INSTYTUT UPRAWY NAWOŻENIA I GLEBOZNAWSTWA
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY W PUŁAWACH

Urszula Skomra

Metodyka integrowanej ochrony chmielu

Urszula Skomra

Metodyka integrowanej ochrony chmielu

INSTYTUT UPRAWY NAWOŻENIA I GLEBOZNAWSTWA
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY W PUŁAWACH

INSTYTUT UPRAWY NAWOŻENIA I GLEBOZNAWSTWA
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY

Recenzent:
prof. dr hab. Stanisław Berbeć

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
www.iung.pulawy.pl

ISBN 978-83-7562-197-6

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 I
Nakład: 300 szt.

PUŁAWY 2015

Spis treści

1. Wstęp **1**

2. Ogólne zasady agrotechniki chmielu **2**

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 roślin 11

2.3. Dobór odmiany 11

2.4. Zabiegi pielęgnacyjne na plantacjach chmielu 15

2.4.1. Ciecie karp chmielu 15

2.4.2. Naprowadzanie pędów na przewodniki 17

2.4.3. Usuwanie dolnych pędów bocznych i liści 18

2.4.4. Uprawa roli na plantacjach chmielu 19

2.4.5. Współrzędna uprawa z chmielem roślin przeznaczonych na zielony nawóz 21

2.5. Nawożenie i nawadnianie chmielu 23

2.5.1. Wapnowanie 24

2.5.2. Nawożenie azotem 26

2.5.3. Nawożenie fosforem i potasem 27

2.5.4. Nawożenie magnezem 28

2.5.5. Nawożenie organiczne 30

2.5.6. Nawożenie mikroelementami 32

2.5.7. Nawadnianie chmielu 34

3. Regulacja zachwaszczenia w uprawie chmielu **36**

3.1. Niechemiczne metody regulacji zachwaszczenia 36

3.2. Chemiczne metody regulacji zachwaszczenia 37

4. Ograniczanie sprawców chorób **39**

4.1. Najważniejsze choroby chmielu 41

4.1.1. Mączniak rzekomy chmielu 41

4.1.2. Mączniak prawdziwy chmielu 44

4.1.3. Werticilioza 47

4.1.4. Fuzarioza 49

4.1.5. Choroby powodowane przez wirusy i wiroidy 50

4.2. Niechemiczne metody ochrony chmielu przed chorobami 51

4.2.1. Metoda agrotechniczna 51

4.2.2. Metoda hodowlana 54

4.3. Chemiczne metody ochrony chmielu przed chorobami 54
4.3.1. Progi ekonomicznej szkodliwości 54
4.3.2. Systemy wspomagania decyzji 55
4.3.3. Wybór środka chemicznego 56

5. Ograniczanie strat powodowanych przez szkodniki 59
5.1. Najważniejsze gatunki szkodników w uprawie chmielu 59
5.1.1. Mszyca śliwowo-chmielowa 59
5.1.2. Przędziorek chmielowiec 61
5.1.3. Opuchlak lucernowiec 65
5.1.4. Omacnica prosowianka 66
5.1.5. Pchełka chmielowa 67
5.2. Niechemiczne metody ochrony chmielu przed szkodnikami 69
5.3. Chemiczne metody ochrony chmielu przed szkodnikami 70
5.3.1. Progi ekonomicznej szkodliwości 70
5.3.2. Wybór środka chemicznego 71

6. Zasady stosowania pestycydów w integrowanej ochronie chmielu 74
6.1. Uodparnianie się agrofagów na pestycydy 74
6.2. Ochrona środowiska wodnego 74
6.3. Ochrona organizmów pożytecznych 75
6.4. Technika aplikacji środka ochrony roślin 77

7. Zbiór i przechowywanie surowca 79
7.1. Zbiór 80
7.2. Suszenie 81
7.3. Nawilżanie i pakowanie 81
7.4. Przechowywanie chmielu 82

8. Fazy rozwojowe roślin chmielu 83

9. Zasady prowadzenia ewidencji środków ochrony roślin stosowanych w uprawie chmielu 86

10. Literatura uzupełniająca 89

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 istotne. 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 zwiększają ich odporność 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 umiejętność oceny 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 karpy jest ochrona tkanki twórczej w postaci licznych pąków śpiących, z których wiosną wybijają jednoroczne pędy nadziemne. W karpie gromadzone są też substancje zapasowe. System korzeniowy chmielu jest mocno rozbudowany i może sięgać nawet 4–6 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 włośniki 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 karpy 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, dzięki którym utrzymują się na podporach. W początkowej fazie wzrostu następuje intensywne wydłużanie się 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 wpływu poszczególnych

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 bardziej odporne 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 karpy. 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 zielone, 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 przekracza 550 mm, z czego na okres wegetacji powinno przypadać co najmniej 350 mm. W Polsce najkorzystniejsze warunki klimatyczne dla uprawy chmielu występują na Lubelszczyźnie, Dolnym Śląsku, w Kotlinie Sandomierskiej 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 bielicowe wytworzone z piasków gliniastych. 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 usłonecznienia 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. W celu poprawy żyzności i zasobności głębszych warstw gleby oraz ograniczenia zachwaszczenia zaleca się uprawę wieloletnich roślin motylkowatych w mieszance z trawami lub motylkowatych 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 pożniwnych 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 organiczne 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) ilość azotu wnoszonego w okresie roku z nawozami naturalnymi nie może przekraczać 170 $kg \cdot ha^{-1}$. Biorąc pod uwagę przeciętną zawartość azotu w oborniku w granicach od 4,7 do 5,4 $kg \cdot t^{-1}$, dopuszczalna dawka tego nawozu nie powinna być większa niż 31–36 $t \cdot ha^{-1}$. 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. Przyjmuje się, że dobrze dobrany przedplon może zrównoważyć w przybliżeniu połowę dawki obornika. Na nawozy zielone uprawia się przeważnie rośliny motylkowate, które wzbogacają glebę w azot. Po upływie 4–6 tygodni od nawożenia 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. 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 ciężkich, 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

Fot. 1. Konstrukcja nośna chmielnika

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

rodzaj siatki rozpiętej nad plantacją na słupach wykonanych najczęściej z wgłębnie impregnowanego drewna sosnowego (fot.1). Całość konstrukcji jest zmocowana za pośrednictwem odpowiednich cięgien i kotwic, tak aby uzyskać wytrzymałość pozwalającą na przyjęcie dużych obciążeń wynikających z masy roślin oraz warunków atmosferycznych (wiatr, deszcz). Górna siatka chmielnika służy do mocowania przewodników roślin wykonanych z drutu lub sznurka polipropylenowego. Dolna część przewodnika jest kotwiczona w ziemi w okolicy karpy. Najczęściej do jednej karpy doprowadza się dwa przewodniki, które tworzą układ w kształcie litery V (fot. 2). Pozwala to na naprowadzenie odpowiedniej liczby pędów z karpy oraz zapewnienie roślinom należytego dostępu światła.

2.2.2. Rodzaj sadzonek

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

- sadzonki nieukorzenione, tzw. sztobry,
- sadzonki ukorzenione uzyskane ze sztobrów,
- 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 wysadzane 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 ukorzeniania, rozwijająca się roślina korzysta tylko z zasobów tych składników zawartych w sadzonce. W sprzyjających warunkach wilgotności i temperatury, sto-

sunkowo 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 wówczas do gnicia sztobrów. Sadząc sztobry 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. Szto-

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

Fot. 4. Sadzonka chmielu uzyskana z fragmentu pędu zielnego

bry 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 sztobry 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 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 zdrowych roślin matecznych przez sadzonki zielne, które uzyskuje się z fragmentów niezdrewniałych pędu z jedną parą liści. Proces ryzogenezy jest wspomagany przez traktowanie sadzonek odpowiednim ukorzeniaczem oraz utrzymywanie optymalnej temperatury i wysokiej wilgotności. 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 ukorzenione, 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 patogenów 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 poprzez wegetatywne rozmnażanie roślin. Daje to gwarancję uzyskania wysokiej jakości surowca przy mniejszym obciążeniu środowiska.

2.2.3. Rozstawa roślin

Chmiel jest gatunkiem światłolubnym, dlatego rośliny muszą być sadzone w takich odległościach, aby zapewnić im równomierny dostęp promieniowania słonecznego. Standardowo chmiel sadzi 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 1,2 m.

Rozstawa roślin wpływa na wielkość oraz jakość plonów. Zbyt gęste sadzenie powoduje duże zacienienie dolnych części rośliny, co skutkuje zawiązywaniem 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 zwarcie 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.

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 wchodzą 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 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 10–18% i są wykorzystywane w początkowej fazie warzenia piwa, co gwarantuje wytworzenie pożądanych 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 pożądane pochodne o gorzkim samku. Aromatyczne odmiany chmielu charakteryzują się więc niższą zawartością alfa kwasów w porównaniu z goryczkowymi. Najbardziej szlachetne odmiany aromatyczne cechują się również niskim potencjałem plonowania i zazwyczaj wcześniej uzyskują dojrzałość technologiczną.

