INSTYTUT OCHRONY ROŚLIN
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY

Metodyka integrowanej ochrony wierzb krzewiastych

dla producentów biomasy

Poznań 2013

INSTYTUT OCHRONY ROŚLIN
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY
Dyrektor – Prof. dr hab. Danuta Sosnowska

ZAKŁAD TRANSFERU WIEDZY I INNOWACJI
Kierownik – Dr Stefan Wolny

Opracowanie zbiorowe pod redakcją:
Dr inż. Doroty Remlein-Starosty i Prof. dr hab. Marka Mrówczyńskiego

Recenzent:
Dr Joanna Dłużniewska[4]

Autorzy opracowania:
Dr inż. Dorota Remlein-Starosta[1]
Dr Mariusz Matyka[2]
Prof. dr hab. Jan Kuś[2]
Mgr Katarzyna Nijak[1]
Dr Wojciech Miziniak[1]
Mgr Joanna Krzymińska[1]
Prof. dr hab. Paweł Węgorek[1]
Dr Joanna Zamojska[1]
Mgr Daria Dworzańska[1]
Mgr Roman Wojciechowski[3]

[1] Instytut Ochrony Roślin – PIB, Poznań
[2] Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – PIB, Puławy
[3] Centralny Ośrodek Badania Odmian Roślin Uprawnych, Słupia Wielka
[4] Uniwersytet Rolniczy, Kraków

Korekta redakcyjna:
Mgr Danuta Wolna

Program Wieloletni 2011–2015
"Ochrona roślin uprawnych z uwzględnieniem bezpieczeństwa żywności oraz ograniczenia strat w plonach i zagrożeń dla zdrowia ludzi, zwierząt domowych i środowiska"
1.1. Aktualizacja i opracowanie metodyk integrowanej ochrony roślin

ISBN 978-83-89867-93-3

Nakład: 100 egz.
Opracowanie graficzne, skład oraz projekt okładki: Mgr inż. Dominik Krawczyk
Druk: TOTEM, ul. Jacewska 89, 88-100 Inowrocław, www.totem.com.pl

SPIS TREŚCI

I. Wstęp 3

II. Charakterystyka wierzb 4

III. Agrotechnika i uprawa 6

1. Dobór gleb 6
2. Zakładanie plantacji 6
3. Odmiany 9
4. Nawożenie 9
5. Technika i organizacja zbioru 9
6. Plonowanie wierzby 10

IV. Regulacja zachwaszczenia 13

1. Specyfika ochrony wierzb krzewiastych przed zachwaszczaniem 13
2. Najważniejsze gatunki chwastów 13
3. Metody redukcji zachwaszczenia 15

V. Ograniczanie sprawców chorób 19

1. Znaczenie gospodarcze chorób wierzb w Polsce 19
2. Cechy diagnostyczne i rozwój najważniejszych chorób wierzb krzewiastych 19
3. Możliwości integrowanego ograniczania sprawców chorób 23

VI. Ograniczanie strat powodowanych przez szkodniki 27

1. Najgroźniejsze szkodniki wierzby uprawianej na cele energetyczne 27
2. Możliwości integrowanej ochrony wierzb przed szkodnikami 32

VII. Integrowana ochrona wierzb przed zwierzyną łowną 35

1. Szkody powodowane przez zwierzynę łowną 35
2. Przeciwdziałanie szkodom 35

VIII. Zachowanie bioróżnorodności entomofauny pożytecznej i owadów rzadkich oraz chronionych..... 37

1. Ochrona entomofauny pożytecznej i pająków 37
2. Ochrona pszczół i innych owadów zapylających 41
3. Owady rzadkie i chronione 41

IX. Literatura uzupełniająca 43

I. WSTĘP

Z początkiem 2014 roku w Unii Europejskiej wchodzi w życie obowiązek uprawy roślin, w tym wierzby, zgodnie z zasadami integrowanej ochrony. Niniejsze opracowanie ma służyć pomocą rolnikom i doradcom we wdrażaniu tych zasad produkcji wierzby, niezależnie od jej przeznaczenia. W integrowanej ochronie roślin, pierwszeństwo mają metody niechemiczne (agrotechniczne, mechaniczne, fizyczne, biologiczne, hodowlane i inne), a gdy okażą się niewystarczające, wówczas będzie można zastosować metodę chemiczną. Procedura użycia pestycydu wymaga jednak spełnienia pewnych ściśle określonych warunków takich, jak np. oparcie decyzji o przeprowadzeniu zabiegu o analizę ekonomiczną przewidywanej, potencjalnej straty plonu na podstawie prawidłowej diagnostyki agrofaga i oceny progu jego szkodliwości; fachowego przygotowania osoby wykonującej zabieg chemiczny; urzędowego certyfikatu sprawności technicznej opryskiwacza; bezwzględnego przestrzegania etykiety środka ochrony roślin, w tym okresu karencji. W integrowanej ochronie roślin nie zakłada się całkowitej likwidacji populacji organizmu szkodliwego, lecz ograniczenie jego liczebności do takiej wielkości, aby nie powodowała strat gospodarczych i środowiskowych.

REALIZACJA INTEGROWANEJ OCHRONY WYMAGA M. IN.:

- umiejętności rozpoznawania gatunków agrofagów oraz znajomości ich biologii i sposobu zachowania się w różnych warunkach pogodowych,
- znajomości jego wrogów naturalnych i antagonistów oraz ich biologii,
- wiedzy o wymaganiach i rozwoju chronionego gatunku rośliny uprawnej,
- dostępu do informacji o prognozowanych terminach pojawu organizmu szkodliwego oraz rzeczywistej oceny jego nasilenia i dalszego rozwoju,
- znajomości progów ekonomicznej szkodliwości organizmu szkodliwego oraz umiejętności ich wykorzystania w warunkach konkretnej uprawy,
- wiedzy o różnych metodach profilaktyki i zwalczania z umiejętnością ich integracji,
- dostępu do danych glebowych i meteorologicznych miejsca uprawy oraz oceny ich wpływu na rozwój populacji organizmu szkodliwego,
- zdolności przewidywania potencjalnych niekorzystnych skutków ubocznych podejmowanych zabiegów ochrony roślin dla człowieka i środowiska.

INTEGROWANA OCHRONA ROŚLIN
(ang. Integrated Pest Management – IPM)

jest to sposób ochrony roślin uprawnych przed organizmami szkodliwymi (grzybami, bakteriami, wirusami i innymi czynnikami chorobotwórczymi; owadami; roztoczami; nicieniami; chwastami lub zwierzętami kręgowymi), polegający na wykorzystaniu wszystkich dostępnych metod profilaktyki i ochrony roślin, w szczególności metod niechemicznych, w celu zminimalizowania potencjalnego zagrożenia dla zdrowia ludzi, zwierząt oraz środowiska. Celem Integrowanej Ochrony Roślin jest utrzymanie populacji agrofagów poniżej progów szkodliwości oraz zabezpieczenia efektu ekonomicznego produkcji.

W przypadku wierzb definicja integrowanej ochrony roślin ma szczególne znaczenie ze względu na wieloletni i wielkoobszarowy charakter tej uprawy. Niniejsza publikacja opisuje szereg istotnych elementów związanych z zakładaniem plantacji. Odpowiednie postępowanie na tym etapie ma duży wpływ na produkcję biomasy w okresie rozwoju roślin i pozwala na przedłużenie możliwości użytkowania wierzb oraz na ograniczenie występowania agrofagów. W metodyce uwzględniono wszystkie możliwości ochrony plantacji łącznie z danymi eksperymentalnymi i możliwościami samoregulacji populacji szkodników oraz patogenów na właściwie zorganizowanej plantacji.

Przydatne adresy stron internetowych:

www.ior.poznan.pl – Instytut Ochrony Roślin – Państwowy Instytut Badawczy
www.minrol.gov.pl – Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi
www.piorin.gov.pl – Państwowa Inspekcja Ochrony Roślin i Nasiennictwa, Główny Inspektorat w Warszawie
www.ihar.edu.pl – Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin – Państwowy Instytut Badawczy
www.ios.edu.pl – Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy
www.coboru.pl – Centralny Ośrodek Badania Odmian Roślin Uprawnych w Słupi Wielkiej
www.pzh.gov.pl – Narodowy Instytut Zdrowia Publicznego – Państwowy Zakład Higieny
www.etox.2p.pl – internetowy serwis toksykologii klinicznej

II. CHARAKTERYSTYKA WIERZB

Rodzina wierzbowatych (Salicaceae) obejmuje na całym świecie kilkaset gatunków. W jej skład wschodzą dwa rodzaje wierzba (*Salix* L.) i topola (*Populus* L.). Większość gatunków zasiedla tereny o klimacie umiarkowanym i chłodnym Europy i Azji oraz Ameryki Północnej.

Liczny gatunkowo i skomplikowany w klasyfikacji taksonomicznej rodzaj wierzba, obejmuje na świecie około 300–500 gatunków. W Polsce, według danych dendrologicznych, zidentyfikowano 25–40 gatunków wierzb, a łącznie z licznymi mieszańcami i podgatunkami – 84. Tworzą one formy krzewiaste lub drzewiaste i występują niemal we wszystkich biotopach.

Identyfikacja wierzb jest trudna ze względu na możliwość tworzenia mieszańców, często składających się z 3–4 gatunków. Dlatego znane są przypadki klasyfikowania pojedynczego osobnika jako odrębnego systematycznie.

Wierzby rosną w formie zarówno drzew dorastających do 25 m wysokości, jak i wysokich oraz niskich krzewów, a nawet płożących się po ziemi krzewinek. Pędy mają różnej barwy – zielone, żółte, czerwone do brunatnych. Blaszki liściowe zazwyczaj są wąskie lancetowate, piłkowane, krótkoogonkowe, często srebrzysto owłosione z przylistkami. U niektórych gatunków liście mogą być owalne, jajowate, eliptyczne do okrągłych. Blaszki liściowe czasami są pozbawione owłosienia i pergaminowe. Wierzby to rośliny dwupienne, dlatego na jednych osobnikach występują tylko żeńskie kwiaty, a na innych tylko męskie. Kwiaty rozwijają się wcześnie wiosną przed rozwojem liści, a u niektórych gatunków równocześnie z liśćmi. Są owadopylne. Owoce to małe pękające torebki, które dojrzewają w maju–czerwcu. Powstające nasiona są bardzo drobne, z puchem lotnym, umożliwiającym przenoszenie przez wiatr na duże odległości.

Wierzby to rośliny światłolubne i przeważnie szybko rosnące. Większość z nich ma bardzo małe wymagania stanowiskowe. Wierzby najlepiej czują się w miejscach uwilgoconych, tj. na te-

renach podmokłych, w pobliżu cieków wodnych. Stanowią jeden z najważniejszych składników lasów łęgowych porastających doliny rzeczne. Najczęściej są to drzewa i krzewy polne rosnące nad rzekami oraz różnego rodzaju zbiornikami wodnymi (jeziorami, stawami), na nieużytkach itp. Istnieją także gatunki wierzb dobrze radzące sobie na glebach suchych, a nawet na piaskach i wydmach np. wierzba iwa. Gatunek ten jest również powszechnie występującym w Polsce, typowo leśnym drzewem. Wierzby w zależności od gatunku osiągają wiek 50–100 lat.

Duża plastyczność ekologiczna daje możliwości wyselekcjonowania wierzb nadających się do umocnienia wydm nadmorskich, brzegów zbiorników i cieków wodnych, rekultywacji gruntów zdewastowanych przemysłem oraz działalnością komunalną. Nasadzenia wierzb wzdłuż dróg mogą służyć jako ekrany ochronne przed emisją zanieczyszczeń i hałasu, osłony przeciwśniegowe oraz wiatrowe. Wierzby wykorzystuje się również do tworzenia stref buforowych ujęć wody i oczyszczalni ścieków oraz wysypisk. Drewno wierzb jest niskiej jakości, ma jednak zastosowanie w przemyśle meblarskim do wyrobu płyt wiórowych oraz pilśniowych, przeznaczane jest również do produkcji papieru, węgla drzewnego i alkoholu. Najbardziej znanym i cenionym wykorzystaniem giętkich witek wierzbowych jest wikliniarstwo. Znane w całej Europie ośrodki wikliniarskie znajdują się w okolicach Nowego Tomyśla w Wielkopolsce i Rudnika nad Sanem.

W latach 70. i 80. XX wieku zwrócono uwagę na możliwość wykorzystania wierzb jako biomasy przeznaczonej do celów energetycznych, jako paliwo stałe do bezpośredniego procesu spalania, paliwo płynne (biometanol) i paliwo gazowe (gaz drzewny). W krajach skandynawskich i w Anglii wyhodowano szereg odmian wierzb o szybkim przyroście biomasy. Stanowią one mieszańce wewnątrzgatunkowe, głównie *S. vimnialis* L., ale także innych gatunków wierzb, jak: *S. dasyclados* Wimmer, *S. schwerinii* E. Wolf, *S. purpurea* L. i innych, oraz hybrydy międzygatunkowe. W Polsce uzyskano również wiele odmian i klonów wierzb. Hodowcami ich są takie ośrodki, jak Uniwersytet Warmińsko–Mazurski w Olsztynie i hodowcy prywatni.

Wyselekcjonowane odmiany wierzb na cele energetyczne (wierzby krzewiaste – o różnym pochodzeniu gatunkowym) powinny charakteryzować się bardzo szybkim przyrostem biomasy (14 krotnie większym niż lasu), zwiększoną odpornością na szkodniki i choroby, zwiększoną mrozoodpornością oraz wysoką wartością energetyczną drewna. Plantacje wierzb powinny być użytkowane przez 10–25 lat.

W celu wykorzystania biomasy z pędów wierzb zazwyczaj zebrany plon podlega odpowiedniemu przygotowaniu. Po wstępnym przesuszeniu wierzbowe pręty są cięte na zrębki o wielkości kilku cm. Wierzbowa biomasa przetwarzana jest również na brykiety lub pellet. Zawartość wody w tych produktach jest obniżona do około 10%. Produkty te powstają w wyniku sprasowania w wysokim ciśnieniu rozdrobnionej biomasy. Uważa się, że można uzyskać plon suchej biomasy z jednego hektara rocznie na poziomie 10–22 ton. Wartość energetyczna wierzby waha się w granicach 6,2–19,6 GJ/Mg, w zależności od wilgotności. Wartość opałowa suchej biomasy stanowi około 0,7 wartości opałowej węgla kamiennego

W porównaniu z tradycyjnymi uprawami rolniczymi wykorzystywanymi na cele energetyczne (tj. pszenica, kukurydza, burak cukrowy czy rzepak) plantacje wierzb charakteryzują się: lepszym bilansem energii i węgla, większą sekwestracją węgla w glebie, mniejszym wymywaniem azotu, lepszymi właściwościami fitoremediacyjnymi, zbliżoną lub większą bioróżnorodnością roślin, bezkręgowców i ptaków. W przypadku nadmiernego udziału w strukturze zasiewów oraz niewłaściwego lokalizowania plantacji mogą mieć ujemny wpływ na bilans wodny gleb oraz warunki hydrologiczne w zlewniach, jak również wizualne walory krajobrazu.

Aby zapewnić właściwe przyrodnicze i ekonomiczne zalety uprawy wierzb na cele energetyczne należy uwzględnić zasady integrowanej produkcji i ochrony roślin.

III. AGROTECHNIKA I UPRAWA

Użytkowanie plantacji wynosi do 15–20 lat, dlatego plonowanie jej zależy głównie od: jakości gleby, ilości dostępnej wody, częstotliwości zbioru, doboru odmian, obsady roślin, przebiegu pogody i nasilenia czynników ograniczających plonowanie (chwasty, choroby i szkodniki).

