

Występowanie i sposoby ograniczania populacji mątwika ziemniaczanego

Occurrence and methods of reducing the population of yellow potato cyst nematode

Anna Podlewska-Przetakiewicz 

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin – Państwowy Instytut Badawczy, Radzików, 05-870 Błonie

 a.przetakiewicz@ihar.edu.pl

Mątwik ziemniaczany (*Globodera rostochiensis*) od lat stanowi zagrożenie upraw ziemniaka na świecie. W Polsce dominującym patotypem tego gatunku mątwika jest patotyp Ro1. Ze względu na obecność innych patotypów mątwika ziemniaczanego oraz patotypów mątwika agresywnego (*Globodera pallida*) w państwach europejskich istnieje potrzeba stałego monitoringu pojawów nieznanych gatunków i patotypów nicieni w celu zapobieganiu powstawania nowych ognisk choroby. Niniejszy artykuł przedstawia biologię, drogi rozprzestrzenienia się mątwika ziemniaczanego oraz metody pozwalające ograniczyć i wyeliminować populację agrofaga w miejscach uznanych za porażone.

Słowa kluczowe: kwarantanna, mątwik ziemniaczany, odporność, ograniczanie występowania

Quarantine pathogen such as yellow potato cyst nematode (*Globodera rostochiensis*) has been a threat to potato crops around the world for years. So far, in Poland, the only identified is the pathotype Ro1. Due to the presence of white potato cyst nematode (*Globodera pallida*) and other pathotypes of yellow potato cyst nematode in European countries, there is a need to constantly monitor the occurrence of unknown species and pathotypes of nematodes and prevent the emergence of new disease outbreaks. This article presents the biology and spread of yellow potato cyst nematode and methods of reducing and eliminating the population of this pest in places considered infected.

Keywords: quarantine, yellow potato cyst nematode, resistance, limitation of presence

Pochodzenie i występowanie *Globodera rostochiensis*

Mątwik ziemniaczany *Globodera rostochiensis* (Wollenweber, 1923; Behrens 1975) należy do gatunku kosmopolitycznego żyjącego zarówno w krajach klimatu umiarkowanego jak i w rejonach tropikalnych. Zakres roślin żywicielskich tego nicienia, dzięki którym gatunek ten przechodzi cykl życiowy ograniczony jest do roślin uprawnych z rodziny psiankowatych tj. pomidora, ziemniaka, bakłażana. Wśród chwastów cysty mątwika mogą się rozwijać na korzeniach psianki słodkogórz oraz na innych dziko żyjących gatunkach z rodzaju *Solanum* i *Lycopersicon* (EFSA, 2019).

Ojczyzną gatunku jest Ameryka Południowa, a w szczególności wyżynne rejony Peru wokół jeziora Titicaca, znajdujące się na wysokości 2900–3800 m.n.p.m, z których ziemniaki uprawiane przez tysiące lat zostały przewiezione do Europy wraz z wyprawami hiszpańskiej inkwizycji (Jones, 1970; Evans i Stone, 1977). Do połowy XIX wieku wszystkie odmiany ziemniaka uprawiane w Europie pochodziły z dwóch źródeł – hiszpańskiego z 1570 roku oraz brytyjskiego z ok. 1588 roku (Evans i in., 1975). Te dwie niezależne drogi rozprzestrzeniania dały początek odmianom ziemniaka na całym świecie (Brodie, 1984).

Pomimo pojawienia się ziemniaka w Europie z końcem XVI wieku, pierwsze zawleczenie mą-

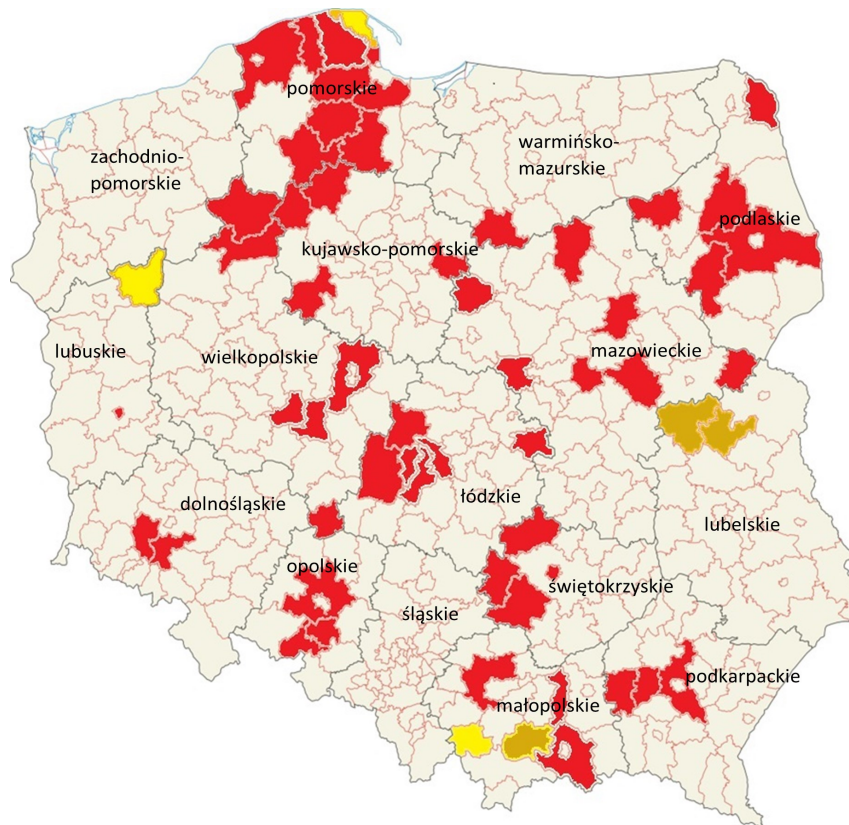
twika ziemniaczanego na kontynent odnotowano znacznie później (Evans i in., 1975). Gatunek ten dotarł na kontynent europejski wraz z ziemią przylegającą do bulw sadzeniaków ziemniaka przywiezionych z Ameryki Południowej w ramach badań prowadzonych w Europie nad epidemią zarazy ziemniaka w latach 1840-tych (Hockland i in., 2012). Na podstawie podobieństw w charakterystyce wirulencji populacji mątwików stwierdzono, że źródłem ich rozpowszechniania była niewielka liczba cyst mątwika przywieziona z Ameryki Południowej, natomiast Europa stała się kolejnym kontynentem dystrybucji agrofaga przenoszonych w inne części świata wraz z materiałem rozmnożeniowym (Plantard i in., 2008, Grenier i in., 2010).

