

Received: 30.03.2023 / Accepted: 27.04.2023

ARTYKUŁ PRZEGLĄDOWY

## Znaczenie nicieni-pasożytów roślin w uprawie pszenicy zwyczajnej (*Triticum aestivum* L.) ze szczególnym uwzględnieniem formy ozimej

## The importance of plant parasitic nematodes in the cultivation of wheat (*Triticum aestivum* L.) with particular interest in the winter form

Renata Dobosz<sup>1\*</sup>, Grażyna Winiszewska<sup>2</sup>, Magdalena Jakubowska<sup>1</sup>

### Streszczenie

Pszenica zwyczajna (*Triticum aestivum* L.) jest ważną gospodarczo rośliną, uprawianą głównie do celów spożywczych. W okresie wegetacji uprawy pszenicy narażone są na żerowanie licznych agrofagów zwierzęcych: owadów, ślimaków oraz nicieni-pasożytów roślin. Spośród fitofagicznych nicieni, uznanymi szkodnikami są nicienie tworzące cysty z rodzaju *Heterodera* oraz korzeniaki *Pratylenchus*. Wiosenne obserwacje upraw formy ozimej pszenicy zwyczajnej wykazały skupiska roślin z objawami zahamowania wzrostu. Z gleby wokół korzeni wyizolowano *Tylenchorhynchus dubius* (Bütschli, 1873), *Geocenamus microdorus* (Geraert, 1966), *Paratylenchus projectus* Jenkins, 1956 oraz *Trichodorus primitivus* (De Man, 1880) i *Trichodorus viruliferus* Hooper, 1963, wskazując na nie jako na potencjalny czynnik zagrożenia prawidłowej wegetacji uprawy. Istnieje zatem przesłanie ku podjęciu obserwacji upraw pszenicy ozimej pod kątem obecności fitofagicznych nicieni, zwłaszcza wobec zachodzących zmian klimatycznych.

**Słowa kluczowe:** pszenica, *Tylenchorhynchus dubius*, *Geocenamus microdorus*, *Paratylenchus projectus*, *Trichodorus primitivus*, *Trichodorus viruliferus*, zmiany klimatu

### Abstract

Common wheat is an economically important crop, cultivated mainly for food purposes. During the growing season, wheat crops are exposed to feeding by numerous animal pests: insects, snails and plant parasitic nematodes. Among phytophagous nematodes, cyst-forming nematodes of the genus *Heterodera* and root-knot nematodes of *Pratylenchus* are recognized as pests of the crop. Spring observations of cultivation of common wheat in the winter form showed clusters of plants with symptoms of growth inhibition. *Tylenchorhynchus dubius* (Bütschli, 1873), *Geocenamus microdorus* (Geraert, 1966), *Paratylenchus projectus* Jenkins, 1956, *Trichodorus primitivus* (De Man, 1880) and *Trichodorus viruliferus* Hooper, 1963 were isolated from the soil of wheat root zone, pointing to them as a potential threat to the proper vegetation of the crop. Therefore, there is a message to start monitoring winter wheat crops for the presence of plant-parasitic nematodes, especially in the face of ongoing climate change.

**Key words:** wheat, *Tylenchorhynchus dubius*, *Geocenamus microdorus*, *Paratylenchus projectus*, *Trichodorus primitivus*, *Trichodorus viruliferus*, climate changes

<sup>1</sup>Institut Ochrony Roślin – Państwowy Instytut Badawczy  
ul. Władysława Węgorka 20, 60-318 Poznań

<sup>2</sup>Muzeum i Instytut Zoologii Polskiej Akademii Nauk  
ul. Wilcza 64, 00-679 Warszawa

\*corresponding author: r.dobosz@iorpib.poznan.pl

## Wstęp / Introduction

Produkcja zbóż ma strategiczne znaczenie dla gospodarki zarówno w Polsce, jak i na świecie. W skali światowej zboża stanowią około 50% produkcji roślinnej (www.fao.org.). Są podstawowym składnikiem pożywienia, a także w coraz większym stopniu odnawialnym surowcem dla celów przemysłowych, energetycznych czy farmaceutycznych. W Polsce powierzchnia zasiewów zbóż w ostatnich latach wynosi przeciętnie 7,5 mln ha, zaś ich udział w strukturze zasiewów to nieco ponad 70% (www.stat.gov.pl). Pod uprawę pszenicy w formie ozimej i jarej przeznaczają się odpowiednio 2173 i 217 tys. ha. Pszenica jest najbardziej wartościowym zbożem, którego uprawa wymaga dobrych gleb i długiego okresu wegetacyjnego. W Polsce rośnie ona przede wszystkim na najlepszych glebach, a więc na Nizinie Śląskiej i Szczecińskiej, na Żuławach i Kujawach oraz na Wyżynie Lubelskiej. Możliwa jest też uprawa na glebach słabszych, ale muszą być one dobrze nawożone.

