

Development of the beet cyst nematode (*Heterodera schachtii* Schm.) population in the soil and yield of sugar beet following the cultivation of varieties with different tolerance to nematodes

Rozwój populacji mątwika burakowego (*Heterodera schachtii* Schm.) w glebie i plonowanie buraka cukrowego w następstwie uprawy odmian o zróżnicowanej tolerancji na nicienia

Marcin Łukomski*

Summary

In the years 2016–2017, the trials with the cultivation of sugar beet varieties cultivars tolerant to *Heterodera schachtii* (Schmidt) nematodes were carried out in Radłówek (kujawsko-pomorskie, Poland). The aim of the study was to determine the degree of multiplication of the cyst nematode population in the soil compare to the nontolerant standard variety. After the harvest, root yield, sugar content and technological root quality for the tested varieties were determined. The risk assessment of nematode population growth in cultivation of tolerant cultivars was also performed. In 2016, three tolerant sugar beet nematode varieties were tested (Toleranza KWS, Panorama KWS and Sława KWS), and as a control – the standard variant (Primavera KWS) and in 2017 tolerant variety Eliska KWS was added to the study. Based on the obtained results it was concluded that the multiplication of cyst nematodes was significantly lower in tolerant varieties and root yield and sugar yield were definitely higher than in the standard variety.

Key words: sugar beet, beet cyst nematode, tolerant varieties, root yield

Streszczenie

W latach 2016–2017 przeprowadzono doświadczenia z uprawą odmian buraka cukrowego tolerancyjnego na mątwika burakowego (*Heterodera schachtii* Schmidt) w miejscowości Radłówek, województwo kujawsko-pomorskie. Celem badania było określenie stopnia namnażania populacji mątwika w glebie przez zróżnicowane pod względem tolerancji na mątwika odmiany buraka cukrowego w porównaniu z odmianą standardową. Dokonano również oceny plonowania odmian oraz jakości uzyskanego plonu w warunkach zasiedlenia gleby mątwikiem oraz oceny ryzyka wzrostu populacji nicienia w warunkach uprawy odmian tolerancyjnych. W doświadczeniu w 2016 roku testowano trzy odmiany buraka cukrowego tolerancyjne na mątwika burakowego (Toleranza KWS, Panorama KWS i Sława KWS) oraz jako kontrolę odmianę standardową (Primavera KWS). W 2017 roku dołączono odmianę tolerancyjną Eliska KWS. Otrzymane wyniki badań pozwalają stwierdzić, iż namnażanie mątwika jest zdecydowanie mniejsze w następstwie uprawy odmian tolerancyjnych oraz plon korzeni i plon cukru jest zdecydowanie wyższy niż u odmiany standardowej.

Słowa kluczowe: burak cukrowy, mątwik burakowy, odmiany tolerancyjne, plon korzeni

Krajowa Spółka Cukrowa S.A. Polski Cukier

Kraszewskiego 40, 87-100 Toruń

*corresponding author: marcin.lukomski@outlook.com

Wstęp / Introduction

Heterodera schachtii (Schmidt) jest jednym z najbardziej szkodliwych nicieni pasożytniczych roślin uprawnych w krajach europejskich (Williamson i Hussey 1996; Greco i Esmenjaud 2004; Peterka i wsp. 2004), a zarazem pierwszym patogennym nicieniem zidentyfikowanym na korzeniu buraka cukrowego (Cooke 1993). Występuje na całym świecie, a grupa „Schachtii” zawiera około 20 gatunków nicieni tworzących cysty (Evans i Rowe 1998). Nicienia burakowy ma bardzo dużo żywicieli. Zgodnie z danymi literaturowymi na liście żywicieli znajduje się 218 gatunków roślin należących do 98 rodzajów, aczkolwiek najważniejsze rośliny żywicielskie należą do dwóch rodzin: Chenopodiaceae i Brassicaceae (Evans i Rowe 1998; Lilley i wsp. 2005). W przypadku silnej infekcji straty w niektórych uprawach mogą przekroczyć 50% (Riggs i Schuster 1998).

