

Received: 04.12.2019 / Accepted: 13.12.2019

Impact of selected agrotechnical factors on the occurrence of pests in maize cultivation (*Zea mays* L.)

Wpływ wybranych czynników agrotechnicznych na występowanie szkodników w uprawie kukurydzy (*Zea mays* L.)

Piotr Szulc^{1*}, Katarzyna Ambroży-Deręgowska², Iwona Mejza², Daniel Krauklis³

Summary

The objective of presented in this paper the results of the 4-year field research was an evaluation of effect of two-component (NP) fertilizer placement depth, the type of nitrogen fertilizer and the date of its application on the occurrence of pests in maize cultivation. Changing weather conditions in the years of performing the field studies significantly differentiated the percentage of maize plants damaged by pests. The depth of NP fertilizer application did not have a significant impact on the number of plants damaged by the European maize borer [*Ostrinia nubilalis* (Hübner)], frit fly (*Oscinella frit* L.) and cereal leaf beetle (*Oulema melanopus*). Frit fly damaged plants fertilized with ammonium nitrate at higher degree than the plants fertilized with urea. In-season sidedress nitrogen application at the BBCH 15/16 growth stage increased the percentage of plants damaged by cereal leaf beetle compared to the pre-sowing N application. Regardless of the years of research and the NP fertilizer placement depth, significantly the smallest damage to plants caused by cereal leaf beetle was recorded for pre-sowing application of ammonium nitrate or urea and significantly the greatest when ammonium nitrate was applied in season at the BBCH 15/16 growth phase.

Key words: maize, fertilization placement depth, nitrogen, pests

Streszczenie

W pracy przedstawiono wyniki 4-letnich badań polowych, których celem była ocena wpływu głębokości umieszczania nawozu mineralnego, dwuskładnikowego (NP) w warstwie gleby, rodzaju nawozu azotowego oraz terminu jego aplikacji na występowanie szkodników w uprawie kukurydzy. Zmienne warunki pogodowe w latach badań, w istotny sposób różnicowały odsetek roślin kukurydzy uszkodzonych przez szkodniki. Głębokość aplikacji nawozu NP nie miała istotnego wpływu na ilość roślin uszkodzonych przez omacnicę prosowiankę [*Ostrinia nubilalis* (Hübner)], ploniarkę zbożówkę (*Oscinella frit* L.) i skrzyponkę zbożową (*Oulema melanopus*). Ploniarka zbożówka w większym stopniu uszkadzała rośliny nawożone saletrą amonową, w porównaniu do mocznika. Pogłówna aplikacja azotu w fazie BBCH 15/16 zwiększała odsetek roślin uszkodzonych przez skrzyponkę zbożową, w stosunku do przedsiewnej aplikacji tego składnika. Niezależnie od lat badań i głębokości aplikacji nawozu NP, istotnie najmniejsze uszkodzenia roślin przez skrzyponkę zbożową odnotowano po zastosowaniu saletry amonowej lub mocznika przed siewem kukurydzy, a istotnie największe, gdy zastosowano saletrę amonową w fazie BBCH 15/16.

Słowa kluczowe: kukurydza, głębokość nawożenia, azot, szkodniki

¹Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Katedra Agronomii
Dojazd 11, 60-632 Poznań

²Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Katedra Metod Matematycznych i Statystycznych
Wojska Polskiego 28, 60-637 Poznań

³Stacja Doświadczalna Oceny Odmian w Chrząstowie
Chrząstowo 8, 89-100 Nakło nad Notecią

