PROGRESS IN PLANT PROTECTION
61 (2): 147-153, 2021
eISSN 2084-4883

DOI: 10.14199/ppp-2021-016
Published online: 28.05.2021

Received 19.04.2021 / Accepted: 18.05.2021

ARTYKUŁ ORYGINALNY

Wpływ odmiany buraka cukrowego i początkowej zawartości mątwika burakowego (*Heterodera schachtii* Schmidt) w glebie na rozwój nicieni, plon i jakość korzeni

Influence of sugar beet variety and initial population of sugar beet cyst nematode (*Heterodera schachtii* Schmidt) in soil on nematode development and sugar beet yield and root quality

Agnieszka Ulatowska*

Streszczenie

W latach 2017–2018 przeprowadzono doświadczenia polowe, w których oceniano zmienność plonów oraz jakość technologiczną korzeni sześciu odmian buraka cukrowego tolerancyjnych na mątwika burakowego uprawianych w warunkach niskiej i wysokiej presji szkodnika na tle dwóch odmian standardowych. Zmiany zagęszczenia mątwika burakowego zależały istotnie od roku badań, zawartości szkodnika w glebie na początku wegetacji oraz odmiany buraka. Niezależnie od roku i populacji inicjalnej mątwika, odmiany tolerancyjne przyczyniały się do wzrostu zagęszczenia nicieni w mniejszym stopniu niż standardowe. W 2017 r. średni współczynnik P wyniósł odpowiednio 4,41 i 4,77, natomiast w 2018 r. 1,21 i 1,69. Odmiany buraka wykazały bardzo duże zróżnicowanie pod względem uzyskanych efektów produkcyjnych. Cecha tolerancji determinowała plon korzeni, zawartość cukru w korzeniach oraz plon cukru technologicznego w większym stopniu w 2018 r., w warunkach bardzo wysokiego początkowego zamątwiczenia (1556 larw i jaj na 100 g gleby). W 2017 r. w grupie odmian tolerancyjnych w porównaniu do standardowych stwierdzono wzrost plonu korzeni 17,1%, zawartości cukru w korzeniach 0,25 punktu procentowego oraz plonu cukru technologicznego 18,0%, natomiast w 2018 r. odpowiednio 89,2%, 2,13 punktu procentowego i 114,1%.

Słowa kluczowe: *Heterodera schachtii*, zagęszczenie populacji, burak cukrowy, odmiana

Abstract

In 2017–2018, field experiments were carried out in which the variability of yields and the technological quality of roots of six sugar beet cultivars tolerant to beet nematode cultivated under low and high pest pressure conditions were assessed against the background of two standard cultivars. Changes in the nematode density significantly depended on the year of the study, pest content at the season beginning and the beet variety. Regardless of the year and the initial nematode population, tolerant cultivars contributed to increase nematode population less than the standard ones. In 2017, the average P factor was 4.41 and 4.77 respectively, while in 2018 it was 1.21 and 1.69. The tested cultivars showed a very large diversity in obtained production effects. The feature of tolerance determined root yield, sugar content in roots and technological sugar yield to a greater extent in 2018 under conditions of very high initial population (1556 larvae and eggs per 100 g soil). In 2017 in the group of tolerant varieties compared to standard varieties an increase in root yield 17.1%, sugar content in roots 0.25 percentage point and technological sugar yield 18.0% was observed, while in 2018, respectively 89.2%, 2.13 percentage point and 114.1%.

Key words: *Heterodera schachtii*, nematode density, sugar beet, variety

Instytut Ochrony Roślin – Państwowy Instytut Badawczy
Terenowa Stacja Doświadczalna w Toruniu
Pigwowa 16, 87-100 Toruń
*corresponding author: a.ulatowska@iorpib.poznan.pl
ORCID: 0000-0003-4037-3998

Wstęp / Introduction

Mątwik burakowy *Heterodera schachtii* Schmidt jest polifagiem, atakuje blisko 220 gatunków roślin z różnych rodzin, w tym uprawy rolnicze, rośliny ozdobne oraz chwasty (Cui i wsp. 2016). To jeden z najgroźniejszych szkodników buraka cukrowego. Szacuje się, że w Europie coroczne straty z tytułu jego żerowania wynoszą 90 milionów euro (Nasr-Esfahani 2017). Larwy zasiedlają włośniki i blokują wiązki przewodzące korzenia, co prowadzi do ciągłego wytwarzania nowych korzeni bocznych i powstawania charakterystycznej brody korzeniowej. Zaatakowane rośliny słabo się rozwijają, są mniejsze i silnie reagują na stres suszy. Zahamowanie wzrostu korzenia głównego stanowi przyczynę obniżenia ilości i jakości plonów (Heijbroek i wsp. 2002; Hauer i wsp. 2016). Jednakże reakcja plonu na *H. schachtii* może być bardzo zmienna w zależności od poziomu porażenia, właściwości gleby, warunków pogodowych i odmiany (Hauer i wsp. 2015). Strategia ochrony przed mątwikiem burakowym uwzględnia m.in. wczesny siew nasion, międzyplony z mątwikobójczych odmian gorczycy białej oraz rzodkwi oleistej, odpowiedni płodozmian, zastosowanie obornika kurzego oraz eliminację chwastów (Kaczorowski 1993; Nowakowski i Szymczak-Nowak 1999; Meinecke i Westphal 2014; Hauer i wsp. 2015; Nasr-Esfahani 2017). Bardzo ważna jest 3–7-letnia przerwa w uprawie roślin żywicielskich (Górski i Piszczek 2008; Piszczek i Górski 2010; Santana-Gomes i wsp. 2013; Westphal 2013) oraz wykluczenie z płodozmianu roślin z rodziny kapustowatych (m.in. rzepaku). Rozwiązaniem, które oferuje postęp hodowlany są odmiany tolerancyjne. Ich uprawa może pomóc w utrzymaniu przez kilka lat wysokiego plonu, ale z czasem prawdopodobny jest wzrost populacji nicieni (Daub i Westphal 2012; Kruessel i Warnecke 2014). W warunkach wysokiej presji szkodnika, uprawa odmian tolerancyjnych także prowadzi do obniżki plonu, aczkolwiek mniejszej, niż w przypadku odmian podatnych (Hauer i wsp. 2015).