Spośród kilku gatunków pszenic uprawianych na świecie, podstawowe znaczenie gospodarcze (90% zasiewów, w Polsce około 100%) ma pszenica zwyczajna – *Triticum aestivum* L. oraz pszenica twarda – *Triticum durum* Desf. (około 10% w skali światowej). Na niewielkim, łącznie poniżej 1% areale powierzchni zbóż, uprawiane są także pszenice: orkisz *Triticum spelta* L., samopsza *Triticum monococcum* L. i płaskurka *Triticum dicoccum* (Körn. ex Asch. & Graebn.). Te trzy wymienione powyżej charakteryzują się specyficznymi walorami odżywczymi i smakowymi, dają niskie plony ziarna i sprawiają problemy z omłotem. Odmiany te wyróżniają przede wszystkim wysoka zawartość białka i glutenu, dzięki czemu poprawiają jakość mąki z pszenicy zwyczajnej (Tyburski i Babalski 2007). Pełnią one również ważną rolę w dietach prozdrowotnych (Tyburski i Babalski 2007; Rożnowski i wsp. 2015).

## Szkodniki upraw pszenicy / Pests of wheat cultivation

Pszenica, uprawiana zarówno w formie ozimej, jak i jarej, jest rośliną narażoną na porażenie przez liczne gatunki agrofagów zwierzęcych. Najbardziej istotne z nich to mszyce: czeremchowo-zbożowa *Rhopalosiphum padi* (Linnaeus, 1758), zbożowa *Sitobion avenae* (Fabricius, 1775) i różano-trawowa *Metopolophium dirhodum* (Walker, 1849) oraz należące także do pluskwiaków: żółwinek zbożowy *Eurygaster maura* (Linnaeus, 1758), lednica zbożowa *Aelia acuminata* (Linnaeus, 1758) i skoczek sześciorek *Macrostelus laevis* (Ribaut, 1927). Istotne znaczenie mają także muchówki: głównie pryszczarek zbożowiec *Haplodiplosis marginata* (von Roser 1840), pryszczarek pszeniczny *Sitodiplosis mosellana* (Géhin, 1857), paciornica pszeniczanka *Contarinia tritici* (Kirby, 1798), śmietka kielkówka *Hylemyia florilega* (Zetterstedt, 1845) i śmietka ozimówka *Phorbia*

*coarctata* (Fallén, 1825). Na pszenicy żerują także wciornastki z rodzaju *Thysanoptera* oraz chrząszcze: skrzyponiki *Oulema* spp., lokaś garbatek *Zabrus tenebrioides* (Goeze, 1777) i nałanek kłosiec *Anisoplia segetum* (Herbst, 1783). Duże znaczenie odgrywiają żyjące w glebie larwy wielu owadów np. gąsienice motyli: rolnic (Agrotinae) i zwójek (Tortricidae), larwy muchówek: leniowatych (Bibionidae) i komarnicowatych (Tipulidae) oraz larwy chrząszczy: pędraki (larwy chrabąszczowatych – Melolonthinae) i drutowce (larwy sprężykowatych – Elateridae). Poza owadami na pszenicy żerują także ślimaki: *Deroceras reticulatum* (Müller, 1774) i *Arion lusitanicus* Mabilie, 1868. Oprócz wymienionych powyżej organizmów z uprawą pszenicy związane są także nicienie roślinożerne (Singh 2017). W Polsce za nicienie szkodzące uprawom pszenicy uważa się odympka pszenicznika *Anguina tritici* (Steinbuch, 1799) i mątwika zbożowego *Heterodera avenae* Wollenweber, 1924 (Wilski 1967).