*corresponding author: piotr.szulc@up.poznan.pl

ORCID: 0000-0002-9670-3231

Wstęp / Introduction

Jednym z podstawowych elementów agrotechniki roślin zbożowych decydującym o wielkości uzyskiwanego plonu ziarna o odpowiedniej jakości jest nawożenie (Ladha i wsp. 2005; Ciampitti i Vyn 2013). Kompleksowe, a zarazem pełne zaopatrzenie roślin w łatwo dostępne składniki pokarmowe decyduje o prawidłowym rozwoju systemu korzeniowego i przebiegu procesów fizjologicznych w roślinie, co przekłada się bezpośrednio na tworzenie plonu oraz odpowiednią jego jakość. Efektywność stosowanego nawożenia zależy między innymi od warunków glebowo-klimatycznych w okresie wegetacji oraz zastosowanych nawozów, które należy aplikować tak, aby pobieranie składników w nich zawartych przez rośliny przebiegało zgodnie z ich rytmem rozwojowym (Scharf i wsp. 2002; Ziadi i wsp. 2007). Aktualnie zwiększanie produkcji roślinnej, ukierunkowane jest na bardziej efektywne wykorzystanie składników z dawki nawozu mineralnego (Setiyono i wsp. 2010; Ciampitti i Vyn 2013). Stąd też stałym kierunkiem badań nad rolą azotu i fosforu w kształtowaniu produkcji roślinnej (plonu) jest wyznaczenie biologicznie i ekonomicznie uzasadnionych optymalnych jego dawek z uwzględnieniem czynników kształtujących pobranie i wykorzystanie tych pierwiastków z nawozów mineralnych (Setiyono i wsp. 2010; Belanger i wsp. 2011). Stosowane w praktyce rolniczej, przedsiewne i pogłównne nawożenie, prowadzi często do przedawkowania składnika pokarmowego i stwarza zagrożenie dla środowiska naturalnego (Szulc i Bocianowski 2014; Szulc i wsp. 2015, 2018). Nawożenie mineralne roślin uprawnych nie tylko kształtuje wielkość plonu, ale jest również bardzo ważnym czynnikiem modyfikującym ich zdrowotność (Bocianowski i wsp. 2016). Stosowanie zabiegów chemicznych w ochronie roślin przeciwko szkodnikom może być bardzo utrudnione i może wpływać na jakość uzyskanego ziarna. Do tego celu od 1 stycznia 2014 roku wykorzystywana jest tzw. integrowana ochrona roślin, wprowadzona do unijnego prawodawstwa mocą dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady nr 2009/128/WE (Dyrektywa 2009). W integrowanej ochronie kukurydzy przed chorobami i szkodnikami bardzo ważne jest prawidłowe nawożenie (żywienie) roślin. Decyduje ono nie tylko o wielkości plonu, ale zwiększa ponadto tolerancję roślin na porażenie przez choroby i żerowanie szkodników. Potwierdza to Krauss (2001), według którego stopień presji agrofaga na roślinę uprawną jest wypadkową stanu jej odżywienia. Dlatego tak ważnym elementem prac agronomicznych jest poszukiwanie alternatywnych metod ograniczania wpływu szkodników na rośliny uprawne. Hipoteza doświadczenia zakładała, że czynniki agrotechniczne (technika aplikacji nawozu, nawóz azotowy, termin aplikacji nawozu) mogą w istotny sposób kształtować występowanie szkodników na roślinach kukurydzy. Wrażliwość roślin na atak patogenów zdaniem Grzebisza i wsp. (2007) wynika nie tylko z jej cech

genetycznych, lecz także z warunków wzrostu dla obu grup organizmów (roślina – patogen).

Celem przeprowadzonych badań polowych była ocena występowania szkodników w uprawie kukurydzy w warunkach zastosowania zróżnicowanych czynników agrotechnicznych.