Celem badań było porównanie wielkości i zmienności plonów oraz jakości technologicznej korzeni odmian buraka cukrowego tolerancyjnych na mątwika burakowego uprawianych w warunkach niskiej (2017) i wysokiej presji szkodnika (2018) na tle odmian standardowych (bez cechy tolerancji).

Materiały i metody / Materials and methods

W latach 2017–2018 w miejscowości Żydowo, w województwie kujawsko-pomorskim (52.537356°, 18.776718°), w warunkach polowych przeprowadzono jednoczynnikowe doświadczenia poletkowe, w układzie losowanych bloków w czterech powtórzeniach. Badania przeprowadzono na glebie średniej o składzie mechanicznym gliny piaszczystej (według klasyfikacji PTG, 2008), klasy bonitacyjnej IVa, kompleksu żytniego dobrego, o bardzo wysokiej zasobności w przyswajalny fosfor, średniej w potas i magnez. Przedplonem w obu latach była pszenica ozima. Nawożenie doglebowe zastosowano według zasobności gleby, zgodnie z zaleceniami Instytutu Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowego Instytut Badawczego (Jadczyszyn i wsp. 2010). Siew buraka wykonano 01.04.2017 r. oraz 12.04.2018 r., w rozstawie co 18 cm, a odległość międzyrzędzi wynosiła 45 cm. W 2017 roku odmiany tolerancyjne: Contenta, Dylan, Egzotique, Primabella, Tipi, Zeltic oraz Jagger testowano na tle odmiany tradycyjnej Marynia, natomiast w 2018 roku porównywano odmiany: Contenta, Eliska, Egzotique, Lancaster, Traper, Zeltic do dwóch standardów: Marynii oraz Mazura. Odmiany na poletkach wysiano w trzech rzędach na długości 12 m. Wielkość poletka netto wynosiła 13,5 m^2. Zbiór korzeni przeprowadzono 16.10.2017 r. i 15.10.2018 r. Okres wegetacji wyniósł odpowiednio 198 i 186 dni.

Zagęszczenie populacji (liczba jaj i larw w 100 gramach gleby) określono dwukrotnie, w fazie BBCH 12 (populacja inicjalna – Pi) i przed zbiorem, w fazie BBCH 49 (populacja finalna – Pf). Na podstawie uzyskanych wyników wyznaczono wartość współczynnika P (Pf/Pi), który jest miarą zmiany liczebności nicieni. Jeżeli $P > 1$, zagęszczenie populacji w glebie wzrasta proporcjonalnie do wartości P, jeżeli wartość $P < 1$, maleje proporcjonalnie do wartości P, przy $P = 1$ pozostaje bez zmian (Dobosz 2005).

Próbki gleby pobrano za pomocą świdra glebowego o średnicy 2,0 cm (Brzeski i wsp. 1976). Próbkę średnią o masie 0,5–1,0 kg stanowiła gleba zmieszana z 12 próbek cząstkowych pobranych losowo z głębokości warstwy ornej (25 cm). Analizy zawartości nicieni w glebie wykonano zgodnie z metodyką opisaną przez Van Bezooijen (2006) oraz normą EPPO nr PM 7/119 (1). Ekstrakcję cyst z gleby przeprowadzono przy użyciu aparatu Seinhorsta. Następnie rozgniatano je przy pomocy świdra laboratoryjnego i pod mikroskopem liczono żywe jaja i larwy.

W okresie zbioru (BBCH 49) określano plon i jakość korzeni. Plon korzeni oznaczono ręcznie z każdego poletka z powierzchni 10 m^2. Jakość korzeni oceniono na podstawie 32 korzeni losowo pobranych z każdego poletka. Analizy wykonano na automatycznej linii Venema w Kutnowskiej Hodowli Buraka Cukrowego w Straszkowie. W korzeniach oznaczono zawartość cukru, azotu α-aminowego, potasu i sodu. Technologiczny plon cukru obliczono według formuły Buchholza (Buchholz i wsp. 1995).