W Polsce uprawiane są zarówno odmiany aromatyczne, jak i goryczkowe. W strukturze nasadzeń nieznacznie przeważają odmiany goryczkowe, które w 2015 r. zajmowały 57,5% areału. Według danych Inspekcji Jakości Handlowej Artykułów Rolno-Spożywczych (IJHARS) w 2015 r. w Polsce uprawiano 12 odmian chmielu – 7 aromatycznych i 5 goryczkowych. Trzy dominujące odmiany – ‘Hallertau Magnum’, ‘Marynka’ i ‘Lubelski’, zajmowały łącznie 82,5% całego areału. 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

Tabela 1. Ważniejsze cechy odmian chmielu uprawianych w Polsce

Odmiana	Pochodzenie	Typ użytkowy	Powierzchnia uprawy w Polsce w 2015 r. (ha)	Potencjał plonowania (t/ha)	Średnia zawartość alfa kwasów (%)	Średnia zawartość olejków eterycznych (mg/100 g s.m.)	Dojrzewanie
Iunga	Polska	goryczkowa	5,0	2,0 – 3,0	10,0 – 14,0	1,5 – 2,5	średnio późna
Lomik	Polska	aromatyczna	4,1	1,8 – 2,5	4,0 – 5,0	0,6 – 1,2	średnio wczesna
Lubelski	Polska	aromatyczna	383,8	1,0 – 1,5	3,0 – 5,5	0,6 – 1,3	wczesna
Marynka	Polska	goryczkowa	294,5	1,8 – 2,5	7,0 – 10,0	2,0 – 3,0	średnio wczesna
Sybilla	Polska	aromatyczna	77,1	2,0 – 3,0	6,5 – 8,0	1,2 – 2,1	średnio późna
Magnat	Polska	goryczkowa	28,0*	1,8 – 2,8	12,0 – 15,0	1,0 – 1,2	późna
Puławski	Polska	aromatyczna	5,0*	1,6 – 2,4	8,0 – 10,5	0,8 – 1,4	średnio późna
Hallertau Magnum	Niemcy	goryczkowa	495,5	2,0	11,0 – 16,0	1,6 – 2,6	późna
Hallertau Taurus	Niemcy	goryczkowa	8,2	1,9	12,0 – 17,0	0,9 – 1,4	bardzo późna
Hallertau Tradition	Niemcy	aromatyczna	77,7	1,9	4,0 – 7,0	0,5 – 1,0	średnio wczesna
Perle	Niemcy	aromatyczna	61,1	1,8	4,0 – 9,0	0,5 – 1,5	średnio późna
Cascade	USA	aromatyczna	0,3	1,8 – 2,2	4,5 – 7,0	0,7 – 1,4	średnio późna

* powierzchnię szacowano na podstawie liczby sadzonek przekazanych plantatorom

również odmiany niemieckie, które obecnie są uprawiane na powierzchni około 640 ha, co stanowi 45% areału. Większość introdukowanych odmian niemieckich dobrze zaaklimatyzowała się w warunkach klimatyczno-glebowych naszego kraju.

Odmiany chmielu uprawiane w Polsce nie różnią się wyraźnie pod względem wymagań glebowych. Plantatorzy chmielu w kwestii doboru odmian do uprawy muszą kierować się przede wszystkim zapotrzebowaniem rynku. Podstawowym kryterium, które biorą pod uwagę firmy skupujące chmiel jest typ użytkowy odmiany oraz zawartość alfa kwasów w szyszkach. Przy wyborze odmiany należy brać również pod uwagę jej potencjał plonowania, łatwość suszenia, a także termin dojrzewania, który jest bardzo istotnym elementem wpływającym na organizację pracy w gospodarstwie. Pod tym względem odmiany chmielu uprawiane w Polsce wykazują duże zróżnicowanie. Cechą ważną z punktu widzenia integrowanej ochrony jest wrażliwość na choroby.

W tabelach 1 i 2 przedstawiono ważniejsze cechy użytkowe odmian chmielu uprawianych w Polsce. Wyniki dla odmian polskich zostały opracowane

Tabela 2. Wrażliwość odmian chmielu na najważniejsze choroby

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

na podstawie wieloletnich doświadczeń prowadzonych w różnych rejonach kraju przez hodowcę oraz COBORU. Dane dla odmian niemieckich pochodzą z informacji zawartych w opisach tych odmian i zostały opracowane na podstawie badań prowadzonych w Niemczech.

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.

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 karpy, 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 karpy zwaną młodym drzewem. Podczas zabiegu cięcia karp większość młodego drzewa jest usuwana, tak aby karpa pozostawała cały czas na jednakowej głębokości, tj. 10–15 cm pod powierzchnią gleby. Podstawowym celem cięcia jest więc utrzymanie karpy 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, dlatego szczególnie ważne jest terminowe wykonanie tego zabiegu. Opóźnienie cięcia wpływa niekorzystnie na rozwój części wegeta-

Tabela 3. Ważniejsze zabiegi pielęgnacyjne wykonywane w okresie wegetacji chmielu

Zabieg	Termin wykonania	Cel
Cięcie karp	10–20 kwietnia lub koniec października	- utrzymanie zwartego pokroju karpy, - utrzymanie karpy na odpowiedniej głębokości, - usunięcie fragmentów chorych i zasiedlonych przez szkodniki, - dostosowanie rytmu rozwojowego roślin do warunków klimatycznych.
Naprowadzanie pędów na przewodniki	5–25 maja	- wybranie odpowiednich pędów, które wydadzą plon, - usunięcie pędów zbędnych stanowiących konkurencję, - znormalizowanie liczby pędów na jednostce powierzchni.
Usuwanie dolnych pędów bocznych i liści	po zdrewnieniu dolnych części łodyg	- lepsze odżywienie górnej, plonującej części rośliny, - ułatwienie wykonywania zabiegów uprawowych i ochronnych, - zmniejszenie wilgotności powietrza w chmielniku poprzez stymulację cyrkulacji.
Uprawa roli	wiosna (bronowanie, kultywatorowanie)	- zatrzymanie parowania wody z gleby, - wyrównanie powierzchni plantacji, - wymieszanie nawozów mineralnych z glebą.
	lato (kultywatorowanie)	- spulchnienie gleby w międzyrzędziach, - obsypywanie dolnej części łodyg w celu pobudzenia wzrostu korzeni przybyszowych, - niszczenie chwastów, - wymieszanie nawozów mineralnych z glebą.
	jesień (orka, głęboszowanie)	- głębokie spulchnienie gleby, likwidacja podeszwy płużnej - wymieszanie nawozów mineralnych z glebą, - przyoranie obornika, - ograniczanie zachwaszczenia.
Współrzędna uprawa roślin na zielony nawóz	sierpień, wrzesień w zależności od gatunku	- ograniczanie wymywania składników pokarmowych, przede wszystkim azotanów, - ochrona gleby przed erozją, - zwiększenie aktywności biologicznej gleby, - poprawa struktury i bilansu substancji organicznej, - ograniczanie występowania niektórych chorób, - ograniczanie zachwaszczenia.

tywnych 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 nieuregulowanych 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 karpy fragmentów chorych lub zasiedlonych przez szkodniki. Cięcie może być wykonywane ręcznie, ale obecnie najczęściej stosuje się do tego specjalne maszyny – ścinarki. Maszynowe cięcie karp jest zdecydowanie mniej pracochłonne w porównaniu z ręcznym, ale też mniej precyzyjne. Ścinarka usuwa górną część karpy oraz boczne odrosty wzdłuż rzędów, pozostawia natomiast rozłogi pomiędzy roślinami w rzędzie. Z tego względu, co 3–4 lata powinno się wykonać ten zabieg ręcznie, aby dokładnie uformować karpy oraz całkowicie usunąć fragmenty zmurszałe, czy też z objawami chorób.

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 karpy 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 karpy. Należy unikać naprowadzania pędów najdłuższych wyrastających ze szczytu karpy, 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 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.

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

Fot. 6. Roślina chmielu po naprowadzeniu pędów na przewodniki

Do karpy 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. Zwiększanie 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. Rośliny naprowadzone zbyt wcześnie (przed 5 maja) charakteryzują się bujnym wzrostem, ale mniejszą obsadą szyszek. Zbyt późne naprowadzanie (po 25 maja) opóźnia wzrost roślin i dojrzewanie szyszek.

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

Fot. 7. Plantacja chmielu – usunięte dolne pędy roślin

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 przepływ 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. siarczan amonu 15 kg na 100 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.

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 powierzch-

ni plantacji. Pierwszym zabiegiem wiosennym powinno być bronowanie gleby wzdłuż i w poprzek rzędów. Należy go 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. Niedostateczne wyrównanie terenu powoduje duże wahania głębokości cięcia. Skutkuje to nierównomiernymi wschodami roślin, a nawet może doprowadzić do zniszczenia niektórych karp.

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 eliminacja chwastów. Równolegle z uprawą międzyrzędzi, 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 wzrostu 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 organiczne, 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.

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:

- ograniczaniu wymywania składników pokarmowych, przede wszystkim azotanów,
- ochronie gleby przed erozją,
- zwiększaniu aktywności biologicznej gleby,
- poprawie struktury i bilansu substancji organicznej w glebie,
- 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 przepadku 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 werticiliozy – groźnej choroby powodującej więdnięcie roślin chmielu. Oddziaływanie żyta uprawianego w międzyrzędziach chmielu z przeznaczeniem na przyoranie polega na zwiększaniu liczebności bakterii antagonistycznych w stosunku do *Verticillium albo-atrum* – sprawcy werticiliozy. Żyto należy

Fot. 8. Współrzędna uprawa żyta z chmielem

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.