## Nicienie w uprawie pszenicy na świecie / Plant parasitic nematodes in wheat cultivation in the world

Wśród nicieni fitofagicznych związanych z objawami zahamowania wzrostu pszenicy największe znaczenie mają gatunki reprezentujące nicienie tworzące cysty z rodzaju *Heterodera* Schmidt, 1871 oraz korzeniaki *Pratylenchus* Filipjev, 1936 (tab. 1). Wymienia się również guzaki *Meloidogyne* Göldi, 1892 oraz odympka pszenicznika *A. tritici* (Di Vito i Greco 1988; Thompson i wsp. 2008; Smiley 2009; May i wsp. 2016; Toumi i wsp. 2018; Dababat i wsp. 2020; Younis i wsp. 2022).

Nicienie te charakteryzuje szerokie, niemal ogólnosiwiatowe rozprzestrzenienie, duże spektrum roślin żywicielskich, jak również powodowanie istotnych ekonomicznie szkód w uprawach zbóż, w tym także pszenicy.

Nicienie żerując na korzeniach roślin uszkadzają ich tkanki wpływając na nieprawidłowy rozwój systemu korzeniowego, mogą być także wektorami chorób bakteryjnych, grzybowych i wirusowych. Żerując na korzeniach nie tylko uszkadzają roślinę, ale także powodują zmiany w jej metabolizmie. Prowadzi to do osłabiania roślin, a nawet do ich zamierania. Znaczne pogorszenie się kondycji roślin zaatakowanych przez nicienie, a co za tym idzie także spadek plonu, zależą od zagęszczenia nicieni wyrażanego jako liczba osobników w jednostce gleby lub masie korzeni. Jednym z ważniejszych kryteriów oceny potencjalnego zagrożenia plonu jest znajomość prognozy tolerancji danej rośliny, który określa największe zagęszczenie danego gatunku (gatunków) nicienia, na które roślina jeszcze nie reaguje spadkiem plonu (Brzeski 1993).

Negatywny wpływ na wegetację pszenicy wykazano na przykład dla krępaka *Nanidorus minor* (Collbran, 1957). Obserwowane uszkodzenia korzeni widoczne były już przy

**Tabela 1.** Gatunki nicieni fitofagicznych związane z objawami zahamowania wzrostu pszenicy na świecie  
**Table 1.** Species of phytophagous nematodes associated with stunting symptoms in wheat in the world

Grupa gatunków Group of species	Gatunek nicienia Nematode species	Nazwy zwyczajowe Common names	Bibliografia Bibliography
Mątwiki (nicienie tworzące cysty) Cyst nematodes	<i>Heterodera avenae</i> Wollenweber, 1924	mątwik zbożowy oat cyst nematode	Singh (2017)
	<i>Heterodera filipjevi</i> (Madzhidov, 1981)	– cereal cyst nematode	Fard i wsp. (2018) İmren i wsp. (2020)
	<i>Heterodera hordecalis</i> Andersson, 1975	mątwik jęczmienia –	Smaha i wsp. (2018)
	<i>Heterodera latipons</i> (Franklin, 1969)	– cereal cyst nematode	Toumi i wsp. (2018) İmren i wsp. (2021)
	<i>Punctodera punctata</i> (Thorne, 1928)	mątwik trawowy grass cyst nematode	Singh (2017)
Guzaki (nicienie tworzące wyrośla) Root-knot nematodes	<i>Meloidogyne artiella</i> Franklin, 1961	mątwik brytyjski British root-knot nematode	Di Vito (1988)
	<i>Meloidogyne naasi</i> Franklin, 1965	– barley root-knot nematode	Singh (2017)
	<i>Meloidogyne chitwoodi</i> Golden et al., 1980	– Columbia root-knot nematode	Singh (2017)
Węgorki Gall nematodes	<i>Anguina tritici</i> (Steinbuch, 1799)	odymek pszenicznik wheat gall nematode	Singh (2017)
	<i>Subanguina radicolica</i> (Greeff, 1872)	odymek korzeniowiec grass root-gall nematode	Singh (2017)
Niszczyki Bulb and stem nematodes	<i>Ditylenchus dipsaci</i> (Kühn, 1857)	niszczyk zjadliwy alfalfa stem nematode	Singh (2017)
Korzeniaki Lesion nematodes	<i>Pratylenchus neglectus</i> (Rensch, 1924)	korzeniak pospolity California meadow nematode	Thompson i wsp. (2008) Singh (2017) Smiley (2021)
	<i>Pratylenchus thornei</i> Sher et Allen, 1953	– –	Thompson i wsp. (2008) Smiley (2009) Singh (2017) Thompson i wsp. (2015) Thompson i wsp. (2021) Smiley (2021)
– Stunt nematodes	<i>Geocenamus brevidens</i> (Allen, 1955)	– –	Singh (2017)
Krępaki Stubby-root nematodes	<i>Nanidorus minor</i> (Colbran, 1957)	– stubby root nematode	Singh (2017)
Sztylaki Dagger nematodes	<i>Xiphinema americanum</i> Cobb	sztylak amerykański American dagger nematode	Singh (2017)

– brak polskiej nazwy gatunku nicienia – no Polish name for the nematode species

zagęszczeniu od 50 do 60 osobników przypadających na 250 cm<sup>3</sup> gleby (Young i Struble 1966).