W Europie po raz pierwszy występowanie mątwika ziemniaczanego odnotowywano z początkiem XX wieku w Anglii w 1905 roku (Minnis i in., 2002), następnie w 1913 roku w Niemczech (Zimmermann, 1914) oraz w 1920 roku w Szwecji (Manduric i Andersson, 2003), 1928 r. w Danii (Hansen, 1988), 1946 r. w Finlandii (Hekkila i Tilikkala, 1992), w 1951 na Wyspach Owczych (Jacobsen, 1973), 1953 na Islandii (Bendezu i in., 1998) oraz w 1955 w Norwegii (Øydvin, 1975; Holgado i Magnusson, 2012). Jednym z najpóźniej zasiedlonych przez mątwika ziemniaczanego regionów świata są obszary południowej Syberii (rok 1948), gdzie nicien jest obecnie największym problemem w uprawie ziemniaka (Efremenko, 1961).

W Polsce występowanie mątwika ziemniaczanego po raz pierwszy stwierdzono w 1946 roku w województwie szczecińskim (Jasińska, 1955) oraz w przydomowym ogrodzie na terenie Gdańska (Wiłski, 1955). Przypuszczalnie został on zawleczony z Niemiec i w późniejszych latach pojawił się w uprawie ziemniaka na terenie kraju. Prowadzony w latach 2008-2025 przez Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Radzikowie monitoring występowania gatunków i patotypów mą-

twików w Polsce wykazał występowanie na polach uprawnych ziemniaka w kraju głównie mątwika ziemniaczanego patotyp Ro1. Próby gleby do badań były pobierane przez inspektorów Państwowej Inspekcji Ochrony Roślin i Nasiennictwa (PIORiN), która współpracuje z IHAR-PIB w zakresie powyższego monitoringu.

W 2025 roku występowanie mątwika ziemniaczanego odnotowane zostało w 78 krajach świata (<https://gd.eppo.int>).



Rys. 1 Występowanie *Globodera rostochiensis* w Polsce w latach 2008-2025 (na podstawie badań własnych). Kolor czerwony - patotyp Ro1 *G. rostochiensis*; kolor żółty - patotyp Ro5 *G. rostochiensis*; kolor pomarańczowy - patotyp Ro1 i Ro5 *G. rostochiensis*.

Fig. 1. Occurrence of *Globodera rostochiensis* in Poland in the years 2008-2025 (based on own research). Red color - pathotype Ro1 *G. rostochiensis*; yellow color - pathotype Ro5 *G. rostochiensis*; orange color - pathotype Ro1 and Ro5 *G. rostochiensis*.

Biologia mątwika ziemniaczanego

Mątwik ziemniaczany rozmnaża się płciowo (Den Ouden, 1960) i jak wiele innych nicieni tworzących cysty, osobniki młodociane wykluwają się z jaj w wyniku stymulacji wydzielanymi uwalniającymi przez korzenie roślin psiankowatych (Kud i in., 2022). Osobniki młodociane drugiego stadium (J2) opuszczające jaja penetrują system korzeniowy rośliny żywiciela tuż za wierzchołkiem korzenia lub za korzeniem bocznym poprzez nakłucie ścian komórkowych korzenia tzw. sztyletem (Evans i Stone, 1977). Nicienie migrują w przestrzeniach międzykomórkowych do perycyklu, gdzie tworzą strukturę nazywaną syncytium dostarczającą substancji odżywczych dla rozwijających się nicieni (Lilley i in., 2005). Około 7 dni po

wniknięciu do rośliny osobniki J2 przekształcają się w osobniki J3 i J4. Płeć u nicieni jest identyfikowana już w trzecim stadium rozwoju (J3) i jest determinowana przez warunki środowiskowe, a przede wszystkim przez dostępność pokarmu. Przy ograniczonym rozroście syncytium i braku substancji odżywczych w cyklu życiowym nicieni powstaje więcej samców niż samic (Trudgill, 1967). Samce wydostają się z korzenia w celu zapłodnienia samic, których gonady w wyniku powiększania się rozrywają korę korzenia i ostatecznie wystają poza jego powierzchnię stając się widoczne na zewnątrz. Dalszy rozwój zarodków odbywa się w jajach, aż do powstania osobników młodocianych drugiego stadium (J2). Na tym etapie pozostają uśpione, dopóki nie otrzymają odpo-

wiedniego bodźca do wyklucia lub gdy warunki nie będą odpowiednie do aktywności. Dojrzałe samice przekształcają się w ochronną cystę zawierającą od 200 do 500 jaj i odpadają od korzenia rośliny. W zależności od sprzyjających wylęgowi czynników zewnętrznych, 1/3 larw inwazyjnych w cyście może być źródłem porażenia roślin jeszcze w tym samym sezonie wegetacyjnym. Cysty mogą przetrwać w glebie przez 15 lat lub dłużej (Perry, 1989).

Identyfikacja mątwika ziemniaczanego

Do określania gatunku mątwika wykorzystuje się zarówno badanie jego cech morfologicznych jak i metody molekularne oparte na analizie PCR na bazie DNA gatunku. Zgodnie z nowym rozporządzeniem wykonawczym Komisji Europejskiej 2022/1192 z dnia 11 lipca 2022 roku w odniesieniu do wykrywania i identyfikacji gatunku mątwika po izolacji cyst agrofaga z gleby, wykorzystuje się konwencjonalny test PCR opracowany przez

Bulmana i Marshalla (1997). W państwach członkowskich Unii Europejskiej stosuje się również metodę wykrywania i identyfikacji gatunków mątwików z wykorzystaniem techniki PCR w czasie rzeczywistym (Real Time-PCR) według Beniers'a i in. (2014), łączącej identyfikację gatunku mątwika z określeniem jego żywotności.

