

Received: 03.02.2022 / Accepted: 28.04.2022

ARTYKUŁ ORYGINALNY

Występowanie chorób kukurydzy (*Zea mays* L.) powodowanych przez grzyby na polach prowadzonych w wieloletniej monokulturze w południowo-wschodniej Polsce w latach 2010–2021

Occurrence of maize (*Zea mays* L.) diseases caused by fungi on long-term monoculture fields in south-eastern Poland in 2010–2021

Paweł K. Beres^{1,A*}, Łukasz Siekaniec^{1,B}, Łukasz Kontowski²

Streszczenie

Celem badań był monitoring występowania chorób kukurydzy powodowanych przez grzyby prowadzony w południowo-wschodniej Polsce. Obserwacje wykonano w latach 2010–2021 na dwóch polach prowadzonych w wieloletniej monokulturze w miejscowościach Krzeczowice i Nienadówka. Oceny zdrowotności wykonywano na odmianach kukurydzy San (FAO 240) oraz Ronaldinio (FAO 260). Stwierdzono symptomy: główni kukurydzy (*Ustilago maydis*), główni pyłacej kukurydzy (*Sphacelotheca reiliana*), drobnej plamistości liści kukurydzy (*Kabatiela zaeae*), żółtej plamistości liści kukurydzy (*Helminthosporium* spp.), rdzy kukurydzy (*Puccinia sorghi*), fuzariozy kolb oraz zgnilizny korzeni i zgorzeli podstawy łodygi wywoływanych przez grzyby rodzaju *Fusarium*. Dominującymi chorobami były: fuzarioza kolb, zgnilizna korzeni i zgorzel podstawy łodygi oraz głównia kukurydzy. Najpowszechniej obserwowaną chorobą była drobna plamistość liści. Pojawowi tych chorób sprzyjały niektóre czynniki meteorologiczne, jak gradobicie oraz żerowanie szkodników, zwłaszcza ploniarki zbożówki, mszyc i omacnicy prosowianki.

Słowa kluczowe: kukurydza, patogeny, choroby, Polska, monitoring zdrowotności

Abstract

The aim of the study was monitoring of the occurrence of fungal diseases of maize in south-eastern Poland. The observations were made in 2010–2021 in two fields conducted in a long-term monoculture in the Krzeczowice and Nienadówka. The health analyses were performed on the San (FAO 240) and Ronaldinio (FAO 260) maize varieties. The following maize diseases have been found: common smut of maize (*Ustilago maydis*), corn head smut (*Sphacelotheca reiliana*), eyespot (*Kabatiela zaeae*), northern corn leaf spot (*Helminthosporium* spp.), common rust of maize (*Puccinia sorghi*), fusarium ear rot and fusarium stalk rot caused by fungi of the genus *Fusarium*. The most dangerous diseases are fusarium ear rot, fusarium stalk rot and common smut of maize. The most common fungal disease was eyespot. The appearance of these diseases was favored by some meteorological factors, such as hailstorm and pest feeding, especially frit fly, aphids, and European corn borer.

Key words: maize, pathogens, diseases, Poland, health monitoring

¹Instytut Ochrony Roślin – Państwowy Instytut Badawczy
Terenowa Stacja Doświadczalna w Rzeszowie
ul. Gen. Langiewicza 28, 35-101 Rzeszów

²Indywidualne gospodarstwo rolne
Szałkowo 36A, 14-200 Iława

*corresponding author: p.beres@iorpib.poznan.pl

ORCID: ^A0000-0001-9999-4137, ^B0000-0001-5070-6149

Wstęp / Introduction

Kukurydza (*Zea mays* L.) to druga po pszenicy ozimej najważniejsza roślina rolnicza w Polsce z arealem zasiewów przekraczającym od 2012 roku milion hektarów, ale zarazem jest to uprawa zbożowa najwyżej plonująca (GUS 2019). W 2021 roku Polska stała się trzecim producentem kukurydzy w Unii Europejskiej, po Francji i Rumunii, z powierzchnią zasiewów z przeznaczeniem na ziarno i kiszonkę wynoszącą łącznie 1,7 mln ha (GUS 2021).