Przy silnym opanowaniu roślin przez nicienie straty mogą sięgać nawet 50% plonu. Dotyczy to głównie trzech gatunków z rodzaju *Heterodera*: *H. avenae* Wollenweber, 1924, *H. filipjevi* (Madzhidov, 1981) i *H. latipons* Franklin, 1969 (Toumi i wsp. 2018). Mątwik zbożowy (*H. avenae*) wpłynął na obniżenie plonów o około 50% w uprawach w Australii (Smiley i wsp. 1994), Chinach (Peng i wsp. 2007) i USA (Smiley i wsp. 2005), a w Arabii Saudyjskiej

(Ibrahim i wsp. 1999) i Tunezji (Namouchi-Kachouri i wsp. 2007) notowano spadek plonu nawet o 90%. Dwa pozostałe gatunki miały również wpływ na redukcję plonów o około 50%: *H. filipjevi* w Iranie (Fard i wsp. 2018) i w Turcji (İmren i wsp. 2020), a *H. latipons* w Iranie (Toumi i wsp. 2018) i w Syrii (İmren i wsp. 2021).

W wielu krajach znaczną redukcję plonów pszenicy wywołują korzeniaki – *Pratylenchus neglectus* (Rensch, 1924) i *Pratylenchus thornei* Sher & Allen, 1953, które są wewnętrzными pasożytami korzeni roślin (May i wsp. 2016).

Obniżka plonów, które mogą one powodować, skutkuje istotnymi stratami finansowymi. Badania Smiley'a (2009) prowadzone w uprawie pszenicy w USA (Waszyngton, Idaho, Oregon) oraz Regionie Zachodniego Pacyfiku wykazały, że dwa gatunki korzeniaków – *Pratylenchus neglectus* i *Pratylenchus thornei* obniżając plony pszenicy ozimej o 9% i 11%, a pszenicy jarej o 31% i 18% powodowały straty wynoszące odpowiednio 32,7 i 18,0 mln \$.

Nicienie na ogół żerują na częściach podziemnych roślin, ale są również gatunki pasożytujące na częściach nadziemnych. Należy do nich m.in. odyemek pszenicznik *Anguina tritici*, który żeruje w pochwach liściowych, kwiatach i kłosach. Z porażonych nasion tworzą się galasy. Jego żerowanie spowodowało w Iraku spadek plonu sięgający nawet 75% (Younis i wsp. 2022).

Nicienie fitofagiczne są przedmiotem wielokierunkowych badań (morfologia, genetyka, biologia, ekologia) umożliwiających ich szybką identyfikację i ograniczenie wywoływanych przez nie strat ekonomicznych poprzez stosowanie właściwych zabiegów profilaktycznych i ochronnych, głównie używając metod agrotechnicznych, mechanicznych i biologicznych.

### Objawy występowania nicieni w glebie / Symptoms of occurrence of plant parasitic nematodes in soil

Pierwszym symptomem sugerującym szkodliwe działanie nicieni-pasożytów roślin jest obecność skupisk roślin wykazujących objawy zahamowania wzrostu. Porażone przez nicienie rośliny są zwykle niskie, pozbawione turgoru, z przebarwionymi liśćmi. Intensywne żerowanie nicieni prowadzić może do zamierania roślin. Placowe występowanie roślin gorzej rosnących lub miejsc pozbawionych roślinności jest skutkiem skupiskowego, charakterystycznego dla nicieni fitofagicznych, sposobu ich występowania w glebie. Ponieważ objawy te mogą być wynikiem żerowania wielu agrofagów, stąd nie zawsze kojarzone są bezpośrednio z wystąpieniem fitofagicznych nicieni.