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.

Prawidłowe nawożenie chmielu wymaga dokładnego rozpoznania aktualnej zawartości przyswajalnych form składników pokarmowych w glebie. Określana 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. Próbki gleby należy pobierać z dwóch poziomów 0–20 cm i 20–40 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 i zbliżonych warunkach agrotechnicznych i przyrodniczych. Liczebność próbek pierwotnych pobranych z rzędów i międzyrzędzi musi być jednakowa. Prób gleby do analizy chemicznej nie należy pobierać po zastosowaniu nawożenia mineralnego, organicznego lub wapnowania. Najlepiej badania takie wykonać po zbiorach chmielu.

Pobieranie składników pokarmowych przez rośliny zależy od wielu czynników środowiskowych, z których najważniejsze to: wilgotność gleby i temperatura, odczyn pH gleby oraz oddziaływanie synergistyczne lub antagonistyczne pomiędzy poszczególnymi składnikami mineralnymi

w glebie. W lata ciepłe i wilgotne dostępność składników pokarmowych jest zdecydowanie większa niż w okresach suszy. Nadmierna ilość opadów jest jednak powodem wymywania niektórych składników pokarmowych do głębszych warstw gleby, gdzie ich pobieranie przez rośliny chmielu jest dużo mniejsze. 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. Optymalny odczyn gleby dla chmielu wynosi od 6,3 do 6,4, chociaż gatunek ten może zadowalająco 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, saletrzanej formy azotu oraz niektórych mikroelementów, np. miedzi i cynku. Zbyt wysoka koncentracja niektórych związków mineralnych w glebie prowadzi do zachwiania równowagi w środowisku glebowym, co skutkuje zaburzeniami pobierania składników pokarmowych przez rośliny. Nadmiar 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 niekorzystne 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

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 w wyniku opadów atmosferycznych, odprowadzanie tego składnika z plonami roślin oraz zakwaszające działanie niektórych nawozów mineralnych. 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 ($t \cdot ha^{-1}$)	pH	dawka CaO ($t \cdot ha^{-1}$)	pH	dawka CaO ($t \cdot ha^{-1}$)
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. 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 i tlenkowej. Nawozy tlenkowe należy stosować 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 bardzo intensywnie pobierany przez rośliny chmielu. Szczególnie duże zapotrzebowanie na ten składnik przypada w okresie intensywnego wzrostu wegetatywnego, 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.

Wielkość dawki azotu oblicza się biorąc pod uwagę przewidywany plon chmielu. Powinna ona stanowić około 10% średniego plonu szyszek uzyskanego na danej plantacji w ostatnich 3–5 latach

Najczęściej dawka azotu kształtuje się w granicach od 150 do 250 kg N/ha. Przy określaniu wielkości dawki azotu należy uwzględnić nie tylko ilość tego składnika w nawozach mineralnych, ale również wnoszoną z obornikiem lub nawozami zielonymi. Przyjmuje się, że z dawką 30 t obornika wnosi się do gleby około 140–160 kg N. Nawozy zielone należy traktować jak połowę dawki obornika. W przypadku stosowania nawozów azotowych do usuwania dolnych pędów chmielu trzeba dodatkowo skorygować wielkość nawożenia mineralnego.

Nawozy azotowe powinny być stosowane w dawkach dzielonych, dostosowanych do 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 ¾ 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 karpy chmielu. Do wiosennych dawek najlepiej zastosować mocznik lub inne nawozy zawierające azot w formie niesaletrzanej, 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 odczynu pH.

Na plantacjach zagrożonych werticiliozą oraz w latach suchych, gdy istnieje niebezpieczeństwo suszy glebowej, a także gdy konieczne jest szybkie 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 3000 l roztworu, co odpowiada 30 kg mocznika. Z tą ilością dostarcza się roślinom około 14 kg 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. Potas reguluje gospodarkę wodną, jest aktywatorem ponad 50 enzymów roślinnych, a także bierze udział w procesach fotosyntezy i przemieszczaniu asymilatów.

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. Dawki nawozów w zależności od zasobności gleby i jej rodzaju podano w tabeli 6.

Tabela 6. Dawki fosforu i potasu w nawożeniu chmielu w zależności od zasobności i rodzaju gleby

Zasobność gleby	Fosfor (P_2O_5)		Potas (K_2O)			
	Zawartość mg·100 g^{-1}	Nawożenie kg·ha^{-1}	Zawartość mg·100 g^{-1}			Nawożenie kg·ha^{-1}
			Gleba lekka	Gleba średnia	Gleba ciężka	
Niska	< 8	135	< 8	< 12	< 15	270
Średnia	8 – 14	85	8 – 15	12 – 25	15 – 30	220
Wysoka	15 – 25	45	16 – 25	26 – 40	31 - 50	160
Bardzo wysoka	26 – 40	25	26 – 50	41 – 60	51 – 70	80
Nadmierna	> 40	0	> 50	> 60	> 70	0

Dawki mineralnych nawozów fosforowo-potasowych należy skorygować uwzględniając zawartość poszczególnych składników w oborniku, jeśli jest on stosowany. W dawce 30 t obornika, wnoszone jest około 85–130 kg P_2O_5 oraz 195–270 kg K_2O.

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 ciężkich o wysokiej zawartości próchnicy możliwe jest stosowanie tych nawozów raz na dwa lata (w podwójnej dawce), natomiast na glebach lekkich zalecany jest podział dawki nawozów fosforowych i potasowych. W takim przypadku połowę dawki należy 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.

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.

Gleby większości plantacji chmielu w Polsce charakteryzują się niską zawartością przyswajalnego magnezu. Charakterystycznym objawem niedoboru magnezu u chmielu jest chloroza międzynerwowa (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 (tab. 7).

Podstawowym źródłem magnezu na plantacjach chmielu są nawozy wapniowo-magnezowe stosowane do wapnowania gleb. 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 stoso-

Fot. 9. Objawy niedoboru magnezu na liściach chmielu

Tabela 7. Dawki magnezu (MgO) w nawożeniu chmielu w zależności od zasobności i rodzaju gleby

Zasobność gleby	Zawartość mg·100 g^{-1}			Nawożenie kg·ha^{-1}
	Gleba lekka	Gleba średnia	Gleba ciężka	
Niska	<2	<4	<5	80
Średnia	2 – 6	4 – 9	5 – 12	60
Wysoka	7 - 9	10 – 12	13 – 15	40
Bardzo wysoka	>9	>12	>15	0

wać 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. Nawożenie organiczne

Nawozy organiczne 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 organicznych, które ograniczają ujemne skutki uprawy w monokulturze. Do nawozów organicznych zalicza się substancje

organiczne różnego pochodzenia stosowane do użyźniania gleby. W nawożeniu organicznym chmielu wykorzystywane są najczęściej obornik lub komposty oraz nawozy zielone. 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 8.

Tabela 8. Przeciętna zawartość składników mineralnych w różnych rodzajach obornika ($kg \cdot t^{-1}$)

Składnik	Gatunek zwierząt		
	bydło	trzoda chlewna	konie
N	4,7	5,1	5,4
P_2O_5	2,8	4,4	2,9
K_2O	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

W dawce 30 t obornika, która jest najczęściej zalecana dla chmielu wnoszone jest przeciętnie: 140–160 kg N, 85–130 kg P_2O_5, 195–270 kg K_2O 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 przeprowadza się jesienią.

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 zastosowana w okresie roku, nie może przekraczać 170 kg azotu w czystym składniku na 1 ha użytków rolnych. 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 organiczne w postaci stałej lub płynnej można stosować w okresie od 1 marca do 30 listopada.

Rośliny uprawiane na zielony nawóz w międzyrzędziach chmielu mają duże znaczenie nawozowe, gdyż znaczna część azotu i węgla zawarta w zielonej masie występuje w związkach prostych łatwo ulegających mineralizacji w glebie. W związku z tym działanie nawozów zielonych jest szybsze, niż w przypadku obornika, ale jego okres jest krótszy i wynosi od 1 do 2 lat. W uprawie chmielu polecane są szczególnie gatunki ozime, np. żyto, mieszanka żyta z wyką, rzepik, a z poplonów letnich – gorczyca i facelia. Udany poplon zastępuje połowę dawki obornika.

2.5.6. Nawożenie mikroelementami

Mikroelementy, mimo że pobierane są przez rośliny w niewielkich ilościach stanowią niezbędny składnik w żywieniu. Uprawa chmielu przez wiele lat na tym samym polu może powodować wyczerpanie z gleby niektórych pierwiastków śladowych lub blokowanie ich pobierania. Chmiel wykazuje duże zapotrzebowanie na cynk, bor oraz mangan.