W obrębie gatunku mątwika ziemniaczanego wyróżnia się tzw. patotypy. Są to populacje/grupy mątwika charakteryzujące się wspólnymi genami wirulencji (lub awirulencji) i wyróżnione na podstawie zdolności (lub braku zdolności) namnażania się danej populacji na określonej roślinie żywicielskiej zwanej rośliną różnicującą. Na podstawie interakcji różnych populacji mątwika z różnicującymi genotypami ziemniaka wyodrębniono pięć patotypów mątwika ziemniaczanego – Ro1, Ro2, Ro3, Ro4 i Ro5 (Tab. 1).

Tabela 1
Table 1

Identyfikacja patotypów mątwika ziemniaczanego (Kort i in., 1977)
Identification of yellow potato cyst nematode pathotypes (Kort et al., 1977)

Genotyp ziemniaka / Potato genotype	<i>Globodera rostochiensis</i>				
	Ro1	Ro2	Ro3	Ro4	Ro5
Desiree	+	+	+	+	+
Maris Piper	-	+	+	-	+
<i>S. kurtzianum</i>	-	-	+	+	+
<i>S. vernei</i> 58.1642.4	-	-	-	+	+
<i>S. vernei</i> 62.33.3	-	-	-	-	+
<i>S. vernei</i> 65.346.19	-	-	-	-	-
<i>S. multidissectum</i>	+	+	+	+	+
Partner	-	-	-	-	-

+ oznacza podatność (namnażanie cyst mątwika na danym genotypie ziemniaka) / susceptibility;

– oznacza odporność (cysty mątwika nie namnażają się na danym genotypie ziemniaka) / resistance.

Czynniki wpływające na rozprzestrzenianie się mątwików

Jednym z głównych gospodarzy mątwika ziemniaczanego jest ziemniak, który uprawiany jest we wszystkich krajach Unii Europejskiej. Straty w plonie wywołane porażeniem mogą sięgać od 50% (Seenivasan, 2017) do 80% (Turner, 1996), a nawet więcej (Zawiślak i in. 1988 b). W przypadku roślin pomidora i bakłażana uprawianych głównie w szklarniach, nicienie nie stanowi tak dużego zagrożenia, a ponadto mogą one być łatwiej zwalczane niż w przypadku polowej uprawy ziemniaka. Formą przetrwalnikową mątwików są cysty zawierające od 200 do 500 jaj. Jaja zawierają roztwór trehalozy, który chroni inwazyjne stadium J2 mątwika w ekstremalnych warunkach otoczenia, co oznacza, że mątwiki mogą przetrwać zarówno mroźne zimy jak i długo-

trwałe susze. Cykl życiowy mątwika jest dopasowany do cyklu wegetacyjnego gospodarza. Wczesną wiosną, gdy temperatura gleby osiąga 8-10°C i rozpoczyna się kiełkowanie bulw ziemniaka, następuje wykluwanie się osobników młodocianych mątwika i inwazja systemu korzeniowego gospodarza. Krótki cykl życiowy niciania wynoszący ok. 6 tygodni pozwala całej populacji mątwika wyprodukować potomstwo w okresie wegetacji ziemniaka. Mątwik ziemniaczany przechodzi jedno pokolenie w ciągu roku. W literaturze można znaleźć wyniki badań wykazujące, że w sprzyjających warunkach pogodowych mątwik może przejść dwa cykle życiowe w ciągu jednego sezonu wegetacyjnego ziemniaka (Evans i Stone, 1977; Greco i in., 1988; Jimenez-Perez i in., 2009).

W krajach Unii Europejskiej rozprzestrzenianie się cyst mątwika za pomocą naturalnych czyn-

ników środowiska, tj. wiatru, wody i zwierząt jest znikome, natomiast samoistne przemieszczanie się osobników młodocianych w glebie ograniczone jest do ok. 1 metra (<https://gd.eppo.int/taxon/HETDRO/datasheet>). Główną przyczyną rozprzestrzeniania się nicieni i powstawania jego nowych ognisk jest tzw. transport pasywny, w którym zanieczyszczona cystami gleba, przylegająca do sadzeniaków, cebulek lub innych roślin szkółkarskich przemieszczana jest na pola niezainfekowane, na których wcześniej nie stwierdzono obecności mątwika. W celu ograniczenia rozprzestrzeniania się cyst prowadzi się badania gleby na polach przeznaczonych pod uprawę sadzeniaków ziemniaka oraz innych roślin wymienionych w rozporządzeniu wykonawczym Komisji (UE) 2022/1192, załącznik I, a monitoringowo na plantacjach innych niż sadzeniaki (Rozporządzenie wykonawcze Komisji (UE) 2022/1192 z dnia 11 lipca 2022 roku). Aby zminimalizować roznoszenie cyst w łańcuchu dostaw ziemniaka, można dodatkowo poddać badaniu glebę zebraną podczas sortowania i pakowania bulw ziemniaka.

Drugim bardzo istotnym „wektorem” dyspersji nicieni o średnim i dużym zasięgu są maszyny i narzędzia rolnicze używane w gospodarstwie, gdzie wraz z transportem, w resztkach gleby i na opakowaniach (np. workach), cysty mątwików mogą być zawleczone w miejsca nieporażone. Ze względu na znaczące ilości gleby przylegającej do maszyn i narzędzi rolniczych często używanych na oddalonych od siebie polach, dochodzi do rozprzestrzeniania się nicieni. Ważne jest zatem dokładne czyszczenie i mycie oraz odkażaniem narzędzi i maszyn rolniczych.

Kolejnym sposobem rozprzestrzeniania się mątwika jest ponowne wykorzystywanie w pracach polowych porażonej ziemi np. pochodzącej z miejsc, na których gromadzone są pozostałości gleby po zbiorze ziemniaków oraz stosowanie nawozów naturalnych pochodzących od zwierząt hodowlanych karmionych zainfekowanymi ziemniakami (prawdopodobne jest zachowanie żywej zawartości cyst po przejściu przez układ pokarmowy zwierząt). Są to jednak drugorzędowe drogi porażenia niewpływające w znaczący sposób na rozprzestrzenianie się cyst mątwika.