Na wystąpienie szkodliwych dla roślin pszenicy nicieni wskazują bezpośrednio objawy charakterystyczne/specyficzne. W przypadku obecności nicieni tworzących cysty są to widoczne na korzeniach białe lub mlecznobiałe samice oraz świeże cysty, które nie odzepiły się jeszcze od korzeni. Zarówno samice, jak i świeże cysty zobaczyć można gołym okiem lub przy użyciu szklka o niewielkim powiększeniu. Ważne jest, aby roślin podejrzanych o porażenie przez nicienie nie wrywać lecz wykopać z przylegającą do korzeni bryłą ziemi. W sytuacji, kiedy rośliny mogłyby zasiedlać guzaki, na korzeniach widoczne byłyby niewielkie zgrubienia – miejsca wzrostu i rozwoju osobniczego nicieni.

### Nicienie, które dotychczas nie były kojarzone z pszenicą / Plant parasitic nematodes that have not been associated with wheat until now

Podczas wiosennych obserwacji upraw pszenicy ozimej zlokalizowano skupiska roślin gorzej rosnących i pożółkłych. Badania mikrobiologiczne wykluczyły działanie szkodliwych bakterii i grzybów (informacja ustna od producenta). Te niespecyficzne objawy skierowały uwagę na podejrzenie, że przyczyną obserwowanej sytuacji są nicienie-pasożyty roślin. W glebie otaczającej korzenie tych roślin, licznie wystąpiły nicienie roślinożerne z rodziny Telotylenchidae, reprezentowane przez *Tylenchorhynchus dubius* (Bütschli, 1873) oraz *Geocenamus microdorus* (Geraert, 1966), nicienie z rodziny szpilecznikowatych (Paratylenchidae) z *Paratylenchus projectus* Jenkins, 1956 oraz krępaki (Trichodoridae): krępak zwyczajny *Trichodorus primitivus* (De Man, 1880) i krępak wirusowiec *Trichodorus viruliferus* Hooper, 1963.

#### *Tylenchorhynchus dubius*

*Tylenchorhynchus dubius* jest pasożytem migrującym, żerującym zewnętrznie na korzeniach roślin. Jego zdolność przeżywania i rozwoju w różnych warunkach wilgotności gleby oraz w szerokim zakresie temperatur powoduje, że nicien ten może wystąpić w wielu środowiskach, w glebach z wieloma różnorodnymi uprawami. Wskazano na ten gatunek jako potencjalną przyczynę zamierania roślin bobiku *Vicia faba* L. (Whitehead i Frasser 1972) oraz ziemniaka *Solanum tuberosum* L. (Kyrou 1969) i pszenicy (Singh 2017). Wraz z *Tylenchorhynchus maximus* jest gatunkiem występującym w 96% prób zebranych z prowadzonych metodą ekologiczną zbóż z udziałem pszenicy jarej, pszenicy orkisz i owsa z objawami wskazującymi na działanie nicieni (Halldmann i wsp. 2007). W Polsce *T. dubius* znajdowany był na obszarze całego kraju, w strefie korzeni około 100 gatunków roślin: 10 gatunków drzew i krzewów, 10 gatunków roślin warzywnych oraz 13 gatunków roślin rolniczych. Z plantacji pszenicy jarej wyizolowano go z 87% zebranych prób gleby oraz 4% prób korzeni (Wolny 1989).

#### *Geocenamus microdorus*

Gatunek występujący w Polsce głównie w glebach uprawnych (Brzeski 1998). Jak dotąd brak jest danych odnośnie szkodliwości tego nicienia.

#### *Paratylenchus projectus*

Szpileczniki to jedna z najważniejszych grup nicieni-pasożytów roślin (Ghaderi 2019; Clavero-Camacho i wsp. 2021). Należy do nich między innymi nicien migrujący *Paratylenchus projectus*, którego cykl życiowy jest dość krótki i odbywa się na zewnątrz tkanek korzeni rośliny żywicielskiej. Nicien występuje w wielu typach gleb, w środowiskach

naturalnych oraz przekształconych rolniczo. Jest to jeden z ważnych gatunków wskazany jako przyczyna spadku plonu soi *Glycine max* L. (Niblack 1992), lucerny siewnej *Medicago sativa* L. (Webster i wsp. 1972), kapusty głowiastej *Brassica oleracea* L. var. *capitata* L. (Brzeski 1971), słonecznika *Helianthus* L. (Smolik 1987) i sałaty *Lactuca sativa* L. (Kwon i wsp. 2019, 2020). W prowadzonych ekologicznie uprawach zbóż rodzaj *Paratylenchus* wystąpił aż w 45% prób w glebie w miejscach, gdzie rosnące rośliny wykazywały objawy zahamowania wzrostu (Hallmann i wsp. 2007). *Paratylenchus projectus* znajdowany był na obszarze całej Polski, z wyjątkiem regionu południowo-wschodniego (województwo małopolskie i podkarpackie). Gatunek towarzyszący 18 gatunkom roślin, w tym 5 gatunkom roślin rolniczych. Na polach z uprawą pszenicy jarej *P. projectus* wystąpił w 40% prób (Wolny 1989).