Wyniki opracowano statystycznie, przeprowadzono analizę wariancji dla układu jednoczynnikowego losowanych bloków, w każdym roku osobno. Grupy jednorodne wyznaczono testem Tukeya na poziomie istotności $p < 0,05$. W celu oszacowania efektu cechy tolerancji odmian przeprowadzono analizę kontrastów. Grupę porównawczą stanowiły odmiany standardowe. Do zbadania związków

pomiędzy wskaźnikami stanu zamątwiczenia gleby (Pi, Pf, P) a parametrami plonu zastosowano procedurę korelacji i regresji liniowej. Do porównania siły efektu odmiany względem cechy tolerancji zastosowano współczynnik eta kwadrat (η^2).

Wyniki i dyskusja / Results and discussion

Zmiany zagęszczenia mątwika burakowego

Zawartość mątwika burakowego w glebie na początku wegetacji (BBCH 12) w obu latach badań była silnie zróżnicowana. W 2017 r. średnie zagęszczenie nicieni wyniosło 281 larw i jaj na 100 g gleby i było istotnie niższe od progu szkodliwości, tj. 500 jaj i larw na 100 g gleby (Wilski 1973), $t(31) = 16{,}15$, $p < 0{,}001$, natomiast w 2018 r. wyniosło średnio 1556 larw i jaj na 100 g gleby i ponad trzykrotnie przekroczyło próg szkodliwości.

Populacja finalna mątwika (Pf) zależała istotnie od odmiany i była znacznie zróżnicowana w latach, 2017: $F(7,21) = 28{,}26$, $p < 0{,}001$; 2018: $F(7,21) = 38{,}22$, $p < 0{,}001$.

W 2017 r. istotnie wyższą wartość Pf stwierdzono w grupie odmian tolerancyjnych, $F(1,21) = 6{,}77$, $p = 0{,}017$. W stosunku do średniej dla odmian standardowych różnica wyniosła 10,4%. Istotne różnice stwierdzono wyłącznie wśród odmian tolerancyjnych, zakres wyników dla tych odmian wyniósł 854–1593, R = 739, a dla standardowych 1024–1139, R = 114 (rys. 1).

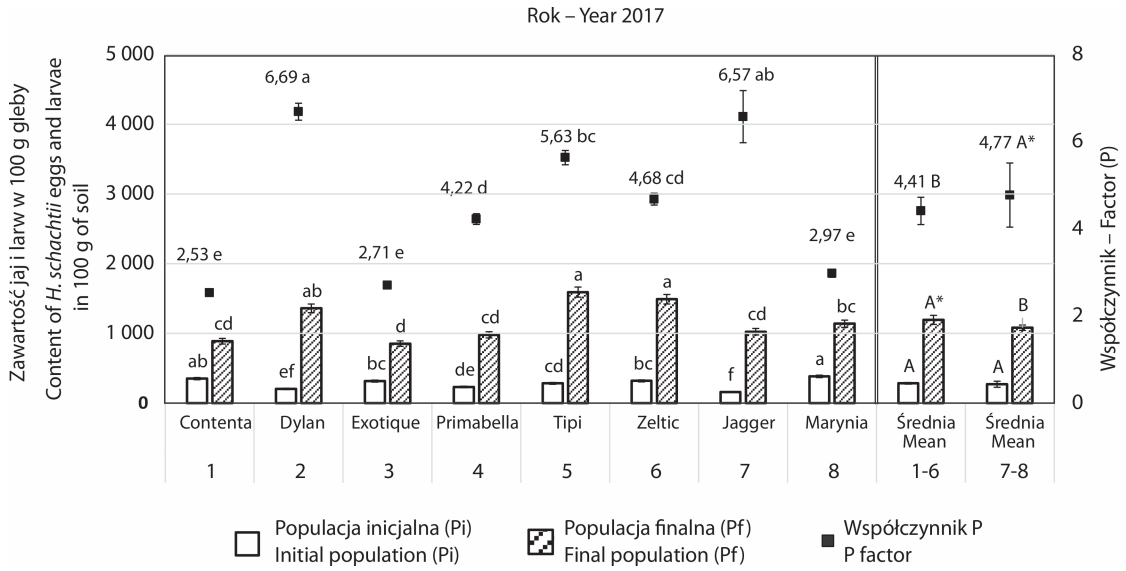
W 2018 r. statystycznie wyższą wartość Pf stwierdzono dla odmian standardowych, $F(1,21) = 190{,}96$, $p = 0{,}001$. W porównaniu do odmian tolerancyjnych odnotowano wzrost o 60,6%. Istotne różnice stwierdzono zarówno wśród odmian tolerancyjnych, jak i standardowych. Zakres wyników wyniósł odpowiednio 1253–2158, R = 905 oraz 2253–3198, R = 676 (rys. 2).

W 2017 r. czynnik odmianowy zdecydowanie w większym stopniu wyjaśniał wariancję wyników Pf ($\eta^2 = 88{,}6\%$) od cechy tolerancji ($\eta^2 = 24{,}4\%$), natomiast w 2018 r. udziały obu efektów były zbliżone oraz bardzo wysokie i wyniosły odpowiednio 91,6% oraz 90,1%.

Odmiana buraka wywarła istotny wpływ na wielkość wskaźnika P, przy czym odnotowano znaczne różnice w latach, 2017: $F(7,21) = 65{,}29$, $p < 0{,}001$; 2018: $F(7,21) = 10{,}81$, $p < 0{,}001$.