Metody agrotechniczne stosowane w celu zapobiegania rozprzestrzeniania się mątwika

Szczegółowe zasady dotyczące zwalczania i zapobiegania rozprzestrzenianiu się mątwika zostały określone w rozporządzeniu wykonawczym Komisji (UE) 2022/1992 (2022). Zasady te określają sposób przeprowadzenia urzędowych kontroli występowania nicieni oraz kontroli monitoringowych, sposobu pobierania próbek gleby i przeprowadzenia testów na potrzeby ww. kontroli, uznania punktów produkcji i określonych roślin

za porażone. W rozporządzeniu przedstawiono także środki stosowane do zwalczania nicieni. Dodatkowo w celu ograniczenia rozprzestrzeniania się mątwika, każde państwo członkowskie jest zobowiązane do udzielania informacji o potwierdzonym przełamaniu odporności danej odmiany ziemniaka przez określonego agrofaga oraz przedstawieniu wykazu wszystkich nowych i odpornych odmian ziemniaka dopuszczonych do obrotu. Poniżej opisane zostały inne niż uprawa odmian odpornych, metody ograniczania liczebności mątwików.

Płodozmian

Jedną z najczęściej stosowanych metod agrotechnicznych mających na celu zredukowanie liczebności cyst nicieni w glebie jest dobór właściwych gatunków roślin uprawianych na zamiatwionym polu. Mątwiki żerują głównie na roślinach ziemniaka, który uprawiany przez wiele lat w monokulturze lub w wysoce specjalistycznych płodozmianach ziemniaczanych (Zawiślak i in. 1988a), przyczynia się do znaczącego wzrostu zagęszczenia tego nicienia w glebie. Pomimo tego, że dzięki formie przetrwalnikowej mątwik przeżywa w glebie wiele lat, część nicieni wykluwa się samoistnie każdego roku, a pod nieobecność gospodarza część populacji obumiera (Den Ouden, 1960). Wskaźnik spadku zagęszczenia szkodnika może corocznie wynieść do 33% i jest zależny od typu gleby oraz roku ostatniej uprawy ziemniaka na danym polu (Turner, 1996). Większość autorów stwierdziła znaczący spadek zagęszczenia populacji mątwika w glebie rok po zbiorach ziemniaka, od ok. 65% (Schomaker i Been, 1999) do 80% (Andersson, 1988). W pracy przeglądowej Spychalla i De Jong (2024) opisywali zastosowanie typowego płodozmiannu, w którym w pierwszym roku kwarantanny uprawiane są podatne odmiany ziemniaka, a następnie przez 3 lata rośliny nieżywicielskie. Według autorów ten typ płodozmiannu jest stosowany w ograniczeniu populacji większości patogenów glebowych, niemniej jest zbyt krótkotrwały, aby spowodować znaczący spadek liczebności cyst mątwika ziemniaczanego w glebie. W systemie stosowanym z powodzeniem przez amerykańskich rolników, uzyskano wysoki spadek zagęszczenia mątwika poprzez dwuletnią uprawę odpornej odmiany ziemniaka, następnie rok uprawy rośliny nieżywicielskiej oraz w czwartym, ostatnim roku kwarantanny, uprawę podatnej odmiany ziemniaka. Wykorzystanie tego typu płodozmiannu umożliwiło redukcję nicienia na polu o 90% (Brodie i Mai, 1989).

Podstawową metodą agrotechniczną stosowaną w Polsce w celu zmniejszenia liczebności mątwika ziemniaczanego jest 4-5 letnia przerwa w uprawie ziemniaka na porażonym polu, głęboka orka przedzimowa oraz likwidacja samosiewów ziemniaka i innych roślin psiankowatych. W płodozmianie wykorzystane mogą być gatunki z ro-

dzaju kapustowatych, które przyczyniają się do redukcji populacji nicieni w glebie nawet do 50% (Zanbouri i Fatemy, 2014; Ngala i in., 2015; Fatemy i Sepideh, 2016). Istotne znaczenie mogą mieć również uprawy międzyplonów ścierniskowych (Nowakowski i Franke, 2013; Pastuszczyńska i in., 2013). Bardzo istotny w zabiegach agronomicznych jest również maksymalnie wydłużony cykl

zmianowania z wykorzystaniem bardzo wczesnych odmian ziemniaka, o krótkim okresie wegetacji. Kontrolowanie cyklu rozwojowego nicieni pozwala na usunięcie z pola roślin ziemniaka zanim na korzeniach wykształcą się dojrzałe cysty. Przykładowe płodozmiany z uprawą ziemniaka w rotacji 4-5letniej przedstawia Tabela 2.

Tabela 2
Table 2

Przykładowy płodozmian w rotacji 4-5 letniej (Zawiślak i in. 1989)
Example of crop rotation in a 4-5 year rotation (Zawiślak i in. 1989)

Lata kwarantanny / Years of quarantine	Typ zbożowy / (cereal type)	Typ wszechstronny / (universal type)
I rok kwarantanny	ziemniak odmiana odporna	ziemniak odmiana odporna
II rok kwarantanny	zboża ozime lub jare	mieszanka strączkowa
III rok kwarantanny	koniczyna lub mieszanka strączkowa	rzepak ozimy
IV rok kwarantanny	zboże ozime	zboże ozime
V rok kwarantanny	zboże jare	zboże jare
VI rok kwarantanny	ziemniak odmiana odporna	ziemniak odmiana odporna
	Typ pastewny (fodder type)	Typ pastewno-zbożowy / (fodder - cereal type)
I rok kwarantanny	ziemniak odmiana odporna	koniczyna perska
II rok kwarantanny	owies na kiszonkę	ziemniak odmiana odporna
III rok kwarantanny	koniczyna czerwona z trawami	pszenżyto ozime
IV rok kwarantanny	pszenica ozima	kukurydza
V rok kwarantanny	jęczmień jary	jęczmień jary
VI rok kwarantanny	ziemniak odmiana odporna	ziemniak odmiana odporna