Materiały i metody / Materials and methods

Układ doświadczenia / Experimental design

Doświadczenie polowe wykonano w Katedrze Agronomii Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, na polach Zakładu Dydaktyczno-Doświadczalnego Gorzyń w latach 2015–2018. Prowadzono je przez 4 lata w tym samym schemacie, w układzie split-split-plot z trzema czynnikami, w 4 powtórzeniach polowych. Badano następujące zmienne: A – czynnik 1. rzędu – głębokość wysiewu nawozu NP [A1 – 0 cm (nawożenie rzutowe), A2 – 5 cm (rzędowe), A3 – 10 cm (rzędowe), A4 – 15 cm (rzędowe)]; B – czynnik 2. rzędu – rodzaj uzupełniającego nawozu azotowego [B1 – saletra amonowa, B2 – mocznik]; C – czynnik 3. rzędu – termin wysiewu uzupełniającej dawki azotu [C1 – przed siewem, C2 – pogłównie w fazie BBCH 15/16]. Na wszystkich obiektach doświadczalnych stosowano jednakowy poziom nawożenia w wysokości 100 kg N/ha, 70 kg P₂O₅/ha i 130 kg K₂O/ha. Nawożenie bilansowano względem fosforu, który w całości w wymaganej dawce zastosowano w formie fosforanu amonu (18% N, 46% P₂O₅), zgodnie ze schematem doświadczenia w ramach czynnika 1. rzędu. Nawożenie N i K wykonano przed siewem kukurydzy i zastosowano w formie mocznika (46% N) oraz soli potasowej (60% K₂O). Głębokość aplikacji nawozu NP została wykonana zgodnie z poziomami czynnika 1. rzędu. Siew kukurydzy wykonano siewnikiem punktowym, z nabudowanym aplikatorem nawozów granulowanych firmy Monosem. Glebę pola doświadczalnego zaliczono do IV kompleksu przydatności rolniczej (żytni bardzo dobry) oraz klasy bonitacyjnej IIIb. Siew kukurydzy wykonano w następujących terminach: 2015 (24.IV), 2016 (28.IV), 2017 (25.IV), 2018 (24.IV), natomiast omlotu kukurydzy na ziarno dokonano: 2015 (6.X), 2016 (28.IX), 2017 (17.X), 2018 (3.IX).

Warunki meteorologiczne / Meteorological conditions

Warunki termiczne podczas wegetacji kukurydzy w latach prowadzenia badań były zbliżone do siebie i wynosiły średnio 15,2°C w roku 2015; 15,6°C w roku 2016; 14,2°C w roku 2017 oraz 16,6°C w roku 2018 (tab. 1). Zdecydowanie większe różnice pomiędzy latami badań wystąpiły w sumie opadów atmosferycznych. Największą ich sumę odnotowano w roku 2017 (553,0 mm), natomiast najmniejszą sumę opadów atmosferycznych odnotowano w pierwszym i ostatnim roku badań: odpowiednio 279,3 mm oraz 230,3 mm (tab. 1). Wyliczone współczynniki hydrotermiczne zabez-

Tabela 1. Warunki pogodowe w latach badań
Table 1. Weather conditions during the years of the study

Rok Year	Temperatura – Temperature [°C]							
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	średnia/suma mean/sum
2015	9,3	13,9	16,9	20,1	23,4	15,2	8,2	15,2
2016	9,6	16,3	19,9	20,3	19	17,3	8,4	15,8
2017	7,3	13,7	17,4	18,0	18,9	13,3	10,6	14,2
2018	12,9	16,9	18,5	20,2	21,3	15,8	10,9	16,6
Opady – Precipitation [mm]								
2015	17,6	27,2	66,6	85,4	35,4	28,1	19	279,3
2016	47,3	47,3	123,8	132,8	50,3	4,6	105	511,1
2017	40,6	56,8	68,2	168,0	82,0	45,6	91,8	553,0
2018	36,2	17,4	25,6	70,5	11,6	44,2	24,8	230,3
Wartość wskaźnika Sielianinowa w okresie wegetacji kukurydzy – Values of the Selyaninov HTC coefficient during maize vegetation								
2015	0,63	0,63	1,31	1,37	0,48	0,61	0,74	0,82
2016	1,64	0,93	2,07	2,11	0,85	0,08	4,03	1,67
2017	1,85	1,33	1,30	3,01	1,39	1,14	2,79	1,82
2018	0,93	0,33	0,46	1,12	0,17	0,93	0,73	0,67

pieczenia w wodę według Sielianinowa (Molga 1986) (tab. 1) uwzględniające w sposób kompleksowy zarówno temperatury powietrza, jak i opady atmosferyczne pozwoliły stwierdzić, że warunki pogodowe dla wzrostu i rozwoju kukurydzy w dwóch latach badań były korzystne (2016–2017), natomiast w latach 2015 i 2018 były niekorzystne ze względu na okresowe niedobory wilgoci w glebie.