Przeprowadzona restrukturyzacja rynku cukrowniczego w ostatnich dwóch dekadach spowodowała drastyczną redukcję powierzchni uprawy buraka cukrowego w Polsce. Proces ten zakładał obniżenie kosztów, poprawę rentowności i koncentrację produkcji w największych i najwydajniejszych zakładach oraz likwidację nierentownych cukrowni. W celu obniżenia kosztów transportu buraków cukrowych promień dowozu do cukrowni w ostatnich latach również uległ zmniejszeniu. W konsekwencji nastąpiła intensyfikacja uprawy i tym samym częste powracanie buraka na to samo pole (Świętochowski i wsp. 1980). Istotny wpływ na wzrost populacji nicieni ma rzepak występujący w płodozmianie z burakiem. Badania przeprowadzone przez Nielsena i wsp. (2003) obejmujące gatunki z rodziny Brassicaceae wykazały, że wiele gatunków z tej rodziny wykazuje odporność na nicienia burakowego. Prace innych badaczy dowiodły, że np. rzodkiewka, gorczyca i rzepak charakteryzują się wysokim współczynnikiem reprodukcji i brakiem szkodliwości mątwika na te gatunki. Natomiast najlepszym żywicielem pośrednim jest rzepak i w tej uprawie notuje się najwyższy współczynnik reprodukcji mątwika. Znacznie niższe współczynniki reprodukcji zaobserwowano w uprawie rzodkiewki i gorzycy (Zaspel i Fichtner 1985). Na rozwój tego szkodnika w Polsce bardzo duży wpływ mają warunki pogodowe, zwłaszcza ciepła wiosna i upalne lato, co szczególnie widoczne jest na glebach lżejszych. W warunkach Polski, na odmianach podatnych na mątwika, w sezonie wegetacyjnym rozwijają się dwa pokolenia nicienia. W krajach o cieplejszym klimacie liczba pokoleń może wynieść cztery lub więcej (Wilski 1973).

Najlepszym sposobem walki z mątwikiem burakowym jest profilaktyka. Należy przestrzegać zasady prawidłowego zmianowania. W przypadku uprawy buraka cukrowego w okresie 4–5 lat na tym samym polu, w płodozmianie należy unikać roślin będących żywicielami mątwika (rzepak, rzepik, gorczyca biała, warzywa kapustne). Wymagana jest również skuteczna walka z chwastami. Na zainfekowanych

polach należy uprawiać wyłącznie gatunki z rodziny Brassicaceae odporne na mątwika burakowego, wykazujące jednocześnie dobrą skuteczność w ograniczaniu populacji nicieni. Taka strategia pozwoli na właściwy wzrost oraz rozwój rośliny uprawnej i stabilne jej plonowanie nawet w warunkach bardzo silnej infekcji (Wolny i wsp. 1995; Nowakowski i wsp. 1997; Banaszak i wsp. 1998; Nowakowski i Szymczak-Nowak 1998).

Celem badania było określenie stopnia namnażania populacji mątwika w glebie w efekcie uprawy zróżnicowanych pod względem tolerancji na mątwika odmian buraka cukrowego w porównaniu z odmianą standardową.

Materiały i metody / Materials and methods

W latach 2016 i 2017 przeprowadzono doświadczenia z uprawą odmian buraka cukrowego tolerancyjnego na mątwika burakowego. Doświadczenia zlokalizowane były w Radłówku, gmina Inowrocław (województwo kujawsko-pomorskie) na czarnej ziemi kujawskiej o zawartości próchnicy 2,2%, kompleksie przydatności rolniczej psennym dobrym, II klasie gleby. Średnia temperatura w 2016 roku wynosiła 10,1°C oraz 9,5°C w roku 2017. Średnie opady w tym regionie w 2016 roku wynosiły 488 mm oraz 673 mm w roku 2017. W doświadczeniu w 2016 roku testowano trzy odmiany buraka cukrowego tolerancyjne na mątwika burakowego: Toleranza KWS, Panorama KWS i Sława KWS oraz jako kontrolę – odmianę standardową niewykazującą tolerancji – Primavera KWS. W 2017 roku dodatkowo dołączono do testów odmianę Eliska KWS tolerancyjną na mątwika i zarejestrowaną w Krajowym Rejestrze odmian w 2018 roku. Analiza gleby wykazała obecność mątwika burakowego, którego populację inicjalną P_i oznaczano w próbach glebowych pobranych po zbiorze przedplonu (pszenica ozima) i zaoraniu pola. Miejsce doświadczenia zostało podzielone na 8 kwater. Z każdej kwatery za pomocą łaski glebowej Egnera pobrano glebę z 35 punktów na głębokości 0–25 cm. Losowe próby z każdej kwatery zostały zmieszane i wydzielono z nich próbę średnią. Populacja inicjalna (P_i) dla pola to średni wynik z 8 kwater. Populację finalną oznaczano podczas zbioru buraków cukrowych. Dla każdej odmiany pobrano 35 prób łaską Egnera na odcinku 50 mb między rzędami buraków badanej odmiany. Ze zmieszanej gleby wydzielono dwie próby do analizy laboratoryjnej. Uśredniony wynik to liczebność populacji finalnej (P_f) dla danej odmiany. Według danych literaturowych stopień reprodukcji czyli stosunek P_f/P_i jest przydatnym wskaźnikiem do oceny odporności roślin i stopnia namnożenia szkodnika (Roberts 2002). Doświadczenie założono metodą dwurzędowych pasów równoległych przemiennie dla poszczególnych odmian na obszarze 1 ha. Lokalizacje do zbioru typowano na podstawie obecności szkodnika (placowe występowanie szkodnika). Zbioru dokonano ręcznie z poletek