1. Dobór gleb

Najbardziej przydatne do uprawy wierzby są gleby wilgotne, położone zwykle w obniżeniach terenowych, a zaliczane do kompleksu zbożowo-pastewnego mocnego – 8 (klasy – III b, IV a i IV b oraz V) oraz zbożowo–pastewnego słabego – 9 (klasy – IV b i V). Wierzbę można także uprawiać na glebach wytworzonych z piasków zaliczanych do kompleksu żytniego dobrego – 5 (klasy – IV b lub V), jednak woda gruntowa na tych glebach powinna występować nie głębiej niż 2,0 m. Na suchych glebach, w latach z małą ilością opadów, uzyskuje się niskie plony i uprawa wierzby jest nieopłacalna. Pod uprawę wierzby można również wykorzystać tereny okresowo podmokłe lub zalewowe, a także gleby zdegradowane i zanieczyszczone.

Mniej przydatne do uprawy wierzby są gleby organiczne (torfowe i murszowo-torfowe), gdyż w takich warunkach należy się liczyć z możliwością szybszego wypadania roślin i krótszym okresem użytkowania plantacji oraz z trudnościami ze zbiorem i transportem zebranego plonu.

Przygotowanie pola. Gleba pod plantację wierzby energetycznej powinna być przygotowana podobnie, jak pod inne rośliny rolnicze. Ważne jest staranne odchwaszczenie pola tak, aby ograniczyć konkurencję chwastów w pierwszym roku po posadzeniu wierzby. Przygotowanie pola pod plantację zależy od dotychczasowego sposobu jego użytkowania:

a) pola odłogowane,
b) pola użytkowane, ale zaniedbane (zaperzone i porośnięte innymi chwastami wieloletnimi),
c) pole utrzymywane w dobrej kulturze.

W celu oczyszczenia pól odłogowanych lub zaniedbanych z chwastów wieloletnich (perz, ostrożeń, powój) należy, w okresie letnim lub pożniwnym, na zielone chwasty zastosować nieselektywne herbicydy (zawierające glifosat) w dawkach podanych na opakowaniu.

Gleby kwaśne (o pH poniżej 5,5) należy koniecznie zwapnować. Na lżejszych glebach trzeba zastosować 2–3 t/ha, na ciężkich 3–5 t/ha nawozów wapniowych w przeliczeniu na CaO.

Po 6–8 tygodniach od zastosowania herbicydu można wysiać nawozy wapniowe i wymieszać je z glebą. Przed zimą konieczne jest wykonanie głębokiej (przynajmniej na 30–35 cm) orki przedzimowej. Na glebach zbyt zwięzłych lub z występującą podeszwą płużną w celu poprawy stosunków wodno-powietrznych, powinno się wykonać głęboszowanie.

2. Zakładanie plantacji

Podstawową czynnością poprzedzającą założenie plantacji wierzby jest odpowiednie jej rozplanowanie w terenie, szczególnie pod kątem zmechanizowania prac polowych i zbioru. Powinno się wydzielić drogi technologiczne, uwrocia oraz przy dużych plantacjach ewentualne miejsca składowania zebranej biomasy. Przystępując do rozplanowania nasadzeń wierzby należy pamiętać, że obowiązkowe jest zachowanie odstępów:

- 1,5 m od granicy sąsiedniej działki, na której założona jest taka sama plantacja lub jest użytkowana jako grunt leśny,
- 3 m od granicy działki użytkowanej w inny niż wymieniony powyżej sposób.

Zakładanie plantacji wierzby za pomocą specjalistycznej sadzarki (fot. M. Matyka)

Plantacja wierzby założona z żywokołów w systemie Eko-Salix (fot. M. Matyka)

Zakładając plantacje wierzby na polach zmeliorowanych należy brać pod uwagę ewentualność przerastania korzeni przez sączki drenarskie. W konsekwencji blokuje to działanie całego systemu melioracyjnego i może prowadzić do zabagnienia sąsiednich pól.

Wierzbę krzewiastą rozmnaża się wegetatywnie za pomocą zrzezów (sadzonek, sztobrów), tzn. fragmentów pędu, które po posadzeniu do gleby ukorzeniają się i wypuszczają nowe pędy, tworząc rośliny. Długość zrzezów powinna wynosić 0,20–0,25 m, a ich średnica 8–12 mm. Sadzenie zrzezów najczęściej przeprowadza się wczesną wiosną. Zrzezy można sadzić również jesienią, termin ten jest uzależniony od lokalnych warunków pogodowych i organizacyjnych. Sadzenie zrzezów wykonuje się przy użyciu sadzarek mechanicznych 2–4-rzędowych lub na mniejszych plantacjach sadzi się je ręcznie. Na towarowych plantacjach zrzezy wierzby zaleca się wysadzać pasowo w podwójnych rzędach. Odległość pomiędzy rzędami w pasie wynosi 0,75 m, a pomiędzy pasami 1,5 m (rys. 1).

Rys. 1. Sposób rozmieszczenia sadzonek wierzby

W rzędach zrzezy wysadza się najczęściej co 0,4–0,6 m, daje to obsadę około 14,8–22,0 tys. roślin na powierzchni 1 hektara. Przyjmuje się, tak w Polsce, jak i krajach sąsiednich, że optymalne zagęszczenie roślin na plantacjach produkcyjnych zbieranych w cyklu 3-letnim wynosi od 10 od 20 tys./ha. W warunkach wyższej obsady roślin następuje większe ich wypadanie, co pogarsza równomierność zagęszczenia łanu i w konsekwencji prowadzi do nasilenia zachwaszczenia oraz spadku plonu.

W przypadku planowanego zbioru wierzby w cyklu corocznym, którego nie zaleca się dla plantacji komercyjnych, można stosować rzędowe sadzenie bez ścieżek przejazdowych i z rozstawą roślin w rzędzie około 40 cm. Wówczas obsada roślin będzie wynosić około 30 tys./ha.

Istnieje również możliwość zakładania plantacji wierzby w systemie Eko-Salix z tzw. „żywokołów". Żywokoły, to dwuletnie pędy wierzby o wysokości ok. 2,0–2,5 m, które przy wykorzystaniu specjalnego sprzętu są wysadzane w darń na głębokość 0,4–0,5 m. Odległość między rzędami, w zależności od zastosowanych maszyn i cyklu zbioru, powinna wynosić 1,8–2,5 m, a w rzędzie 0,5–1,2 m. Obsada roślin na plantacji wynosi 4–8 tys./ha, natomiast zbiór dokonywany jest co 5–6 lat. Pielęgnacja takiej plantacji ogranicza się do przykaszania trawy i chwastów w międzyrzędziach w pierwszym roku po jej założeniu. W następnych latach wierzba już skutecznie zagłusza chwasty.

3. Odmiany (klony)

Plantacje wierzby należy zakładać z materiału rozmnożeniowego pozyskiwanego z licencjonowanych plantacji matecznych. Aktualnie dostępne są odmiany wierzby wyhodowane przez Uniwersytet Warmińsko–Mazurski w Olsztynie (np. Start, Sprint, Turbo, Tur) oraz odmiany hodowli szwedzkiej i duńskiej (np. Torhild, Sven, Olof, Gudrun, Tordis, Inger Tora, Gigantea). Dotychczas brak jest pełniejszych informacji odnośnie wymagań siedliskowych poszczególnych odmian, w związku z tym na większych plantacjach wskazane jest wysadzanie kilku odmian. Z doświadczeń przeprowadzonych w północnej Irlandii wynika, że plony z takich plantacji są znacznie wyższe, w porównaniu do plantacji obsadzonej jedną odmianą.

4. Nawożenie

Przed założeniem plantacji wskazane jest wykonanie chemicznych analiz gleby, aby ustalić potrzeby wapnowania i określić dawki nawozów fosforowych i potasowych. Pierwszy rok wegetacji w uprawie wierzby jest traktowany jako faza wstępna. Po zakończeniu tego okresu, od końca listopada do połowy marca, pędy wierzby powinny być przycięte na wysokości 8–10 cm nad powierzchnią gruntu, co stymuluje rozwój silnych i licznych pędów na karpie w drugim roku wegetacji. W roku założenia plantacji plony biomasy wierzby są znikome, w związku z tym potrzeby nawozowe są również małe. Przed wysadzeniem zrzezów należy zastosować dawkę startową azotu w ilości około 20–30 kg N/ha. Dawki fosforu i potasu powinny wynosić odpowiednio 10–30 kg P_2O_5 i 20–50 kg K_2O/ha, w zależności od zasobności gleby. Od drugiego roku plantację prowadzi się najczęściej w 3-letnim cyklu produkcyjnym (zbiór co 3 lata) i nawożenie stosuje się po kolejnych zbiorach. Zalecane dawki nawozów, stosowane raz na 3 lata (rotację), wynoszą: 90 –120 kg N, 30–60 kg P_2O_5 i 80–120 kg K_2O. Wyższe dawki P i K stosuje się na glebach ubogich w te składniki. W badaniach szczegółowych wykazano, że z plonem 10 t/ha suchej masy drewna wierzby krzewiastej wywozi się z pola: 60 kg N, 8 kg P_2O_5 i 43 kg K_2O. Potrzeby nawozowe wierzby są jednak większe, gdyż spore ilości składników nawozowych akumulują liście, jednak składniki te powracają do gleby po opadnięciu liści i po ich mineralizacji są wykorzystywane przez rośliny w następnych latach.

Do nawożenia plantacji wierzby wykorzystać można również osady ściekowe, osad pofermentacyjny z biogazowni, popiół drzewny, co znacznie obniża koszty produkcji i ułatwia zagospodarowanie tych surowców odpadowych.

5. Technika i organizacja zbioru

Zbiór roślin wierzby w celu pozyskania biomasy prowadzi się po zakończeniu wegetacji, gdy z pędów opadną liście. W warunkach klimatycznych Polski zbiór można rozpocząć po 15 listopada i prowadzić do 15 marca, czyli do momentu rozpoczęcia przez rośliny wegetacji. Należy jednak pamiętać, że przy niekorzystnym przebiegu pogody (zbyt duża pokrywa śnieżna, nie zamarznięta gleba) okres ten może być znacznie krótszy. Wynika to głównie z braku możliwości wjazdu ciężkich maszyn na pole.

Zbiór wierzby można przeprowadzić stosując różne techniki i maszyny. Uzasadnienie ekonomiczne ma jedynie zbiór w pełni zmechanizowany, natomiast wykonywany ręcznie jest nieefektywny. Ostatecznie sposób zbioru uzależniony jest od jego częstotliwości, dostępności maszyn oraz od przeznaczenia

drewna. Bardzo ważną czynnością decydującą o dalszej żywotności plantacji jest prawidłowe odcięcie pędów od karpy. Pędy powinny być ścinane gładko, na wysokości 5–10 cm nad powierzchnią gleby.

Biomasa wierzby może być zbierana jednofazowo w postaci zrębków lub dwufazowo w postaci całych pędów, które w dalszej kolejności są wywożone z pola i zrębkowane.

Jednoetapowy zbiór wierzby może być prowadzony przy użyciu zmodyfikowanych sieczkarń do zbioru trzciny cukrowej lub kukurydzy. Maszyny te podczas jednego przejazdu ścinają pędy i rozdrabniają je na zrębki, które następnie transportowane są na miejsce składowania za pomocą przyczep objętościowych. Wadą zbioru jednoetapowego są bardzo wysokie koszty zakupu maszyn oraz problemy związane ze składowaniem zebranych wilgotnych zrębków, które w pryzmach ulegają zagrzaniu i rozkładowi, a nawet samozapłonowi. Dodatkowo koszty transportu biomasy są wysokie, z uwagi na dużą wilgotność (około 50%) oraz małą gęstość usypową.

Zbiór dwufazowy obejmuje dwa niezależne etapy, w których wykorzystuje się różne maszyny. W pierwszej kolejności rośliny są ścinane i w różnej formie (bele, wiązki) wywożone z pola. Następnie po częściowym przeschnięciu są zrębkowane i dostarczane odbiorcy. Umożliwia to bardziej systematyczną dostawę biomasy o mniejszej wilgotności, która jest bardziej przydatna do wykorzystania w energetyce.

W przypadku systemu Eko-Salix, gdzie rośliny są zbierane co 5–6 lat, a ich średnica przekracza 10 cm do zbioru należy wykorzystywać maszyny stosowane w leśnictwie.

Podczas zbioru wierzby należy pamiętać, że stosowanie ciężkich maszyn oraz duża masa zbieranego plonu stwarzają niebezpieczeństwo zagęszczenia gleby, które może pogarszać jej właściwości powietrzno-wodne i ograniczać wzrost roślin w następnych latach. Dodatkowo zbiór w takich warunkach może powodować silne uszkodzenie lub nawet całkowite zniszczenie całych karp wierzby, co dodatkowo prowadzi do przerzedzenia łanu. Należy temu przeciwdziałać stosując gąsienicowe układy jezdne, opony niskociśnieniowe lub podwójne/potrójne osie w układach jezdnych.

Wilgotność drewna wierzby zbieranej w rotacji 3–4 letniej wynosi około 46–50% i zwiększa się wraz ze skracaniem cyklu zbioru do około 55% w rotacji corocznej. Zrębki wilgotne mogą być dostarczane bezpośrednio do odbiorcy i wykorzystywane jako paliwo. Natomiast składowanie zrębków świeżo zebranych o wysokiej wilgotności wymaga odpowiedniego postępowania. Jeżeli zrębki mają być składowane przez dłuższy czas powinny być magazynowane pod wiatą najlepiej z zastosowaniem wymuszonego obiegu powietrza wewnątrz pryzmy.

6. Plonowanie wierzby

Plon wierzby zbieranej w cyklach jednorocznych, niezależnie od odmiany i warunków glebowych, średnio za osiem lat wyniósł 14,4 t/ha suchej masy (tab. 1). Plony suchej masy wierzby w latach wahały się niezależnie od jakości gleby, od około 11 t/ha w latach o niedoborze opadów (2006 i 2007) do 19 t/ha w 2011 r. o dużej ilości i korzystnym rozkładzie opadów. W tych doświadczeniach bardzo duże plony wierzby na glebie lekkiej są spowodowane korzystnym jej uwilgotnieniem, będącym następstwem zalegania wody gruntowej na głębokości 220–250 cm. Również korzystne warunki wilgotnościowe występowały na ciężkiej czarnej ziemi, z uwagi na dużą jej pojemność wodną i położenie w obniżeniu terenowym. Gorsze warunki wilgotnościowe dla wierzby stwarzała gleba średnia, o składzie granulometrycznym piasku gliniastego przechodzącego w glinę lekką i głębokim poziomie zalegania wód gruntowych, stąd mniejsze plony wierzby.

Stwierdzono bardzo duży wpływ jakości gleby na plonowanie wierzby zbieranej corocznie. Na madzie średniej jej plon wynosił 13,8 t/ha, zaś na madzie lekkiej tylko 5,4 t/ha suchej masy.

Towarowa plantacja wierzby krzewiastej (fot. M. Matyka)

Zbiór dwuetapowy wierzby za pomocą prasy ścinająco-zwijającej BIOBALER WB-55 (fot. M. Matyka)

Tabela. 1. Plon t/ha suchej masy wierzby (średnio z 9 odmian) zbieranej corocznie (badania IUNG – PIB)

Gleba	Rok							Średnio
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	
Ciężka czarna ziemia	12,8	11,1	12,7	15,5	16,5	15,9	22,2	15,2
Średnia	10,8	11,5	12,4	11,9	15,5	13,9	14,5	12,9
Lekka	10,1	11,9	12,3	18,3	17,0	14,6	20,3	14,2
Średnio	11,2	11,5	12,5	15,2	16,3	14,8	19,0	14,4

Zbierając wierzbę w cyklu 3-letnim uzyskuje się o 20–50% większe plony biomasy w przeliczeniu na rok, w porównaniu do sumy plonów z trzech kolejnych zbiorów corocznych. Plon wierzby zbieranej w cyku 3-letnim wyniósł 71 na glebie ciężkiej oraz 78 t (s.m.)/ha na glebie lekkiej i był odpowiednio o 23 i o 28 t s.m./ha większy od sumy plonów z 3 corocznych zbiorów z tych samych lat.

Dodatkowo drewno ze zbioru w cyklu 3 letnim jest lepszej jakości, gdyż niższa jest jego wilgotność oraz korzystniejszy skład chemiczny z uwagi na mniejszy udział kory, w porównaniu do zbiorów corocznych.