Analiza statystyczna / Data analysis

Ze względu na uzyskane dane, mające rozkład dwumianowy wyrażony w procentach (0–20%) zastosowano transformację Bliss'a ($\text{Arc sin } \sqrt{x}$) (tab. 3–5). Na przekształconych danych wykonano czterokierunkową analizę wariancji (ANOVA) zgodnie z układem doświadczenia. Dla efektów głównych i interakcyjnych, istotnych przy poziomie istotności $\alpha = 0,01$ lub $\alpha = 0,05$, zastosowano odpowiednio procedurę HSD Tukeya (STATISTICA v. 13). W pracy notowano wyłącznie liczbę roślin, które zostały zaatakowane przez danego szkodnika, a wynik wyrażono w procentach uszkodzenia roślin. W fazie BBCH 17/18 oceniano występowanie ploniarzki zbożówki i skrzypionki zbożowej, natomiast występowanie omacnicy prosowianki w fazie BBCH 87–89.

Wyniki i dyskusja / Results and discussion

W wyniku przeprowadzonych czteroletnich badań polowych stwierdzono, że niezależnie od głębokości aplikacji nawozu NP, rodzaju nawozu azotowego oraz terminu aplikacji uzupełniającej dawki azotu, istotnie największe uszkodzenia

roślin przez szkodniki wystąpiły: w roku 2016 dla *Ostrinia nubilalis* Hbn., w latach 2016–2017 dla *Oscinella frit* L. oraz w latach 2016–2018 dla *Oulema melanopus* (tab. 2, 3). W badaniach własnych nie stwierdzono istotnego wpływu badanych czynników doświadczenia oraz ich interakcji na procent roślin uszkodzonych przez *O. nubilalis*. Ploniarzka zbożówka natomiast, silniej uszkodziła rośliny kukurydzy w roku 2016 (7,31%) i 2017 (8,30%), natomiast najmniejszą presję tego szkodnika odnotowano w roku 2015 (3,50%) i 2018 (1,75%) (tab. 3). Według Beresia (2011), występowanie *O. frit* zależy ściśle od warunków pogodowych panujących wczesną wiosną. Wilgotna i chłodna wiosna w początkowych fazach rozwojowych kukurydzy zwiększa uszkodzenie roślin przez tego szkodnika (Szulc i Bocianowski 2014), co wykazano w badaniach własnych. Niezależnie od lat badań, wpływ głębokości aplikacji nawozu NP nie różnicował uszkodzeń przez tego szkodnika. Stwierdzono, że niezależnie od lat badań *O. frit* silniej uszkodziła rośliny, gdy zastosowano jako nawóz azotowy saletrę amonową (5,67%), w stosunku do mocznika (4,76%). Z kolei większą presję skrzypionki zbożowej odnotowano, gdy zastosowano azot w fazie 5–6 liści rośliny (BBCH 15/16), w stosunku do aplikacji tego składnika przed siewem kukurydzy (tab. 3). W badaniach własnych, niezależnie od lat badań, termin zastosowania uzupełniającej dawki azotu nie różnicował procentu roślin uszkodzonych przez *O. nubilalis* (tab. 4). Z kolei we wcześniejszej pracy autora (Szulc 2013) stosowanie PK przed siewem i N w fazie BBCH 15/16 w istotny sposób zwiększało ilość uszkodzeń roślin kukurydzy powodowanych przez *O. nubilalis*, w porównaniu do przedsięwziętej aplikacji NPK. Szkodliwość tego gatunku wiąże się ze wzrostem