Rośliny pułapkowe

Prostą metodą do ograniczenia zagęszczenia populacji mątwika w glebie są rośliny pułapkowe (Halford i in., 2008). Osobniki młodociane J2 nicienia wnikają do korzeni roślin pułapkowych, lecz nie mają wystarczająco dużo czasu do formowania jaj. *Solanum sisymbriifolium* – psianka stuliszolistna jest gospodarzem mątwika. Nie wytwarza bulw i ma krótszy od ziemniaka okres wegetacji, niemniej stymuluje wylęganie się osobników młodocianych z jaj. Zastosowanie psianki umożliwiło redukcję *G. pallida* o ok. 80% (Scholte i Vos, 2000; Szymczak-Nowak i in., 2007). Szeroko zakrojone badania nad efektywnością zastosowania psianki prowadzone w Holandii wykazały średni spadek zagęszczenia populacji mątwika w glebie wynoszący 52% (Hartsema i in., 2005). Warto dodać, że psianka stuliszolistna jest odporna na wszystkie patotypy mątwika ziemniaczanego *Globodera rostochiensis* oraz grupy wirulentne mątwika agresywnego *Globodera pallida* (Scholte, 2000).

Odmiany odporne

Dotychczas najefektywniejszą metodą zmniejszenia liczebności populacji mątwików w glebie jest uprawa odmian ziemniaka odpornych na dany patotyp mątwika. Dominującym w Europie jest patotyp Ro1 mątwika ziemniaczanego. Obecność genu *H1* pochodzącego z *Solanum tuberosum*

subsp. *andigena* stanowi źródło odporności odmian ziemniaka na ten patotyp, a zastosowanie ich w uprawie spowodowało obniżenie liczebności populacji patotypu Ro1 *G. rostochiensis* o ok. 90% (Brzeski i Rogala, 1984; Malec, 1985; Galek i in., 2011; Faggian i in., 2012; Schultz i in., 2012). Pod koniec 2018 roku w Krajowym Rejestrze Odmian znajdowało się zaledwie 6% odmian ziemniaka podatnych na dominujący w kraju patotyp Ro1 mątwika ziemniaczanego, niemniej jedynie 25% wszystkich odmian zostało przebadanych na pozostałe cztery patotypy tego gatunku mątwika (Franke i in., 2019). Ocenę odporności odmian ziemniaka na wszystkie patotypy mątwika ziemniaczanego prowadzi się zgodnie z rozporządzeniem wykonawczym Komisji (UE) 2022/1192, zał. V (2022). Skala oceny odporności jest 9-cio stopniowa (9 – skrajna odporność, 1 – skrajna podatność), a porażenie każdej bulwy porównywane jest do skrajnie podatnej, kontrolnej odmiany ziemniaka Desiree. Badania stopnia odporności odmian ziemniaka na poszczególne patotypy mątwika ziemniaczanego i agresywnego prowadzi od 2006 roku Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Radzikowie.

Metody chemiczne

W przeszłości do kontrolowania liczebności populacji nicieni w glebie stosowano fumiganty tj. izotiocyanian metylu, bromek metylu i 1,3-dichloropropen oraz inne nematocydy (np. Temik,

Carbofuran, Nema-Gard). Zaniechano jednak stosowania tych substancji ze względu na ich szkodliwy wpływ na środowisko, w szczególności na wody gruntowe oraz karcynogeny wpływ na zdrowie człowieka. Obecnie w celu chemicznego ograniczenia zagęszczenia populacji nicieni w glebie wykorzystuje się dostępne na rynku środki ochrony roślin. Wyróżnia się wśród nich nematocydy selektywne i nieselektywne w postaci fumigantów glebowych, których aktualna lista dostępna jest na stronie <https://www.gov.pl/web/rolnictwo/rejestr-rodkow-ochrony-roslin> (Rejestr Środków Ochrony Roślin, 2024).

Metody biologiczne

Metoda biologiczna bazuje na antagonistycznych oddziaływaniach grzybów i bakterii występujących w glebie na larwy mątwików. W literaturze dostępne są wyniki badań nad nicieniobójczym działaniem grzybów z rodzaju *Pochonia* (Tobin i in., 2008) i *Trichoderma* (Contina i in., 2017) wykazujące ograniczenie populacji patogena przy wykorzystaniu ww. gatunków.

Zalewanie

Zgodnie z przepisami Unii Europejskiej pola przeznaczone pod uprawę sadzeniaków ziemniaka muszą być wolne od mątwika ziemniaczanego. Jedną z metod ograniczania rozprzestrzeniania się nicieni i eliminację cyst z pól przeznaczonych pod uprawę roślin cebulowych i bulwowych jest zalewanie. Eliminację cyst agrofaga przeprowadza się poprzez zalewanie wodą porażonej powierzchni pola na wysokość co najmniej 5 cm powyżej poziomu gruntu przez okres 12 tygodni i przy temperaturze wynoszącej co najmniej 16°C na głębokości 15 cm. W przypadku tej metody konieczne jest wykluczenie odpływu wody z zalewanego obszaru związane z ukształtowaniem terenu. Zalewanie jest niedozwolone w punktach produkcji, w których zidentyfikowano występowanie *Synchytrium endobioticum* – sprawcę raka ziemniaka. Roślin z gatunku *Solanum tuberosum* oraz *Solanum lyco-*

persicum nie można sadzić na polach uprawnych w pierwszym sezonie wegetacyjnym następującym po zalaniu jeżeli wykorzystuje się w tym celu wody powierzchniowe, w których nie można wykluczyć obecności bakterii kwarantannowej *Ralstonia solanacearum*.

Metoda eliminacji mątwika poprzez zalewanie jest szeroko stosowana w Holandii przy uprawie tulipanów, a wyniki badań prowadzonych nad przeżywalnością cyst *Globodera rostochiensis* po 16 tygodniach od zalania badanej powierzchni pola wykazały eliminację 99,9% sztucznie wprowadzonych do gleby cyst. W Polsce jak dotąd metoda ta nie ma zastosowania.