W przypadku wierzby zbieranej corocznie rośliny wiosną rozpoczynają proces regeneracji karp oraz tworzenia pędów. W konsekwencji powierzchnia asymilacyjna liści jest mała, co ogranicza tempo akumulacji biomasy. Przy wydłużeniu cyklu zbioru do 3 lat w drugim i trzecim roku wegetacji, już od wczesnej wiosny rośliny dysponują dużą powierzchnią asymilacyjną i mogą efektywnie wykorzystywać sprzyjające warunki, czyli zapasy wody zimowej w glebie oraz intensywne promieniowanie słoneczne do akumulacji biomasy.

Ze względu na wyższe koszty prowadzenia działalności i niższe plony, produkcja biomasy wierzby zbieranej corocznie cechuje się również znacznie mniejszą efektywnością ekonomiczną i energetyczną w porównaniu do wierzby zbieranej w cyklu 3-letnim.

Prezentowane wyniki pochodzą z doświadczeń polowych, które charakteryzują się: wysoką starannością i terminowością wykonywania zabiegów agrotechnicznych, optymalną obsadą roślin, małymi stratami podczas zbioru, itp. Stąd też można przyjąć, że plony na plantacjach produkcyjnych będą niższe o około 20–30%. Przyczyną uzyskiwania niskich plonów może być: nieodpowiedni dobór stanowiska, złe jego przygotowanie, stosowanie przypadkowego materiału rozmnożeniowego, nieprawidłowa technika sadzenia, niepoprawna agrotechnika.

VI. REGULACJA ZACHWASZCZENIA

1. Specyfika ochrony wierzby energetycznej przed zachwaszczeniem

Młode pędy wierzby uprawianej na cele energetyczne są szczególnie narażone na zachwaszczenie występujące w okresie od 3 do 6 tygodnia po posadzeniu, kiedy chwasty mogą całkowicie zahamować wzrost młodych pędów. W związku z tym regulacja zachwaszczenia na nowo zakładanych plantacjach jest jednym z najważniejszych zabiegów agrotechnicznych prowadzonych w uprawie tej rośliny. Chwasty konkurują z roślinami uprawnymi o składniki pokarmowe, wodę i światło. O ile konkurencja o składniki pokarmowe i wodę występuje w przypadku ich niedoboru, to rywalizacja o światło w łanie występuje zawsze. W związku z tą zależnością, największe zagrożenie dla wierzby stanowią chwasty wieloletnie oraz jednoroczne szybko rosnące i silnie zaciemniające roślinę uprawną.

2. Najważniejsze gatunki chwastów

W uprawach wierzby energetycznej może występować kilkadziesiąt gatunków chwastów. Ich obecność zależy od czynników glebowo-klimatycznych oraz sposobu użytkowania siedliska. Podczas przeprowadzonych w Polsce badań nie stwierdzono gatunków chwastów, które należy uznać za specyficzne dla upraw wierzby energetycznej. Występowanie najczęściej spotykanych gatunków roślin segetalnych i ruderalnych w uprawach wierzby przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2. Najważniejsze gatunki chwastów jedno i dwuliściennych

Gatunek chwastu	Występowanie
Chwastnica jednostronna (*Echinochloa crus-galli* L.)	Zachwaszcza około 50% pól uprawnych. Jest rośliną ciepłolubną, przystosowaną do wzrostu i rozwoju w warunkach wilgotnych, rośnie dobrze nawet na stanowiskach okresowo zalewanych przez wodę, preferuje gleby żyzne gliniaste i piaszczysto–gliniaste zasobne w azot.
Perz właściwy (*Elymus repens* L.)	Zachwaszcza ponad 70% pól uprawnych. Szybkie rozprzestrzenianie się perzu oraz intensywność pobierania składników pokarmowych z gleby stawiają ten gatunek wśród najgroźniejszych konkurentów wierzby.
Ostrożeń polny (*Cirsium arvense* L.)	Gatunek pospolity, rośnie na wszystkich typach gleb o uregulowanych stosunkach wodno-powietrznych, zasobnych w składniki pokarmowe, toleruje silne zasolenie gleby.
Nawłoć (*Solidago* sp. L.)	Rośnie na polanach, brzegach lasów, łąk i zarośli.
Trzcinnik (*Calamagrostis* sp. Adams)	W Polsce występuje 8 gatunków. Rośnie w miejscach wilgotnych, na podmokłych łąkach, na glebach torfowo-mineralnych.
Pokrzywa zwyczajna (*Urtica dioica* L.)	Chwast pospolity. Rośnie w dolinach rzecznych, w lasach łęgowych, w łęgach wierzbowych i topolowych, na glebach żyznych i wilgotnych.

Gatunek chwastu	Występowanie
Bylica pospolita (*Artemisia vulgaris* L.)	Pospolity chwast ruderalny, występujący w sadach, ogrodach oraz w uprawach wieloletnich.
Powój polny (*Convolvulus arvensis* L.)	Rośnie zarówno na glebach ciężkich jak i lżejszych, suchych i ciepłych. Zachwaszcza rośliny jednoroczne i wieloletnie. Występuje na plantacjach krzewów jagodowych, na pastwiskach oraz w miejscach ruderalnych.
Mniszek lekarski (*Teraxacum officinale* Weber)	Występuje na różnych glebach, najczęściej żyznych, gliniastych. Rośnie pospolicie na łąkach, pastwiskach nieużytkach, sadach i trawnikach. Na polach uprawnych zachwaszcza rośliny wieloletnie.
Fiołek polny (*Viola arvensis* Murray)	Chwast pospolity, rośnie na wszystkich typach gleb. Zachwaszcza 41–80% pól.
Komosa biała (*Chenopodium album* L.)	Występuje powszechnie na terenie całego kraju, na wszystkich typach gleb zachwaszczając 61–100% pól uprawnych.
Rdestówka powojowata (*Fallopia convolvulus* L.)	Pospolity chwast rosnący w uprawach rolniczych, występuje także na ugorach, nieużytkach i śmietnikach. Rośnie na glebach lekkich, piaszczystych i średnio ciężkich.
Rdest kolankowy (*Polygonum lapatifolium* L.)	Zachwaszcza rośliny rolnicze. Występuje ponadto na terenach nierolniczych: na glebach gliniastych, ciężkich, podmokłych.
Rdest plamisty (*Polygonum persicaria* L.)	Występuje na różnych glebach, zarówno ciężkich gliniastych i piaszczystych o różnym stopniu uwilgotnienia.
Rdest ptasi (*Polygonum aviculare* L.)	Chwast pospolity rośnie na różnych typach gleb. Zachwaszcza rośliny uprawne, ogrody. Gatunek można spotkać na podwórkach, przydrożach oraz na placach magazynowych.
Poziewnik szorstki (*Galeopsis tetrahit* L.)	Występuje na glebach gliniastych, piaszczystych a jednocześnie próchnicznych o wysokim poziomie wód gruntowych. Zachwaszcza 21–60% pól.
Szarłat szorstki (*Amaranthus retroflexus* L.)	Gatunek pospolity, rośnie na różnych typach gleb, zarówno piaszczystych jak i próchnicznych.
Tobołki polne (*Thlaspi arvense* L.)	Występuje na glebach ciężkich i lekkich zasobnych w wapń i próchnicę.

Ponadto miejscowe znaczenie dla roślin wierzby mają następujące gatunki chwastów: rumian polny, maruna bezwonna, tasznik pospolity, żółtlica drobnokwiatowa, jasnota purpurowa, mak polny.

Działania profilaktyczne

Wierzba w pierwszym roku po posadzeniu jest mało konkurencyjna w stosunku do występującego zachwaszczenia i wymaga starannego przygotowania pola pod uprawę. W praktyce często zdarza się, że rolnicy zakładają plantacje wierzby na polach niewłaściwie przygotowanych.

Istotną rolę w ograniczaniu zachwaszczenia odgrywają między innymi wszelkie czynności zapobiegawcze ograniczające rozprzestrzenianie się chwastów.

W przypadku chwastów wieloletnich do tych czynności należy zaliczyć:

- utrzymanie maszyn i narzędzi w czystości,
- niedopuszczenie do rozsiewania się chwastów z otoczenia do pól uprawnych,
- chemiczne zwalczanie chwastów wieloletnich w przedplonach wierzby energetycznej.

Do zwalczania chwastów wieloletnich najczęściej stosuje się herbicydy, które zawierają substancję czynną – **glifosat**. Można stosować na gruntach ornych w **dwóch terminach – przed zbiorem rośliny uprawnej lub na ściernisko**.

Zwalczanie perzu właściwego oraz innych chwastów przed zbiorem rośliny uprawnej

Opryskiwanie herbicydami zawierającymi glifosat przeprowadza się w dojrzałości woskowej ziarna, gdy wilgotność ziarniaków wynosi 20–30 %, czyli na 10 do 14 dni przed zbiorem ziarna.

Zwalczanie perzu i innych chwastów na ściernisku

Zabieg stosuje się w dowolnym terminie po zbiorze rośliny uprawnej, ale przed nadejściem jesiennych przymrozków. Chemiczną walkę z perzem właściwym można przeprowadzić w dwóch wariantach – pierwszy na ściernisko po zbiorze słomy (bez wykonywania uprawek pożniwnych), drugi po podorywce. W chwili wykonywania zabiegu perz właściwy powinien mieć wysokość od 10–15 cm i posiadać w pełni wytworzone 3–4 liście.

W obydwu sposobach aplikacji glifosatu, chwasty powinny być zielone i znajdować się w okresie intensywnego wzrostu. Zabiegi mechaniczne można rozpocząć, gdy na liściach perzu pojawią się pierwsze objawy zamierania (żółknięcie i więdnięcie).

W wymienionym terminie do zwalczania perzu właściwego można zastosować także graminicydy. Jednak w porównaniu do zwalczania chwastu za pomocą herbicydów zawierających glifosat, odchwaszczanie przeprowadza się po uprzednim pocięciu rozłogów perzu. Termin stosowania i faza rozwojowa chwastu jest identyczna, jak w przypadku stosowania herbicydów zawierających glifosat.

Zwalczanie perzu za pomocą uprawek mechanicznych

W porównaniu do metody chemicznej mechaniczne zwalczanie perzu jest bardzo energochłonne, generuje większe koszty i wymaga znacznie dłuższego czasu. Oczyszczenie pola za pomocą metody mechanicznej można przeprowadzić w dwojaki sposób. Pierwszy przez wykonanie głębszej podorywki do 12 cm i pozostawienie pola na kilka dni w celu przeschnięcia rozłogów, a następnie wyciągnięcie rozłogów kultywatorem wyposażonym w zęby sprężyste i ściągnięcie ich bronami. Drugi sposób to zmęczenie lub uduszenie rozłogów perzu. Zmęczenie perzu przeprowadza się poprzez wykonywanie od 3 do 5 podorywek zapobiegających odbijaniu rozłogów. Zabieg ten jest stosowany głównie na glebach lekkich. Modyfikacją tej metody jest tzw. zaduszenie perzu, które polega na przeprowadzeniu podorywki, a następnie po odrośnięciu rozłogów zastosowaniu brony talerzowej. Kiedy pole znowu się zazieleni, stosuje się bronę talerzową dwukrotnie na krzyż. Po tak przeprowadzonych zabiegach chwast jest osłabiony i należy wykonać głęboką orkę na 30 cm. Na glebach ciężkich i głębokich rozłogi perzu nie powinny już odrosnąć.

Właściwie pielęgnowana plantacja wierzby (fot. W. Miziniak)

Silnie zachwaszczona plantacja wierzby (fot. W. Miziniak)

Zaleca się zwalczanie chwastów jednorocznych przez:

- staranny zbiór roślin przedplonowych (ograniczenie występowania chwastów fakultatywnych – samosiewów),
- niedopuszczenie do przenoszenia się chwastów z otoczenia na pola uprawne,
- wykonanie głębokiej orki – wydobycie tzw. martwicy.

Zwalczanie chwastów na terenach nie użytkowanych rolniczo

W roku poprzedzającym uprawę wierzby na terenach nie użytkowanych powinno się wykarczować krzewy, usunąć korzenie oraz zwalczyć występujące chwasty wieloletnie. Chwasty wieloletnie niszczy się za pomocą herbicydów nieselektywnych, zawierających substancje czynną – glifosat. Zabieg chemiczny przeprowadza się w okresie wegetacji roślin, przed nadejściem przymrozków, gdy chwasty są zielone i znajdują się w okresie intensywnego wzrostu. Pobrana przez liście substancja czynna jest przemieszczana do korzeni i skutecznie zwalcza występujące zachwaszczenie. Wszelkie uprawy na polu wykonuje się w momencie zasychania chwastów. Po chemicznym zabiegu glebę można pielęgnować w czarnym ugorze lub wysiać rośliny motylkowe.

Znaczenie przedplonu

Decydującą rolę w ograniczaniu zachwaszczenia odgrywa zastosowanie zmianowania roślin w przedplonach wierzby. Przemienna uprawa roślin o zróżnicowanych wymaganiach agrotechnicznych redukuje kompensację niektórych gatunków chwastów i ogranicza występowanie innych. W związku z tym, dobrymi przedplonami dla upraw wierzby na gruntach uprawianych rolniczo są: okopowe (ziemniak), motylkowe (łubin żółty, seradela, peluszka) i zboża (jęczmień, owies) czyli uprawy, które zapewniają wysoki poziom zwalczania chwastów.

Uprawa roślin o właściwościach allelopatycznych

W ostatnich latach zwrócono uwagę na możliwość wykorzystania zjawiska allelopatii w ograniczaniu zachwaszczenia. Allelopatia to wzajemne oddziaływanie między roślinami oraz mikroorganizmami glebowymi o charakterze biochemicznym, modyfikujące wzrost roślin. Przejawia się głównie ujemnym wpływem na procesy kiełkowania, wzrostu i rozwoju innych roślin. Uprawa roślin w formie międzyplonów lub poplonów ścierniskowych wpływa na redukcję występowania niektórych gatunków chwastów. Wykorzystywane są w tym celu rośliny poplonowe takie, jak: żyto ozime, rzodkiew oleista, gryka, gorczyca biała, facelia błękitna.

W związku z brakiem zarejestrowanych herbicydów do ochrony wierzby, w ostatnich latach prowadzone są badania mające na celu wykorzystanie współrzędnej uprawy roślin posiadających właściwości allelopatyczne w ograniczaniu zachwaszczenia nowo posadzonych plantacji wierzby (jęczmień jary, owies, koniczyna, lucerna). Na podstawie wyników badań prowadzonych w IOR – PIB w wariantach, w których wysiano koniczynę białą i lucernę siewną, uzyskano znaczącą redukcję zachwaszczenia zarówno pod względem ilościowym, jak i świeżej masy chwastów, która wyniosła odpowiednio dla koniczyny białej 70% i 64,9% oraz dla lucerny siewnej 62,6% i 68,3%.

Zabiegi agrotechniczne

W integrowanej ochronie roślin walka z chwastami powinna odbywać się we wszystkich elementach zmianowania, na każdym etapie uprawy roli (podorywka, orka zimowa, uprawa pola przed sadzeniem zrzezów). Wykonywane w sezonie wegetacyjnym zabiegi agrotechniczne są ważnym elementem przyczyniającym się do zmniejszenia liczby nasion w glebie, jednak tempo tej redukcji jest uzależnione od gatunku chwastu. W ciągu jednego roku zabiegi agrotechniczne mogą obniżyć populację owsa głuchego na polu nawet o 80%. Systematycznie wykonywane uprawki w okresie pożniwnym znacznie redukują potencjalne zachwaszczenie gleby (bank nasion w glebie). Płytka podorywka i wykonywanie bronowania po zbiorze przedplonu pobudzają nasiona chwastów do kiełkowania. Chwasty do fazy 2–4 liści właściwych są skutecznie niszczone przez bronowanie. W zaawansowanych fazach rozwojowych zaleca się stosowanie głębszych narzędzi spulchniających. Zabiegi uprawowe przeprowadza się kilkakrotnie, zwiększając głębokość wykonywanych uprawek, umożliwiając w ten sposób kiełkowanie kolejnych partii nasion chwastów. Wykonywanie wszelkich uprawek mechanicznych w tym okresie skutecznie zwalcza tzw. chwasty fakultatywne, pochodzące z nasion osypanych podczas zbioru roślin uprawnych i ogranicza zachwaszczenie nowo posadzonych plantacji wierzb.