o powierzchni 10,8 m² (2 rzędy o długości 12 m) dla każdej odmiany. Doświadczenie wykonano w 4 powtórzeniach.

Analizę gleby na obecność cyst, jaj i larw przeprowadzono w laboratorium Instytutu Ochrony Roślin – Państwowego Instytutu Badawczego w Poznaniu na analizatorze metodą Baunacke w modyfikacji Buhra. Pozwala ona na oznaczenie liczby cyst mątwika burakowego w glebie wilgotnej z możliwością określenia liczby jaj i larw (Anonymus 2013). Analizę statystyczną dokonano tylko dla plonu korzeni, zawartości cukru oraz cech jakości plonu wynikającego z analizy VENEMA (zawartość K, Na i N α -aminowego). Analizie poddano również plon cukru technologicznego po uwzględnieniu strat cukru w melasie wyliczonych na podstawie wzoru Reinefelda. Analizy dokonano w Departamencie statystyki KWS SAAT S.E. w Einbeck metodą analizy wariancji dla klasyfikacji pojedynczej przy użyciu testu F (Fischera-Snedecora). Wykorzystano w tym celu usługowo posiadane tam oprogramowanie.

Wyniki i dyskusja / Results and discussion

Przeprowadzone doświadczenie wykazało znaczne różnice w reprodukcji mątwika burakowego w glebie. Na

poletkach po uprawie odmian tolerancyjnych odnotowano mniejszy stopień namnażania tego nicienia (tab. 1, 2). Najkorzystniejszy wynik uzyskano w przypadku odmiany Panorama KWS, dla której populacja zmniejszyła się do 72–76% i była najbardziej stabilna w latach. Świadczy to o ograniczeniu zagęszczenia szkodnika w porównaniu z początkiem okresu wegetacji. Pozostałe odmiany tolerancyjne nie spowodowały redukcji mątwika w glebie. W przypadku odmiany Toleranza KWS stopień namnożenia wynosił 120–125%, Sława KWS – 103–168% i Eliska KWS – 140%. Przeprowadzone badania wskazują jednak, że stopień namnożenia we wszystkich badanych odmianach tolerancyjnych był zdecydowanie niższy niż w przypadku testowanej odmiany standardowej, po uprawie której zaobserwowano bardzo groźny dla plonu korzeni wzrost liczebności szkodnika w glebie. Następnie namnożenie szkodnika dla odmiany Primavera KWS wyniosło 187–283%. Uzyskane wyniki znajdują potwierdzenie w badaniach prowadzonych przez Szymczak-Nowak i Sitarskiego (2003), którzy zanotowali istotnie mniejszą liczbę żywych larw i jaj *H. schachtii* po uprawie tolerancyjnej odmiany buraka. Różnice w stopniu namnożenia, które wystąpiły pomiędzy odmianami tolerancyjnymi znajdują potwierdzenie w badaniach polowych prowadzonych także przez Greco i wsp. (1982) oraz He-

Tabela 1. Wzrost populacji jaj, larw oraz cyst mątwika burakowego w glebie po uprawie odmian buraka cukrowego w 2016 roku
Table 1. Growth of eggs and larvae population and cysts of beet cyst nematodes in the soil after cultivation of sugar beet varieties in 2016