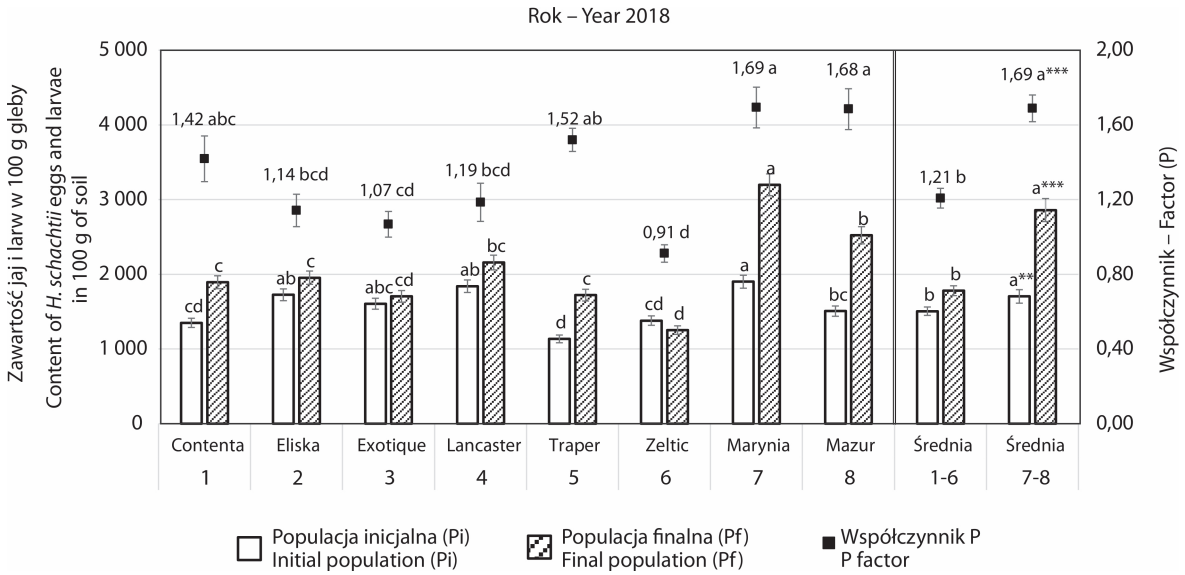
W 2017 r. stwierdzono bardzo dużą zmienność zarówno w grupie odmian tolerancyjnych, jak i standardowych. W pierwszej rozrzut wyników mieścił się w przedziale 2,53–6,69, R = 4,16, natomiast w drugiej 2,97–6,57, R = 3,60. Świadczy to o kilkukrotnym wzroście liczebności nicieni w okresie wegetacji, niezależnie od cechy tolerancji badanych odmian. Statystycznie niższy wskaźnik P stwierdzono w grupie odmian tolerancyjnych, $F(1,21) = 4{,}56$, $p = 0{,}045$, przy czym różnica w stosunku do grupy odmian standardowych była nieznaczna i wyniosła 7,6% (rys. 1).

W 2018 r. większą zmienność wskaźnika P odnotowano wśród odmian tolerancyjnych. Rozrzut wyników w tej grupie zawarł się w przedziale 0,91–1,52, R = 0,6, natomiast dla odmian standardowych 1,68–1,69, R = 0,01. Tylko dla jednej odmiany (Zeltic) z cechą tolerancji, wskaźnik P był mniejszy od jedności. Istotnie niższy wskaźnik P stwierdzono dla odmian tolerancyjnych, $F(1,21) = 43{,}69$, $p < 0{,}001$. W relacji do odmian standardowych uzyskano spadek o 28,5% (rys. 2).



Średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie (test Tukeya, p = 0,05)
Means followed by the same letter do not significantly differ (Tukey test, p = 0.05)

Rys. 1. Wpływ odmian na populację mątwika burakowego (2017 r.)
Fig. 1. Impact of varieties on sugar beet cyst nematode population (2017)



Średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie (test Tukeya, p = 0,05)
Means followed by the same letter do not significantly differ (Tukey test, p = 0.05)

Rys. 2. Wpływ odmian na populację mątwika burakowego (2018 r.)
Fig. 2. Impact of varieties on sugar beet cyst nematode population (2018)