Zwalczanie mechaniczne

W integrowanej ochronie roślin istotne znaczenie w regulowaniu zachwaszczenia odgrywa mechaniczne niszczenie chwastów w okresie wegetacji wierzby. Metoda ta, z powodu braku opracowanego programu zwalczania chemicznego chwastów, stanowi obecnie jedyne narzędzie do walki z chwastami w okresie wegetacji roślin. Odchwaszczanie mechaniczne można wykonać za pomocą pielnika lub glebogryzarki sekcyjnej. W okresie wegetacji, w zależności od zachwaszczenia, mechaniczne zwalczanie chwastów przeprowadza się przynajmniej dwukrotnie. Zabiegi mechaniczne należy rozpocząć wcześnie zanim rozwinie się system korzeniowy. Ten sposób odchwaszczania stwarza najlepsze warunki do wzrostu wierzby w pierwszym roku po posadzeniu, a ponadto korzystnie wpływa na plon i jakość surowca. Występujące zachwaszczenie na plantacjach wierzby przyczynia się do spowolnienia wzrostu i rozwoju młodych roślin, a w skrajnych przypadkach prowadzi do przerzedzenia plantacji. **Chwasty stanowią problem w pierwszym roku uprawy, natomiast w kolejnych latach nie stwarzają większego zagrożenia.**

Chemiczne metody ochrony

Dotychczas w Polsce nie opracowano programu zwalczania chemicznego chwastów w uprawie wierzby przeznaczonej na cele energetyczne. W związku z tym, wiele placówek naukowo-badawczych prowadzi doświadczenia, których celem jest wykorzystanie herbicydów zarejestrowanych w innych uprawach rolniczych, do ochrony plantacji wierzb. Jednak nieliczne doniesienia literatury wskazują na zróżnicowaną tolerancję poszczególnych odmian na herbicydy w zależności od substancji czynnej oraz terminu ich aplikacji. Obecnie trudno jest opracować system chemicznego zwalczania chwastów w uprawie wierzby, zarówno pod względem odpowiedniego terminu stosowania preparatu, jak i uwzględniając zróżnicowaną wrażliwość odmian na poszczególne substancje czynne.

V. OGRANICZANIE SPRAWCÓW CHORÓB

1. Znaczenie gospodarcze chorób wierzb w Polsce

Wierzby uprawiane w celu pozyskiwania biomasy, podobnie jak inne rośliny, porażane są przez szereg grzybów patogenicznych, bakterii i wirusów. Obszary objęte uprawą tych roślin w Polsce i w Europie nie osiągnęły jeszcze znaczących rozmiarów, jednak na plantacjach o większym areale coraz częściej sygnalizowany jest wzrost porażenia przez patogeny. Odnotowuje się straty w plonie i jakości biomasy spowodowane przez negatywne oddziaływanie sprawców chorób. Część z patogenów występuje epidemicznie doprowadzając do zniszczenia plantacji, niektóre pojawiają się lokalnie, a ich znaczenie nie jest do końca poznane (tab. 3).

Występowanie chorób uzależnione jest od wielu czynników takich jak: przebieg pogody, rejon uprawy, faza rozwojowa, zastosowana ochrona w trakcie wegetacji (szczególnie na młodych plantacjach) oraz jakość zrzezów użytych do nasadzeń. Średnie szkody spowodowane występowaniem chorób na plantacji wierzb krzewiastych szacuje się na około 15%, a przy epidemicznym wystąpieniu danego sprawcy choroby straty wynoszą 40–80%.

2. Cechy diagnostyczne i rozwój najważniejszych chorób wierzb krzewiastych

Najgroźniejszą chorobą wierzb jest rdza.

Sprawcami jej są gatunki rodzaju *Melampsora* – najczęściej *M. epitea* Thüm. i *M. caprearum* Thüm. Gatunki rodzaju *Melampsora* są na ogół dwudomowe i pełnocyklowe, dlatego ich rozwój ich jest zbliżony do sprawcy rdzy źdźbłowej (*Puccinia graminis* Pers.). Wielkość porażenia plantacji jest bardzo zróżnicowana, zależnie od lokalizacji w kraju, a nawet na poszczególnych plantacjach. Pierwsze objawy na wierzbach krzewiastych pojawiają się na górnej stronie liści w postaci żółtozielonych lub brązowych plamek. Jednocześnie na dolnej stronie powstają żółtobrązowe lub pomarańczowe skupienia zawierające zarodniki grzyba. Po pojawieniu się pierwszych objawów rozwój choroby zazwyczaj następuje gwałtownie, a porażone liście żółkną i opadają. Epidemiczne porażenie doprowadza do niemal całkowitej defoliacji pędów wierzby i ogranicza ich przyrosty do 30 cm. **Zmiany chorobowe w postaci skupień zarodników mogą pojawiać się również na pędach. W Polsce dotychczas nie zidentyfikowano tego typu objawów. W Anglii plantacje, na których rozwój choroby następował na pędach były najsilniej narażone na zniszczenie, a straty plonu szacowano na ponad 40%.**

Kolejną fazę rozwojową sprawcy rdzy obserwuje się we wrześniu. Plamki na liściach ciemnieją i stają się brązowe. Jesienią powstają zarodniki, które zimują na opadłych liściach. Żywicielem pośrednim rdzy jest modrzew europejski (*Larix decidua* L.), na którym grzyb tworzy zarodniki wiosenne.

Silne porażenie rdzą osłabia rośliny, które stają się szczególnie wrażliwe na atak patogenów powodujących zamieranie. Uważa się również, że osłabione rośliny są bardziej narażone na wymarzanie.

Objawy rdzy na liściach wierzby, widoczne pomarańczowe skupienia zarodników (fot. D. Remlein-Starosta)

Objawy antraknozy na liściach wierzby (fot. D. Remlein-Starosta)

Objawy plamistości liści (fot. D. Remlein-Starosta)

Objawy mączniaka na liściach wierzby w postaci białego nalotu grzybniowego (fot. D. Remlein-Starosta)

Drugą chorobą istotnie ograniczającą plon biomasy jest zgorzel wierzby. Sprawcami jej są dwa patogeny należące do odrębnych grup systematycznych. Dlatego pisząc o tej chorobie powinno wyróżniać się dwie jednostki chorobowe – parcha i antraknozę wierzby.

Sprawcą parcha wierzby jest grzyb *Venturia saliciperda* Nüesh. W latach 70. i 80. parch uważany był za jedną z najgroźniejszych chorób wierzb wikliniarskich w Polsce. Obecnie zwraca się uwagę na tę chorobę jako potencjalnego sprawcę znacznych strat w uprawach wierzb krzewiastych. Rozwojowi choroby sprzyja wilgotna wiosna i lato oraz duże nawożenie azotem. Pierwsze objawy choroby pojawiają się wiosną do początku lipca. Największe nasilenie choroby odnotowuje się w końcu sierpnia i na początku września. Najpierw atakowane są górne liście, które gwałtownie czernieją i zwijają się. Martwe, zasuszone liście długo pozostają na pędach. Choroba przenosi się na pędy, które zasychają stopniowo od góry i zamierają. Nekrozy obejmują całe pędy, które wyglądają jak spalone. Grzyb zimuje na porażonych pędach.

Morfologicznie objawy porażenia przez sprawcę antraknozy wierzb (*Colletotrichum gloeosporioide* Penz.) są identyczne, jak parcha wierzby. Pierwsze zmiany chorobowe pojawiają się zazwyczaj na początku lipca. Rozwojowi choroby sprzyja ciepłe lato. Początkowo nekrotyczne plamy widoczne są wzdłuż głównych nerwów liści i na szczytach blaszek liściowych. Potem powstają pojedyncze czarne, zlewające się plamy. Liście więdną i zasychają. Podobnie jak w przypadku parcha, martwe liście pozostają na pędach, dopiero później opadają. Patogen przerasta do pędów, czego konsekwencją jest ich zamieranie.

Na liściach wierzb krzewiastych co roku pojawiają się także zmiany chorobowe w postaci plamistości.

Najczęściej sprawcą plamistości liści, tzw. brązowej plamistości liści, jest grzyb *Drepanopeziza sphaerioides* (Pers.) Hohn. Początkowe objawy to ciemnobrązowe plamy na górnej stronie liści. Obejmują one stopniowo dolną stronę liści. Silniejsze porażenie doprowadza do przedwczesnego zamierania liści. Objawy pojawiają się zazwyczaj na starszych liściach w dolnej części łodyg, które w zwartym łanie wierzbowym opadają na skutek naturalnych zmian fizjologicznych. W sprzyjających warunkach plamy pojawiają się również na pędach powodując spękania kory. Wydaje się, że choroba ta nie ma większego wpływu na przyrost biomasy.

Kolejną plamistością liści jest czarna (smołowata) plamistość liści, powodowana przez grzyb *Rhytisma salicinum* (Pers.) Fr. Wiosną jej objawy są niemal identyczne, jak brązowej plamistości, dopiero latem na brązowych nekrozach pojawia się czasami czarny nalot. Podobnie, jak w przypadku poprzedniej choroby, nie odnotowano silniejszego porażenia.

Sprawcą drobnych, brązowych, nekrotycznych plam na liściach jest również gatunek *Diplodinia microsperma* (Johnston) Sutton. Oprócz wymienionych grzybów sprawcami plamistości na liściach wierzb mogą być: *Cytospora salicis* (Corda) Rabenh., *Alternaria* spp., *Fusarium* spp., *Caldosporium* spp., *Ascochyta* spp., *Stemphylium* spp.

Niezależnie od patogena wywołującego objawy w postaci plamistości średnia wielkość porażenia blaszek liściowych to ok. 6% ich powierzchni. Jednak lokalnie, powierzchnia liści objęta objawami sięga 30%. W takich przypadkach obserwowano silniejszą defoliację pędów. Nie udało się jednak określić wpływu porażenia na wielkość uzyskiwanego plonu.

Niektóre odmiany wierzb krzewiastych poraża grzyb wywołujący mączniaka prawdziwego wierzb (*Uncinula adunca* (Walor. ex Fr.) Lév.).

Jest to rzadka choroba. Porażone liście pokrywają się białym nalotem i opadają. Chorobę tę opisywano jako duże zagrożenie dla wierzb wikliniarskich. W przypadku wierzb uprawianych na cele energetyczne chorobę odnotowywano jedynie lokalnie. Jej znaczenie nie jest znane.

Kolejną grupę patogenów stanowią grzyby atakujące pędy i karpy wierzb powodując ich zamieranie. Wśród chorób doprowadzających do wspomnianych uszkodzeń można wymienić zamieranie wsteczne, którego sprawcą jest *Cryptodiaporthe salicella* (Fr.) Petr. i zgorzel kory oraz zamieranie krzewów wikliny powodowane przez *Valsa sordida* Sacc.

Niezależnie od sprawcy objawy są podobne. Na pędach pojawiają się żółte lub beżowe nekrozy, stopniowo obejmujące cały obwód pędu i schodzące do jego podstawy. Nekrozy są często wgłębione. W środku plamy tkanka stopniowo ciemnieje, a pod plamą przybiera postać wodnistą i jest czerwonobrązowa. Porażeniu sprzyja zła kondycja roślin wierzby spowodowana przesuszeniem lub uszkodzeniami mrozowymi albo mechanicznymi, w tym żerowaniem owadów. Przebieg choroby bywa bardzo gwałtowny i na plantacjach wierzb ozdobnych znane są przypadki zniszczenia roślin w bardzo krótkim czasie.

W Europie (Holandia, Szwecja, Anglia) za jedną z istotniejszych chorób wierzb uważa się bakteriozę wierzb (water mark disease), której sprawcą jest *Brenneria salicis* Day (syn. *Erwinia salicis* Day & Chester).

Pierwszym objawem tej choroby na pędach wierzb jest więdnięcie górnych liści. Liście na zainfekowanej roślinie przybierają czerwonobrązowy kolor i pozostają na pędach. Charakterystyczne przebarwienie liści pojawia się zazwyczaj w maju. Porażone rośliny więdną i zamierają, a drewno wewnątrz pędów przybiera przezroczystą miękką formę. Sprawca bytuje głównie w naczyniach ksylemu, który z czasem staje się czerwony lub brązowy i wyraźnie odcina się od zdrowej tkanki. Przyjmuje się, że głównym źródłem zakażenia są zainfekowane zrzezy (sadzonki). Zrzezy często nie wykazują objawów, dlatego bardzo ważne są badania materiału nasadzeniowego pod kątem występowania bakterii. Nie do końca poznany jest mechanizm rozprzestrzeniania się porażenia. Przypuszczalnie biorą w nim udział owady świerszczowate. Uważa się również, że infekcji sprzyjają uszkodzenia tkanek. Silne porażenie bakteriozą stwierdzono również na plantacjach z licznymi uszkodzeniami pomrozowymi.

Tabela 3. Znaczenie gospodarcze najważniejszych chorób wierzb krzewiastych w Polsce

Choroba	Objawy na części rośliny	Znaczenie w Polsce
Rdza wierzby (*Melampsora* spp.)	liście	+++
Zgorzel pędów wierzby – dwie jednostki chorobowe:		
Parch wierzby (*Venturia saliciperda*)	liście, pędy	+++
Antraknoza wierzby (*Colletotrichum gloeasposrioides*)	liście pędy	+++
Brązowa plamistość liści (*Drepanopeziza sphaerioides*)	liście, pędy	+
Smołowata (czarna) plamistość liści (*Rhytisma salicinum*)	liście	+
Zamieranie pędów wierzby:		
Zamieranie wsteczne (*Cryptodiaporthe salicella*)	pędy	++
Zgorzel kory, zamieranie krzewów wikliny (*Valsa sordida*)	pędy	++
Fusarium spp., *Phoma salicyna*, *Pestalozzia betulae*	pędy	++
Mączniak prawdziwy (*Uncinula adunca*)	liście	–
Bakterioza wierzby (*Brenneria salicis*)	liście, pędy	–

+++ choroba bardzo ważna, ++ choroba ważna, + choroba o znaczeniu lokalnym,
– choroba nie ma znaczenia

3. Możliwości integrowanego ograniczania sprawców chorób

Uprawa wierzb na cele energetyczne jest stosunkowo nowa i dlatego, jak dotąd, nie istniały programy ochrony. W integrowanej ochronie roślin uprawnych zwraca się uwagę na pierwszeństwo wykorzystania wszystkich dostępnych metod niechemicznych, tj. agrotechnicznych i hodowlanych oraz biologicznych, a w drugiej kolejności zabiegów chemicznych. Zgodnie z założeniami integrowanej produkcji środki chemiczne mogą być wykorzystywane wówczas, gdy pozostałe metody nie pozwalają na utrzymanie nasilenia chorób poniżej takiej ilości, która ma uzasadnienie zarówno ekonomiczne, jakościowe, jak i ekologiczne.

W przypadku wieloletnich upraw wierzb krzewiastych ze względów ekonomicznych i środowiskowych, stosowanie chemicznej ochrony często jest trudne technicznie do wykonania i nieekologiczne. System ochrony roślin powinien obejmować wszelkie dostępne metody zwalczania, ale jednocześnie mieć na uwadze naturalne procesy samoregulacji, które zachodzą wewnątrz łanu wierzby, jak i wspomagać te procesy.