Charakterystyczne są objawy niedoboru cynku na chmielu zwane liściozwojem (fot. 10). Liście żółkną i nie osiągają typowej dla chmielu wielkości. Ich klapy, a szczególnie środkowa, wydłużają się i wywijają ku górze przyjmując łódeczkowaty kształt (fot. 11). Występowaniu niedoboru cynku sprzyjają: intensywne nawożenie fosforem, niskie temperatura, silne ugniatanie gleby oraz bardzo wysokie wartości odczynu pH gleby. Skuteczną metodą ograniczania objawów liściozwoju jest nawożenie dolistne 0,2% roztworem siarczanu cynku.

Niedobór boru powoduje osłabienie wzrostu roślin, zgrubienie i zesztywnienie młodych pędów oraz ich słabe ulistnienie. 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 klapy liścia, wywinięcie blaszki liściowej ku górze

Niedobór manganu opóźnia dojrzewanie roślin chmielu. Pobieranie manganu jest ograniczone na glebach zasadowych, przy małej intensywności światła, obniżonej temperaturze gleby oraz nadmiernym nawożeniu fosforem.

Podstawowym sposobem zapobiegania niedoborom mikroelementów jest systematyczne nawożenie obornikiem oraz wapnowanie. W przypadku konieczności dodatkowego nawożenia mikroelementami najlepiej aplikować je w formie wieloskładnikowych nawozów dolistnych przeznaczonych dla chmielu. 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 roślin 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.

Głównym źródłem wody w glebie są opady atmosferyczne. Przyjmuje się, że dla zabezpieczenia potrzeb wodnych chmielu wystarczają opady w ilości około 600 mm rocznie, o ile są odpowiednio rozłożone w sezonie wegetacyjnym. Szczególnie duże wymagania wodne chmiel wykazuje w czasie wykształcania pędów bocznych oraz kwitnienia i zawiązywania szyszek. W okresie od kwietnia do sierpnia potencjalne zużycie wody glebowej w chmielniku odpowiada opadom na poziomie od 455 do 470 mm. W sezonie wegetacyjnym występują często dość duże wahania w rozkładzie opadów, co może powodować okresowe niedobory wilgoci

w glebie. Nawadnianie chmielu w tych okresach jest jednym z najbardziej skutecznych czynników plonotwórczych. Dostateczne zaopatrzenie roślin w wodę przyczynia się również do zwiększenia ich odporności na choroby i szkodniki.

Uzupełnianie niedoborów wilgoci w chmielnikach może być przeprowadzane poprzez deszczowanie, nawadnianie kroplowe oraz nawadnianie wgłębne. Deszczowanie wymaga odpowiedniej instalacji zamontowanej w górnej części konstrukcji nośnej chmielnika, z której za pomocą zraszaczy woda jest aplikowana na powierzchnię roślin i gleby. Wadą tej metody jest powodowanie zwilżenia powierzchni blaszki liściowej oraz zwiększanie wilgotności powietrza wewnątrz chmielnika, co stwarza korzystne warunki dla rozwoju chorób grzybowych, szczególnie mączniaka rzekomego chmielu. Nawadnianie kroplowe polega na dostarczaniu małych dawek wody na powierzchnię gleby, wzdłuż rzędów roślin. Woda jest dostarczana 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. Nawadnianie wgłębne polega na dostarczaniu wody bezpośrednio do strefy korzeniowej roślin przy użyciu przewodów ułożonych na głębokości około 35–40 cm.

Harmonogram nawodnień powinien być ustalony na podstawie fazy rozwojowej roślin chmielu oraz rozkładu opadów atmosferycznych w sezonie wegetacyjnym (tab. 9.).

System nawadniania kroplowego 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

Tabela 9. Średnie dawki wody pod uprawę chmielu w zależności od fazy rozwojowej roślin

Faza rozwojowa chmielu	Zapotrzebowanie na wodę (mm)	Dawkowanie (mm/dzień)
Tworzenie pędów bocznych do początku kwitnienia	25	1,5
Kwitnienie	15	1,2
Formowanie szyszek	25	1,2

nawożenia i pozwala na zmniejszenie dawki stosowanych składników. Racjonalne dawkowanie nawozów płynnych poprzez system kroplowy 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 rosnąć bardzo szybko, dlatego konkurencja o światło zwykle nie występuje, nawet w przypadku dużego zachwaszczenia plantacji. Wyjątek stanowi pierwsza faza wzrostu, gdy młode pędy chmielu ukazują się na powierzchni gleby i mogą być łatwo zagłuszane. 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 albo-atrum*). 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 niszczeniu 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 systematyczne 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, skuteczne 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 w wystarczający sposób 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 jesienią. Najlepsze efekty uzyskuje się stosując środek chwastobójczy na wilgotną glebę oraz gdy temperatura przy powierzchni gleby nie przekracza 15°C.

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 środowiska. Wykaz substancji przeznaczonych do regulacji zachwaszczenia w chmielnikach przedstawiono w tabeli 10.

Tabela 10. Charakterystyka substancji aktywnych przeznaczonych do zwalczania chwastów w uprawie chmielu

Substancja czynna	Sposób działania	Wrażliwe gatunki chwastów
Propyzamid	pobierany przez korzenie, najbardziej skuteczny na glebie wilgotnej, w temp. poniżej 15°C	bodziszki, chwastnica jednostronna, gwiazdnica pospolita, kostrzewy, miotła zbożowa, mietlica rozłogowa, ognicha polna, owies głuchy, przetaczniki, rdesty, stokłosy, szczaw zwyczajny, szczaw polny, wiechliny, włośnice, życice, babka wąskolistna, gorczyca polna, jasnota purpurowa, jasnota różowa, kanianka pospolita, komosa biała, mak polny, pokrzywa żegawka, przytulia czepna, szarłat szorstki, tasznik pospolity, tobołki polne, wilczomlecze, 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 [http://www.minrol.gov.pl/pol/Informacje-branzowe/Wyszukiwarka-srodkow-ochrony-roslin].

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.

Kluczowym elementem efektywnej ochrony, która jest podstawą produkcji surowca wysokiej jakości, jest umiejętność prawidłowego rozpoznawania chorób. Terminarz pojawiania się poszczególnych chorób na plantacjach chmielu oraz ich najważniejsze cechy diagnostyczne przedstawiono w tabelach 11 i 12.

Tabela 11. Kalendarz pojawiania się chorób podczas wegetacji chmielu

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

Tabela 12. 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 karpy – skrócone międzywęźla, liście żółto-zielone, blaszka liściowa wywinięta do spodu, na spodniej stronie blaszki liściowej szary nalot (tzw. pędy kłosowate)
	- faza tworzenia pędów bocznych	- pędy boczne – skrócone międzywęźla, niekiedy objawy przypominające pędy kłosowate
	- faza kwitnienia	- kwiatostany – brunatnienie i zasychanie
	- faza wiązania szyszek i dojrzałości technologicznej	- szyszki – brunatne smugi wzdłuż listków okrywowych szyszki, 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 szyszki, biały, mączysty nalot, który z czasem zmienia barwę na ciemno brązową
Werticilioza	- faza kwitnienia i wykształcania szyszek	- pęd główny – zgrubienie, widoczne na przekroju zbrunatnienie tkanki naczyniowej,
		- liście – żółknięcie, a następnie więdnięcie postępujące od dołu rośliny, liście łatwo odpadają.
Fuzarioza	- okres poprzedzający kwitnienie	- pęd główny – zgnilizna podstawy, pęd daje się łatwo wyciągnąć z gleby
		- liście – więdnięcie 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 karpy i są następstwem systemicznego porażenia rośliny (infekcja pierwotna). Porażone pędy mają skrócone międzywęźla, liście są żółtozielone i kruche, a blaszki liściowe wywinięte ku dołowi (fot. 12). Z powodu tego charakterystycznego wyglądu pędy takie są nazywane kłosowatymi.

Na pędach kłosowatych na spodniej stronie liści widoczny jest obfity, szaro-fioletowy nalot utworzony z grzybni oraz zarodników konidialnych sprawcy choroby. Dzięki zarodnikom konidialnym patogen może rozprze-

Fot. 12. Objawy mączniaka rzekomego na wiosennych pędach chmielu (pęd kłosowaty)

strzeniać 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, konidioforów i zarodników konidialnych *P. humuli*. Porażone pędy boczne mogą przypominać pędy kłosowate, ale często mają jedynie skrócone międzywęźla, natomiast barwa i kształt blaszki liściowej pozostają bez zmian (fot. 13). Niekiedy dochodzi do wtórnego porażenia pędu głównego już po naprowadzeniu na przewodniki. Pęd taki jest zahamowany we wzroście oraz traci zdolność do owijania się wokół przewodnika i odchyla się od niego. W przypadku bardzo silnego porażenia dochodzi do całkowitego zniszczenia pędu (fot. 14).

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 listków okrywowych. W warunkach sprzyjających rozwojowi choroby brązowieją całe listki okrywowe, a nawet całe szyszki (fot. 15). *P. humuli* poraża rów-

Fot. 13. Pędy boczne chmielu zdeformowane na skutek porażenia przez *P. humuli*

nież karpy chmielu oraz rozłogi i korzenie. Na podziemnych częściach rośliny choroba objawia się występowaniem czerwono brązowych plam lub smug bezpośrednio pod korą.