### Krępak zwyczajny *Trichodorus primitivus* i krępak wirusowiec *Trichodorus viruliferus*

Gatunki reprezentujące grupę migrujących pasożytów zewnętrznych. Szkodliwość krępaków może być następstwem bezpośredniego żerowania tych nicieni na korzeniach, które w efekcie ulegają pogrubieniu. Nicienie te są również wektorami chorób wirusowych roślin psiankowatych Solanaceae Juss. Oba gatunki przenoszą wirusa nekrotycznej kędzierzawki tytoniu (Tabacco ratlle virus – TRV), sprawcy czopowatości bulw ziemniaka oraz pstrej plamistości pędów i liści. Krępaki są nicieniami często izolowanymi z prób gleby pochodzących z pól z ekologiczną uprawą zbóż.

Reprezentowane przez *T. primitivus* oraz krępaka podobnika *Trichodorus similis* Seinhorst, 1963 wystąpiły w 47% prób podejrzanych o szkodliwy wpływ nicieni-pasożytów roślin (Hallmann i wsp. 2007). Zarówno *T. primitivus*, jak i *T. viruliferus* są nicieniami znanymi z Polski. *Trichodorus primitivus* znaleziono w strefie korzeni 45 gatunków roślin, z których 16 to rośliny rolnicze. *Trichodorus viruliferus* jest nicieniem towarzyszącym 26 gatunkom roślin, w obrębie których 10 to gatunki roślin rolniczych. Krępak zwyczajny i krępak wirusowiec były znajdowane w uprawie pszenicy jarej odpowiednio w 20 oraz 8% prób gleby (Wolny 1989).

### Wnioski / Conclusions

1. Wystąpienie w uprawie pszenicy ozimej niskich roślin, z objawami więdnienia i pożółkłymi liśćmi może wskazywać na obecność nicieni, których żerowanie mogło spowodować pogorszenie ich wzrostu i wegetacji. Można przypuszczać, że obserwowane objawy są, w dobie zmieniającego się klimatu, skutkiem warunków korzystnie wpływających na fitofagiczne nicienie. Mogą wynikać z intensywnego rozwoju ich populacji lub zwiększenia liczby pokoleń.
2. Istnieją podstawy do przeprowadzenia analizy prób gleby pod kątem wystąpienia w próbach również nicieni innych niż uznawane dotąd za przyczynę obniżenia plonu roślin.