Tabela 2. Uszkodzenia roślin przez szkodniki i wyniki analizy wariancji
Table 2. Damage of plants caused by pests and ANOVA results

Źródła zmienności Sources of variations	Stopnie swobody Degrees of freedom	Średnie kwadraty Mean squares		
		omacnica prosowianka European corn borer	ploniarka zbożówka frit fly	skrzypionka zbożowa cereal leaf beetle
Bloki – Blocks	3	0,0016	0,0141	0,0001
Y – Lata – Years	3	0,2936**	0,3879**	0,0584**
Błąd 1 – Error 1	9	0,0287	0,0140	0,0066
A	3	0,0110	0,0153	0,0052
Y × A	9	0,0138	0,0085	0,0070
Błąd 2 – Error 2	36	0,0069	0,0065	0,0063
B	1	0,0060	0,0358**	0,0094
Y × B	3	0,0167	0,0020	0,0022
A × B	3	0,0009	0,0029	0,0025
Y × A × B	9	0,0053	0,0034	0,0025
Błąd 3 – Error 3	48	0,0076	0,0036	0,0028
C	1	0,0045	0,0105	0,1711**
Y × C	3	0,0088	0,0084*	0,0321**
A × C	3	0,0013	0,0041	0,0037
B × C	1	0,0028	0,0069	0,0293**
Y × A × C	9	0,0046	0,0038	0,0008
Y × B × C	3	0,0040	0,0181**	0,0015
A × B × C	3	0,0060	0,0002	0,0034
Y × A × B × C	9	0,0053	0,0026	0,0033
Błąd 4 – Error 4	96	0,0040	0,0027	0,0027

*różnice istotne dla $p < 0,05$ – significant differences at p-value $< 0,05$

**różnice istotne dla $p < 0,01$ – significant differences at p-value $< 0,01$

Tabela 3. Średnie wartości uszkodzenia roślin przez szkodniki dla lat i pozostałych czynników
Table 3. Mean values of damage of plants caused by insects for the years and other factors

Czynniki Factors	Poziomy czynników The levels of the factors	Omacnica prosowianka European corn borer		Ploniarka zbożówka Frit fly		Skrzypionka zbożowa Cereal leaf beetle	
		[%]	°Bliss	[%]	°Bliss	[%]	°Bliss
Y	2015	6,24	0,23 b	3,50	0,18 bc	1,53	0,10 b
	2016	14,27	0,38 a	7,31	0,26 ab	2,55	0,15 ab
	2017	6,04	0,24 b	8,30	0,29 a	3,40	0,17 a
	2018	6,00	0,24 b	1,75	0,12 c	2,91	0,15 ab
A	A1	9,01	0,29 a	4,08	0,19 a	2,31	0,13 a
	A2	7,98	0,27 a	5,59	0,22 a	2,68	0,15 a
	A3	7,33	0,26 a	6,04	0,23 a	2,71	0,15 a
	A4	8,23	0,28 a	5,15	0,21 a	2,69	0,15 a
B	B1	8,46	0,28 a	5,67	0,22 a	2,82	0,15 a
	B2	7,82	0,27 a	4,76	0,20 b	2,38	0,14 a
C	C1	7,97	0,27 a	5,00	0,20 a	1,97	0,12 b
	C2	8,30	0,28 a	5,43	0,22 a	3,23	0,17 a

Wartości w kolumnach oznaczone co najmniej jedną taką samą literą nie różnią się istotnie ($\alpha = 0,01$)

Values in columns marked with at least the same letter do not differ significantly ($\alpha = 0,01$)

Tabela 4. Średnie wartości uszkodzenia roślin przez szkodniki dla kombinacji Y × C i B × C

Table 4. Mean values of damage of plants caused by insects for the combinations Y × C and B × C