Wyróżnia się kilka podgatunków kukurydzy uprawnej, a w Polsce, podobnie jak w większości krajów świata, uprawia się mieszańce *Zea mays* ssp. *indurata* i *Zea mays* ssp. *indentata*. Na znacznie mniejszą skalę wysiewa się kukurydzę cukrową (*Zea mays* ssp. *saccharata*) oraz kukurydzę pękającą (*Zea mays* ssp. *evarta*) (Klimek-Kopyra i wsp. 2012; Skwarek i Pipiak 2020). Dwa ostatnie podgatunki kukurydzy nie są objęte analizą Głównego Urzędu Statystycznego pod kątem arealu uprawy i wielkości plonów, niemniej Borowiak (2015) wskazuje, że kukurydza cukrowa była w 2012 roku uprawiana na obszarze około 6 tys. ha, a obecnie wskazuje się jej areal na około 8 tys. ha (Waligóra 2021).

Kukurydza jest siana na obszarze całego kraju. Szczególnie szybko rozwinęła się jej uprawa na północy Polski. Nadal daje się zauważyć regionalne zróżnicowanie doboru odmian do uprawy tej rośliny w zależności od kierunku produkcji. Na południu i w pasie centralnym przeważa uprawa na ziarno, natomiast na północy Polski na cele kiszonkowe, co ma związek z produkcją bydła (Książak 2008). Kukurydza obok wykorzystania na paszę ma szerokie zastosowanie w różnych gałęziach przemysłu, od spożywczego, przez chemiczny, farmaceutyczny po energetyczny i rynek biopaliw. W ramach jej przetwórstwa uzyskuje się różne półprodukty lub od razu produkt gotowy do zastosowania (Dubas 2003; Skwarek i Pipiak 2020).

Najprawdopodobniej w najbliższych latach, także w związku ze zmianami klimatycznymi, a także funkcjonowaniem rolniczych biogazowni, znaczenie uprawy kukurydzy będzie wzrastało, podobnie jak jej przetwórstwo. Z tego powodu konieczne stanie się dostarczanie na rynek surowca w odpowiedniej ilości oraz o jak najlepszych parametrach jakościowych, w tym wolnego od obecności mykotoksyn. Nie jest to zadanie łatwe, gdyż obok czynników pogodowych, coraz większym zagrożeniem dla roślin stają się organizmy szkodliwe obejmujące chwasty, patogeny i szkodniki (Lisowicz i Tekiel 2004). Aktualnie, w uprawach tej rośliny notuje się około 100 gatunków chwastów, 15 jednostek chorobowych wywoływanych przez mikroorganizmy oraz około 100 gatunków fitofagów (Bereś i wsp. 2019a). Występowaniu wielu gatunków agrofagów sprzyja uprawa kukurydzy w monokulturze, w tym niektóre gatunki są wręcz od niej uzależnione, stąd też wskazuje się, że rezygnacja z siewu kukurydzy po sobie jest kluczowym zabiegiem agrotechnicznym w integrowanej ochronie roślin (Mrówczyński

2013). Według wytycznych Wspólnej Polityki Rolnej Unii Europejskiej na lata 2014–2020 kukurydzę zaklasyfikowano do roślin paszowych, których uprawa nie wymaga obowiązkowego stosowania zmianowania. Jak wskazują jednak Blecharczyk i Pudełko (1997), nawet uproszczony płodozmian w uprawie kukurydzy pozwala jej plonować o 10–30% wyżej niż w monokulturze.

Patogeny kukurydzy, to coraz ważniejsza grupa agrofagów tej rośliny. Plantacje mogą być opanowywane przez blisko 400 gatunków patogenów należących do królestw: Fungi, Protista i Monera (Korbas 2006). Aktualnie, małe znaczenie gospodarcze mają choroby wywoływane przez wirusy i bakterie patogeniczne (Bereś i wsp. 2019a).

Obecnie stwierdzanymi w Polsce chorobami powodowanymi przez grzyby są: drobna plamistość liści kukurydzy (*Kabatiela zae* Narita & Hiratsuka), fuzarioza kolb kukurydzy (*Fusarium* spp.), głownia kukurydzy [*Ustilago maydis* (D.C.) Corda], głownia pyłaca kukurydzy [*Sphacelotheca reiliana* (Kühn) Clint.], rdza kukurydzy (*Puccinia sorghi* Schw.), zgnilizna korzeni i zgorzel podstawy łodygi (*Fusarium* spp.) określana mianem fuzariozy łodyg, zgorzel siewek (*Fusarium* spp., *Pythium* spp.) oraz żółta plamistość liści kukurydzy [*Helminthosporium turcicum* (Pass.) K.J. Leonard & Suggs, *Helminthosporium* spp.] (Lisowicz 2000; Korbas 2006; Korbas i wsp. 2015, 2016; Bereś i wsp. 2019a). Ponadto, w uprawach kukurydzy notowane są objawy choroby szalonych wiech, które są powodowane przez organizm grzybopodobny *Sclerophthora macrospora* (Sacc.) Thirum (Korbas i wsp. 2016).