Metody ugorowania gleby i usuwanie roślin psiankowatych

W krajach o wysoko rozwiniętym rolnictwie, grunt ugorowany, czyli czasowo wyłączony z produkcji, jest poddawany odpowiednim zabiegom umożliwiającym utrzymanie go w stanie sprawności agrotechnicznej (Adamczewski i in., 1994). Metoda ugorowania pola jest jednocześnie sposobem na zmniejszenie liczebności populacji nicieni w okresie obowiązującej na tym polu 6-letniej kwarantanny przy jednoczesnej eliminacji roślin żywicielskich mątwika, w tym chwastów psiankowatych. Usuwanie samosiewów ziemniaka (w przypadku gruntów o małym areale), uprawa roślin zbożowych przez okres kwarantanny, dopuszczenie do uprawy odmian ziemniaka w 8 i 9 stopniu odporności na dany patotyp mątwika z przeznaczeniem na konsumpcję lub przerób przemysłowy, są metodami zapobiegania dalszemu rozprzestrzenianiu i namnażaniu nicienia na polach uprawnych.

Publikacja została sfinansowana z tematu badawczego Dotacji Celowej nr 5.3., Obszar 5. Ochrona Roślin, dotowanego przez Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi.

Literatura

- Adamczewski K., Rola J., Pochitonow Z. (1994) Postępowanie z terenami czasowo wyłączonymi z produkcji roślinnej w krajach europejskich. Materiały 34 Sesji Naukowej IOR, Część I, 44–51.
- Andersson S. (1988) Annual population decline of *Globodera rostochiensis* in the absence of host plants. E.S.N. XIXth International nematology symposium Uppsala, Sweden, Sveriges Lantbruksuniversitet, 7.
- Behrens, E. (1975) Taxonomically useful characters for the differentiation of Heterodera species. Probleme der Phytoneumatologie. Vorträge anlässlich der 10. Tagung über Probleme der Phytoneumatologie im Institut für Pflanzenzüchtung Gross-Lüsewitz der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin am 11. Juni 1971, 122–142.
- Bendezu I.F., Russell M.D., Evans K. (1998) Virulence of population of potato cyst nematodes (*Globodera* spp.) from Europe and Bolivia towards differential potato clones frequently used for pathotype classification. Nematologica 44(6), 667–681. <https://doi.org/10.1163/005725998X00078>
- Beniers J.E., Been T.H., Mendes O., van Gent-Pelzer M.P.E., van der Lee T.A.J. (2014) Quantification of viable eggs of the potato cyst nematodes (*Globodera* spp.) using either trehalose or RNA-specific Real-Time PCR. Nematology 16(10), 1219–1232. <https://doi.org/10.1163/15685411-00002848>
- Brodie B.B. (1984) Nematode parasites of potato. W: Nickle W.R. Marcel Dekker (red.), Plant and insect nematodes, New York, USA, 167–212.