Lata Years	Termin aplikacji azotu The date of nitrogen application	Omacnica prosowianka European corn borer		Ploniarka zbożówka Frit fly		Skrzypionka zbożowa Cereal leaf beetle	
		[%]	°Bliss	[%]	°Bliss	[%]	°Bliss
2015	C1	5,48	0,22 a	2,61	0,16 c	0,72	0,06 d
	C2	6,99	0,25 a	4,38	0,20 b	2,33	0,15 abc
2016	C1	14,80	0,38 a	7,31	0,26 a	1,69	0,13 bc
	C2	13,75	0,37 a	7,31	0,26 a	3,40	0,18 a
2017	C1	5,48	0,23 a	8,49	0,29 a	3,72	0,18 a
	C2	6,60	0,26 a	8,12	0,28 a	3,09	0,17 ab
2018	C1	6,12	0,25 a	1,58	0,11 d	1,74	0,11 c
	C2	5,88	0,24 a	1,92	0,12 cd	4,08	0,19 a
Rodzaj azotu nawozowego Type of nitrogen fertilizer	termin aplikacji azotu the date of nitrogen application	omacnica prosowianka European corn borer		ploniarka zbożówka frit fly		skrzypionka zbożowa cereal leaf beetle	
		[%]	°Bliss	[%]	°Bliss	[%]	°Bliss
B1	C1	8,50	0,28 a	5,36	0,21 a	1,83	0,11 c
	C2	8,42	0,28 a	5,97	0,23 a	3,81	0,19 a
B2	C1	7,44	0,26 a	4,64	0,20 a	2,10	0,12 c
	C2	8,19	0,28 a	4,88	0,20 a	2,65	0,15 b

Wartości w kolumnach oznaczone co najmniej jedną taką samą literą nie różnią się istotnie ($\alpha = 0,05$ lub $\alpha = 0,01$)
 Values in columns marked with at least the same letter do not differ significantly ($\alpha = 0,05$ or $\alpha = 0,01$)

Tabela 5. Średnie wartości uszkodzenia roślin przez ploniarkę zbożówkę dla kombinacji Y × B × C

Table 5. Mean values of damage of plants caused by frit fly for the combination Y × B × C

B	C	Lata – Years							
		2015		2016		2017		2018	
		[%]	°Bliss	[%]	°Bliss	[%]	°Bliss	[%]	°Bliss
B1	C1	2,38	0,15 d	8,22	0,29 a	9,14	0,30 a	1,70	0,11 d
	C2	5,63	0,24 abc	6,52	0,25 a	9,42	0,31 a	2,33	0,14 d
B2	C1	2,84	0,16 cd	6,39	0,24 ab	7,85	0,28 a	1,46	0,11 d
	C2	3,12	0,17 bcd	8,09	0,28 a	6,81	0,26 a	1,51	0,10 d

Wartości w kolumnach oznaczone co najmniej jedną taką samą literą nie różnią się istotnie ($\alpha = 0,01$)
 Values in columns marked with at least the same letter do not differ significantly ($\alpha = 0,01$)

podatności uszkodzonych roślin na porażenie przez choroby, których sprawcy mogą wytwarzać mikotoksyny, zwłaszcza grzyby odpowiedzialne za rozwój fuzariozy kolb oraz zgnilizny korzeni i zgorzeli podstawy łodygi (Dorn i wsp. 2009; Scauflaire i wsp. 2011; Mesterházy i wsp. 2012). *Oscinella frit* silniej uszkodziła rośliny w latach 2016–2017, przy czym termin aplikacji dawki azotu nie miał istotnego wpływu na wartość tej cechy. Istotnie najmniejsze uszkodzenia roślin przez *O. frit* odnotowano w roku 2018, niezależnie od terminu zastosowania dawki azotu. Natomiast istotnie najmniejsze uszkodzenia roślin kukurydzy przez *O. melanopus* wystąpiły w roku 2015, gdy zastosowano azot

przed siewem kukurydzy. Zaobserwowano również (tab. 4), niezależnie od lat badań i głębokości aplikacji nawozu NP, istotnie najmniejsze uszkodzenia roślin przez tego szkodnika po zastosowaniu saletry amonowej lub mocznika przed siewem kukurydzy, a istotnie największe, gdy zastosowano saletrę amonową w fazie BBCH 15/16. Procent roślin uszkodzonych przez *O. frit* w istotny sposób kształtowany był zmiennymi warunkami pogodowymi w latach badań, rodzajem nawozu azotowego oraz terminem zastosowania uzupełniającej dawki azotu (tab. 5). Stwierdzono, że istotnie największe uszkodzenia roślin przez tego szkodnika wystąpiły w roku 2015, gdy zastosowano saletrę amonową w fazie