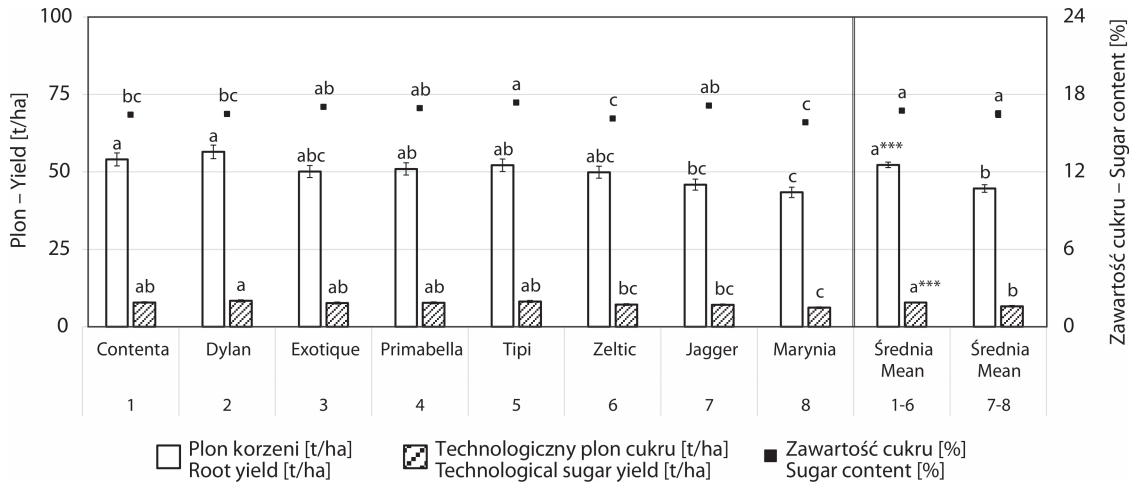
Czynnik odmianowy wyjaśniał zmienność wskaźnika P w większym stopniu niż cecha tolerancji, przy czym zaznaczyły się duże różnice w latach. W 2017 r. dominował efekt odmiany, odpowiednio 93,4% w porównaniu do 17,8% efektu cechy tolerancji, natomiast w 2018 r. różnica była zdecydowanie mniejsza, odpowiednio 74,8% do 67,5%.

Plon i jakość korzeni

Odmiany buraka determinowały w sposób istotny plon korzeni, przy czym wielkość efektu była różna w latach, 2017: $F(7,21) = 7,71$, $p < 0,001$; 2018: $F(7,21) = 132,24$, $p < 0,001$.

W 2017 r. w grupie odmian tolerancyjnych, w relacji do średniej dla wszystkich odmian (50,4 t/ha), zakres wyników wyniósł 99,1–112,1%, R = 13,0%, natomiast w grupie odmian standardowych 86,1–91,1%, R = 5,0%. Średni plon dla odmian tolerancyjnych (52,3 t/ha) był istotnie wyższy od odmian standardowych (44,6 t/ha), $F(1,21) = 38,31$, $p < 0,001$, różnica wyniosła 17,1% (rys. 3).

W 2018 r. w grupie odmian tolerancyjnych, w relacji do średniej dla wszystkich odmian (55,5 t/ha), zakres wyni-



Średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie (test Tukeya, p = 0,05)
Means followed by the same letter do not significantly differ (Tukey test, p = 0.05)

Rys. 3. Wpływ odmian na parametry plonu (2017 r.)
Fig. 3. Impact of varieties on yield parameters (2017)

ków wyniósł 89,8–126,4%, rozstęp (R) = 36,6%, natomiast w grupie odmian standardowych 49,7–70,1%, R = 20,4%. Średni plon dla grupy odmian tolerancyjnych (62,9 t/ha) był istotnie wyższy od grupy odmian standardowych (33,2 t/ha), F(1,21) = 680,64, p < 0,001, różnica wyniosła 89,2% (rys. 4). W obu latach badań efekt odmiany i cecha tolerancji w podobnym stopniu wyjaśniały wariancję plonu korzeni, przy czym zdecydowanie wyższe wartości współczynnika η^2 stwierdzono w 2018 r., odpowiednio 96,4% i 97,0%, w porównaniu do 57,3% i 64,6% w 2017 r.

Zawartość cukru w korzeniach zależała istotnie od odmiany, ale w różnym zakresie, w zależności od roku, 2017: F(7,21) = 11,92, p < 0,001; 2018: F(7,21) = 45,69, p < 0,001.

W 2017 r. w grupie odmian tolerancyjnych zakres wyników zawarł się w przedziale 16,14–17,37%, R = 1,23%, a w grupie odmian standardowych 15,83–17,13%, R = 1,30%. W rozpatrywanym sezonie cecha tolerancji nie miała istotnego wpływu na zawartość cukru w korzeniach, F(1,21) = 3,93, p = 0,061, przy czym wyższą zawartość uzyskano dla odmian tolerancyjnych. Różnica wyniosła 0,25 punktu procentowego (rys. 3).

W 2018 r. w grupie odmian tolerancyjnych zakres wyników zawarł się w przedziale 18,43–19,87%, R = 1,45%, a w grupie odmian standardowych 16,57–17,32%, R = 0,74%. Cecha tolerancji determinowała istotnie zawartość cukru w korzeniach, F(1,21) = 251,31, p < 0,001. Różnica na korzyść odmian tolerancyjnych wyniosła 2,13 punktu procentowego (rys. 4).

W 2017 r. efekt odmiany tłumaczył 78,2% wariancji zawartości cukru w korzeniach, natomiast efekt cechy tolerancji zaledwie 15,8% i był nieistotny, natomiast w 2018 r. udziały obu efektów były zbliżone oraz bardzo wysokie i wyniosły odpowiednio 90,9% oraz 92,3%.