Odmiana buraka cukrowego Sugar beet variety	Liczba cyst w 100 g gleby Number of cysts in 100 g of soil		Liczba jaj i larw w 100 g gleby Number of eggs and larvae in 100 g of soil		Stosunek cyst Cyst ratio [%]	Stosunek jaj i larw Eggs and larvae relation [%]
	Pi	Pf	Pi	Pf	Pf/Pi	Pf/Pi
Toleranza KWS	112	87	424	507	0,78	1,20
Panorama KWS	112	143	424	324	1,28	0,76
Sława KWS	112	200	424	438	1,79	1,03
Primavera KWS	112	437	424	794	3,90	1,87

Pi – populacja inicjalna – initial population, Pf – populacja finalna – final population

Tabela 2. Wzrost populacji jaj, larw oraz cyst mątwika burakowego w glebie po uprawie odmian buraka cukrowego w 2017 roku
Table 2. Growth of eggs and larvae population and cysts of beet cyst nematodes in the soil after cultivation of sugar beet varieties in 2017

Odmiana buraka cukrowego Sugar beet variety	Liczba cyst w 100 g gleby Number of cysts in 100 g of soil		Liczba jaj i larw w 100 g gleby Number of eggs and larvae in 100 g of soil		Stosunek cyst Cyst ratio [%]	Stosunek jaj i larw Eggs and larvae relation [%]
	Pi	Pf	Pi	Pf	Pf/Pi	Pf/Pi
Eliska KWS	42	37	312	436	0,88	1,40
Toleranza KWS	42	61	312	390	1,45	1,25
Panorama KWS	42	56	312	224	1,33	0,72
Sława KWS	42	52	312	524	1,24	1,68
Primavera KWS	42	123	312	884	2,93	2,83

Pi – populacja inicjalna – initial population, Pf – populacja finalna – final population

ijbroeka i wsp. (2002). Niemniej jednak, badania własne potwierdzają, że w praktyce warto brać pod uwagę uprawę odmian tolerancyjnych w warunkach zagrożenia nicieniem, aby zminimalizować potencjał jaj i larw w glebie. Analiza statystyczna wykazała istotne różnice w oddziaływaniu na mątwika i plonowaniu pomiędzy odmianami. Tolerancja odmian buraka cukrowego na mątwika, nie tylko pozytywnie wpłynęła na powolniejszy wzrost liczebności populacji mątwika w glebie, ale również na zwiększenie plonu korzeni. Spowodowało to wystąpienie dużych różnic w technologicznym plonie cukru pomiędzy odmianami tolerancyjnymi a odmianą standardową (tab. 3, 4). Najwyżej plonującą odmianą w roku 2016 była Sława KWS (133%). Odmiany Panorama KWS (126%) oraz Toleranza KWS (116%) również charakteryzowały się wyższym plonem w odniesieniu do odmiany standardowej Primavera KWS. Istotne różnice pomiędzy odmianami tolerancyjnymi a odmianą standardową były również widoczne w technologicznym plonie cukru. Najwyższym plonem cukru odznaczała się odmiana Panorama KWS (129%), następną w kolejności była Sława KWS (127%) oraz Toleranza KWS (118%).

W roku 2017 odmiany tolerancyjne również charakteryzowały się wyższym poziomem plonowania niż odmiana standardowa (Eliska KWS 120%, Panorama KWS 118%, Toleranza KWS 114% oraz Sława KWS 110%). Odmiany tolerancyjne wytworzyły wyższy technologiczny plon cukru niż odmiana standardowa. Najwyższą wartość osiągnęła odmiana Eliska KWS (146%), następną w kolejności była Panorama KWS (137%), Toleranza KWS (130%) oraz Sława KWS (128%).

Wyższe plonowanie odmiany tolerancyjnej buraka cukrowego w porównaniu z odmianą standardową uzyskali Szymczak-Nowak i Sitarski (2003). Natomiast Heijbroek i wsp. (1977) zauważyli, że plon odmiany tolerancyjnej w porównaniu do odmiany standardowej był wyższy tylko w przypadku występowania nicienia. Podobne wnioski przedstawiają Heijbroek i wsp. (2002). Odmiana standardowa osiągnęła najmniejszy plon korzeni oraz niską zawartość cukru, co w konsekwencji spowodowało, że dla tej odmiany w obu latach badań otrzymano najmniejszy plon cukru technologicznego. Obecność mątwika burakowego na poziomie Pi 312 i 424 jaj i larw na 100 g gleby przyczyniła się do

Tabela 3. Plon i jakość technologiczna korzeni buraka cukrowego w 2016 roku
Table 3. Yield and processing quality of sugar beet roots in 2016