5–6 liści rośliny (BBCH 15/16) oraz w latach 2016–2017, przy czym rodzaj nawozu azotowego oraz termin zastosowania uzupełniającej dawki azotu nie miały istotnego znaczenia. Istotnie najmniejsze uszkodzenia roślin przez *O. frit* zaobserwowano w 2015 roku, gdy zastosowano kombinację nawozową – saletra amonowa z przedsięwną aplikacją azotu oraz w 2018 roku, gdzie kombinacja obu tych czynników agrotechnicznych nie różnicowała wielkości uszkodzeń roślin kukurydzy przez tego szkodnika.

Wnioski / Conclusions

1. Procent roślin uszkodzonych przez szkodniki wykazywał zmienną reakcję na warunki pogodowe oraz czynniki doświadczalne.

2. Nie wykazano istotnego wpływu głębokości aplikacji nawozu NP na odsetek roślin kukurydzy uszkodzonych przez *O. nubilalis*, *O. frit* i *O. melanopus*.
3. Zastosowanie saletry amonowej w stosunku do mocznika zwiększało liczbę roślin kukurydzy uszkodzonych przez *O. frit*.
4. Aplikacja azotu w fazie BBCH 15/16 zwiększała presję *O. melanopus* na kukurydzy, w porównaniu do przedsięwnej aplikacji tego składnika.
5. Niezależnie od lat badań i głębokości aplikacji nawozu NP, istotnie najmniejsze uszkodzenia roślin przez *O. melanopus* odnotowano po zastosowaniu saletry amonowej lub mocznika przed siewem kukurydzy, a istotnie największe, gdy zastosowano saletrę amonową w fazie BBCH 15/16.