- Brodie B.B., Mai W.F. (1989) Control of the golden nematode in the United States. Annual Review of Phytopathology, 27(1), 443–461. <https://doi.org/10.1146/annurev.py.27.090189.002303>
- Brzeski M.W., Rogala Z. (1984) Removal of nematode cyst from potato tubers. Ochrona Roślin 28 (6), 12–13.
- Bulman S.R., Marshall J.W. (1997) Differentiation of Australasian potato cyst nematode (PCN) populations using the polymerase chain reaction (PCR). N.Z.J. Crop Hort. Sci. 25 (2), 123–129. <https://doi.org/10.1080/01140671.1997.9513998>
- Contina J.B., Dandurand L.M., Knudsen G.R. (2017) Use of GFP-tagged *Trichoderma harzianum* as a tool to study the biological control of the potato cyst nematode *Globodera pallida*. App. Soil Ecol. 115, 31–37. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2017.03.010>
- Den Ouden H. (1960) Periodicity in spontaneous hatching of *Heterodera rostochiensis* in the soil. Report of the Fifth International Symposium in Plant Nematology. Nematologica, Supplement II, 101–105.
- Efremenko T.S. (1961) Plant parasitic nematodes and its control in Lithuanian SSR. W: K.I. Skrjabin and E.S. Turlygina (red.), Voprosy phytozel'mintologii, Izd. Akademii Nauk SSSR, 51–57.
- EFSA (2019) den Nijs L, Camilleri M, Diakaki M, Schenk M & Vos S. Pest survey card on *Globodera rostochiensis* and *Globodera pallida*. EFSA supporting publication EN-1566. <https://doi.org/10.2903/sp.efsa.2019.EN-1566>
- European and Mediterranean Plant Protection Organization, EPPO. (2025) EPPO Global Database. <https://gd.eppo.int>
- Evans K., Franco J., Descurrah M. M. (1975) Distribution of species of potato cyst nematodes in South America. Nematologica 21, 365–369. <https://doi.org/10.1163/187529275x00103>
- Evans K., Stone A.R. (1977) A review of the distribution and biology of the potato cyst-nematodes *Globodera rostochiensis* and *G. pallida*. Int. J. Pest Manag. 23, 178–189. <https://doi.org/10.1080/09670877709412426>
- Faggian R., Powell A., Slater A.T. (2012) Screening for resistance to potato cyst nematode in Australian potato cultivars and alternative solanaceous hosts. Australasian Plant Pathol. 41(5), 453–461. <https://doi.org/10.1007/s13313-011-0098-y>
- Fatemy S., Sepideh A. (2016) Adverse effects of brassica green manures on encysted eggs, infective second-stage juveniles and the reproduction of *Globodera rostochiensis*. J. Plant Dis. Prot. 123, 225–233. <https://doi.org/10.1007/s41348-016-0031-2>
- Franke K., Gryń G., Michałowska L., Nowakowski M. (2019) Metody badawcze stosowane w pracach dotyczących ograniczenia występowania populacji *Globodera rostochiensis* w glebie. Biuletyn IHAR 287, 15–18. <https://doi.org/10.37317/biul-2019-0097>
- Galek R., Rurek M., De Jong W.S., Pietkiewicz G., Augustyniak H., Sawicka-Sienkiewicz E. (2011) Application of DNA markers linked to potato H1 gene conferring resistance to pathotype Ro1 of *Globodera rostochiensis*. Journal of Applied Genetics 52(4), 407–411. <https://doi.org/10.1007/s13353-011-0056-y>
- Greco N., Inserra R.N., Brandonisio A., Tirro A., De Marinis G. (1988) Life-cycle of *Globodera rostochiensis* on potato in Italy. Nem. Medit. 16, 69–73.
- Grenier E., Fournet S., Petit E., Anthoine G. (2010) A cyst nematode 'species factory' called the Andes. Nematology 12(2), 163–169. <https://doi.org/10.1163/138855409x12573393054942>
- Halford P.D., Russell M.D., Evans K. (2008) Use of resistant and susceptible potato cultivars in the trap cropping of potato cyst nematodes, *Globodera pallida* and *Globodera rostochiensis*. Ann. App. Biol. 134, 321–327. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1999.tb05271.x>
- Hansen L. M. (1988) Use of stylet measurements to distinguish between two species of potato nematode *Globodera rostochiensis* and *G. pallida*. In: Växtskyddrapporter, Jordbruk, 53: S-750 77 Uppsala, Sweden, Sveriges Lantbruksuniversitet, 29–31. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/19912306316>
- Hartsema O, van der Mheen H, van den Berg W, van Gastel W, Molendijk L and Hoek H (2005). Raketblad (*Solanum sisymbriifolium*): teeltaspecten en sanerende werking op aardappelpycysteaaltjes (*Globodera* sp.) 2001–2004. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Wageningen, the Netherlands. in Dutch. <https://edepot.wur.nl/39805>
- Hekkila J., Tilikkala K. (1992) *Globodera rostochiensis* (Woll.) Behrens (Tylenchida Heteroderidae) the only potato cyst nematode found in Finland. Agri. Sci. in Finland 1(5), 519–524. <https://doi.org/10.23986/afsci.72465>
- Hockland S., Niere B., Grenier E., Blok V., Phillips M., Den Nijs L., Anthoine G., Pickup G., Viaene N. (2012) An evaluation of the implications of virence in non-European population of *Globodera pallida* and *G. rostochiensis* for potato cultivation in Europe. Nematology 14 (1), 1–13. <https://doi.org/10.1163/138855411X587112>
- Holgado R., Magnusson C. (2012) Half a century of potato cyst nematode (*Globodera* spp) management in Norway. International Symposium: Current trends in Plant Protection Proceedings. Belgrade, Serbia 28.08.2012. <https://www.yumpu.com/en/document/read/11613680/half-a-century-of-potato-cyst-nematode-globodera-spp-izbis>
- Jakobsen J. (1973) Identification of *Heterodera pallida* from the Fareoe Island. Manedsoversigt Over Plantesygdomme 473, 54–56. https://dcapub.au.dk/pub/Plantesygdomme_i_Danmark_1973.pdf
- Jasińska A. (1955) Mątwik ziemniaczany. Przegląd ogrodnicy 32, str. 15–16.
- Jones F.G.W. (1970) The control of the potato cyst-nematode. Journal of the Royal Society of Arts, 118(5164), 179–199. <https://www.jstor.org/stable/41370466>
- Jimenez-Perez N., Crozzoliand R., Greco N. (2009) Life-cycle and emergence of second stage juveniles from cysts of *Globodera rostochiensis* in Venezuela. Nematologia Mediterranea 37, 155–160 (PDF) Influence of soil temperature on *Globodera rostochiensis* and *Globodera pallida*.
- Kort J., Ross H., Rumpfenhorst H.J., Stone A.R. (1977) An international scheme for the identification of pathotypes of potato cyst nematodes *Globodera rostochiensis* and *G. pallida*. Nematologica 23, 333–339. <https://doi.org/10.1163/187529277X00057>
- Kud J., Pillai S.S., Raber G., Caplan A., Kuhl J.C., Xiao F., Dandurand L.-M. (2022) Belowground chemical interactions: An insight into host-specific behavior of *Globodera* spp. hatched in root exudates from potato and its wild relative, *Solanum sisymbriifolium*. Fr. Plant Sci. 12, art. nr 802622. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.802622>
- Lilley C.J., Atkinson H.J., Urwin P.E. (2005) Molecular aspects of cyst nematodes. Mol. Plant Pathol. 6(6), 577–588. <https://doi.org/10.1111/j1364-3703.2005.00306.x>

