stosowania zezwoleniem/pozwoleniem ministra właściwego do spraw rolnictwa (wpisanych do rejestru środków ochrony roślin).	<input type="checkbox"/> / <input type="checkbox"/>	
Używanie nieprzeterminowanych środków ochrony roślin.	<input type="checkbox"/> / <input type="checkbox"/>	
Prawidłowe postępowanie z opakowaniami jednostkowymi po środkach ochrony roślin.	<input type="checkbox"/> / <input type="checkbox"/>	
Przestrzeganie okresu, po zastosowaniu środka ochrony roślin, w którym ludzie oraz zwierzęta gospodarskie nie powinny przebywać na obszarze objętym zabiegami.	<input type="checkbox"/> / <input type="checkbox"/>	
Przestrzeganie warunków dotyczących miejsc sporządzania cieczy użytkowej oraz napełniania sprzętu do stosowania środków ochrony roślin.	<input type="checkbox"/> / <input type="checkbox"/>	
Przestrzeganie środków ostrożności dla osób stosujących środki, pracowników oraz osób postronnych.	<input type="checkbox"/> / <input type="checkbox"/>	
Przestrzeganie warunków prawidłowego postępowania z resztkami cieczy użytkowej.	<input type="checkbox"/> / <input type="checkbox"/>	
Przestrzeganie wymagań dotyczących miejsc czyszczenia sprzętu do stosowania środków ochrony roślin.	<input type="checkbox"/> / <input type="checkbox"/>	



## 10. Literatura uzupełniająca

1. Borecki Z.: Nauka o chorobach roślin. PWRiL, Warszawa, 1996.
2. Doroszevska T., Skomra U., Przybyś M., Czubacka A., Grudzińska-Sterno M.: Uzyskiwanie zdrowych sadzonek chmielu jako element restrukturyzacji odmianowej. *Studia i Raporty IUNG-PIB*, 2008, 13:97–110.
3. Dwornikiewicz J.: Nawadnianie chmielu. Instrukcja upowszechnieniowa 54/95, IUNG, Puławy, 1995.
4. Dwornikiewicz J.: Fitosanitarne i agrotechniczne zasady sadzenia chmielu. Instrukcja upowszechnieniowa. IUNG-PIB, Puławy, 2006, 114.
5. Dwornikiewicz J., Jastrzębski A., Migdal J., Solarska E., Stasiak M.: Integro- wana produkcja chmielu. Materiały szkoleniowe. IUNG, Puławy, 1997, 58.
6. Dwornikiewicz J., Pietruch Cz., Kozyra J.: System sygnalizacji zagrożenia plantacji chmielu przez mączniaka rzekomego. *Studia i Raporty IUNG-PIB*, 2008, 13:21–129.
7. Engelhardt B.: The impact of weather conditions on the behaviour of powdery mildew in infecting hop (*Humulus*). *Acta Hort.*, 2005, 668:111–116.
8. Engelhardt B., Goldbrunner C., Seigner E.: Investigation on biology of hop powdery mildew (*Sphaerotheca humuli*) as a basis for specific strategies of control. Proc. of Technical Commission IHGC, Canterbury, England, 2001: 30–46.
9. Fotyma M., Mercik S.: *Chemia rolna*. PWN, Warszawa, 1992.
10. Gent D.H., Barbour J.D., Dreves A.J., James D.G., Parker R., Walsh D.B.: *Field Guide for Integrated Pest Management in Hops*. Oregon State University, University of Idaho, USDA Agricultural Research Service, Washington State University, USA, 2009.
11. Growth stages of mono- and dicotyledonous plants. BBCH Monograph, edited by Uwe Meier. Julius Kühn-Institut, Quedlinburg, 2018
12. Jastrzębski A.: Wpływ niektórych czynników pogody na przebieg zasiedlania roślin chmielu (*Humulus lupulus* L.) przez mszycę śliwowo-chmielową (*Phorodon humuli* Ochr. – Homoptera, Aphididae). IUNG, Puławy, 1993, seria R(307).
13. Kozyra J., Dwornikiewicz J., Niróbcza A., Pietruch Cz.: Agrometeorologiczny system ochrony plantacji chmielu przed mączniakiem rzekomym (*Pseudopezonospora humuli* Miyabe& Takah.). *Przegląd Naukowy. Inżynieria i kształtowanie środowiska*, rocznik XVI, 2007, z. 3(37):48–54.