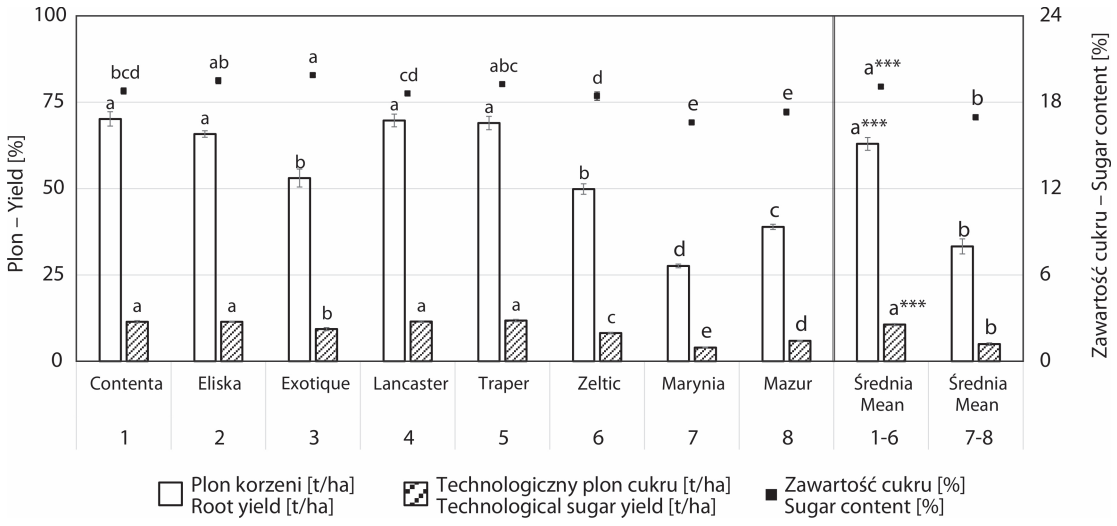
Plon cukru technologicznego zależał istotnie od odmiany, przy czym wielkość efektu była zmienna w latach, 2017: F(7,21) = 8,84, p < 0,001; 2018: F(7,21) = 161,32, p < 0,001.

W 2017 r. w grupie odmian tolerancyjnych w relacji do średniej dla wszystkich odmian (7,52 t/ha), zakres wyników wyniósł 95,3–111,1%, R = 15,8%, natomiast w grupie odmian standardowych 81,7–94,5%, R = 12,7%. Plon cukru technologicznego odmian tolerancyjnych był istotnie wyższy od standardowych, F(1,21) = 38,27, p < 0,001, różnica wyniosła 18,0% (rys. 3).

W 2018 r. w grupie odmian tolerancyjnych, w relacji do średniej dla wszystkich odmian (9,19 t/ha), zakres wyników wyniósł 88,7–128,2%, R = 39,4%, natomiast w grupie odmian standardowych 43,3–64,5%, R = 21,2%. Średni plon cukru technologicznego odmian tolerancyjnych (10,60 t/ha) był istotnie wyższy od standardowych (4,95), F(1,21) = 885,77, p < 0,001, różnica wyniosła 114,1% (rys. 4).

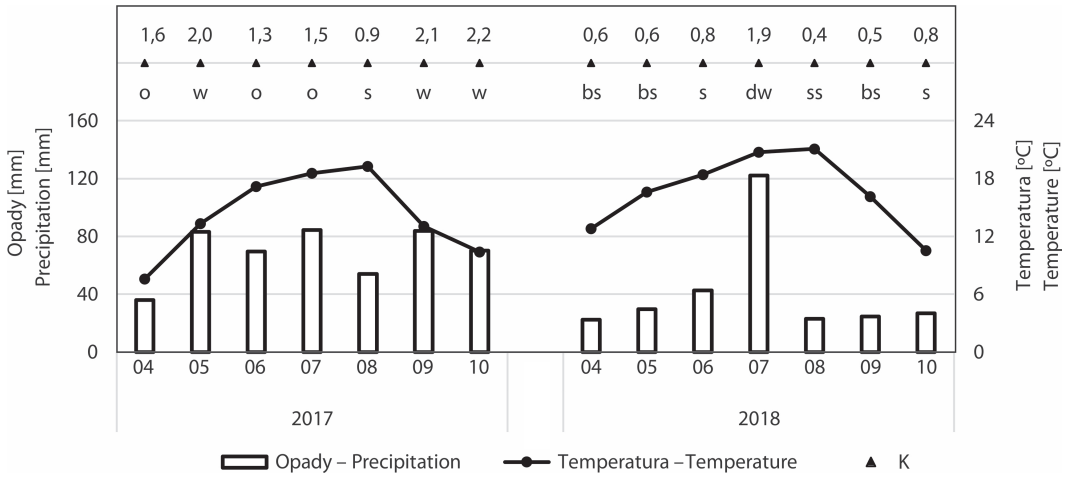
W obu latach badań czynnik odmianowy i cecha tolerancji w podobnym stopniu wyjaśniały wariancję plonu cukru technologicznego, przy czym w większym stopniu w 2018 r., odpowiednio 97,2% i 97,7% w porównaniu do 61,8% i 64,6% w 2017 r.