Fot. 14. Wtórne porażenie pędu głównego chmielu

Fot. 15. Objawy mączniaka rzekomego na szyszkach chmielu

Epidemiologia

Patogen zimuje w postaci grzybni, która rozrasta się pomiędzy komórkami w pąkach śpiących zlokalizowanych w górnej części karpy. Z takich pąków wyrastają wiosną systemicznie porażone pędy kłosowate. W sprzyjających warunkach temperatury i wilgotności na spodniej stronie liści tworzą się trzonki i zarodniki konidialne, które są przenoszone przez wiatr lub krople deszczu na sąsiednie rośliny, powodując infekcję wtórną. Zarodniki kiełkują w obecności wody tworząc 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 powodowane przez kolejne pokolenia zarodników konidialnych 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 nadziem-

ne 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. 16). Niekiedy nalot może pokrywać całą powierzchnię blaszki liściowej, wówczas często dochodzi do zahamowania wzrostu liścia i jego deformacji (fot. 17). Nalot występujący zazwyczaj na górnej powierzchni blaszki liściowej jest utworzony przez skupienia grzybni i zarodników konidialnych. Zarodniki konidialne są łatwo przenoszone

Fot. 16. Objawy mączniaka prawdziwego na liściach chmielu

Fot. 17. Deformacja blaszek liściowych chmielu spowodowana przez mączniaka prawdziwego (po lewej). Po prawej liście zdrowe

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. 18). Choroba wpływa też niekorzystnie na skład chemiczny szyszek obniżając zawartość alfa kwasów oraz olejków chmielowych.

Epidemiologia

Grzyb zimuje w postaci otoczni tworzących się pod koniec sezonu wegetacyjnego na silnie porażonych szyszkach i liściach lub w postaci grzybni wewnątrz pąków, które stanowią chronę 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°C) oraz fungicydów. Wysiew zarodników workowych formujących się w otoczniach 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.

Fot. 18. Objawy mączniaka prawdziwego na szyszkach chmielu

Rozwój mączniaka prawdziwego jest uzależniony od przebiegu 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. Werticilioza

Choroba powodowana jest przez grzyb *Verticillium albo-atrum*. Patogen żyje w glebie i może porażać wiele gatunków roślin zielnych oraz drzewiastych. Werticilioza 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 więdnięcie, które postępuje od dolnej części rośliny ku górze (fot. 19). 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 werticiliozy jest zbrunatnienie tkanki naczyniowej widoczne po przecięciu pędu. Pierwsze objawy choroby zwykle występują w okresie wiązania szyszek, przy czym z jednej karpy 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 albo-atrum*. Rośliny reagują wówczas nagłym

więdnięciem 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. albo-atrum* można wyróżnić trzy fazy: uśpienia, pasożytniczą oraz saprofityczną. Grzybnia spoczynkowa bytująca w glebie jest pobudzana do kiełkowania przez wydzieliny korzeniowe roślin. Grzyb wnika do rośliny chmielu przez włośniki lub bezpośrednio przez skórkę 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

Fot. 19. Żółknięcie i zasychanie liści chmielu spowodowane przez *Verticillium albo-atrum*

wody zostaje ograniczona, co w konsekwencji prowadzi do więdnięcia 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. albo-atrum* 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 choroby na plantacjach chmielu zachodzi przede wszystkim podczas uprawy gleby. Chwasty występujące w chmielniku mogą być bezobjawowymi nosicielami choroby. Stanowią one źródło porażenia dla roślin chmielu. Na inne plantacje chmielu choroba może się rozprzestrzeniać za pośrednictwem zarażonego materiału sadzonkowego.

4.1.4. Fuzarioza

Choroba ta ma mniejsze znaczenie od werticiliozy. Występuje sporadycznie i najczęściej ogranicza się do niewielkiej liczby roślin. Sprawcą fuzariozy 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 więdnięcie i zasychanie roślin. Najczęściej ma to miejsce w okresie poprzedzającym kwitnienie lub w warunkach wysokiej temperatury. Pędy z objawami więdnięcia dają się łatwo wyjmować z gleby, co spowodowane jest zgnilizną podstawy pędu. W przeciwieństwie do werticiliozy, u roślin porażonych przez grzyby z rodzaju *Fusarium* nie obserwuje się zbrunatnienia wiązek przewodzących.

Epidemiologia

Grzyby powodujące fuzariozę chmielu zasiedlają glebę, występują również na resztkach roślin. Porażają chmiel przede wszystkim przez zranienia powstałe tuż przy powierzchni lub pod powierzchnią gleby 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* (HpLVd).

Rośliny chmielu porażone przez wirusy lub wiroida najczęściej nie wykazują widocznych objawów chorobowych. Utrudnia to identyfikację roślin porażonych i uniemożliwia ich eliminację z plantacji we wczesnym okresie rozwoju epidemii. Taka sytuacja powoduje niekontrolowane rozprzestrzenianie się 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 i wiroida HLVd. Natomiast w przenoszeniu wirusa mozaiki chmielu dominującą rolę odgrywają mszyce. Jednak najważniejszym sposobem przenoszenia zarówno wirusów jak i wiroida utajonego 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 wiroida utajonego 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 wiroida utajonego 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 sztobry, nie może być używany do produkcji zdrowych sadzonek. Materiał szkółkarski chmielu wolny od wirusów i wiroida utajonego uzyskuje się na drodze regeneracji merystemów wierzchołkowych w kulturach *in vitro*. Uzyskane

w ten sposób zdrowe rośliny mateczne rozmnaża się następnie w warunkach kontrolowanych metodą ukorzeniania 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 prowadzące do spadku liczebności bakterii glebowych. 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 epidemii 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, co 1,2 m.

Równie istotnym elementem wpływającym na wilgotność powietrza w chmielniku jest liczba pędów naprowadzona na przewodnik. Zaleca się, aby z każdej karpy naprowadzać od 4 do 6 pędów na dwa przewodniki. Zapewnia to uzyskanie optymalnego plonu szyszek. Zwiększanie liczby pędów z karpy prowadzi do nadmiernego zacienienia dolnych partii roślin. Przyczynia się to do niekorzystnego wzrostu wilgotności, a także wpływa niekorzystnie na wielkość plonu, bowiem w dolnej, zacienionej 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 i zapobiegawczych. 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 więdnięcia 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 wraz z resztkami starych roślin w postaci 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

Niszczenie 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 stosowanie 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 werticiliozy 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. albo-atrum* 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 należy azot, fosfor i potas. Nawożenie potasem i fosforem zwiększa odporność roślin na choroby, natomiast nadmierne nawożenie azotem opóźnia dojrzewanie roślin, 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, które intensyfikują rozwój mikroflory glebowej, również tej antagonistycznej w stosunku do patogenów.

Zrównoważone nawożenie jest jednym z elementów integrowanej ochrony chmielu przed werticiliozą. 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. albo-atrum*, sprawcy werticiliozy. Wynika również ze zmniejszenia zawartości azotu mineralnego w glebie.

4.2.2. Metoda hodowlana

Uprawa odmian odpornych lub mało wrażliwych jest najlepszą metodą ochrony roślin przed chorobami. Odmiany chmielu różnią się znacznie pod względem stopnia odporności na poszczególne choroby. 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 przełamywania. 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 należy intensywnie chronić przed chorobami. 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 pestycydy. W integrowanej ochronie roślin metoda chemiczna jest jednym z elementów wielokierunkowego systemu działań mających na celu utrzymanie nasilenia choroby poniżej progu ekonomicznej szkodliwości przy jak najmniejszym zagrożeniu dla środowiska. Użycie pestycydów jest wskazane dopiero wówczas, gdy wyczerpane zostaną inne metody, a nasilenie choroby osiągnie próg ekonomicznej szkodliwości (tab. 13).

Tabela 13. 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

4.3.2. Systemy wspomagania decyzji

Systemy wspomagania decyzji są niezwykle istotnym elementem integrowanej ochrony roślin. Ich zadaniem jest szybkie przekazywanie informacji o potencjalnym ryzyku wystąpienia choroby, co umożliwia wykonanie 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 pestycydu 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 pestycydów, co doprowadziło do zwiększenia selektywności preparatów, ograniczenia szkodliwości dla środowiska naturalnego oraz zmniejszenia stosowanych dawek. Mimo to, zabiegi ochronne z użyciem pestycydów 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. Pestycydy 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.

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 stosowania pestycydów. Środki ochrony roślin klasyfikuje się pod względem zagrożeń dla zdrowia człowieka oraz dla środowiska i organizmów wodnych (tab. 14.). W celu ograniczenia tych zagrożeń, środki ochrony roślin należy stosować zgodnie z informacjami zamieszczonymi w etykiecie-instrukcji dołączonej do każdego preparatu. Aktualny wykaz pestycydów przeznaczonych do zwalczania chorób chmielu jest dostępny na stronie: www.minrol.gov.pl/pol/Informacje-branzowe/Wyszukiwarka-srodkow-ochrony-roslin

Najważniejsze metody ograniczania sprawców chorób występujących w uprawie chmielu przedstawiono w tabeli 15.