Metody hodowlane i agrotechniczne

Przystępując do zwalczania lub ograniczania grzybów chorobotwórczych uwzględnia się wiele czynników, które zapewnić mogą wysoką skuteczność podejmowanego zadania. Jednym z najważniejszych jest dokładne poznanie biologii danego patogena. W przypadku najgroźniejszej choroby wierzby uprawianej w celu pozyskiwania biomasy jaką jest rdza, istotną rolę odgrywa przystosowanie się sprawcy choroby do danego gospodarza. Wiele wierzb pochodzących z Azji lub Ameryki Północnej jest odporna na porażenie przez europejskie rasy *M. epitea*. W wyniku prac hodowlanych uzyskano szereg odmian wierzb o dużej odporności na rdzę. Otrzymano również odmiany, które są słabiej porażane przez inne patogeny. Prace hodowlane, szczególnie w przypadku patogenów bezwzględnych, to „ucieczka" przed przystosowywaniem się grzyba do nowego żywiciela. Grzyby mają bardzo dużą plastyczność genetyczną i w krótkim czasie wytwarzają nowe rasy fizjologiczne. W krajach skandynawskich i w Anglii większość z uzyskanych we wczesnych latach 90. XX wieku odmian była wysoce odporna na rdze liściowe. Po niecałej dekadzie, od roku 2000, odmiany te są infekowane przez formę liściową i łodygową rdzy.

Najlepszą strategią ochrony przed rdzą jest dobór odmian, czy gatunków o zróżnicowanej odporności na najgroźniejsze patogeny. Najważniejszą zaletą uprawy wierzb krzewiastych w postaci mieszanek różnych odmian i gatunków, jest uzyskanie bioróżnorodności, która dzięki odrębności wprowadzanych roślin pozwala na lepsze wykorzystanie środowiska, bez zakłócania jego równowagi biologicznej. Zróżnicowanie w wymaganiach glebowych i klimatycznych powoduje lepsze wykorzystanie zasobów wody i substancji pokarmowych. Zwiększa się również odporność genetyczna, ponieważ na każdej jednostce powierzchni mieszanki, rosną obok siebie rośliny o różnym typie odporności. Materiał zakaźny rozwijający się na którejkolwiek z wierzb w ograniczonym stopniu poraża pozostałe rośliny mieszanki. W przypadku wierzb krzewiastych dobór odmian jest zdecydowanie łatwiejszy niż przy tworzeniu np. mieszanek zbóż. Rośliny powinny przede wszystkim charakteryzować się szybkim przyrostem biomasy, jednocześnie dobrze wykorzystywać zasoby wodne i pokarmowe. Muszą być również odporne lub mniej podatne na porażenie przez patogeny. Najistotniejszym jednak warunkiem jest zróżnicowanie genetyczne. Aby uzyskać efekt długotrwałej odporności plantacji poleca się, aby mieszanki wierzb składały się z 5 do 6 odmian zróżnicowanych genetycznie. W przypadku odmian zagranicznych właściwy dobór mieszanki odmian jest znacznie ułatwiony, ponieważ producenci materiału nasadzeniowego proponują gotowe zestawy. Uwzględniają one pochodzenie poszczególnych odmian z różnych krzyżówek wewnątrz lub międzygatunkowych tak, aby uzyskać jak najbardziej zróżnicowaną genetycznie populację wierzb na plantacji. Zagraniczne odmiany mają bardzo dobrze udokumentowane pochodzenie i opis, w wyniku jakich krzyżowań zostały uzyskane. Problemem są odmiany uzyskiwane przez polskich hodowców. Zazwyczaj nie jest jasne ich pochodzenie. Często nie jest wiadome, czy dana odmiana powstała w wyniku celowych zabiegów hodowlanych, czy jest klonem powstałym spontanicznie. Jednak w wielu przypadkach można prześledzić mechanizm uzyskania danej odmiany. W tabeli przedstawiono wykaz odmian wpisanych do Księgi Wyłącznego Prawa Hodowcy (COBORU) oraz dane dotyczące porażenia odmian wierzb przez sprawcę rdzy (tab. 4).

Tabela 4. Wykaz odmian wierzb wpisanych do Księgi Ochrony Wyłącznego Prawa Hodowcy i ich porażenie przez grzyby powodujące rdzę (badania własne IOR – PIB we współpracy z COBORU)

Odmiana	Prawo Hodowcy	Porażenie przez rdzę
Ashton Parfitt	KO UE	brak danych
Ashton Stott	KO UE	++
Beagle	KO UE	++
Bona (UWM 199)	KO	brak danych
Discovery	KO UE	+
Dobkowska	KO	–
Doris	KO UE	++
Gudrun	KO UE	+
Jorr	KO UE	+++
Karin	KO UE	+
Karolinka	KO	++
Kerim (Ekokom-1)	KO	+++
Klara	KO UE	++
Kortur (UWM 144)	KO	+++
Linnéa	KO UE	brak danych
Lisa	KO UE	brak danych
Marcel	KO	++
Monotur (UWM 099)	KO	+++
Nora	KO UE	brak danych
Olof	KO UE	–
Oltur (UWM 145)	KO	+++
Orm	KO UE	+++
Paulinka	KO	–
Quest	KO UE	brak danych
Rapp	KO UE	+++
Resolution	KO UE	+
Sprint (UWM 063)	KO	+++
Start (UWM 067)	KO	++
Stina	KO UE	brak danych

Odmiana	Prawo Hodowcy	Porażenie przez rdzę
Sven	KO UE	–
SW Inger	KO UE	++
SW Sherwood	KO UE	+
Tora	KO UE	–
Tordis	KO UE	–
Torhild	KO UE	–
Tur (UWM 196)	KO	+
Turbo (UWM 146)	KO	++
Ulv	KO UE	+

KO – odmiana chroniona krajowym wyłącznym prawem hodowcy
KO UE – odmiana chroniona wspólnotowym prawem (ochrona prawna na poziomie unijnym)
– brak porażenia, + słabe, ++ średnie, +++ silne porażenie

Ochrona biologiczna

Metody biologiczne wydają się mieć szczególną przyszłość w ochronie wierzby wiciowej. Znany jest nadpasożyt rdzy – grzyb *Sphaerellopsis filum* (Biv.) B. Sutton, który atakuje sprawcę rdzy wierzb. W warunkach eksperymentalnych nadpasożyt ten redukuje występowanie rdzy w 98%. *S. filum* w naturze występuje na rdzach, ale można hodować go na sztucznych podłożach. To powoduje większe szanse na wykorzystanie tego grzyba w przyszłości jako preparatu biologicznego.

W badaniach nad ograniczaniem chorób wierzb krzewiastych zostały wykorzystane również inne biopreparaty. Stwierdzono ich pozytywny, stymulujący wpływ na wigor, zdrowotność i wzrost roślin na plantacji.

Ochrona chemiczna

W Polsce zarejestrowano dwa preparaty o tym samym składzie substancji do ochrony wierzb ozdobnych przed rdzą. Nie ma zarejestrowanej odpowiedniej ilości i różnorodności środków ochrony roślin do ograniczania chorób wierzb krzewiastych pozwalających na efektywne ograniczanie porażenia. Badania nad ochroną chemiczną plantacji wierzb uprawianych na cele energetyczne wykazały możliwość wykorzystania zabiegów ochronnych szczególnie w przypadku rdzy i antraknozy.

Ze względów ekonomicznych i ekologicznych stwierdzono, że najkorzystniejsze jest wykonanie jednorazowego zabiegu ochronnego po pojawieniu się pierwszych objawów rdzy, co przypada zazwyczaj między połową czerwca a połową lipca. Zabieg ten ogranicza rozwój patogenów nawet do 6 tygodni. Termin zabiegu zbiega się z okresem intensywnego wzrostu wierzb i efektywnie wpływa na wzrost plonu biomasy. **Biorąc pod uwagę możliwości techniczne wykonania zabiegu ochronnego, powinien być polecany w przypadku młodych jednorocznych plantacji i w pierwszym roku rotacji po wykonaniu zbioru. Szczególne znaczenie może mieć dla nowych plantacji oraz roślin przeznaczonych na zrzezy.** Opryski plantacji z 2- lub 3-letnimi pędami są trudne do wykonania przy użyciu dostępnych opryskiwaczy. Z kolei przygotowanie plantacji z ścieżkami przejazdowymi znacznie ogranicza powierzchnię uprawy.

VI. OGRANICZANIE STRAT POWODOWANYCH PRZEZ SZKODNIKI

1. Najgroźniejsze szkodniki wierzby uprawianej na cele energetyczne

Uprawy wierzby stanowią bardzo dobre siedlisko bytowania wielu gatunków owadów. W Europie występuje ponad 200 gatunków agrofagów żerujących na wierzbach. W Polsce liczba ta jest mniejsza i entomolodzy opisują ponad 100 gatunków pokarmowo związanych z krzewiastymi formami *Salix* spp. Szkodniki żerują na wszystkich częściach roślin. Uszkodzeniu ulegają liście, pędy, a także karpy i korzenie. Straty w przyroście biomasy spowodowane masowym występowaniem szkodników na plantacji mogą wynosić do 30%.

Mszyca wierzbowo-korowa (*Tuberolachnus salignus* Gmell.) powoduje znaczne straty na wielu plantacjach wierzby wiciowej. Jest to gatunek notowany w Polsce od niedawna. Owady są większe od znanych mszyc wierzbowych. Ich ciało ma wielkość 4–6 mm, jest pokryte pudrem woskowym. Owady żerują na zdrewniałych pędach wierzb, począwszy od szyjki korzeniowej do wysokości ok. 1,5 m. Łodygi są szczelnie oblepione przez mszyce. Zimują na pędach lub szyjce korzeniowej w stadium jaja. Po żerowaniu mszycy pędy mają uszkodzoną i ponacinaną korę. Uszkodzone rośliny są idealnym siedliskiem dla grzybów patogenicznych. Intensywnie żerujące mszyce wydzielają również spadź, która przywabia inne owady. Wykorzystując zranienia kory samice innych szkodników składają jaja, co powoduje wtórne straty. Uszkodzone i zainfekowane pędy nie powinny być wykorzystywane do produkcji zrzezów.

Mszyca wierzbowa pospolita (*Aphis farinosa* Gmell.) zasiedla wierzchołki pędów oraz młode liście. Owady wytwarzają kolonie złożone z osobników bezskrzydłych o długości ciała 1,5–2,5 mm. Samice są ciemnozielone, niekiedy czarne. Żerujące owady uszkadzają wierzchołki pędów, zniekształcają je i wysysają soki. W uszkodzonych miejscach mogą powstawać przebarwienia i deformacje. W pąkach liściowych zimują w stadium jaja.

Pienik wierzbowy (*Aphrophora salicina* Goeze.) jest pluskwiakiem o długości ciała od 6–10 mm, o ubarwieniu jasnobrunatnym, na przednich skrzydłach ma jaśniejsze poprzeczne przepaski. Na młodych pędach żerują dorosłe osobniki, które od końca czerwca do jesieni, nakłuwają rośliny i wysysają z nich soki. Wokół uszkodzonego miejsca pojawia się pierścieniowate zgrubienie, które może powodować łamliwość pędów. Na niezdrewniałych pędach samice składają jaja. Na gałązkach wierzb, od maja do lipca, larwy żerują grupowo w pienistej wydzielinie, żywiąc się sokami roślin. Nakłucia kory przez larwy są głębokie i mogą powodować martwicę tanek roślinnych. Pieniki wytwarzają tylko jedno pokolenie w ciągu roku. Ostatnio obserwowany w Polsce wzrost nasilenia występowania i szkodliwości pieników spowodowany jest wprowadzeniem monokultur w uprawie oraz ociepleniem się klimatu.

Pienik olchowiec (*Aphrophora alni* Fall.), którego owady dorosłe są szarobrunatne, z szeroką głową o długości ciała 9–11 mm, na pędach wierzby żerują od czerwca do jesieni wysysając sok i uszkadzając łyko. Wokół uszkodzonych miejsc powstają obrączkowate zgrubienia powodujące łamliwość pędów. Zimują jaja w opadłych liściach i innych szczątkach roślinnych. Wylęgające się w ściółce larwy wysysają sok z szyjek korzeniowych, produkując pienistą substancję widoczną tuż nad powierzchnią ziemi. Żerując uszkadzają podstawę pędu. Pieniki wytwarzają tylko jedno pokolenie w roku.

Kolonia mszyc wierzbowo-korowych (fot. K. Nijak)

Masowy żer jątrewki pospolitej (fot. K. Nijak)

Zwinięte oprzędem liście przez larwę niekreślanki wierzbówki (fot. K. Nijak)

Galasy powstałe w wyniku żerowania larw pryszczarka liściowa (fot. K. Nijak)

Ogrodnica niszczylistka żerująca na liściach wierzby (fot. K. Nijak)

Chrabąszcze majowe (fot. K. Nijak)

Krytoryjek olchowiec (*Cryptorhynchus lapathi* L.) jest chrząszczem wielkości 6–9 mm, barwy brunatnej lub czarnej. Końce pokryw jego skrzydeł i boki są brudnobiałe. W części odziomkowej młodych pędów samice składają jaja. Larwy po przezimowaniu wewnątrz pędu, żerują wygryzając płatowate chodniki w łyku, a pod koniec maja wgryzają się w drewno. Powoduje to powstawanie charakterystycznych rakowatych zgrubień. Na przełomie lipca i sierpnia pojawiają się młode chrząszcze. Owady dorosłe uszkadzają wierzchołkowe części pędów prowadząc żer uzupełniający. Nagryzienia powodują zamieranie wierzchołków i powstawanie tak zwanej miotlastości pędów. Dorosłe owady żerują na pędach roślin żywicielskich i zimują w ściółce.

Rynnica topolowa (*Chysomela populi* L.)**, rynnica wierzbowa** (*Chrysomela saliceti* Suff.) należą do rodziny stonkowatych. Chrząszcze rynnicy topolowej mają wielkość 8–11 mm, ich ciało jest metalicznie zielonkawe. Pokrywy skrzydeł mają ceglastoczerwone, ozdobione czarną plamką na wierzchołkach. Rynnica wierzbowa ma długość 10–12 mm. Ciało jest metalicznie czarne lub czarnozielone, a pokrywy są czerwone. Dorosłe chrząszcze zimują na plantacjach w opadłych liściach i ściółce. Pojawiają się po przezimowaniu na przełomie kwietnia i maja. Wiosną, na dolnej stronie liści samica składa do kilkuset jaj. W lipcu pojawiają się młode osobniki, które składają jaja. Następne pokolenie pojawia się w sierpniu. Na liściach różnych gatunków wierzb żerują zarówno osobniki dorosłe, jak i larwy rynnic. Larwy początkowo zeskrobują miękisz z górnej powierzchni blaszki liściowej, a potem ją szkieletują. Osobniki dorosłe ogryzają liście. Rynnice mogą wyrządzać poważne szkody na młodych plantacjach wierzby, doprowadzając nieraz do całkowitego ich zniszczenia.

Na liściach żerują także inne chrząszcze takie jak **jątrewka pospolita** (*Phratora vulgatissima* L.) i **jątrewka wiklinówka** (*Phratora vitellinae* L.). Oba gatunki często występują razem. Jątrewki uważane

są za główne szkodniki plantacji wierzb w Wielkiej Brytanii. W Polsce na niektórych plantacjach odnotowano masowe wystąpienie tych owadów. Są to niewielkie 3–5 mm, owalne, granatowe chrząszcze. Owady dorosłe zimują w ściółce lub opadłych liściach. W kwietniu lub na początku maja pojawia się pierwsze pokolenie szkodników i zaczyna żerowanie na liściach. Samice składają jaja na spodniej stronie liści, a po dwóch tygodniach pojawiają się larwy. Żerują przez trzy tygodnie szkieletując liście i przepoczwarzają się w glebie. W sprzyjających warunkach pogodowych (susza i wysoka temperatura) może pojawiać się do trzech pokoleń w ciągu roku. Pędy, pąki i młode liście są miejscem żerowania dorosłych owadów. Duże nasilenie jątrewki w skrajnych przypadkach może doprowadzić do zasychania pędów i znacznego obniżenia plonu biomasy.