Warunki pluwiotermiczne w latach badań były silnie zróżnicowane (rys. 5). Rok 2017 był chłodny i mokry, natomiast rok 2018 ciepły i bardzo suchy. Średnia temperatura powietrza za okres wegetacyjny w 2017 r. w stosunku do 2018 r. była niższa o 2,4°C, z kolei suma opadów wyższa o 190 mm. W 2017 r. dla większości miesięcy okresu wegetacji współczynnik hydrotermiczny Sielianinowa (K)



Średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie (test Tukeya, p = 0,05)
Means followed by the same letter do not significantly differ (Tukey test, p = 0.05)

Rys. 4. Wpływ odmian na parametry plonu (2018 r.)
Fig. 4. Impact of varieties on yield parameters (2018)



K – współczynnik hydrotermiczny Sielianinowa – Selyaninov's hydrothermal coefficient
Miesiąc – Month: w – wilgotny – humid, dw – dość wilgotny – quite humid, o – optymalny – optimal, s – suchy – dry, bs – bardzo suchy – very dry, ss – skrajnie suchy – extremely dry

Rys. 5. Warunki pogodowe w okresie wegetacji buraka (kwiecień–październik), dla stacji ZDOO Głębokie, 25 km od doświadczenia
Fig. 5. Weather conditions during sugar beet vegetation period (April–October), for the ZDOO Głębokie station, 25 km from the experiment

Tabela 1. Analiza korelacji pomiędzy zawartością mątwika w glebie a cechami plonu
Table 1. The analysis of the correlation between sugar beet cyst nematode population and the yield characteristics

	Rok – Year 2017			Rok – Year 2018		
	P	Pf	Pi	P	Pf	Pi
Plon korzeni – Root yield	0,07	0,09	–0,12	–0,33	–0,58***	–0,34
Zawartość cukru – Polarization	0,35	0,00	–0,49**	–0,59***	–0,73***	–0,26
Plon cukru – Sugar content	0,20	0,11	–0,27	–0,38*	–0,62***	–0,33
Populacja inicjalna (Pi) Initial population (Pi)	–0,79***	0,02	–	–0,17	0,51**	–
Populacja finalna (Pf) Final population (Pf)	0,55**	–	–	0,75***	–	–
Wskaźnik – Index (Pf/Pi)	–	–	–	–	–	–

P – współczynnik – factor
*p < 0,05; **p < 0,01; ***p < 0,001

uplasował się w przedziale optymalnym lub wilgotnym, jedynie sierpień został sklasyfikowany jako suchy. Natomiast w 2018 r. według wskaźnika K większość miesięcy zaliczono do suchych, bardzo suchych lub skrajnie suchych. Tylko lipiec został oceniony jako dość wilgotny (Skowera i Puła 2004).

Analiza korelacji wykazała, że wpływ początkowej zawartości mątwika w glebie na przyrost populacji nicieni w trakcie wegetacji oraz parametry plonu był zmienny w latach (tab. 1).

W 2017 r. stwierdzono silną ujemną korelację pomiędzy zagęszczeniem początkowym a wskaźnikiem P, a także zawartością cukru w korzeniach. Na podstawie wartości współczynnika b = –0,0171, t(30) = –7,09, p < 0,001 wyprowadzonego równania regresji [1] stwierdzono, że wzrost zawartości początkowej nicieni w glebie o 100 jaj i larw w 100 g gleby powodował spadek wskaźnika P o 1,71. Równanie regresji pokazało, że im wyższa populacja początkowa tym mniejszy współczynnik namnożenia nicieni w trakcie wegetacji. W oparciu o współczynnik R^2 stwierdzono, że zawartość początkowa nicieni wyjaśniała 62,6% całkowitej zmienności wskaźnika P.

$$[1]\ P = -0{,}0171 \times Pi + 9{,}2954 \pm 1{,}03;\ F(1,31) = 50{,}23;\ p < 0{,}001;\ R^2 = 62{,}6\%$$

W 2018 r. populacja inicjalna (Pi) była dodatnio skorelowana tylko z zagęszczeniem końcowym (Pf), które z kolei było dodatnio sprzężone ze wskaźnikiem P oraz ujemnie z plonem korzeni, zawartością cukru oraz plonem cukru technologicznego. Współczynnik P był ujemnie powiązany z zawartością cukru w korzeniach oraz plonem cukru technologicznego.

Wnioski / Conclusions

1. Współczynnik namnożenia mątwika burakowego w glebie (P) zależał od wielkości populacji na początku wegetacji oraz był istotnie uwarunkowany odmianą buraka.
2. Odmiany z tolerancją na mątwika burakowego wykazują bardzo duże zróżnicowanie zarówno pod względem stopnia namnażania populacji mątwika w glebie, jak i efektów produkcyjnych.
3. Cecha tolerancji odmian na mątwika burakowego determinowała w większym stopniu efekty plonotwórcze w warunkach bardzo wysokiego początkowego zamątwiczenia.
4. Odmiany tolerancyjne namnażały populację nicieni w okresie wegetacji w mniejszym stopniu niż standardowe. Różnice uwidaczniały się głównie w warunkach wysokiego zamątwiczenia początkowego.

Literatura / References

Brzeski M.W., Szczygieł A., Głąba B. 1976. Zbiór metod laboratoryjnych stosowanych w nematologii. Polska Akademia Nauk – Komitet Ochrony Roślin, Warszawa, 31 ss.

Buchholz K., Märländer B., Puke H., Glattkowski H., Thielecke K. 1995. Neubewertung des technischen Wertes von Zuckerrüben. Zuckerind 120 (2): 113–121.