Tabela 14. Sposób działania i szkodliwość substancji aktywnych środków ochrony roślin stosowanych w ochronie chmielu przed chorobami

Choroba	Substancja czynna	Sposób działania w roślinie	Szkodliwość dla ludzi	Szkodliwość dla środowiska
Mączniak rzekomy	fosetyl glinu	systemiczne	**drażniący** - działa drażniąco na oczy	**szkodliwy** - działa szkodliwie na organizmy wodne
	miedź w postaci wodorotlenku miedzi	kontaktowe	**szkodliwy** - działa szkodliwie przez drogi oddechowe i po połknięciu, - stwarza ryzyko poważnego uszkodzenia oczu.	**niebezpieczny dla środowiska** - działa bardzo toksycznie na organizmy wodne; może powodować długo utrzymujące się niekorzystne zmiany w środowisku wodnym, - może działać toksycznie na pszczoły.
	miedź w postaci tlenochlorku miedzi	kontaktowe	**szkodliwy** - działa szkodliwie przez drogi oddechowe i po połknięciu, - działa drażniąco na oczy, - stwarza ryzyko poważnego uszkodzenia oczu, - może powodować uczulenie w kontakcie ze skórą.	**niebezpieczny dla środowiska** - działa szkodliwie na organizmy wodne, może powodować długo utrzymujące się niekorzystne zmiany w środowisku wodnym, - może działać toksycznie na pszczoły.
	miedź w postaci tlenochlorku miedzi, cymoksanil	wgłębne i kontaktowe	**szkodliwy** - działa szkodliwie po połknięciu, - stwarza ryzyko poważnego uszkodzenia oczu, - może powodować uczulenie w kontakcie ze skórą.	**niebezpieczny dla środowiska** - działa szkodliwie na organizmy wodne, może powodować długo utrzymujące się niekorzystne zmiany w środowisku wodnym, - toksyczny dla pszczół.
	miedź w postaci trizasadowego siarczanu miedzi	kontaktowe	nie jest klasyfikowany zgodnie z kryteriami określonymi w przepisach o substancjach i preparatach chemicznych	**niebezpieczny dla środowiska** - działa bardzo toksycznie na organizmy wodne, może powodować długo utrzymujące się niekorzystne zmiany w środowisku wodnym, - środek toksyczny dla pszczół.
Mączniak prawdziwy	siarka	kontaktowe	nie jest klasyfikowany zgodnie z kryteriami określonymi w przepisach o substancjach i preparatach chemicznych.	nie jest klasyfikowany zgodnie z kryteriami określonymi w przepisach o substancjach i preparatach chemicznych.

Tabela 15. Najważniejsze metody ograniczania sprawców chorób chmielu

Choroba (sprawca choroby)	Metoda agrotechniczna i hodowlana	Metoda chemiczna
Mączniak rzekomy (*Pseudoperonospora humuli*)	- staranne cięcie karp oraz usuwanie z plantacji roślin chorych, - usuwanie wiosennych pędów kłosowatych oraz skróconych pędów bocznych porażonych w okresie letnim, - usuwanie dolnych pędów i liści w celu zmniejszenia wilgotności w chmielniku, - zrównoważone nawożenie azotowe, - uprawa odmian o mniejszej wrażliwości na chorobę (brak odmian całkowicie odpornych).	- opryskiwanie przy użyciu fungicydów w okresie od ukazania się pierwszych pędów do dojrzałości szyszek, z uwzględnieniem progów szkodliwości. W przypadku późnej epidemii należy zwracać uwagę na okres karencji środka.
Mączniak prawdziwy (*Podosphaera macularis*)	- usuwanie z plantacji resztek porażonych roślin, - zrównoważone nawożenie azotowe, - uprawa odmian odpornych.	- opryskiwanie przy użyciu fungicydów w momencie pojawienia się pierwszych objawów na liściach, kwiatach lub szyszkach.
Werticillioza (*Verticillim albo-atrum*)	- usuwanie z plantacji roślin porażonych oraz bezpośrednio sąsiadujących z nimi, - racjonalne i zrównoważone nawożenie mineralne, - ograniczenie nawożenia azotowego, - nawożenie obornikiem, - uprawa żyta na zielony nawóz w międzyrzędziach chmielu, - uprawa odmian o mniejszej wrażliwości na chorobę (brak odmian całkowicie odpornych).	
Fuzarioza (*Fusarium sambucinum*, *Fusarium culmorum*)	- usuwanie chorych roślin, - zapobieganie mechanicznym uszkodzeniom okolicy podstawy pędu, - zapobieganie żerowaniu szkodników powodujących uszkodzenia podstawy pędu, - uprawa odmian o mniejszej wrażliwości na chorobę (brak odmian całkowicie odpornych).	
Wirusy i wiroidy	- stosowanie zdrowego materiału sadzonkowego	

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 uskrzydlone są nieco większe (1,8–2,1 mm) (fot. 20). Ten gatunek mszycy charakteryzuje się zielonym zabarwieniem. Przy silnej gradacji 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 do nadmiernego wzrostu

Fot. 20. Mszyca śliwowo-chmielowa forma bezskrzydła i uskrzydlona

i podziału uszkodzonych komórek, co objawia się deformacją pędów oraz skręcaniem liści. Opanowane przez szkodnika kwiatostany przestają się rozwijać, natomiast szyszki stają się bladozielone, 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 wirusa mozaiki chmielu (HpMV).

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 powodując ich skręcanie. W maju rodzą się uskrzydlone samice (migrantki), one 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.

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. Uskrzydlone 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 masowego pojawu, a zagęszczenie populacji na jednym liściu może przekraczać 2000 osobników (fot. 21). Upalna i sucha pogoda przyczynia się do znacznego ograniczenia potencjału rozrodczego mszyc.

Fot. 21. Mszyce widoczne na spodniej stronie blaszki liściowej chmielu

Jesienią, gdy długość dnia skraca się do 12–14 godzin, rozwijają się uskrzydlone samice, które przenoszą się na żywiciela zimowego. Tam, rozmnażają się dzieworodnie dając początek osobnikom bezskrzydłym. Po około 2 tygodniach, na chmielu pojawiają się uskrzydlone samce, które również przelatują na żywiciela zimowego, gdzie dochodzi do zapłodnienia. Jaja są składane w pobliżu pąków. Charakteryzują się one bardzo dużą odpornością na warunki atmosferyczne i są w stanie przetrwać zimę, nawet jeśli temperatura powietrza spada do –30°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. 22). Szkodnik często występuje gniazdowo atakując

Fot. 22. Oprzęd przędziorka chmielowca na liściu chmielu. Osobniki dorosłe, larwy i jaja przędziorka pod oprzędem

Fot. 23. Roślina chmielu zaatakowana przez przędziorka chmielowca

Fot. 24. Objawy żerowania przędziorka chmielowca na szyszkach chmielu (po lewej: szyszka zdrowa)

pojedyncze rośliny lub ich grupy. Zasiedla najpierw dolne partie roślin zlokalizowanych na obrzeżach plantacji, posuwając się stopniowo ku górze, aż do szyszek.

Żerowanie przędziorka polega na wysysaniu soków, co powoduje silne zaburzenia przemiany materii. 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. 23). Podobne zmiany występują w szyszkach (fot. 24).

W przypadku dużego zagęszczenia populacji przędziorka chmielowca na chmielu, szkody 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 silnej gradacji, szkodnik może spowodować całkowitą utratę plonu (fot. 25).

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

Fot. 25. Roślina chmielu zniszczona przez przędziorka chmielowca

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 karpy chmielowej i żywią się młodymi korzeniami. 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 karpy 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. 26). 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.

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 silnej gradacji na jednej karpie może znajdować się ponad 100 larw i 40 chrząszczy.

Fot. 26. Opuchlak lucernowiec – chrząszcz; uszkodzenia pędu chmielu spowodowane przez opuchlaka

Cykl życiowy

Pełny rozwój opuchlaka lucernowca trwa trzy lata. Większość życia szkodnik spędza pod powierzchnią gleby. W lipcu, z jaj złożonych w pobliżu karpy, 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 karpy, 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 karpy. Jeden osobnik może złożyć do 600 jaj.

5.1.4. Omacnica prosowianka

Omacnica prosowianka (*Pyrausta nubilaris* HBN.) jest motylem nocnym o ubarwieniu beżowo-brązowym, wielkości około 1,5 cm. Szkody na chmielu wyrządzają larwy, które żerują wewnątrz pędów uszkadzając rdzeń łodygi (fot. 27). W konsekwencji dochodzi do zakłócenia obiegu wody w roślinie, co prowadzi do więdnięcia, zasychania pędów bocznych oraz zahamowania wzrostu. Przy dużej gradacji szkodnika, w jednym pędzie do wysokości 4 m może występować nawet 15 larw. Obecność omacnicy zdradzają otwory w łodydze, przez które wysypują się trociny zmieszane z odchodami larw (fot. 27).

Fot. 27. Obraz żerowania larwy omacnicy prosowianki na chmielu oraz larwa żerująca wewnątrz łodygi

Fot. 28. Złoże jaj omacnicy prosowianki na liściu chmielu

Cykl życiowy

Samice odbywają loty i składają jaja na liściach chmielu, najczęściej na przełomie czerwca i lipca (fot. 28). 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.

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. 29). Przy silnej gradacji 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. Zazwyczaj jednak, szkodnik nie występuje na chmielu w tak dużym nasileniu. W późniejszym okresie wegetacji, gdy część nadziemna roślin chmielu jest mocno rozbudowana, znaczenie pchełki chmielowej maleje.