- Manduric S., Andersson S. (2003) Potato cyst nematodes (*Globodera rostochiensis* and *G. pallida*) from Swedish potato cultivation – an AFLP study of their genetic diversity and relationships to other European population. *Nematology* 5(6), 851–858. <https://doi.org/10.1163/156854103773040754>
- Malec K. (1985) Mątwik ziemniaczany (*Globodera rostochiensis* Woll.) i mątwik agresywny (*Globodera pallida* Stone). Wydawnictwo Instytutu Ziemniaka, Bonin 32.
- Minnis S.T., Haydock P.P.J., Ibrahim S.K., Grove I.G., Evans K., Russell M.D. (2002) Potato cyst nematodes in England and Wales – occurrence and distribution. *Ann. Appl. Biol.* 140 (2), 187–195. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2002.tb00172.x>
- Ngala M.B., Haydock P.P., Woods S., Back M.A. (2015) Biofumigation with *Brassica juncea*, *Raphanus sativus* and *Eruca sativa* for the management of field populations of the potato cyst nematode *Globodera pallida*. *Pest Manag. Sci.* 71(5), 759–769. <https://doi.org/10.1002/ps.3849>
- Nowakowski M., Franke K. (2013) Struktura plonu i oddziaływanie na populację mątwika ziemniaczanego (*Globodera rostochiensis*) wybranych odmian gorczyczy białej uprawianej w plonie głównym II. Plony biomasy nadziemnej i korzeni oraz zagęszczenie mątwika ziemniaczanego w glebie. *Rośliny Oleiste – Oilseed Crops* 34 (1), 85–94. <https://doi.org/10.5604/12338273.1083033>
- Øydvin J. (1975) Nematode resistance potato varieties. *Nordisk Jordbr. Forsk.* 57(2), 487–492.
- Pastuszewska T., Franke K., Nowakowski M. (2013) Badanie wpływu gorczyczy białej na zagęszczenie populacji mątwika ziemniaczanego (*Globodera rostochiensis*) w glebie. *Biuletyn IHAR* 269, 141–148. <https://doi.org/10.37317/biul-2013-0024>
- Perry R.N. (1989) Dormancy and hatching of nematode eggs. *Parasitol. Today* 5(12), 377–383. [https://doi.org/10.1016/0169-4758\(89\)90299-8](https://doi.org/10.1016/0169-4758(89)90299-8)
- Plantard O., Picard D., Valette S., Scurrah M., Grenier E., Mugniery D. (2008) Origin and genetic diversity of Western European populations of the potato cyst nematode (*Globodera pallida*) inferred from mitochondrial sequences and microsatellite loci. *Mol. Ecol.* 17, 2208–2218. <https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.2008.03718.x>
- Rejestr Środków Ochrony Roślin. MRiRW, aktualizacja z dnia 24.07.2024, <https://www.gov.pl/web/rolnictwo/rejestr-rodkow-ochrony-roslin>
- Rozporządzenie wykonawcze Komisji (UE) 2022/1192 z dnia 11 lipca 2022 r. ustanawiające środki w celu zwalczania i zapobiegania rozprzestrzenianiu się *Globodera pallida* (Stone) Behrens i *Globodera rostochiensis* (Wollenweber) Behrens. [on-line], https://data.europa.eu/eli/reg_impl/2022/1192/oj, [dostęp: 20.08.2024].
- Scholte K., Vos J. (2000) Effect of potato used as a trap crop on potato cyst nematodes and other soil pathogens and on the growth of a subsequent main potato crop. *Ann. App. Biol.* 136, 229–238. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2000.tb00047.x>
- Scholte K. (2000). Growth and development of plants with potential use as trap crops for potato cyst nematodes and their effects on the numbers of juveniles in cysts. *Ann. App. Biol.* 137, 31–42.
- Schomaker C.H., Been T.H. (1999) A model for infestation foci of potato cyst nematodes *Globodera rostochiensis* and *G. pallida*. *Phytopathol.* 89, 583–590. <https://doi.org/10.1094/PHYTO.1999.89.7.583>
- Schultz L., Cogan N.O.I., Mclean K., Dale M.F.B., Bryan G.J., Forster J.W., Slater A.T. (2012) Evaluation of a potential diagnostic molecular marker for H1-conferred potato cyst nematode resistance in potato (*Solanum tuberosum* L.). *Plant Breeding* 131(2), 315–321. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0523.2012.0949.x>
- Seenivasan N. (2017) Status of potato cyst nematodes, *Globodera* spp. infection on potato at Kodaikanal hills of Tamil Nadu, India and yield loss estimation. *J. Entomol. Zool. Studies* 5(5), 268–272. <https://www.entomoljournal.com/archives/2017/vol5issue5/PartD/5-4-102-943.pdf>
- Skantar A.M., Handoo Z.A., Carta L.K., Chitwood D.J. (2007) Morphological and molecular identification of *Globodera pallida* associated with potato in Idaho. *J. Nematol.* 39, 133–144. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC2586493/>
- Spychalla P., De Jong. (2024) Breeding for potato cyst nematode resistance in *Solanum tuberosum*. *Crop Sci.* 64, 1167–1182. <https://doi.org/10.1002/csc2.21244>
- Szymczak-Nowak J., Malinowska E., Tyburski J., Rychcik B. (2007) Wpływ *Solanum sisymbriifolium* na ograniczanie populacji mątwika ziemniaczanego. *Progress Plant Prot.* 47 (4), 224–226. Identyfikator YADDA: bwmec-ta1.element.agro-article-22a4daa0-b3f3-47f8-9d2d-40bb5411785e
- Tobin J.D., Haydock P.P.J., Hare M.C., Woods S.R., Crump D.H. (2008) Effect of the fungus *Pochonia chlamydosporia* and fosthiazate on the multiplication rate of potato cyst nematodes (*Globodera pallida* and *G. rostochiensis*) in potato crops grown under UK field conditions. *Biological Control* 46, 194–201. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2008.03.014>
- Trudgill D. L. (1967) The effect of environment on sex determination in *Heterodera rostochiensis*. *Nematologica*, 13 (2), 263–272. <https://doi.org/10.1163/187529267x00120>
- Turner S. (1996) Population decline of potato cyst nematodes (*Globodera rostochiensis*, *G. pallida*) in field soils in Northern Ireland. *Ann. App. Biol.* 129, 315–322. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1996.tb05754.x>
- Wilski A. (1955) Prace naukowo-badawcze przeprowadzone w Instytucie Ochrony Roślin nad mątwikiem ziemniaczanym (*Heterodera rostochiensis* Woll.) oraz obecny stan badań. *Postępy Nauk Rolniczych* 71, A-2, 337–341.
- Wollenweber H.W. (1923) Krankheit und Beschädigungen der Kartoffel. *Arbeiten des Forschungsinstitutes für Kartoffelbau*, 7, 52.
- Zanbouri B.P., Fatemy S. (2014) Two methods of evaluating bionematicide effects of *Mentha pulegium* and *Lepidium sativum* on hatching of *Globodera rostochiensis*. *Conference paper. Aspects App. Biol.* 126, 133–137.
- Zawiślak K., Rzeszutek I., Tyburski J. (1988a). The upper limit for the frequency of potatoes growing in rotations in northern Poland. *International Conference on Effects of Crop Rotation on Potato Production in the Temperate Zones*, August 14-19, 1988, Wageningen, The Netherlands, 65–76.
- Zawiślak K., Tyburski J. and Rychcik B. (1988b). Significance of crop rotation and cultivars resistant to potato cyst nematode on potato production. *International Conference on Effects of Crop Rotation on Potato Production in the Temperate Zones*, August 14-19, 1988, Wageningen, The Netherlands, 111–120.
- Zawiślak K., Rzeszutek I., Sowa S., Gronowicz Z., Tyburski J. (1989) Zwalczanie mątwika ziemniaczanego za pomocą płodozmianu i odpornych odmian ziemniaka. *Wyd. II poprawione i uzupełnione. Wyd. ART. w Olsztynie*, 52.
- Zimmerman H. (1914) Bericht der Hauptstelle für Pflanzenschutz in Mecklenburg-Schwerin und Mecklenburg-Strelitz für das Jahr 1913, Rostock, 73–75.