Aktualnie w Polsce nie jest prowadzony ogólnokrajowy monitoring występowania chorób kukurydzy, stąd też brakuje szczegółowych informacji o poziomie nasilenia występowania patogenów i ich szkodliwości w zmiennych warunkach pogodowych, na różnych odmianach w poszczególnych regionach kraju. Szczątkowych informacji o chorobach tej rośliny na obszarze kraju dostarcza na ten moment jedynie Platforma Sygnalizacji Agrofagów IOR – PIB, co jest dalece niewystarczające w prognozowaniu nasilenia pojawu i terminu ograniczania objawów chorób. O znaczeniu monitoringu i konieczności jego wprowadzenia na szeroką skalę świadczą badania rejestracyjne odmian kukurydzy prowadzone przez Centralny Ośrodek Badania Odmian Roślin Uprawnych w Słupi Wielkiej, gdzie każda z odmian ziarnowych predysponująca do wpisu do Krajowego Rejestru Odmian jest analizowana pod kątem podatności na fuzariozę (łodyg i kolb) oraz głownię kukurydzy (na kolbach i łodygach) (Lista 2021).

Choroby wpływają bezpośrednio i pośrednio na wielkość i jakość plonu ziarna oraz zielonej masy kukurydzy. Ich pojawowi sprzyjają uszkodzenia mechaniczne tkanek powodowane przez czynniki pogodowe, zabiegi pielęgnacyjne, czy też szkodniki. Szacuje się, że sprawcy chorób razem ze szkodnikami mogą w wybranych latach obniżyć wysokość plonu ziarna o 20–50% (Lisowicz i Tekiel 2004),

a w lata sprzyjające niektórym patogenom nawet o 80% (Korbas 2006). Epidemiczne pojawy chorób np. głowni kukurydzy zdarzają się rzadko, ale wówczas straty w plonach mogą sięgnąć nawet 100% (Michalski i wsp. 2018).

Pod kątem zagrożenia dla wysokości i jakości plonów kukurydzy oraz zachowania jego bezpieczeństwa toksykologicznego, największe znaczenie gospodarcze mają dwie choroby wywoływane przez grzyby rodzaju *Fusarium*. Są to fuzarioza kolb oraz zgnilizna korzeni i zgorzel podstawy łodygi, których sprawcy mogą wytwarzać i kumulować w plonie groźne mykotoksyny (Logrieco i wsp. 2002; Tekieła i wsp. 2005, 2010; Korbas i wsp. 2016). W Polsce głównymi sprawcami fuzarioz są: *Fusarium graminearum*, wytwarzający m.in. deoksynivalenol (DON), niwalenol (NIV) i zearalenon (ZEA) oraz *Fusarium verticillioides*, syntetyzujący fumonizyny (FUM) (Chelkowski i wsp. 2002; Wit i wsp. 2007; Góral i wsp. 2014). Obok nich mogą występować inne grzyby tego rodzaju np. *Fusarium moniliforme*, którego wektorem mogą być gąsienice *Ostrinia nubilalis* (Sobek i Munkvold 1999).

Celem wykonanych badań był monitoring występowania i ocena poziomu nasilenia chorób powodowanych przez grzyby na plantacjach kukurydzy prowadzonych w wieloletniej monokulturze na terenie południowo-wschodniej Polski, w województwie podkarpackim.

Materiały i metody / Materials and methods

Badania wykonano w latach 2010–2021 w południowo-wschodniej Polsce, w województwie podkarpackim w miejscowościach Krzeczowice oraz Nienadówka oddalonych od siebie o ponad 50 km w linii prostej. W obu miejscowościach kukurydza uprawiana była po sobie. W Krzeczowicach badania rozpoczęto na polu prowadzonym od 4 lat w monokulturze, natomiast w Nienadówce siew w tym uproszczeniu rozpoczął od 2010 roku. Do końca 2021 roku w Krzeczowicach i Nienadówce plantacje prowadzone były odpowiednio w 15-letniej i 12-letniej monokulturze.