Literatura / References

- Belanger G., Claessens A., Ziadi N. 2011. Relationship between P and N concentration in maize and wheat leaves. *Field Crops Research* 123 (1): 28–37. DOI: 10.1016/j.fcr.2011.04.007
- Bereś P.K. 2011. Usefulness of selected seed dressing insecticides for integrated maize (*Zea mays* L.) protection against frit fly (*Oscinella frit* L.). [Przydatność wybranych insektycydowych zapraw nasiennych w integrowanej ochronie kukurydzy (*Zea mays* L.) przed ploniarzką zbożówką (*Oscinella frit* L.)]. *Acta Scientiarum Polonorum, Agricultura* 10 (4): 15–23.
- Bocianowski J., Szulc P., Tratwal A., Nowosad K., Piesik D. 2016. The influence of potassium to mineral fertilizers on the maize health. *Journal of Integrative Agriculture* 15 (6): 1286–1292. DOI: 10.1016/S2095-3119(15)61194-7
- Ciampitti I.A., Vyn T.J. 2013. Maize nutrient accumulation and partitioning in response to plant density and nitrogen rate: II. Calcium, magnesium, and micronutrients. *Agronomy Journal* 105 (6): 1645–1657. DOI: 10.2134/agronj2013.0126
- Dorn B., Forrer H.R., Schürch S., Vogelgsang S. 2009. Fusarium species complex on maize in Switzerland: occurrence, prevalence, impact and mycotoxins in commercial hybrids under natural infection. *European Journal of Plant Pathology* 125: 51–61. DOI: 10.1007/s10658-009-9457-8
- Dyrektywa 2009. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/128/WE z dnia 21.10.2009 roku ustanawiająca ramy wspólnotowego działania na rzecz zrównoważonego stosowania pestycydów (Dz.U. UE L 309/71 z 24.11.2009 r.).
- Grzebisz W., Barłóg P., Waszak M., Łukowiak R. 2007. Homeostaza żywieniowa a odporność roślin uprawnych na stresy biotyczne. [Nutritional homeostasis and plant crops resistance to biotic stresses]. *Fragmenta Agronomica* 24 (3): 136–143.
- Krauss A. 2001. Potassium and biotic stress. 1st FAUBA – Fertilizer – IPI Workshop on Potassium in Argentina Agricultural System. Buenos Aires, Argentyna, November 20–21, 2001, 11 ss.
- Ladha K.J., Pathak H., Krupnik J.T., Six J., Van Kessel Ch. 2005. Efficiency of fertilizer nitrogen in cereal production: retrospects and prospects. *Advances in Agronomy* 87: 85–156. DOI: 10.1016/s0065-2113(05)87003-8
- Mesterházy Á., Lemmens M., Reid L.M. 2012. Breeding for resistance to ear rots caused by *Fusarium* spp. in maize – a review. *Plant Breeding* 131 (1): 1–19. DOI: 10.1111/j.1439-0523.2011.01936.x
- Molga M. 1986. *Meteorologia rolnicza*. Powszechnie Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa: 470–475.
- Scaufflaire J., Mahieu O., Louveaux J., Foucart G., Renard F., Munaut F. 2011. Biodiversity of *Fusarium* species in ears and stalks of maize plants in Belgium. *European Journal of Plant Pathology* 131: 59–66. DOI: 10.1007/s10658-011-9787-1
- Scharf P.C., William J., Wiebold J., Lory J.A. 2002. Corn yield response to nitrogen fertilizer timing and deficiency level. *Agronomy Journal* 94 (3): 435–441. DOI: 10.2134/agronj2002.4350
- Setiyono T.D., Walters D.T., Cassman K.G., Witt C., Dobermann A. 2010. Estimating maize nutrient uptake requirements. *Field Crops Research* 118 (2): 158–168. DOI: 10.1016/j.fcr.2010.05.006
- Szulc P. 2013. Nawożenie organiczne i mineralne kukurydzy kształtujące występowanie chorób fuzaryjnych (*Fusarium* spp.) oraz omacnicy prosowianki (*Ostrinia nubilalis* Hbn.). [Organic and mineral fertilization of maize affecting prevalence of fusarium diseases (*Fusarium* spp.) and European corn borer (*Ostrinia nubilalis* Hbn.)]. *Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin* 53 (3): 498–502. DOI: 10.14199/ppp-2013-053
- Szulc P., Bocianowski J. 2014. Susceptibility of maize hybrids (*Zea mays* L.) to frit fly (*Oscinella frit* L.) under conditions of diversified nitrogen content in the soil and different types of nitrogen fertilizers. [Podatność mieszańców kukurydzy (*Zea mays* L.) na ploniarzkę zbożówkę (*Oscinella frit* L.) w warunkach zróżnicowanej zasobności gleby w azot i rodzaj nawozu azotowego]. *Acta Scientiarum Polonorum, Agricultura* 13 (2): 63–77.
- Szulc P., Rybus-Zajac M., Jagła M. 2015. Influence of maize hybrid type (*Zea mays* L.) and N dose on nitrogen eutrophication of the environment. *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities* 18 (2): #08.
- Szulc P., Waligóra H., Michalski T., Bocianowski J., Rybus-Zajac M., Wilczewska W. 2018. The size of the N_{min} soil pool as a factor impacting nitrogen utilization efficiency in maize (*Zea mays* L.). *Pakistan Journal of Botany* 50 (1): 189–198.
- Ziadi N., Bélanger G., Cambourus A.N., Tremblay N., Nolin M.C., Claessens A. 2007. Relationship between P and N concentrations in corn. *Agronomy Journal* 99 (3): 833–841. DOI: 10.2134/agronj2006.0199