Chrząszcze żerują tylko w dni słoneczne i ciepłe, natomiast w okresie chłodów 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. 30). Pchełka chmielowa wygryza otworki w listkach szyszki, może też uszkadzać osadkę.

Cykl życiowy

Chrząszcze 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 chrząszcze. Wylot chrząszczy przypada na okres letni.

Fot. 29. Uszkodzenia liści chmielu spowodowane żerowaniem pchełki chmielowej

Fot. 30. Szyszka chmielu uszkodzona przez pchełkę chmielową

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 wielkość 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. Terminarz pojawów najważniejszych szkodników chmielu przedstawiono w tabeli 16.

Tabela 16. 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 i może ograniczyć ich gradację na roślinach chmielu. Podobny efekt w odniesieniu do mszycy śliwowo-chmielowej przynosi usuwanie żywicieli zimowych tego gatunku, czyli śliw w promieniu przynajmniej 1,5 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 przędziorki atakują przeważnie rośliny nadmiernie nawożone lub osłabione z powodu stresu spowodowanego niedostatkiem wody. Zrównoważone nawożenie chmielu oraz nawadnianie mogą ograniczać gradację 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 zwalczenia. 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. 17).

Tabela 17. Progi ekonomicznej szkodliwości najważniejszych szkodników chmielu

Szkodnik	Termin obserwacji	Próg ekonomicznej szkodliwości
Mszyca śliwowo-chmielowa	maj – lipiec (do fazy kwitnienia chmielu)	50–100 osobników bezskrzydłych na jednym liściu
	lipiec – sierpień (faza kwitnienia i wiązania szyszek)	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	przynajmniej jeden chrząszcz na trzech kolejno przeglądanych karpach

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 ukierun-

kowanego 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 przypadku zwalczania mszyc przy użyciu imidachloprydu należy rozważyć możliwość zastosowania preparatu w formie pędzlowania, które jest zabiegiem bezpiecznym dla środowiska. Zabieg pędzlowania powinien być przeprowadzony na 6–8 tygodni przed kwitnieniem roślin chmielu. Preparat działa systemicznie i jest pobierany przez mszyce w czasie żerowania. Aplikacja przez pędzlowanie powoduje, że powierzchnia rośliny nie jest pokryta związkiem toksycznym, więc nie zagraża owadom pożytecznym. Zgodnie z zaleceniami dyrektywy 2009/128/WE należy stosować środki ochrony niskiego ryzyka, których oddziaływanie na zdrowie ludzi oraz środowisko powoduje najmniejsze skutki uboczne. Należy bezwzględnie przestrzegać zalecanych dawek preparatu oraz zasad odpowiedniego przygotowania cieczy użytkowej i wykonywania oprysku, a także bezpiecznego stosowania środków ochrony roślin. Informacje te zawarte są w etykiecie – instrukcji dołączonej do każdego pestycydu.

Wykaz środków ochrony roślin dopuszczonych do obrotu i zalecanych do zwalczania szkodników w uprawie chmielu podano w tabeli 18. Aktualne informacje można rónież znaleźć w Wyszukiwarce Środków Ochrony Roślin na stronie Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi [http://www.minrol.gov.pl/pol/Informacje-branzowe/Wyszukiwarka-srodkow-ochrony-roslin].

Najważniejsze metody ograniczania szkodników występujących w uprawie chmielu przedstawiono w tabeli 19.

Tabela 18. Sposób działania i szkodliwość substancji aktywnych środków ochrony roślin stosowanych w ochronie chmielu przed szkodnikami

Szkodnik	Substancja czynna	Sposób działania w roślinie	Szkodliwość dla ludzi	Szkodliwość dla środowiska
Mszyca śliwowo-chmielowa	imidachlopryd	systemiczne	**drażniący** - działa drażniąco na oczy	**niebezpieczny dla środowiska** - bardzo toksyczny dla pszczół.
	flonikamid	systemiczne	brak klasyfikacji ze względu na szkodliwość dla ludzi - w celu uniknięcia zagrożeń należy postępować zgodnie z instrukcją użycia	**niebezpieczny dla środowiska** - działa szkodliwie na organizmy wodne powodując długotrwałe skutki

Tabela 19. Metody ochrony chmielu przed szkodnikami

Szkodnik	Metoda agrotechniczna i hodowlana	Metoda chemiczna
Mszyca śliwowo-chmielowa	- usuwanie żywicieli zimowych (śliw) w promieniu około 1,5 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.	- obecnie brak preparatów chemicznych dopuszczonych do stosowania na chmielu
Omacnica prosowianka	- usuwanie z plantacji i palenie pędów chmielu pozostałych po zbiorze.	- obecnie brak preparatów chemicznych dopuszczonych do stosowania na chmielu.
Pchełka chmielowa	- niszczenie chwastów, szczególnie pokrzywy w pobliżu plantacji chmielu.	- obecnie brak preparatów chemicznych dopuszczonych do stosowania na chmielu.

6. Zasady stosowania pestycydów w integrowanej ochronie chmielu

6.1. Uodparnianie się agrofagów na pestycydy

Uodpornianie się agrofagów na pestycydy jest rezultatem wielokrotnego stosowania preparatów chemicznych zawierających tę samą substancję aktywną. Substancja aktywna 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 aktywnej sprawia, że formy odporne zdobywają przewagę i wówczas preparat chemiczny traci swoją skuteczność. Prawdopodobieństwo uodpornienia się grzyba na fungicyd zależy od zmienności czynnika chorobotwórczego oraz mechanizmu działania fungicydu. W przypadku fungicydów, których działanie opiera się na zakłócaniu wielu funkcji życiowych patogena prawdopodobieństwo uodpornienia jest znikome. Jeśli jednak związek grzybobójczy 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 grzyba 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 pestycydy.

Zapobieganie uodparnianiu się grzybów na fungicydy polega na ograniczaniu presji selekcyjnej na populację patogena. Oznacza to, że w programie ochrony należy bezwzględnie unikać stosowania tych samych fungicydów lub fungicydów z jednej grupy chemicznej oraz stosować rotację środków grzybobójczych o różnych mechanizmach działania. Planując chemiczną ochronę przed chorobami, należy więc zwrócić uwagę na skład chemiczny fungicydu. Często preparaty o innych nazwach handlowych zawierają tą samą substancję aktywną, co stwarza niebezpieczeństwo pojawienia się form odpornych w populacji patogena.

6.2. Ochrona środowiska wodnego

Zabiegi ochronne z użyciem pestycydów wykonywane na polach uprawnych stanowią potencjalne zagrożenie dla otaczającego środowiska.

Pozostałości pestycydów 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 pestycydy. 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 przed wpływem pestycydów. Ochrona środowiska wodnego powinna być realizowana przez:

- przyznanie pierwszeństwa pestycydom, które nie zostały sklasyfikowane jako niebezpieczne dla środowiska wodnego,
- stosowanie bezpiecznych dla środowiska technik aplikacji pestycydów polegających na użyciu urządzeń antyznoszeniowych, np. specjalnych rozpylaczy eliminujących drobne krople o średnicy <100µm,
- 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 pestycydów,
- ograniczenie lub wyeliminowanie stosowania pestycydów 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. 31) oraz larwy złotooka i muchówek z rodziny bzygowatych, a także drapieżne wciornastki. Populację przędziorka chmielowca redukują

drapieżne gatunki roztoczy. Naturalni wrogowie mogą skutecznie utrzymywać liczebność szkodników poniżej progu ekonomicznej szkodliwości. Efektywność działania organizmów pożytecznych jest największa, gdy warunki atmosferyczne w sezonie wegetacyjnym są dla nich bardziej korzystne, niż dla szkodnika.

Ochrona organizmów pożytecznych polega przede wszystkim na racjonalnym stosowaniu chemicznych środków ochrony roślin w oparciu o realne zagrożenie gradacją szkodnika. W tym celu trzeba stale monitorować nasilenie występowania szkodników oraz podejmować decyzję o użyciu środka chemicznego w oparciu o próg ekonomicznej szkodliwości. Należy unikać stosowania insektycydów o szerokim spektrum działania, a wybierać selektywne, które skutecznie niszczą organizmy niepożądane i jednocześnie są mało toksyczne dla form pożytecznych. Niestety, instrukcje stosowania poszczególnych pestycydów zawarte w etykiecie nie zawierają informacji o wpływie preparatu na gatunki będące naturalnymi wrogami szkodników. Stopień zagrożenia gatunków drapieżnych można w pewnym zakresie ocenić na podstawie informacji o toksyczności danego preparatu dla pszczół. Ważnym elementem ochrony pożytecznej entomofauny jest również ustalenie terminu zabiegu chemicznego w taki sposób, aby nie powodować wysokiej śmiertelności owadów pożytecznych. Bezwzględnie należy przestrzegać zaleceń dotyczących dawkowania środków ochrony roślin zawartych w etykiecie – instrukcji.