W Krzeczowicach kukurydza wysiewana była na glebie klasy II, natomiast w Nienadówce na glebie o klasie bonitacyjnej IIIb. Siewy wykonywane były zawsze w drugiej połowie kwietnia, z wyjątkiem roku 2021, gdy z uwagi na warunki pogodowe przeprowadzono je dopiero w pierwszych dniach maja.

W latach 2010–2019 obserwacje prowadzono na średniowczesnej odmianie kukurydzy San (FAO 240), natomiast w latach 2020–2021 na odmianie średniopóźnej Ronaldinio (FAO 260). Uprawę obu pól prowadzono w sposób tradycyjny z rozdrabnianiem resztek poźniowych i wykonywaniem orki zimowej.

Obserwacje corocznie prowadzono na wydzielonych stanowiskach, na których nie stosowano ochrony roślin przed chorobami i szkodnikami. W każdej lokalizacji po-

wierzchnia doświadczalna wynosiła 0,5 ha i była zbliżona do kwadratu.

Dla potrzeb monitoringu występowania objawów chorób prowadzono bezpośrednie obserwacje roślin od siewu aż do zbioru plonu. Obserwacjami objęto symptomy: głowni kukurydzy, głowni pylącej kukurydzy, drobnej plamistości liści, żółtej plamistości liści, rdzy kukurydzy, fuzariozy kolb oraz zgnilizny korzeni i zgorzeli podstawy łodygi.

Analizy makroskopowe roślin wykonywano co 7–10 dni przez cały sezon wegetacyjny obserwując pojaw i nasilenie objawów chorobowych. Analizom każdorazowo poddawano losowo po 100 roślin w czterech miejscach plantacji. Zwracano szczególną uwagę na termin pojawu pierwszych objawów chorobowych w danym sezonie wegetacyjnym, co zaprezentowano w tabeli 1.

W każdym sezonie wegetacyjnym, poziom nasilenia objawów chorobowych powodowanych przez patogeny był ustalany jednorazowo w optymalnym dla danego agrofaga momencie. Procentowy udział roślin z objawami chorób liści ustalono w fazie dojrzewania ziarniaków (BBCH 83–85) (Adamczewski i Matysiak 2002), zanim blaszki liściowe zaczęły naturalnie zasychać. W tym to czasie objawy chorobowe były najlepiej widoczne. W przypadku głowni kukurydzy, głowni pylącej, fuzariozy kolb oraz zgnilizny korzeni i zgorzeli podstawy łodygi, obserwacje z tego zakresu wykonano w fazie pełnej dojrzałości ziarna (BBCH 89).

Średni stopień opanowania blaszek liściowych przez patogeny szacowano w fazie BBCH 83–85, natomiast porażonych ziarniaków na kolbach w fazie BBCH 89. Do określenia nasilenia występowania drobnej plamistości liści, żółtej plamistości liści oraz rdzy kukurydzy zastosowano pięciostopniową skalę porażenia, gdzie pierwszy stopień oznacza porażenie 0,1–5,0% powierzchni blaszki liściowej, natomiast stopień piąty powyżej 50% powierzchni liści (Tekieła 2005). W celu określenia stopnia opanowania kolb przez grzyby rodzaju *Fusarium* zastosowano również skalę pięciostopniową stosowaną przez Tekiełę i Gabarkiewiczą (2007), w której stopień 1 – oznacza porażenie bardzo małe (1–6 ziarniaków porażonych, 2%), natomiast piąty stopień – oznacza nasilenie choroby bardzo duże (grzybnia zajmuje więcej niż połowę ziarniaków w kolbie, 51–100%). Dla potrzeb określenia nasilenia występowania zgnilizny korzeni i zgorzeli podstawy łodyg zastosowano rozcinanie łodyg wraz z szyjką korzeniową, które przeprowadzono w fazie rozwojowej BBCH 89. Rozcinano po 25 roślin w czterech miejscach plantacji. Poziom zniszczenia tkanek łodyg przez chorobę oceniono z wykorzystaniem skali 9-stopniowej, w której stopień 1 – oznaczał brak objawów chorobowych, a stopień 9 – porażenie bardzo silne – całkowity rozkład tkanek łodygi (Czembor i wsp. (2005).