Odmiana Variety	Plon korzeni Root yield [t/ha]	Zawartość cukru Sugar content [%]	Zawartość Content of [mmol/kg]			Zawartość cukru technologicznego Content of white sugar [%]	Plon cukru technologicznego Yield of white sugar [t/ha]
			K	Na	N- α -NH ₂		
Toleranza KWS	62,6	18,1	43,7	5,7	28,7	15,64	9,79
Panorama KWS	68,3	17,6	34,3	6,3	31,2	15,62	10,67
Sława KWS	72,2	16,8	41,5	5,2	37,8	14,55	10,51
Primavera KWS	54,1	17,2	35,9	5,4	22,6	15,28	8,27
NIR (0,05) LSD (0.05)	6,14	0,63	ni – ns	ni – ns	10,33	ni – ns	1,32

ni – różnice nieistotne – ns – not significant differences

Tabela 4. Plon i jakość technologiczna korzeni buraka cukrowego w 2017 roku
Table 4. Yield and processing quality of sugar beet roots in 2017

Odmiana Variety	Plon korzeni Root yield [t/ha]	Zawartość cukru Sugar content [%]	Zawartość Content of [mmol/kg]			Zawartość cukru technologicznego Content of white sugar [%]	Plon cukru technologicznego Yield of white sugar [t/ha]
			K	Na	N- α -NH ₂		
Eliska KWS	72,6	16,86	32,9	6,2	8,6	15,15	11,0
Toleranza KWS	68,8	16,48	44,7	8,4	19,0	14,19	9,76
Panorama KWS	71,3	16,03	27,8	9,0	7,1	14,41	10,28
Sława KWS	66,2	16,26	35,1	4,2	12,2	14,51	9,6
Primavera KWS	60,4	15,21	52,2	14	23,7	12,43	7,51
NIR (0,05) LSD (0.05)	5,43	0,54	ni – ns	ni – ns	10,41	1,87	1,74

ni – różnice nieistotne – ns – not significant differences

istotnej niżki plonów korzeni w porównaniu do plonów odmiany tradycyjnej, które wynosiły odpowiednio 13,6 i 9,3 t z ha. Istotnie zmniejszył się również plon cukru z hektara odpowiednio o 2,05 do 2,65 t z 1 ha.

Wnioski / Conclusions

1. W warunkach występowania w glebie licznej populacji mątwika burakowego, uprawa odmian tradycyjnych przynosi niższy plon korzeni i cukru w porównaniu do odmian tolerancyjnych uprawianych na tym samym stanowisku.

2. Uprawa odmiany buraka cukrowego wrażliwej na mątwika burakowego powoduje znacznie szybszy rozwój populacji nicienia w glebie niż uprawa odmiany tolerancyjnej.
3. Wykazane w trakcie badań efekty uprawy tolerancyjnych odmian buraka cukrowego, potwierdzają ich przydatność do uprawy na stanowiskach, gdzie występuje nicień *H. schachtii*.
4. W grupie badanych odmian tolerancyjnych na mątwika burakowego najskuteczniejszą tolerancją wyróżniła się odmiana Panorama KWS, która ograniczała namnażanie nicienia w glebie oraz charakteryzowała się wysokim technologicznym plonem cukru.