### Literatura / References

- Brzeski M.W. 1971. Nematodes associated with cabbage in Poland. V. Experiments with *Paratylenchus projectus*. s.I. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych 121: 113–119.
- Brzeski M.W. 1993. Nematologia rolnicza. [Agricultural nematology]. Wydawnictwo SGGW, Warszawa, Polska, 88 ss.
- Brzeski M.W. 1998. Nematodes of Tylenchida in Poland and Temperate Europe. Muzeum i Instytut Zoologii, Warszawa, Polska, 396 ss.
- Clavero-Camacho I., Cantalapiedra-Navarrete C., Archidona-Yuste A., Castillo P., Palomares-Rius J.E. 2021. Remarkable cryptic diversity of *Paratylenchus* spp. (Nematoda: Tylenchulidae) in Spain. *Animals* 11 (4): 1161. DOI: 10.3390/ani11041161
- Dababat A., İmren M., Pridannikov M., Özer G., Zhapayev R., Mokri F., Otemissova A., Yerimbetova A., Morgounov A. 2020. Plant-parasitic nematodes on cereals in northern Kazakhstan. *Journal of Plant Diseases and Protection* 127 (1): 641–649. DOI: 10.1007/s41348-020-00306-0
- Di Vito M., Greco N. 1988. Investigation on the biology of *Meloidogyne artiellia*. *Revue de Nématologie* 11 (2): 223–227.
- Fard H.K., Pourjam E., Maafi Z.T., Safaie N. 2018. Assessment of yield loss of wheat cultivars caused by *Heterodera filipjevi* under field conditions. *Journal of Phytopathology* 166 (5): 299–304. DOI: 10.1111/jph.12686
- Ghaderi R. 2019. The damage potential of pin nematodes, *Paratylenchus Micoletzky*, 1922 sensu lato spp. (Nematoda: Tylenchulidae). *Journal of Crop Protection* 8 (3): 243–257.
- Hallmann J., Frankenberg A., Paffrath A., Schmidt H. 2007. Occurrence and importance of plant-parasitic nematodes in organic farming in Germany. *Nematology* 9 (6): 869–879. DOI: 10.1163/156854107782331261
- Ibrahim A.A.M., Al Hazmi A.S., Al Yahya F.A., Alderfasi A.A. 1999. Damage potential and reproduction of *Heterodera avenae* on wheat and barley under Saudi field conditions. *Nematology* 1 (6): 625–630.
- İmren M., Özer G., Duman N., Dababat A. 2021. Phenotypic and genotypic characterization of wheat and barley varieties for resistance to cereal cyst nematode (*Heterodera latipons*). *Genetic Resources and Crop Evolution* 68 (2): 2131–2141. DOI: 10.1007/s10722-021-01125-4
- İmren M., Yıldız Ş., Çiftçi V., Dababat A. 2020. Effect of cereal cyst nematode *Heterodera filipjevi* on wheat yields in Turkey. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 44 (1): 39–45. DOI: 10.3906/tar-1902-17
- Kwon G., Kang H., Seo J., Yun E., Park N., Choi I. 2019. First report of corky roots of lettuce (*Lactuca sativa*) associated with *Paratylenchus projectus*. *Research in Plant Disease* 25 (4): 237–242. DOI: 10.5423/RPD.2019.25.4.237