14. Krofta K., Nesvadba V.: How hop powdery mildew influences the quality of hops and beer? Proc. of Scientific Commission IHGC, Dobrna-Žalec, Slovenia, 2003:58–62.
15. Mahaffee W.F., Pethybridge S.J., Gent D.H.: Compendium of hop diseases and pests. APS Press, USA, 2009.
16. Majewski K.: Wstępne doświadczenia nad wartością nawozową wsiewki żyta w uprawie chmielu. Pam. Puł., 1969, 36:223–232.
17. Migdal J.: Nawożenie chmielu. IUNG, Puławy, 1986, seria P(40).
18. Migdal J. i Zaorski T. (red.): Poradnik plantatora chmielu. IUNG, Puławy, 1996.
19. Proekologiczna ochrona chmielu. Materiały szkoleniowe, IUNG, Puławy, 1996, 49.
20. Rybaček V.: Hop production. Development in crop science 16. ELSEVIER, Amsterdam, Oxford, New York, Tokyo, 1991.
21. Seigner E., Seefelder S., Engelhard B., Hasys S., Felsenstein F.G.: Infektionspotenzial des echten mehlatas (*Sphaerotheca humuli*) in abhängigkeit vom entwicklungsstadium des hopfens (*Humulus lupulus*). Gesunde Pflanzen, 55, Jahrg., 2003, 2:29–33.
22. Skomra U.: Polskie odmiany chmielu. IUNG-PIB, Puławy, 2010.
23. Skomra U.: Mączniak prawdziwy – groźna choroba chmielu. Studia i Raporty IUNG-PIB, 2008, 13:111–120.
24. Skomra U., Kawka-Lipińska M.: Poradnik sygnalizatora ochrony chmielu. IUNG-PIB, Puławy, 2018.
25. Solarska E.: Wędnięcie infekcyjne chmielu (*Humulus lupulus* L.) uprawianego na Lubelszczyźnie. IUNG, Puławy, 1981, seria R(156).
26. Solarska E.: Choroby i szkodniki chmielu. IUNG, Puławy, 1990, seria P(45).
27. Solarka E.: Ograniczanie wercyciliozy chmielu przez uprawę żyta w międzyrzędziach. Instrukcja wdrożeniowa. IUNG, Puławy, 1996, 183.
28. Solarska E.: Kształtowanie się zbiorowisk grzybów i bakterii w glebie pod uprawą chmielu w zależności od zabiegów agrotechnicznych ograniczających wercyciliozę (*Verticillium albo-atrum*). Rozprawa habilitacyjna, IUNG, Puławy, 1996.
29. Solarska E.: Zabezpieczenie zdrowych plantacji chmielu przed chorobami wirusowymi. Instrukcja upowszechnieniowa. IUNG-PIB, Puławy, 2006, 113.
30. Solarska E., Dwornikiewicz J., Migdal J., Jastrzębski A.: Aktualne zalecenia agrotechniki chmielu. Instrukcja upowszechnieniowa. IUNG, Puławy, 2001, 77.

31. Solarska E., Migdal J., Dwornikiewicz J.: Oddziaływanie wybranych gatunków roślin uprawianych w międzyrzędziach na plonowanie chmielu i występowanie wertyciliozy (*Verticillium albo-atrum*). Pam. Puł., 1996, 107:77–84.
32. Stasiak M.: Wpływ niektórych warunków przechowywania granulatów na zmiany zawartości alfa-kwasów i wybranych olejków chmielowych. Przem. Ferm. i Owoc-Warz., 2004, 9:8–10.
33. Stasiak M.: Wpływ metody zakładania plantacji chmielu na plon szyszek i zawartość alfa kwasów. Studia i Raporty IUNG-PIB, 2008, 13:131–136.
34. Szewczuk Cz.: Wpływ nawozów zielonych uprawianych w międzyrzędziach chmielnika na plony szyszek. Fragm. Agro., 1995, 1(45):35–41.
35. The spirit of beer. Hops from Germany. CMA Central Marketing Organization of German Agricultural Industries.  
[www.deutscher-hopfen.de/contentserv/hopfenpflanzerverband.de](http://www.deutscher-hopfen.de/contentserv/hopfenpflanzerverband.de)
36. Turechek W.W., Mahaffee W.F., Ocamb C.M.: Development of management strategies for hop powdery mildew in the Pacific Northwest. Online. Plant Health Progress doi:10.1094/PHP-2001-0313-01-RS, 2001.
37. Virant M., Majer D.: Hop storage index – indicator of a brewing quality. Proc. of the Technical Commission IHGC, Sofia, Bulgaria, 2003, 4–8 August: 3–11.
38. Wirowski Z., Migdal J.: Agrotechniczne metody zapobiegania chorobom wędnięcia chmielu. Instrukcja wdrożeniowa. IUNG, Puławy, 1979, 72.
39. [www.iung.pl/dpr/nawozy\\_naturalne\\_rodzaje.html](http://www.iung.pl/dpr/nawozy_naturalne_rodzaje.html)



INSTYTUT UPRAWY NAWOŻENIA I GLEBOZNAWSTWA  
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY W PUŁAWACH