Literatura / References

- Anonymus 2013. PM 7/119 (1) Ekstrakcja nicieni. https://piorin.gov.pl/files/userfiles/giorin/prawo/eppo/diagnostyka/pm_7-119_1_ekstrakcja_nicieni.pdf [dostęp: 5.02.2015].
- Banaszak H., Nowakowski M., Szymczak-Nowak J., Ojczyk K. 1998. Limiting of *Heterodera schachtii* Schm. diseases and weeds of sugar beet by tillage system based on mustard or radish intercrops and mulches. *Journal of Plant Protection Research* 38 (1): 70–80.
- Cooke D. 1993. Nematode parasites of sugarbeet. W: *Plant Parasitic Nematodes in Temperate Agriculture* (K. Evans, D.L. Trudgill, J.M. Webster, red.). CAB International, Wallingford, UK: 135–169.
- Evans K., Rowe J.A. 1998. Distribution and economic importance. s. 1–30. W: *The Cyst Nematodes* (S.B. Sharma, red.). Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston, London, 452 ss. ISBN 978-90-481-4021-3. DOI: 10.1007/978-94-015-9018-1.
- Greco N., Brandonisio A., De Marinis G. 1982. Tolerance limit of the sugarbeet to *Heterodera schachtii*. *The Journal of Nematology* 14 (2): 199–202.
- Greco N., Esmenjaud D. 2004. Management strategies for nematode control in Europe. W: *Nematology Monographs and Perspectives* (P. Castillo, N. Volvas, red.). Brill Leiden-Boston 2: 33–43.
- Heijbroek W., Mcfarlane J.S., Doney D.L. 1977. Breeding for tolerance to beet-cyst eelworm *Heterodera schachtii* Sch. in sugarbeet. *Euphytica* 26 (3): 557–564. DOI: 10.1007/BF00021681.
- Heijbroek W., Munning R.G., van Swaaij A.C.P.M. 2002. The effect of different levels of beet cyst nematodes (*Heterodera schachtii*) and beer necrotic yellow vein virus (BNYVV) on single and double resistant sugar beet cultivars. *European Journal of Plant Pathology* 108 (8): 735–744. DOI: 10.1023/A:1020874511047.
- Lilley C.J., Atkinson H.J., Urwin P.E. 2005. Molecular aspects of cyst nematodes. *Molecular Plant Pathology* 6 (6): 577–588. DOI: 10.1111/j.1364-3703.2005.00306.x.
- Nielsen E.L., Baltensperger D.D., Kerr E.D., Rife C.L. 2003. Host suitability of rapeseed for *Heterodera schachtii*. *The Journal of Nematology* 35 (1): 35–38.
- Nowakowski M., Gutmański I., Kostka-Gościński D., Kaczorowski G. 1997. Międzyplony ścierniskowe odmian gorczyicy białej, rzodkwi oleistej i facelii błękitnej jako nawozy zielone i czynniki ograniczające mątwika burakowego w glebie. *Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin* 202: 201–206.
- Nowakowski M., Szymczak-Nowak I. 1998. Dynamika wzrostu, plonowanie i antymątwikowe działanie wybranych odmian rzodkwi oleistej i gorczyicy białej uprawianych w międzyplonie ścierniskowym. *Rośliny Oleiste* 19: 671–678.
- Peterka H., Budahn H., Schrader O., Ahne R., Schütze W. 2004. Transfer of resistance against the beet cyst nematode from radish (*Raphanus sativus*) to rape (*Brassica napus*) by monosomic chromosome addition. *Theoretical and Applied Genetics* 109 (1): 30–41. DOI: 10.1007/s00122-004-1611-2.
- Riggs R.D., Schuster R.P. 1998. Management. s. 388–416. W: *The Cyst Nematodes* (S.B. Sharma, red.). Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston, London, 452 ss. ISBN 978-90-481-4021-3. DOI: 10.1007/978-94-015-9018-1.
- Roberts P.A. 2002. Concepts and consequences of resistance. W: *Plant Resistance to Parasitic Nematodes* (J.L. Starr, R. Cook, J. Bridge, red.). CABI Publishing, Wallingford: 23–41.
- Szymczak-Nowak J., Sitariski A. 2003. Zagęszczenie populacji mątwika burakowego (*Heterodera schachtii* Schmidt) w glebie po uprawie tolerancyjnej odmiany buraka cukrowego. [Density of the beet cyst-nematode (*Heterodera schachtii* Schmidt) population in soil after cultivation of tolerant cultivar]. *Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin* 43 (2): 973–976.
- Świętochowski B., Jabłoński B., Krążel R. (red.). 1980. *Plodozmiany*. W: *Ogólna uprawa roli i roślin*. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa, 429 ss. ISBN 830-90-15-488.
- Williamson V.M., Hussey R.S. 1996. Nematode pathogenesis and resistance in plants. *The Plant Cell* 8: 1735–1745. DOI: 10.1105/tpc.8.10.1735.
- Wilski A. 1973. *Nicenie szkodniki roślin uprawnych*. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa, 314 ss.
- Wolny S., Banaszak H., Heimann S. 1995. Oddziaływanie odmian gorczyicy białej, rzodkwi oleistej i facelii błękitnej na populację mątwika burakowego. *Materiały* 35. Sesji Naukowej Instytutu Ochrony Roślin, część 2: 376–378.
- Zaspel I., Fichtner E. 1985. Study of the multiplication of *Heterodera schachtii* on rape, radish and mustard. *Archiv für Phytopathologie und Pflanzenschutz* 21 (3): 215–220.