Cui J., Erginbas-Orakci G., Peng H., Huang W., Liu S., Qiao F., Elekcioglu H., Imren M., Dababat A.A., Peng D. 2016. First report of sugar beet nematode *Heterodera schachtii* Schmidt, 1871 (Nemata: Heteroderidae) in sugar beet growing areas of Sanlýurfa, Turkey. Türkiye Entomoloji Dernegi 40 (3): 303–314. DOI: 10.16970/ted.86631

Daub M., Westphal A. 2012. Integrated nematode management at crop rotation systems with sugar beets. Zuckerindustrie. Sugar industry 137 (2): 110–119. DOI: 10.36961/si12585

Dobosz R. 2005. Jak uprawa rzepaku zmienia zagęszczenie populacji mątwika burakowego w glebie? Rośliny Oleiste 26: 277–280.

Górski D., Piszczek J. 2008. Wpływ skracania płodozmianu na zdrowotność roślin oraz plon i jakość korzeni buraków cukrowych. [Influence of different crop rotation on plants health, beet cyst nematode *Heterodera schachtii* Schmidt population and sugar beet yield and quality]. Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin 48 (4): 1417–1420.

Hauer M., Koch H.-J., Krüssel S., Mittler S., Märländer B. 2016. Integrated control of *Heterodera schachtii* Schmidt in Central Europe by trap crop cultivation, sugar beet variety choice and nematicide application. Applied Soil Ecology 99: 62–69. DOI: 10.1016/j.apsoil.2015.11.017

Hauer M., Koch H.-J., Märländer B. 2015. Water use efficiency of sugar beet cultivars (*Beta vulgaris* L.) susceptible, tolerant or resistant to *Heterodera schachtii* (Schmidt) in environments with contrasting infestation levels. Field Crops Research 183: 356–364. DOI: 10.1016/j.fcr.2015.07.003

Heijbroek W., Munning R.G., Van Swaaij A. 2002. The effect of different levels of beet cyst nematodes (*Heterodera schachtii*) and beet necrotic yellow vein virus (BNYVV) on single and double resistant sugar beet cultivars. European Journal of Plant Pathology 108: 735–744. DOI: 10.1023/A:1020874511047

Jadczyszyn T., Kowalczyk J., Lipiński W. 2010. Zalecenia nawozowe dla roślin uprawy polowej i trwałych użytków zielonych. Materiały szkoleniowe nr 95. Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa, Puławy, 24 ss.

Kaczorowski G. 1993. Wpływ chwastów na aktywność mątwika burakowego (*H. schachtii* Schmidt) na polach 3-letnich płodozmianów buraczanych. Hodowla Roślin, Aklimatyzacja i Nasiennictwo 37 (5/6): 45–68.

Kruessel S., Warnecke H. 2014. Effects of sugar beet varieties on population dynamics of *Heterodera schachtii* (Schmidt). Zuckerindustrie. Sugar industry 138 (3): 60–67.

Meinecke A., Westphal A. 2014. Quantitative reproductive potential of *Heterodera schachtii* on weeds typical for late summer fallow in sugar beet rotations. Weed Research 54 (6): 624–634. DOI: 10.1111/wre.12116

Nasr-Esfahani M. 2017. Organic matters for the control of sugar beet cyst nematode *Heterodera schachtii* Schmidt 1871. Indian Journal of Nematology 47 (1): 81–89.

Nowakowski M., Szymczak-Nowak J. 1999. Wpływ uprawy rzodkwi oleistej, gorczycy białej i facelii błękitnej w międzyplonie ścierniskowym na populację mątwika burakowego (*Heterodera schachtii* Schmidt). Rośliny Oleiste 20: 259–266.

Piszczek J., Górski D. 2010. Wpływ skracania płodozmianu na występowanie szkodników, zdrowotność roślin oraz plon i jakość korzeni buraków cukrowych. [Effect of different crop rotation on pests occurrence, sugar beet healthiness, yield and quality]. Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin 50 (1): 437–441.

PM 7/119 (1). Nematode extraction. 2013. Bulletin OEPP/EPPO Bulletin 43 (3): 471–495. https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/epp.12077 [dostęp: 26.03.2021].

Santana-Gomes S.M., Dias-Arieira C.R., Roldi M., Dadazio T.S., Marini P.M., Barizao D.A. 2013. Mineral nutrition in the control of nematodes. African Journal of Agricultural Research 8 (21): 2413–2420. DOI: 10.5897/AJARx12.008

Skowera B., Puła J. 2004. Skrajne warunki pluwiotermiczne w okresie wiosennym na obszarze Polski w latach 1971–2000. Acta Agrophysica 3 (1): 171–177.

Szymczak-Nowak J., Rychcik B., Tyburski J. 2007. Zdrowotność buraka cukrowego uprawianego w płodozmianie i monokulturze. [Health of sugar beet cultivated in crop rotation and monoculture]. Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin 47 (2): 356–360.

Van Bezooijen J. 2006. Methods and Techniques for Nematology. http://www.nematologia.com.br/files/tematicos/5.pdf [dostęp: 26.03.2021].

Westphal A. 2013. Vertical distribution of *Heterodera schachtii* under susceptible, resistant or tolerant sugar beet cultivars. Plant Diseases 97 (1): 101–106. DOI: 10.1094/PDIS-05-12-0476-RE

Wilski A. 1973. Nicienie szkodniki roślin uprawnych. Wydanie II. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa, 314 ss.