Fot. 31. Larwa biedronki zjadająca mszycę

6.4. Technika aplikacji środka ochrony roślin

Stosowanie środków ochrony roślin na terenie otwartym przy użyciu opryskiwaczy regulują odpowiednie przepisy prawne. 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. 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 pestycydów musi zapewniać dokładne dozowanie i rozprowadzenie cieczy roboczej. Sprzęt powinien działać niezawodnie, pozwalać na łatwe napełnianie, opróżnianie i czyszczenie, tak aby uniemożliwić wyciek pestycydów 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.

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, gleby oraz powietrza. Zjawiska znoszenia nie da się całkowicie wyeliminować, ale można je ograniczyć. Do najważniejszych czynników wpływających na wielkość znoszenia zalicza się:

- wielkość kropel 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 cząstek pestycydu jest dużym problemem. Chmiel jest uprawiany na konstruk-

cjach 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 kropel cieczy roboczej powinna wynosić od 75 do 130µm. Krople o średnicy poniżej 100µm są najbardziej podatne na znoszenie, dlatego jeśli jest to możliwe zabieg należy wykonywać przy użyciu możliwie dużych kropel. 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 $km \cdot h^{-1}$, natomiast w końcowym okresie wegetacji nie należy przekraczać 2,5 $km \cdot h^{-1}$. 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 kropel 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 ranek, ponieważ zazwyczaj prędkość wiatru jest wówczas mniejsza. W tym okresie niższa jest również temperatura oraz większa wilgotność powietrza, co ogranicza ewa-

porację. 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 20 m 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.

Zwiększanie wielkości kropel oraz przeciwdziałanie niekorzystnemu wpływowi wiatru są podstawowymi elementami techniki ograniczającej znoszenie.

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 oraz zwiększonych strat podczas zrywania maszynowego. Szyszki zebrane zbyt wcześnie charakteryzują się ponadto 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 coraz częściej 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 wywietrznik 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 dosuszanie. 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 11%. 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 sprasowanie 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 0°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 Państwową 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 zależna jest 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 Nabrzmiałe 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

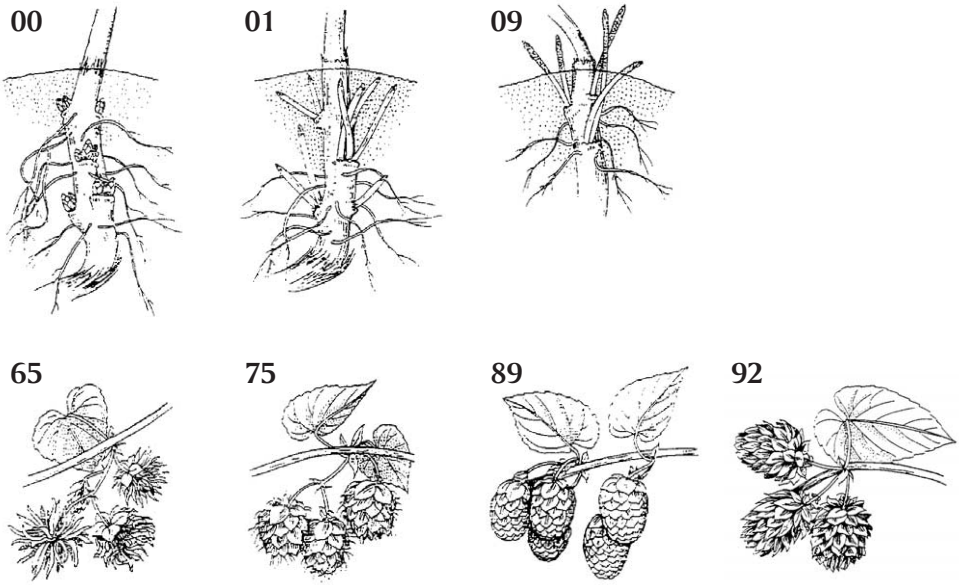
Główna faza rozwojowa 8: Dojrzewanie szyszek

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

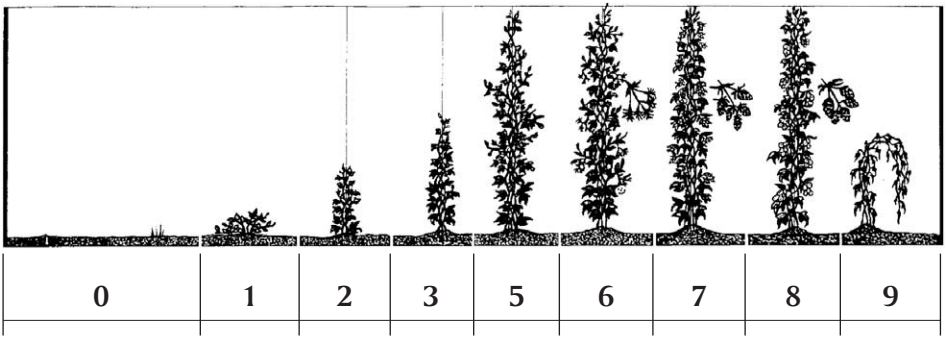
Główna faza rozwojowa 9: Starzenie się i wchodzenie w okres spoczynku

92 Dojrzałość fizjologiczna: szyszki żółto-brązowe, obniżenie 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, 2001. Federal Biological Research Centre for Agriculture and Forestry)



c.d. Rys.1.



9. Zasady prowadzenia ewidencji środków ochrony roślin stosowanych w uprawie chmielu

W myśl Ustawy o ochronie roślin z dnia 18 grudnia 2003 r. (Dz.U. 2004 Nr 11 poz.94), właściciele gospodarstw rolnych, 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 pestycydów. Informacja o wcześniej wykonanych zabiegach pozwala na taki dobór środków ochrony roślin, aby ograniczać zjawisko uodparniania się agrofagów na substancje aktywne pestycydów. Ułatwia również zachowanie zalecanych okresów prewencji i karencji.

Ewidencja powinna zawierać:

- nazwę rośliny,
- powierzchnię uprawy w gospodarstwie,
- wielkość powierzchni 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 dwóch 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 pestycydów można uzupełnić uwagami dotyczącymi warunków atmosferycznych, fazy rozwojowej rośliny, a przede wszystkim skuteczności przeprowadzonego zabiegu zwalczania agrofagów. Nie są to wprawdzie 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 20 i 21.

Tabela 20. Spis kwater chmielu oraz ich oznaczenie

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

Tabela 21. 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)		

10. Literatura uzupełniająca

1. Borecki Z.: Nauka o chorobach roślin. PWRiL, Warszawa, 1996.
2. Doroszewska 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.: Integrowana 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, Federal Biological Research Centre for Agriculture and Forestry, 2001.
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., Niróbca A., Pietruch Cz.: Agrometeorologiczny system ochrony plantacji chmielu przed mączniakiem rzekomym (*Pseudoperonospora 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-Żalec, 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 mehlatus (*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. Solarska E.: Więdnięcie infekcyjne chmielu (*Humulus lupulus* L.) uprawianego na Lubelszczyźnie. IUNG, Puławy, 1981, seria R(156).

25. Solarska E.: Choroby i szkodniki chmielu. IUNG, Puławy, 1990, seria P(45).

26. Solarka E.: Ograniczanie werticiliozy chmielu przez uprawę żyta w międzyrzędziach. Instrukcja wdrożeniowa. IUNG, Puławy, 1996, 183.

27. Solarska E.: Kształtowanie się zbiorowisk grzybów i bakterii w glebie pod uprawą chmielu w zależności od zabiegów agrotechnicznych ograniczających werticiliozę (*Verticillium albo-atrum*). Rozprawa habilitacyjna, IUNG, Puławy, 1996.

28. Solarska E.: Zabezpieczenie zdrowych plantacji chmielu przed chorobami wirusowymi. Instrukcja upowszechnieniowa. IUNG-PIB, Puławy, 2006, 113.

29. Solarska E., Dwornikiewicz J., Migdal J., Jastrzębski A.: Aktualne zalecenia agrotechniki chmielu. Instrukcja upowszechnieniowa. IUNG, Puławy, 2001, 77.

30. Solarska E., Migdal J., Dwornikiewicz J.: Oddziaływanie wybranych gatunków roślin uprawianych w międzyrzędziach na plonowanie chmielu i występowanie werticiliozy (*Verticillium albo-atrum*). Pam. Puł., 1996, 107:77–84.

31. 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.

32. Stasiak M.: Wpływ metody zakładania plantacji chmielu na plon szyszek i zawartość alfa kwasów. Studia i Raporty IUNG-PIB, 2008, 13:131–136.

33. Szewczuk Cz.: Wpływ nawozów zielonych uprawianych w międzyrzędziach chmielnika na plony szyszek. Fragm. Agro., 1995, 1(45):35–41.

34. The spirit of beer. Hops from Germany. CMA Central Marketing Organization of German Agricultural Industries.

www.deutscher-hopfen.de/contentserv/hopfenpflanzerverband.de

35. 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.

36. 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.

37. Wirowski Z., Migdal J.: Agrotechniczne metody zapobiegania chorobom więdnięcia chmielu. Instrukcja wdrożeniowa. IUNG, Puławy, 1979, 72.

38. www.iung.pl/dpr/nawozy_naturalne_rodzaje.html

INSTYTUT UPRAWY NAWOŻENIA I GLEBOZNAWSTWA
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY W PUŁAWACH