W trakcie prowadzenia badań, każdorazowo analizowano podstawowe dane meteorologiczne: opady oraz średnią temperaturę dobową powietrza, na podstawie danych ze stacji meteorologicznej Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej w Jasionce koło Rzeszowa dla miejscowości Nie-

nadówka (odległość pola od stacji wynosiła 3 km), a także autonomicznej stacji pogodowej w Krzeczowicach (odległość 1 km).

Wyniki i dyskusja / Results and discussion

W analizowanym 12-leciu warunki pogodowe były zmienne i wpływały na rośliny uprawne, jak również na patogeny i szkodniki zasiedlające kukurydzę. W podsumowaniu warunków pogodowych w okresie badań, od kwietnia do połowy maja, notowano w niektórych sezonach niską temperaturę ograniczającą intensywny wzrost roślin. Wyjątek stanowiło kilka lat o ciepłych i suchych wiosnach.

W 2011 roku w pierwszej, a w 2020 roku w trzeciej dekadzie maja pojawiły się przygruntowe przymrozki do -2 , -3°C , które uszkodziły nadziemne części roślin, ale nie zniszczyły uprawy (stożek wzrostu był pod ziemią). Szczególnie deszczowe były lata 2010–2011 oraz wiosna 2021 roku. W pozostałych okresach zwykle w lipcu pojawiały się intensywne, ale krótkotrwałe opady deszczu, czasami połączone z deszczem nawalnym oraz niewielkim gradobiciem, które nie zagrażało jednak poważnie roślinom. Takie gradobicia miały miejsce w Krzeczowicach w latach 2012–2014 oraz w 2018 i 2021 roku, natomiast w Nienadówce w 2019 i 2021 roku. Zdarzały się także lata np. rok 2017, gdy kumulacja opadów deszczu w październiku utrudniała zbiór plonu ziarna.

W rejonie badań nie zanotowano okresów ekstremalnej suszy, niemniej mało opadów było w 2012 i 2015 roku oraz w latach 2018–2019. Szczególnie suche były lata 2015 i 2019. Podczas przedłużających się niedoborów wody nie notowano u roślin wędnięcia liści, poza rokiem 2019, gdy w Nienadówce w okresie sierpnia przez kilkanaście dni taki stan rzeczy się utrzymywał. W niektóre lata np. 2016 obserwowano silne wahania temperatury pomiędzy dniem a nocą, gdy temperatura w lipcu nocą spadała do 6 – 7°C , natomiast w ciągu dnia wzrastała do ponad 34°C .

Plon ziarna w latach badań zwykle zbierano w październiku, rzadziej we wrześniu lub listopadzie. Warto zaznaczyć, że zdarzały się lata, gdy wegetację roślin przerywały przymrozki do -5°C . Miało to miejsce w roku 2010 i 2013 oraz w latach 2015–2016. Dodatkowo, w 2015 roku na początku drugiej dekady października zanotowano opady śniegu, który stopniał w ciągu następnych 2–3 dni.

Rejon województwa podkarpackiego pod kątem warunków pogodowych należy do takich, w których wpływ zmian klimatycznych oraz oddziaływanie ekstremalnych zjawisk pogodowych w postaci suszy nie są jeszcze tak mocno odczuwalne, jak choćby w rejonach środkowych kraju. Region ten zalicza się do jednego z najlepszych pod kątem możliwości wszechstronnej uprawy kukurydzy o różnej wczesności, włącznie z późnymi odmianami.

Obok czynników pogodowych na stan fitosanitarny roślin wpływały także szkodniki. Corocznie notowano pojaw

kilkudziesięciu gatunków fitofagów, ale tylko kilka z nich stanowiło bezpośrednie zagrożenie dla roślin. Każdego roku wiosną pojawiała się ploniarka zbożówka, która uszkadzała rośliny rozwijające pierwsze liście, od lata do jesieni omacnica prosovianka uszkadzająca nadziemne części roślin, a także mszyce, wciornastki, a także larwy i chrząszcze stonki kukurydzianej. Wykazane gatunki szkodników są powszechnie notowanymi na kukurydzy (Tratwal i Beres 2016).