Niekreślanka wierzbówka (*Earias clorana* L.). Owad dorosły jest niewielkim zielonym motylem. Szkody w uprawach powodowane są przez gąsienice. W maju i czerwcu oraz na przełomie lipca i sierpnia pojawiają się owady dorosłe. Na stożkach wzrostu pędów samice składają jaja, z których wylęgają się zielone gąsienice, dorastające do 25 mm długości. Żerują pojedynczo na szczytach pędów, zawijając liście wierzchołkowe oprzędem w charakterystyczny kształt cygara i wygryzają stożek wzrostu. Powoduje to miotlastość pędów, tzn. pojawienie się dużej ilości bocznych odrostów. Jesienią larwy spadają z liści i przepoczwarzają się w karpach oraz ściółce, gdzie zimują. Niekreślanka posiada dwie generacje w ciągu roku. Wynikiem żerowania niekreślanki jest mniejszy przyrost pędów nawet o 30% w porównaniu z nieuszkodzonymi. Tak rozwidlone pędy nie mogą zostać wykorzystane do produkcji zrzezów.

Przeziernik mróweczka (*Synanthedon formicaeformis* Esp.) jest motylem o rozpiętości skrzydeł od 21–23 mm. Jego tułów i odwłok są granatowoczarne, z czerwonym paskiem na grzbiecie. Wylot motyli następuję w ciągu całego okresu wegetacyjnego. Wiosną w zranieniach kory na pędach, samice składają jaja. Po wykluciu się gąsienice żerują w miejscu wylęgu. W jednorocznych odrostach, w drewnie, larwa drąży chodniki ku górze pędu, o okrągłym przekroju i długości dochodzącej do 70 mm. W grubszych pędach gąsienica żeruje wyłącznie w korze, gdzie zimuje. Przy silnym żerowaniu szkodnika następuje mniejszy przyrost pędów i obniża się plon biomasy nawet do 30%. Dodatkowo porażone pędy nie mogą być wykorzystane jako zrzezy.

Pryszczarek wierzbowiak brzeżkowiak (*Dasineura marginemtorquens* Brem.) to należący do muchówek maleńki owad, powodujący deformację liści. W Skandynawii zaliczany jest do najgroźniejszych szkodników wierzby. Larwa żeruje pod wąsko zagiętym do spodu i zgrubiałym brzegiem liścia. Na jednym liściu najczęściej występuje kilka zgrubień (galasów), ale zdarzają się liście, w których całe brzegi są pokryte galasami. W jednym galasie żeruje tylko jedna larwa, a same galasy przebarwiają się na czerwono-żółto. Silnie uszkodzone liście przyjmują kolor wiśniowy i skręcają się, a następnie opadają. Duże nasilenie występowania larw tej muchówki może spowodować defoliację. Nierzadko pryszczarek może opanować duży obszar plantacji i staje się poważnym zagrożeniem uprawy.

Bardzo groźną dla upraw wierzby błonkówką może okazać się **śluzownica lipowa** (*Caliroa annulipes* Klg.). Na dolnej stronie liści żerują larwy zeskrobując skórkę i miękisz, szkieletując i pozostawiając nienaruszoną górną powierzchnię blaszki. Zwykle żer rozpoczyna się w górnej części pędów i postępuje ku ich podstawie. Liście wierzby uszkadzane są także przez gąsienice różnych motyli.

Duże straty w uprawach wierzby może spowodować żerowanie owadów bytujących na karpach i korzeniach. **Zgrzypik twardokrywka** (*Lamia textor* L.), jest chrząszczem kózkowatym, którego osobniki dorosłe są czarne i dorastają do 20 mm długości. Owady dorosłe pojawiają się od maja do lipca, obgryzają młode pędy i liście, lecz ich żer nie ma znaczenia gospodarczego. Wiosną samica składa jaja w uszkodzeniach kory na pędach i w karpach wierzb. Szczególnie szkodliwe są larwy, które żerują

w karpach i korzeniach wierzby wygryzając w nich płaskie chodniki. Larwy zimują wewnątrz karp, a rozwój owada trwa trzy lata.

Na plantacjach wierzby spotyka się także szkodniki polifagiczne. Bardzo często na wierzbach żeruje **ogrodnica niszczylistka** (*Phyllopertha horticola* L.) oraz **chrabąszcz majowy** (*Melolontha melolontha* L.). Chrząszcze zjadają liście, pączki, kwiatostany oraz obgryzają młodą korę. Mogą doprowadzić do gołożerów, jeśli pojawią się masowo. W pierwszej połowie maja i czerwcu pojawiają się owady dorosłe. Samice składają jaja do gleby na plantacjach, na których żerują. Okres rozwoju chrząszczy wynosi cztery lata, w tym czasie larwy żerują na korzeniach roślin wierzby. W uprawach wieloletnich larwy chrząszcza mają znakomite warunki do pełnego rozwoju. Żer pędraków na korzeniach ma najczęściej charakter gniazdowy, a im starszy pędrak tym uszkodzenia powodowane przez niego są większe. W maju wylatują dorosłe chrabąszcze a w czerwcu dorosłe osobniki ogrodnicy.

Do często spotykanych szkodników glebowych można zaliczyć **drutowce** (larwy chrząszczy sprężykowatych), **larwy opuchlaków, gąsienice rolnic, larwy komarnic** oraz **turkucia podjadka**. Najczęstszymi uszkodzeniami części podziemnych wierzby są: podgryzanie korzeni oraz żer wewnętrzny (larwy muchówek, drutowców, drążą korytarze, zanieczyszczając je odchodami i zgniłą materią organiczną). Szkodniki te nie powodują w uprawach wierzby szkód o znaczeniu gospodarczym.

Tabela 5. Znaczenie gospodarcze najważniejszych szkodników wierzby w Polsce

Szkodniki	Miejsce żerowania		Znaczenie w Polsce
	owad dorosły	larwa	
Chrabąszcz majowy (*Melolontha melolontha*)	liście, pąki	korzenie	+(+)
Drutowce (*Elateridae*)	liście	korzenie	+
Jątrewka pospolita (*Phratora vulgatissima*)	liście, pąki	liście	++(+)
Jątrewka wiklinówka (*Phratora vitellinae*)	liście, pąki	liście	++(+)
Krytoryjek olchowiec (*Cryptorhynchus lapathi*)	liście, pędy	pędy	+(+)
Lenie (*Bibio*)	brak uszkodzeń	korzenie	+
Mszyca wierzbowa pospolita (*Aphis farinosa*)	liście, pędy	liście, pędy	+
Mszyca wierzbowo-korowa (*Tuberolachnus salignus*)	pędy	pędy	+(+)
Niekreślanka wierzbówka (*Earias clorana*)	brak uszkodzeń	liście. stożek wzrostu pędów	++
Ogrodnica niszczylistka (*Phyllopertha horticola*)	liście	korzenie	++
Pienik olchowiec (*Aphrophora alni*)	pędy, liście	pędy	+
Pienik wierzbowy (*Aphrophora salicina*)	pędy, liście	gałązki	+(+)
Pryszczarek wierzbowiak brzeżkowiak (*Dasyneura marginemtorquens*)	brak uszkodzeń	liście	++(+)

Szkodniki	Miejsce żerowania		Znaczenie w Polsce
	owad dorosły	larwa	
Przeziernik mróweczka (*Synanthedon formicaeformis*)	brak uszkodzeń	pędy	++
Rolnice (*Agrotis* spp.)	brak uszkodzeń	korzenie	+
Rynnica topolowa (*Chrysomela populi*)	liście	liście	+
Rynnica wierzbowa (*Chrysomela saliceti*)	liście	liście	+
Śluzownica lipowa (*Caliroa annulipes*)	brak uszkodzeń	liście	+(+)
Turkuć podjadek (*Gryllotalpa gryllotalpa*)	korzenie	korzenie	+
Zgrzypik twardokrywka (*Lamia textor*)	korzenie	korzenie	+(+)

+++ szkodnik bardzo ważny, ++ szkodnik ważny, + szkodnik mniej ważny ( ) lokalnie

2. Możliwości integrowanej ochrony wierzb przed szkodnikami

Opłacalność uprawy wierzby krzewiastej uzależniona jest od plonu, czyli od liczby pędów wyrastających z jednej karpy oraz od jakości wytworzonych odrostów. Nasilenie występowania każdego owada ulega wahaniom. Jest ono wynikiem oddziaływania zewnętrznych czynników abiotycznych takich, jak klimat i warunki pogodowe działających ze zmiennym natężeniem jak, również biotycznych czynników wewnątrzgatunkowych.

Zabiegi agrotechniczne

Podstawową czynnością, której właściwe wykonanie gwarantuje ograniczenie liczebności szkodników jest przygotowanie gleby. Wykorzystanie odpowiedniego przedplonu i mechanicznej uprawy roli pozwala na zredukowanie populacji owadów żerujących w glebie. **Rośliny okopowe nie powinny być uprawiane jako przedplon, ponieważ stanowią siedlisko dla żerujących pędraków i innych owadów odżywiających się korzeniami roślin.** Poleca się wysiewanie zbóż lub roślin motylkowych jako najlepszego przedplonu. Dodatkowo rośliny bobowate wzbogacają glebę w azot i poprawiają jej strukturę, co korzystnie wpływa na kondycję roślin następczych. Głęboka orka sprzyja zniszczeniu skupisk larw lub pędraków. Rozwijające się w głębszych warstwach gleby owady zostają przemieszczone na jej powierzchnię, gdzie są bardziej narażone na przesuszenie i mogą stanowić pokarm dla ptaków i ssaków owadożernych.

Metody biologiczne

Plantacje wierzby są nagromadzeniem jednolitej, atrakcyjnej karmy, co umożliwia wielu szkodnikom masowy rozród. Należy pamiętać, że wieloletnie plantacje wierzby stwarzają znakomite warunki do rozwoju entomofauny nie tylko szkodliwej, ale także pożytecznej. **W uprawach tych żyje wiele gatunków pasożytniczych i drapieżnych, które odgrywają poważną rolę w ograniczaniu liczby szkodników. Wzrost liczebności organizmów pożytecznych powoduje samoistny spadek liczebności owadów potencjalnie szkodliwych dla roślin.** Znaczny udział gatunków drapieżnych i pasożytniczych w entomofaunie agrocenoz jest istotnym elementem naturalnego oporu środowiska przed gradacją szkodników.

Metoda hodowlana

Na plantacjach wierzby uprawianej na cele energetyczne podstawową metodą ograniczenia wysoko-

ści strat powodowanych przez szkodniki powinno być naprzemienne sadzenie kilku różnych odmian wierzby. Poleca się wykorzystanie odmian mniej podatnych na fitofagi. **Poleca się plantatorom wybrać wierzby dobrze plonujące, a jednocześnie słabo lub średnio uszkadzane przez szkodniki.** Nie wszystkie gatunki wierzb uprawianych w Polsce są jednakowo atrakcyjne pokarmowo, ze względu na ich zmienność w składzie biochemicznym. Wierzby o podwyższonej zawartości glikozydów są chętniej wybierane jako źródło pokarmu przez larwy i owady dorosłe chrząszczy. Niektóre gatunki szkodników przy wyborze rośliny żywicielskiej kierują się również czynnikami fizycznymi takimi jak, np. gruba warstwa włosków na spodniej stronie liści utrudniająca żerowanie. Różnice w wielkości i twardości liści mogą również wpływać na wybór określonych odmian wierzby przez żerujące na nich owady. Dlatego w procesie hodowlanym powinny być uwzględniane cechy biochemiczne i morfologiczne wierzb. Hodowcy bardzo rzadko udostępniają takie dane plantatorom, co znacznie utrudnia podjęcie decyzji o właściwym składzie odmianowym plantacji. Prezentowane w tabeli 6. dane są pierwszym doniesieniem na temat wielkości uszkodzeń powodowanych przez szkodniki odmian wpisanych do doboru. Mogą one stanowić wskazówkę przy zakładaniu plantacji.

Tabela 6. Uszkodzenia odmian wierzb przez szkodniki (badania Instytutu Ochrony Roślin – PIB we współpracy z COBORU)

Odmiana	Wielkość uszkodzeń	Odmiana	Wielkość uszkodzeń
Ashton Stott	++	Orm	+
Beagle	+++	Paulinka	–
Discovery	+	Rapp	+
Dobkowska	+	Resolution	+
Doris	–	Sprint (UWM 063)	–
Gudrun	+	Start (UWM 067)	++
Jorr	+	Sven	+
Karin	++	SW Inger	+
Karolinka	–	SW Sherwood	+
Kerim (Ekokom-1)	++	Tora	+
Klara	++	Tordis	+
Kortur (UWM 144)	++	Torhild	+
Marcel	+++	Tur (UWM 196)	+
Monotur (UWM 099)	+	Turbo (UWM 146)	++
Olof	+++	Ulv	++
Oltur (UWM 145)	+++		

– brak uszkodzeń, + słabe uszkodzenia, ++ średnie uszkodzenia,+++ silne uszkodzenia

Metody mechaniczne

Ze względu na brak dostępnych chemicznych środków ochrony roślin poleca się wykorzystywanie różnego rodzaju metod mechanicznych. Można stosować zapory takie, jak: opaski lepowe lub tablice klejowe, pułapki feromonowe, przynęty świetlne. Opaski i tablice klejowe są rodzajem przynęt barwnych, gdzie kolor spełnia rolę wabiącą owady. Żółte tablice i opaski lepowe przywabiają głównie muchówki. Inną formą pułapek są przynęty zapachowe (feromonowe). W takich pułapkach wykorzystuje się syntetyczne związki odpowiadające zapachowi substancji hormonalnych samic, które przywabiają samce danego gatunku. Pułapki charakteryzują się zróżnicowaną budową, jednak zawsze posiadają dyspenser z feromonem płciowym. Do wyłapywania motyli nocnych można stosować samołówki świetlne. Rolę wabiącą w takich urządzeniach spełnia lampa jarzeniowa, zasilana ze źródła prądu zmiennego. Odławianie na światło nie jest metodą selektywną. Wszystkie pułapki powinny być regularnie opróżniane (najlepiej codziennie), a odłowione owady niszczone. Skuteczność metod polegających na wyłapywaniu szkodników jest znacznie ograniczona i może być uważana jedynie za metodę wspomagającą i wskaźnikową. Technologia uprawy wierzby na cele energetyczne zakłada roczny lub trzyletni cykl produkcji. W okresie zimowym następuje zbiór pędów. Sprzyja to ograniczeniu występowania owadów. W ten sposób eliminowane są szkodniki zimujące w pędach, drewnie takie, jak przeziernik mróweczka i krytoryjek olchowiec, lub na korze oraz pąkach liściowych, gdzie składają jaja takie owady, jak mszyce lub muchówki.

Metody chemiczne

W Polsce nie ma obecnie zarejestrowanych insektycydów do ochrony wierzb. Mimo to Instytut Ochrony Roślin – PIB uzyskał szereg wyników dotyczących możliwości wykorzystania ochrony chemicznej. Stwierdzono, że wykonanie jednego zabiegu nie jest efektywne. Powodem tego jest zróżnicowanie w biologii licznych grup owadów związanych pokarmowo z wierzbą. Niektóre gatunki mają po kilka pokoleń w sezonie wegetacyjnym lub wieloletni cykl rozwojowy. Skuteczność oddziaływania na nie substancji czynnych insektycydów jest często ograniczona do krótkiego czasu, w którym występują formy wrażliwe. Część gatunków szkodliwych zmienia miejsce żerowania (np. przeziernik mróweczka), co ogranicza dostęp preparatów. Dodatkowo wielopokoleniowość może powodować konieczność wielokrotnego wykonania zabiegu. **Dostępne środki techniczne uniemożliwiają właściwe wykonanie zabiegów na wieloletniej plantacji (wysokość i gęstość roślin). Opryski można przeprowadzić tylko na odrostach jednorocznych, do osiągnięcia przez pędy wysokości ok. 1,5–2 m.** Konieczność wykonania wielokrotnych zabiegów może wpływać niekorzystnie na efekty ekonomiczne.