- Kwon G., Seo J., Park S., Kang H., Park N., Choi I. 2020. Searching for rationable vegetables for *Paratylenchus projectus* in lettuce greenhouse. *Research in Plant Disease* 26 (4): 272–278. DOI: 10.5423/RPD.2020.26.4.272
- Kyrou N.C. 1969. *Tylenchorhynchus dubius* (Bütschli, 1873) Filipjev, 1936: an injurious root ectoparasite of potatoes? *European Potato Journal* 12: 215–218. DOI: 10.1007/BF02368104
- May D.B., Johnson W.A., Zuck P.C., Chen C.C., Dyer A.T. 2016. Assessment and management of root lesion nematodes in Montana wheat production. *Plant Disease* 100 (10): 2069–2079. DOI: 10.1094/PDIS-02-16-0176-RE
- Namouchi-Kachouri N., B'chir M.M., Hajji A. 2007. Effect of initial populations of *Heterodera avenae* Woll. on wheat and barley yield components and on final nematode populations under Tunisian field conditions. *Tunisian Journal of Plant Protection* 3: 19–26.
- Niblack T.L. 1992. *Pratylenchus*, *Paratylenchus*, *Helicotylenchus*, and other nematodes on soybean in Missouri. *Journal of Nematology* 24 (4S): 738–744.
- Peng D., Nicol J.M., Zhang D., Chen S., Waeyenberge L., Moens M. 2007. Occurrence, distribution and research situation of cereal cyst nematode in China. s. 350–351. *International Plant Protection Conference, Scotland, Glasgow, Sept. 07* [abstract]. *Proceedings International Plant Protection Conference, Glasgow, Scotland, UK. 15–18 Oct. 2007* Alton, Hampshire, UK, British Crop Production Council.
- Rożnowski J., Kłosowska J., Polzer P. 2015. Żywieniowe i prozdrowotne znaczenie pszenicy orkisz (*Triticum spelta* L.). *Postępy Fitoterapii* (16) 1: 45–49.
- Singh D.P. 2017. Strategic disease management in wheat and barley. s. 1–38. W: *Management of Wheat and Barley Diseases* (D.P. Singh, red.). Apple Academic Press Inc., Oakville, Canada, 645 ss.
- Smaha D., Mokrini F., İmren M., Mokabli A., Dababat A.A. 2018. First report of *Heterodera hordecalis*, a cereal cyst nematode, on wheat in Algeria. *Plant Disease* 102 (10): 2042. DOI: 10.1094/pdis-12-17-1965-pdn
- Smiley R.W. 2009. Root lesion nematodes reduce yield of intolerant wheat and barley. *Agronomy Journal* 101 (6): 1322–1335. DOI: 10.2134/agronj2009.0162
- Smiley R.W. 2021. Root-lesion nematodes affecting dryland cereals in the Semiarid Pacific Northwest U.S.A. *Plant Disease* 105 (11): 3324–3343. DOI: 10.1094/PDIS-04-21-0883-FE
- Smiley R.W., Ingham R.E., Uddin W., Cook G.H. 1994. Crop sequences for managing cereal cyst nematode and fungal pathogens of winter wheat. *Plant Disease* 78 (12): 1142–1149. DOI: 10.1094/PD-78-1142
- Smiley R.W., Whittaker R.G., Gourlie J.A., Easley S.A., Ingham R.E. 2005. Plant-parasitic nematodes associated with reduced wheat yield in Oregon: *Heterodera avenae*. *Journal of Nematology* 37 (3): 297–307.
- Smolik J.D. 1987. Effects of *Paratylenchus projectus* on growth of sunflower. *Plant Disease* 71 (11): 975–976.
- Thompson J.P., Clewett T.G., O'Reilly M.M. 2015. Optimising initial population, growth time and nitrogen nutrition for assessing resistance of wheat cultivars to root-lesion nematode (*Pratylenchus thornei*). *Australasian Plant Pathology* 44: 133–147. DOI: 10.1007/s13313-015-0347-6
- Thompson J.P., Owen K.J., Stirling G.R., Bell M.J. 2008. Root-lesion nematodes (*Pratylenchus thornei* and *P neglectus*): a review of recent progress in managing a significant pest of grain crops in northern Australia. *Australasian Plant Pathology* 37: 235–242. DOI: 10.1071/AP08021
- Thompson J.P., Sheedy J.G., Robinson N.A., Clewett T.C. 2021. Tolerance of wheat (*Triticum aestivum*) genotypes to root-lesion nematode (*Pratylenchus thornei*) in the subtropical grain region of eastern Australia. *Euphytica* 217: 48. DOI: 10.1007/s10681-020-02761-0
- Toumi F., Waeyenberge L., Viaene N., Dababat A.A., Nicol J.M., Ogbonnaya F., Moens M. 2018. Cereal cyst nematodes: importance, distribution, identification, quantification, and control. *European Journal of Plant Pathology* 150: 1–20. DOI: 10.1007/s10658-017-1263-0
- Tyburski J., Babalski M. 2007. Uprawa pszenicy orkisz. Poradnik dla rolników. Centrum Doradztwa Rolniczego w Brwinowie O/Radom. <https://www.modr.mazowsze.pl/porady-dla-rolnikow/produkcja-roslinna/106-orkisz-w-gosapodarstwach-ekologicznych> [dostęp: 03.03.2023].
- Webster G.R., Orchard W.R., Hewn E.J. 1972. *Paratylenchus projectus* in alfalfa fields of Central and Northern Alberta. *Canadian Plant Disease Survey* 52 (2): 75–76.
- Whitehead A.G., Frasser J.E. 1972. Injury to field beans (*Vicia faba* L.) by *Tylenchorhynchus dubius*. *Plant Pathology* 21 (3): 112–113. DOI: 10.1111/j.1365-3059.1972.tb01738.x
- Wilski A. 1967. Nicienie szkodniki roślin uprawnych. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa, Polska, 336 ss.
- Wolny S. 1989. Nicienie – pasożyty roślin wyższych stowarzyszone z objawami zahamowania wzrostu roślin pszenicy jarej w Wielkopolsce. [Plant parasitic nematodes associated with poor growth of spring wheat in the Wielkopolska region]. *Prace Naukowe Instytutu Ochrony Roślin* 31 (1): 17–28.
- [www.fao.org](http://www.fao.org). [dostęp: 04.03.2023].
- [www.stat.gov.pl](http://www.stat.gov.pl) [dostęp: 04.03.2023].
- Young H.C., Struble F.B. 1966. Effect of temperature on the development of *Trichodorus christiei* on wheat. *Phytopathology* 56: 07.
- Younis H.S., Abdullah R.M., Hassan S.A., Sattar A.A.A., Amer K.Z. 2022. Effect of biological and cultivar control to ear-cockle nematode disease caused by the nematode (*Anguina tritici*) on different genotypes of bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *Annals of Forest Research* 65 (1): 916–930. DOI: 10.5281/zenodo.7262806