VII. INTEGROWANA OCHRONA WIERZB PRZED ZWIERZYNĄ ŁOWNĄ

1. Szkody powodowane przez zwierzynę łowną

Do ważnych agrofagów wierzby krzewiastej uprawianej głównie w celu uzyskiwania energii zalicza się niektóre gatunki ssaków łownych z rodziny jeleniowatych. Są to: jeleń szlachetny (*Cervus elaphus* L.), sarna (*Capreolus capreolus* L.), daniel (*Dama dama* L.) oraz łoś (*Alces alces* L.) Wymienione gatunki są zwierzętami wyłącznie roślinożernymi, choć mają różne preferencje pokarmowe, zarówno jeśli chodzi o gatunki zjadanych roślin, jak też ich ilość. Szkody w plantacjach wierzby powodowane przez wymienione ssaki łowne mogą mieć miejsce w całym okresie wegetacji roślin, jednak najniebezpieczniejsze są w pierwszym roku po założeniu plantacji, ponieważ młode i słabo jeszcze ukorzenione rośliny z silnymi uszkodzeniami pędów mogą w skrajnych przypadkach zamierać. **Rośliny mniej uszkodzone i starsze (od drugiego roku wegetacji) najczęściej regenerują uszkodzenia, jednak dają niższy plon o gorszej jakości.** Szkody powodowane przez jeleniowate polegają najczęściej na zgryzaniu wierzchołkowej części młodych pędów, zdzieraniu kory (spałowanie) oraz łamaniu pędów. Dodatkowo samce jeleniowatych w okresie wzrostu poroża wycierając je o grubsze pędy wierzby, a także znakując swoje terytoria, silnie kaleczą rośliny. Spośród wymienionych gatunków jeleniowatych w Polsce najgroźniejszym szkodnikiem młodych roślin na świeżo założonych plantacjach jest sarna, która preferuje pączki i młode niezdrewniałe pędy. Wysokość zasięgu zgryzania roślin przez ten gatunek wynosi około 70–120 cm. Jeleń, daniel i łoś, lepiej niż sarna, trawią elementy zdrewniałe oraz korę i uszkadzają rośliny wierzby również w późniejszych latach wegetacji, a zasięg uszkodzeń wynosi około 200 cm. Poziom szkód i ich wpływ na spadek plonu uzależnione są od wielu czynników biologicznych i środowiskowych. Główne znaczenie ma gęstość i struktura populacji wymienionych gatunków zwierząt oraz ilość i dostępność preferowanego przez poszczególne gatunki pokarmu na terenie, gdzie uprawiana jest wierzba. Duże znaczenie ma struktura krajobrazu w pobliżu plantacji, występowanie obszarów leśnych i ostojowych, sąsiedztwo pól uprawnych, a także pora roku. Z badań naukowych nad przyczynami i następstwami szkód łowieckich na plantacjach wierzby, prowadzonych w Polsce, głównie na Politechnice Koszalińskiej, wynika, że sarna i jeleń uszkadzają wszystkie uprawiane odmiany wierzby. Jednak wykazują w stosunku do nich wyraźne preferencje żerowe, co związane jest ze składem chemicznym i strawnością roślin. W zależności od badanych odmian uszkodzenia w rejonie licznego występowania sarny i jelenia dotyczyły w pierwszym roku od 64–100% roślin. Roczne przyrosty uszkodzonych roślin w kolejnych latach są mniejsze, mimo że zgryzane rośliny w wyniku procesów regeneracyjnych wytwarzają większą ilość pędów niż rośliny nieuszkodzone. Mniejsza jest jednak ich długość i grubość, przez co spada ilość i jakość plonu. W badaniach stwierdzono również korelację między wielkością uszkodzeń a gęstością sadzenia roślin. Im większe jest zagęszczenie roślin, tym mniej występuje szkód. Stwierdzono również, że odmiany o szybkim wzroście lepiej tolerują uszkodzenia oraz, że wysokie nawożenie azotem w pierwszym roku uprawy zwiększa zagrożenie ze strony jeleniowatych.

2. Przeciwdziałanie szkodom

W ochronie małych plantacji wierzby przed zgryzaniem przez jeleniowate zaleca się stosowanie technicznych środków ochrony takich, jak ogrodzenia i pastuchy elektryczne, które zapobiegają wchodzeniu zwierząt na uprawę. Jesienią można też zastosować preparaty chemiczne – repelenty, oparte na piasku kwarcowym i żywicach, które przez działanie smakowo-zapachowe zabezpieczają pędy przed zgryzaniem przez okres około 6 miesięcy.

Uszkodzenia powstałe w wyniku żerowania saren (fot. K. Nijak)

Uszkodzenia powodowane przez zwierzynę łowną (fot. D. Remlein-Starosta)

VIII. ZACHOWANIE BIORÓŻNORODNOŚCI ENTOMOFAUNY POŻYTECZNEJ I OWADÓW RZADKICH ORAZ CHRONIONYCH

1. Ochrona entomofauny pożytecznej i pająków

Program integrowanej ochrony roślin zakłada ochronę środowiska naturalnego oraz wykorzystanie zachodzących w nim naturalnych procesów samoregulacji. Jego ważnym punktem jest ochrona bioróżnorodności owadów zapylających oraz naturalnych wrogów owadów roślinożernych przez stwarzanie im odpowiednich warunków bytowania. **Wierzba uprawiana na cele energetyczne jako roślina wieloletnia, pozostaje na plantacjach przez 15–20 lat. Zbiór co 2–3 lata w okresie jesienno-zimowym, niewielka ilość koniecznych zabiegów pielęgnacyjnych w trakcie sezonu wegetacyjnego, a także szybki przyrost dużej ilości biomasy wierzby, przyczyniają się do stworzenia dogodnego środowiska dla wielu gatunków owadów i zwiększenia bioróżnorodności danego ekosystemu.**

Dla owadów plantacja stanowi źródło pożywienia i schronienia. Wśród entomofauny zasiedlającej plantację występują zarówno gatunki szkodliwe, jak i pożyteczne oraz obojętne dla upraw wierzby. Wśród gatunków pożytecznych wyróżnia się owady zapylające (przede wszystkim należące do nadrodziny pszczół) oraz naturalnych wrogów owadów żerujących na roślinach uprawnych – drapieżniki, pasożyty oraz parazytoidy. Ponadto plantacja wierzby jest doskonałym siedliskiem dla wielu gatunków owadów chronionych, w tym biegaczowatych i motyli. Obecność zarówno gatunków żerujących na wszystkich częściach wierzby, jak i pożytecznych oraz obojętnych, przyczynia się do zwiększenia bioróżnorodności skomplikowanego i rozwiniętego ekosystemu, jakiego powstaniu sprzyja założenie plantacji wieloletniej.

W zaleceniach ochrony upraw wierzby energetycznej brakuje obecnie insektycydów. Zaniechanie zabiegów ograniczających rozwój owadów szkodliwych może istotnie wpływać na zwiększenie liczebności entomofauny pożytecznej. Dodatkowo, działania mające na celu zapewnienie odpowiednich warunków rozwoju, m.in. pozostawianie miedz i zadrzewień śródpolnych oraz stworzenie dogodnych warunków zimowania, sprzyja powiększaniu się ich populacji. Owady drapieżne, pająki oraz pasożyty ograniczają populację szkodników i pozwalają zachować równowagę w środowisku. Plantacje wierzby są chętnie zasiedlane przez wiele grup owadów. Stwierdzono, że wszystkie najważniejsze szkodniki występujące na plantacjach wierzb krzewiastych są atakowane przez liczne gatunki entomofauny pożytecznej i drapieżnej. Do ich wrogów naturalnych należą drapieżne pluskwiaki: tarczówkowate, w tym zbrojec nadmiel (*Rhacognathus punctatus* L.) i dziubałkowate, jak dziubałek gajowy (*Anthocoris nemorum* L.) żerujące na larwach i jajach szkodnika.

Tarczówkowate to stosunkowo duże owady (7–17 mm), w większości o barwie zbliżonej do podłoża. Dziubałkowate natomiast są małe (3–5 mm) i płaskie, na ogół czarno-białe lub brunatne. Pasożytami larw są muchówki z rodziny rączycowatych – *Meigenia mutabilis* (Fall.). Dorosłe rączycowate mają 1,2–1,5 cm i przypominają muchę domową. Często na tułowiu i odwłoku mają pomarańczowe lub czerwone plamy albo przepaski, natomiast larwy nazywane czerwiami są białe lub kremowe.

Antagonistami dorosłych osobników są również pająki. Mają wyjątkowo duże znaczenie w momencie nalotu szkodników, gdyż są wielożerne i zwalczają ten gatunek szkodnika, który w danej chwili jest najliczniejszy w danym środowisku. Ich wielożerność można uznać jednak za wadę, ponieważ zabijają również organizmy pożyteczne. Do drapieżników gąsienic, w tym niekreślanki wierzbówki, należą pluskwiaki. Są one ich naturalnymi wrogami. Pluskwiaki te, zwane w języku angielskim big-eyed bugs

Owady drapieżne na plantacji wierzb mają duże znaczenie w utrzymaniu równowagi biologicznej (fot. K. Nijak)

Biedronki ograniczają występowanie mszyc (fot. K. Nijak)

Wierzba jest pierwszym pożytkiem dla pszczół (fot. K. Nijak)

Wierzba stanowi cenne źródło pokarmu dla trzmieli (fot. K. Nijak)

Gąsienica zawisaka topolowego na wierzbie, owad rzadki i chroniony (fot. K. Nijak)

(„wielkookie pluskwy") są małe, owalne i charakteryzują się dużymi, szeroko rozstawionymi oczami oraz zabarwieniem czarnym, szarym lub żółtym z czerwonymi plamami. Następstwem nalotu mszyc na plantację wierzby jest masowy pojaw biedronek, wśród których drapieżne są zarówno osobniki dorosłe jak i larwy. Larwa biedronki podczas swojego rozwoju zjada przeciętnie 600 mszyc. Do najczęściej występujących gatunków należą: biedronka siedmiokropka (*Coccinella septempunctata* L.), biedronka dwukropka (*Adalia bipunctata* L.) oraz wrzeciążka (*Propylea quatuordecimpunctata* L.). Liczebność mszyc jest również ograniczana przez larwy złotookowatych – w tym złotooka pospolitego (*Chrysopa carnea* Steph.) oraz bzygowatych – w tym bzyga prążkowanego (*Episyrphus balteatus* De Geer). Złotook pospolity to jasnozielony owad o długości około 1 cm i rozpiętości metalicznie zielonkawych skrzydeł do 3 cm. Jaja złotooka umieszczane są na charakterystycznych, 1-centymetrowych nitkach na powierzchni liści, w złożach od kilku do kilkunastu jaj. Bzygowate to muchówki o charakterystycznym zabarwieniu – ciemnym tułowiu i czarnym odwłoku z żółtymi, pomarańczowymi lub białymi pasami. Pojedyncza larwa zjada od 200 do 1000 sztuk mszyc podczas swojego cyklu rozwojowego. Pasożytami ponad 40 gatunków mszyc są błonkówki. Wielkość ich ciała, zależna od wielkości gospodarza, wynosi średnio 2 mm. Samice składają jaja do wnętrza ciała mszycy. W ciągu swojego życia mogą złożyć do 300 jaj. Najczęściej występujące rodziny owadów pożytecznych przedstawiono w tabeli 7.

Tabela 7. Częstotliwość występowania odławianej entomofauny pożytecznej w latach 2008–2010 na plantacji wierzby energetycznej (źródło badania własne)

Entomofauna pożyteczna	Częstotliwość występowania	Entomofauna pożyteczna	Częstotliwość występowania
Biedronkowate	+++	Pająki	+++
Błyskleniowate	+++	Pszczołowate	P
Bogatkowate	+	Rączycowate	P
Bzygowate	++	Tarczówkowate	P
Dziubałkowate	+++	Tasznikowate	P
Koziółkowate	+	Wońkowate	+
Kusakowate	P	Zadrowate	++
Łowikowate	++	Zajadkowate	+
Morazakowate	+	Zażartkowate	++
Mrówkowate	+	Złotookowate	++
Omomiłkowate	+		

+++ masowe, ++ liczne, + sporadyczne, P – pojedyncze

W CELU OCHRONY I ZWIĘKSZENIA LICZEBNOŚCI OWADÓW POŻYTECZNYCH I PAJĄKÓW NA PLANTACJI NALEŻY:

- **racjonalnie stosować chemiczne środki ochrony roślin** – zwalczać zachwaszczenie jedynie w pierwszym roku po nasadzeniu i wtedy jeśli jest to konieczne,
- **dokładnie zapoznać się i postępować zgodnie ze wskazaniami treści etykiety–instrukcji środków chemicznych,**
- **pozostawiać miedze, strefy buforowe i remizy śródpolne** – dodatkowe miejsca bytowania i rozwoju entomofauny.

2. Ochrona pszczół i innych owadów zapylających

Wierzba jest rośliną kwitnącą wcześnie. Stanowi potencjalne pierwsze źródło pokarmu dla owadów zapylających. Jest to grupa owadów wymagająca szczególnej uwagi i ochrony – w naszej szerokości geograficznej około 78% gatunków roślin, w tym istotnych gospodarczo roślin uprawnych (ponad 200 gatunków), jest owadopylnych. Zapylenie przez owady może znacząco podwyższyć jakość plonu i wpłynąć na jego ilość lub być czynnikiem decydującym o jego handlowości (jak w przypadku truskawek czy malin). Owady zapylające są niezwykle istotnym czynnikiem plonotwórczym. Najważniejszym gatunkiem wśród zapylaczy jest pszczoła miodna (*Apis mellifera* L.). Gatunek często spotykany na plantacjach wierzby. Zarówno żeńskie, jak i męskie egzemplarze wierzby są dobrymi roślinami pożytkowymi dla pszczół. Dostarczają owadom nektaru, a egzemplarze męskie również pyłku, który odznacza się bardzo wysoką wartością odżywczą, co jest niezwykle cenne dla tych owadów po zimie.

3. Owady rzadkie i chronione

Naturalny las to najbardziej złożony i bogaty, a przy tym najtrwalszy ekosystem. Charakteryzuje się bogactwem gatunków roślin i zwierząt powiązanych skomplikowaną siatką wzajemnych zależności. Na przeciwnym biegunie znajduje się większość agrocenoz – sztucznych biocenoz uprawnych, o znacznie uproszczonym składzie gatunkowym i przez słabe możliwości samoregulacji, bardzo podatnych na ataki szkodników i patogenów. Wieloletnia uprawa wierzby na cele energetyczne, będąca ostoją dla wielu gatunków zwierząt, w tym owadów, ssaków i ptaków, z bogatą przyziemną florą segetalną, jest formą pośrednią pomiędzy tymi dwoma skrajnościami. Można nazwać ją swego rodzaju rezerwuarem przyrodniczym – obiektem sprzyjającym zachowaniu bogactwa gatunkowego całej okolicy. Dotyczy to również gatunków chronionych oraz rzadkich, które we współczesnym zubożonym środowisku potrzebują wsparcia ze strony człowieka.

Plantacje wierzby, z powodu dobrej odporności, na wysoki poziom wód gruntowych, lokowane są często w pobliżu zbiorników wodnych i na terenach o dużej wilgotności. Mogą więc być środowiskiem życia takich owadów, jak ważki, w tym gatunki chronione. Do gatunków pojawiających się na plantacjach zaliczyć można, np. zalotkę spłaszczoną (*Leucorrhinia caudalis* Charpentier) i żagnicę zieloną (*Aeshna viridis* Eversmann).

Konieczność zabiegów zapobiegających wzrostowi chwastów istnieje tylko w początkowej fazie zakładania plantacji. W kolejnych latach wzrost flory segetalnej stwarza dogodne warunki bytowania dla drapieżnych owadów naziemnych, w tym należących do rodziny biegaczowatych, z których pięć gatunków wpisanych jest do Czerwonej Księgi Zwierząt Zagrożonych i Ginących, a wszystkie występujące w Polsce gatunki objęte są ścisłą ochroną. Większość biegaczowatych to efektywne gatunki drapieżne wobec wielu owadów szkodliwych, dlatego ich obecność na plantacji jest pożądana.

Wieloletnia plantacja wierzby wzbogacona o florę segetalną, może również stanowić ostoję dla wielu gatunków chronionych i rzadkich motyli. Dorosłe osobniki motyli to owady zapylające, które wraz gąsienicami, stanowią często źródło pokarmu dla licznych gatunków zwierząt, są ważną częścią ekosystemu. Wśród osobników występujących na wierzbie spotkać można motyle dzienne, jak paź żeglarz (*Iphiclides podalirius* L.) oraz nocne jak zawisak topolowiec (*Laothoe populi* L.).

Wierzba jako źródło pyłku i nektaru jest również schronieniem dla trzmieli, z których wszystkie, 29 gatunków występujących w Polsce, objęte jest ochroną gatunkową. Trzmiele są wydajnymi zapylaczami wielu roślin, w tym tych, niezapylanych przez pszczoły z powodu specyficznej budowy

kwiatów (np. lucerna, naparstnica) oraz długorurkowych, które przez pszczoły są zapylane niedostatecznie (ostróżka, bób, koniczyna czerwona, nasturcja) (tab. 8).

Tabela 8. Chronione i rzadko spotykane gatunki owadów na plantacji wierzby energetycznej

Rząd	Gatunek
Błonkoskrzydłe (Hymenoptera)	trzmiel gajowy (*Bombus lucorum* L.) trzmiel łąkowy (*Bombus pratorum* L.) trzmiel ogrodowy (*Bombus hortorum* L.) trzmiel różnobarwny (*Bombus soroeensis* Fabr.)
Chrząsz cze (Coleoptera)	biegacz gajowy (*Carabus nemoralis* Muell.) biegacz granulowany (*Carabus granulatus* L.) biegacz ogrodowy (*Carabus hortensis* L.)
Motyle (Lepidoptera)	modraszek orion (*Scolitantides orion* Pall.) nastrosz półpawik (*Smerinthus ocellatus* L.) paź żeglarz (*Iphiclides podalirius* L.) rusałka żałobnik (*Nymphalis antiopa* L.) zawisak topolowiec (*Laothoe populi* L.) zmrocznik pazik (*Deilephila porcellus* L.)
Ważki (Odonata)	zalotka białoczelna (*Leucorrhinia albifrons* Burm.) zalotka spłaszczona (*Leucorrhinia caudalis* Charpentier) żagnica zielona (*Aeshna viridis* Eversmann)

IX. LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA

Aldrich R.J. 1997. Ekologia chwastów w roślinach uprawnych. TchNiE, Opole, 461 ss.

Błażej J. 2007. Nieinfekcyjne i infekcyjne czynniki chorobotwórcze krzaczastej formy wierzby (*Salix viminalis* L.) uprawianej na plantacjach towarowych w województwie podkarpackim. Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin 47 (4):321–329.

Bobek B.and D. Merta. 1992. Effects of ecotones on the weight of red deer antlers in southeastern Poland. Bisonette J. A. & P. R. Krausman (eds.) Intergating people and wildlife for a sustainable future. Proc. 1st Int. Wildlife Manage. Congr. The Widllife Society Bethesda MD 19–25.09.1993, p: 648–650.

Bogatko W. 1990. Food preference of ornamental poplars and willows of *Phyllopertha horticola* (L.) and *Melasoma virgintipunctatum* (Scop.) (Coleoptera). Pol. Pismo Entomol. 60: 205–210.

Bremmen J., De Kam M. 1970. *Erwinia salicis* as the cause of dieback of *Salix alba* in the Netherlands and its identify with *Pseudomonas saliciperda*. Netherlands J. Plant Pathol. 76: 249–252.

Cederlund G., Ljungqvist H., Markgren G., Stalfelt F. 1980. Foods of moose and roe deer at Grimsö in central Sweden – result of rumen content analysis. Swe*d*. Wil*d*l. Res. 11: 167–247.

Ciszewska-Marciniak J., Jędryczka M., Jeżowski S., Przyborowski J., Wojciechowicz K., Zenkteler E. 2010. Morphology of uredinia and urediniospores of the fungus Melampsora *Larici-epitea* Kleb. a damaging pathogen of common osier (*Salix viminalis* L.) in Poland. Acta Agrobotanica 63 (2): 117–125.

Czerniakowski Z. W. 1998. Skład gatunkowy ryjkowców (Col., Curculionidae) występujących na plantacjach wikliny w południowo-wschodniej Polsce. Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin 38 (1): 160–164.

Dłużniewska J. 2005. Porażenie przez choroby grzybowe pędów i liści wierzby energetycznej (*Salix viminalis* L.) na plantacjach produkcyjnych. Prog. Plant Prot./Post.Ochr. Roślin 45: 616–619.

Dłużniewska J. 2010. Występowanie chorób powodowanych przez grzyby na planatcjach produkcyjnych wierzby energetycznej (*Salix* sp.). Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin, 50 (4): 1785–1788.

Dłużniewska J. 2011. Występowanie chorób grzybowych na liściach wierzby krzewiastej (*Salix* sp.) w zależności od wieku roślin. J. Res. Appil. Agricultural Engineering 56 (3): 63–64.

Dłużniewska J., Nadolnik M. 2006. Choroby wierzby energetycznej. Ochrona Roślin 2: 32–33.

Drożdż A., Osiecki A. 1973. Intake and digestibility of natural foods by roe deer. Acta theriol. 15:89–110.

Dubas J.W. 2003. Rośliny energetyczne. Wyd. AR Lublin: 56–78.

Duer I. 1996. Zachwaszczenie i sposoby jego ograniczania w rolnictwie integrowanym. IUNG. Puławy, 111 ss.

Gębczyńska Z. 1980. Food of the roe deer and red in Białowieża Forest. Acta theriol. 25 (40): 48–77.

Glaser T. 1982. Występowanie i zwalczanie parcha (*Venturia saliciperda* Niesch.) na wiklinie (*Salix americana*). Rocz. AR Poznań 137: 26–36.

Glaser T., Tatarynowicz B. 1982. Przyczyny zamierania krzewów wikliny i próby zwalczania choroby. Rocz. AR Poznań 137: 57–67.

Gniazdowska A., Oracz K., Bogatek R. 2004. Allelopatia – nowe interpretacje oddziaływań pomiędzy roślinami. Kosmos – Problemy Nauk Biologicznych 53 (2): 207–217.

Grzybek A. 2010. Modelowanie energetyczne wykorzystania biomasy ITP, Falenty –Warszawa, 230ss., ISBN 978-83-62416-08-0

Hofmann R.R. 1989. Evolutionary steps of ecophysi-

ological adaptation and diversification of ruminants: a comparative view of their digestive system. Oecologia 78: 443–457.

Illius A.,W. Gordon I. J. 1987. The allometry of food intake in grazing ruminants. J. Anim. *E.* 56: 989–999.

Kelly M.T., Curry J.P. 1991. The biology and population density of the willow beetle (*Phratora vulgatissima* L.) on *Salix viminalis* in reclaimed cutaway peat. J. Appl. Ent. 111: 44–56.

Kendall D.A., Hunter T., Arnold G.H., Liggitt J., Morris T., Wiltshire C.W. 1996. Suscepibility of willow clones (*Salix* spp.) to herbivory by *Phyllodecta vulgatissima* (L.) and *Galerucella lineola* (Fab.) (Coleoptera, Chrysomelidae). Ann. Appl. Biol. 129: 379–390.

Koehler W., Schnaider Z. 1972. Owady naszych lasów. PWRiL, Warszawa, 98 ss.

Kuś J., Matyka M. 2010. Uprawa roślin na cele energetyczne. Instrukcja upowszechnieniowa nr 176. Wyd. IUNG-PIB, Puławy, 64 ss. ISBN-978-83-7562-072-6.

Lisowski A., 2010. Technologie zbioru roślin energetycznych. Wyd. SGGW, Warszawa, 145 ss. ISBN 978-83-7583-222-8.

Matyka M. 2013: Produkcyjne i ekonomiczne aspekty uprawy roślin wieloletnich na cele energetyczne. Monografie i Rozprawy Naukowe IUNG-PIB, Puławy, 94 ss. ISBN 978-83-7562-127-3.

Miziniak W. 2008. Wpływ herbicydów na wybrane odmiany wierzby energetycznej (*Salix vinimalis*). Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin 48 (1): 301–306.

Miziniak W. 2011. Wpływ herbicydów na wzrost i rozwój niektórych form wierzby wiciowej (*Salix vinimalis* L.) uprawianych na cele energetyczne. Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin 51 (2): 937–942.

Miziniak W., Ulatowska A. 2012. Tolerancja na herbicydy wybranych odmian wierzby (*Salix* ssp.). Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin 52 (4): 913–916.

Nagy J.G., Regelin W.L. 1975. Comparison of digestive organ size of three deer species. *J. Wildl. Manage.* 39(3): 621–624.

Nijak K. 2010**.** Zróżnicowana atrakcyjność pokarmowa odmian i klonów wierzby energetycznej dla jątrewki wiklinówki (P*hyllodecta vitellinae* L.). Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin 50 (2): 596–599.

Nijak K. 2011. Gatunki owadów zasiedlających różne odmiany i klony wierzby energetycznej – potencjalne zagrożenie w ochronie upraw. Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin 51 (4): 1563–1566.

Parylak D., Zawieja J., Jędruszczak M., Stupnicka-Rodzynkiewicz E., Dąbkowska T., Snarska K. 2006. Wykorzystanie zasiewów mieszanych, właściwości odmian lub zjawiska allelopatii w ograniczeniu zachwaszczenia. Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin 46 (1):33–44.

Pei M.H., McCracken A.R. 2005. Rust Diseases of Willow and Poplar. CABI Published, 264 pp.

Perzanowski K. 1978. The effect of winter ford composition on roe deer energy budget. Acta Theriol. 31: 451–467.

Pielowski Z. 1984. Sarna. PWRiL, Warszawa, 286ss.

Pruszyński S., Gacek E. 2005. Rośliny energetyczne – nowe wyzwanie dla ochrony roślin. Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin 45: 384–391.

Remlein–Starosta D. 2007. Choroby roślin energetycznych. Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin 47 (4): 351–357.

Remlein-Starosta D. 2009 Choroby roślin energetycznych fakty i mity. s. 291–297. W „Produkcja biomasy. Wybrane problemy"(A. Skrobacki, red.) Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego. Wydział Inżynierii Produkcji. Warszawa. 84 ss. ISBN 83–89509–81–6.

Remlein-Starosta D., Nijak K. 2010. Najważniejsze choroby i szkodniki wieloletnich upraw roślin energetycznych i możliwości ich ograniczania Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin. 50 (2): 977–986.

Roberts H.A. 1970. Viable weed seeds in cultivated

soil. National Vegatable Research Station Annual Report 1969. Wellesbourne. Warwick, England: 25–38

Rola J., Sekutowski T., Rola H., Badowski M. 2006. Problem zachwaszczenia plantacji wierzby krzewiastej – *Salix vinimalis*. Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin 46 (1): 81–87.

Rutkowski L. 2008. Klucz do oznaczania roślin naczyniowych Polski niżowej. PWN, 814 ss.

Sekutowski T., Badowski M. 2007. Zróżnicowane zachwaszczenie plantacji *Salix vinimalis* (L.) w zależności od warunków glebowych siedliska. Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin, 47 (4): 371–378.

Sekutowski T., Rola J., Rola H., Badowski M. 2007. Wykorzystanie niektórych herbicydów do regulacji zachwaszczenia plantacji *Salix vinimalis* (L.). Prog.Plant Prot./Post. Ochr. Roślin 47 (4): 379–391.

Simpson E. H., 1949. Measurement of Diversity. Nature, vol.163: 688s.

Skrzypczak W., Waligóra H., Szulc P. 2007. Efektywność chemicznego zwalczania chwastów w pierwszym roku uprawy wikliny. Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin 47 (4): 392–395.

Sokal, R.R., Rohlf J. 1995. Biometry. W.H. Freeman and Company, New York, 887 pp.

Sowiński J. 1988. Wpływ herbicydów oraz dodatkowego spulchniania międzyrzędzi na zachwaszczenie, wzrost i plonowanie wikliny w pierwszym roku uprawy. Rocz. Nauk. Rol., A (107) 3: 187–203.

Stróżczyński A. 2005. Czynniki wywołujące stres zwierzyny w łowisku. Przegląd Leśniczy 6–7: 4–5.

Styszko L. 2009. Szkody łowieckie w uprawach roślin energetycznych. Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin 49 (1): 145–149.

Styszko L. Ignatowicz M. 2010. Szkody łowieckie w kilkuletnich uprawach wierzby energetycznej w rejonie Koszalina. Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin 50 (1): 182–185.

Styszko L., Borzykowska M 2011. Wpływ szkód łowieckich powodowanych przez jeleniowate na plonowanie wierzby. Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin 51 (1): 217–222.

Szczukowski S., 2012. Wierzba *Salix* L. s. 243-253. W „Odnawialne źródła energii. Rolnicze surowce energetyczne." (Kołodziej B., Matyka M., red.) PWRiL, Poznań. 594 ss. ISBN 978-83-09-01139-2.

Szczukowski S., Tworkowski J., Stolarski M., Kwiatkowski J., Krzyżaniak M., Lajszner W., Graban Ł. 2012. Wieloletnie rośliny energetyczne. MULTICO Oficyna Wydawnicza, Warszawa, 156 ss. ISBN 978-83-7763-051-8.

Szczukowski S., Tworkowski J., Stolarski M.J. 2004. Wierzba energetyczna. Wyd. Plantpress, Kraków, 46 ss.

Szczukowski S., Tworkowski J., Wiwart M., Przyborowski J. 2002. Wiklina (*Salix* sp.). Uprawa i Możliwości Wykorzystania. Wyd. UWM, Olsztyn, 57 ss.

Szczukowski S., Tworkowski. J. 2001. Produktywność oraz wartość energetyczna biomasy wierzb krzewiasty *Salix*. sp. na różnych typach gleb w pradolinie Wisły. Post. Nauk Rol. 2: 30–39.

Szukiel E. 2001. Ochrona drzew przed roślinożernymi ssakami. Centrum Informacyjne Lasów Państwowych, 158ss.

Świętochowski i Tołpa S. 1950. Chwasty. PIWR. Warszawa, 160 ss.

Tixier H., Duncan P. 1997. Food selection by European roe deer (*Caproleus caproleus*): effects of plant chemistry, and consecquences for the nutritional value of their diets. J. Zool. Lond. 242: 229–245.

Trampler T., Matuszkiewicz W., Kliczkowska A., Demyterko E. i Sierpińska A. 1990. Regionalizacja przyrodniczo – leśna na podstawach ekologiczno – fizjograficznych. PWRiL, Warszawa, 155 ss.

Waleryś G., Sądej W. 2008. Chrząszcze (*Coleoptera*) zagrażające plantacjom wierzby krzewiastej w okolicy Olsztyna. Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin 48(3): 993–997.

Weiner J. 1975. Model of the energy budget of an adult roe deer. Pol. ecol. Stu*d*. 1(2): 103–119.

Węgorek P. 2007. Szkody łowieckie – narastający problem. Rolnik Dzierżawca 1 (118): 70–73.

Węgorek P. 2011. Damage caused by game animals and other mammal or bird species in agricultural crops and woodlands – ethological aspect, prevention possibilities. Instytut Ochrony Roślin – Państwowy Instytut Badawczy, Poznań: 72 ss.. ISBN: 978-83-89867-674

Węgorek P., Zamojska J. 2012. Szkody powodowane w uprawach rolnych przez zwierzęta łowne i ptaki oraz możliwości ich ograniczania. s. 11–13. W: „Program Ochrony Roślin Rolniczych". (A. Czarnocka, red.). Hortpress, Warszawa, 328 ss. ISBN: 978-83-61574-29-3.

Wilson B.J. 1978. The long –term decline of a population of *Avena fatua* with different cultivations associated with spring barley cropping. Weed Res. 18 (1): 25–31.

Woźnica Z. 2008. Herbologia – podstawy biologii, ekologii i zwalczania chwastów. PWRiL, Poznań, 432 ss.