Na podstawie monitoringu pól prowadzonych w monokulturze stwierdzono pojaw tych samych jednostek chorobowych w obu miejscowościach. Pozwoliło to wyznaczyć terminy zaobserwowania pierwszych objawów chorobowych w ujęciu miesięcznym na nadziemnych częściach roślin (tab. 1).

Z uwagi na przebieg warunków pogodowych oraz żerowanie szkodników w poszczególnych latach, moment pojawu pierwszych objawów porażenia roślin patogenami zmienił się. Jako pierwsza zwykle występowała głownia kukurydzy wywołwana przez grzyb *U. maydis*, która w Polsce może rozwijać do trzech generacji zarodników w ciągu sezonu wegetacyjnego (Korbas i wsp. 2016). Jej obecność obserwowano na roślinach już od maja bądź czerwca, gdy rośliny były w fazie rozwojowej BBCH 14–17 (4–7 liści). Pojawowi pierwszych symptomów tej choroby sprzyjały uszkodzenia powodowane przez ploniarkę zbożówkę, co potwierdzają dane z literatury tematu (Beres i wsp. 2019b). Grzyb *U. maydis* w latach badań występował corocznie w obu miejscowościach infekując od 0,5 do 35,2% roślin spośród wszystkich ocenianych na obu plantacjach (tab. 2, 4). Narośla głowni w ciągu okresu wegetacji pojawiały się na liściach, stożku wzrostu pędu, łodygach, kolbach, wiechach, a sporadycznie także na korzeniach podporowych kukurydzy. Warto odnotowania jest to, że najwyższą liczbę roślin z naroślami obserwowano w te lata, w trakcie których pojawiało się lipcowe gradobicie. Potwierdza to fakt, że uszkodzenie mechaniczne tkanek zwiększa możliwości infekcyjne patogenu. Jak wskazuje Korbas (2006), epidemicznemu pojawowi tej choroby może sprzyjać także susza, która w 2005 roku doprowadziła do porażenia przez *U. maydis* od 5 do aż 60% roślin w miejscowości Smolice. W badaniach Majchrzaka i wsp. (2006) wykonanych w 2005 roku w Swadzimiu w zależności od sposobu uprawy gleby i rodzaju pozostawionej biomasy, porażenie sprawcą głowni odnotowano na 0,1 do 19,6% roślin. Autorzy wskazali, że większe nasilenie pojawu choroby było w tradycyjnym systemie uprawy gleby obejmującym orkę i inne zabiegi mechaniczne gleby, a mniej w uproszczonym (siew bezpośredni), natomiast rodzaj biomasy nie miał istotnego wpływu na rozwój patogenu. Badania własne były prowadzone na stanowiskach z tradycyjną uprawą gleby. Gołębowska (2003) wskazuje, że większa podatność roślin na głownię kukurydzy może wynikać z wpływu suszy, uszkodzeń herbicydowych oraz pojawu ploniarki zbożówki.

Tabela 1. Miesiące pojawu pierwszych objawów chorobowych na roślinach w obu miejscowościach
Table 1. Months of appearance of the first disease symptoms on plants in both localities

| Choroba – Disease | Pojaw pierwszych objawów chorobowych w latach – The first disease symptoms appear in the years | | | | | | | | | | | |
|--|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 |
| Drobna plamistość liści Eyespot | VI | VI | VI | VI | VI | VII | VI | VI | VIII | VII | VI | VII |
| Żółta plamistość liści Northern corn leaf spot | VII | VII | VIII | VIII | VIII | VII | VII | VIII | VIII | VIII | VIII | VIII |
| Rdza kukurydzy Common rust of maize | V | VI | VI | V | VI | V | VI | VII | VII | VII | VII | VIII |
| Fuzarioza kolb Fusarium ear rot | VII | VIII | VII | VII | VIII | VII | VIII | VIII | VIII | VII | VIII | VIII |
| Fuzarioza łodyg Fusarium stalk rot | VIII | VIII | VIII | VII | VIII | VII | VII | VIII | VIII | VIII | VIII | VIII |
| Głownia guzowata kukurydzy Common smut of maize | V | VI | VI | V | V | VI | VI | VI | V | VI | VI | VI |
| Głownia pyląca kukurydzy Corn head smut | – | – | VIII | VII | – | VII | VII | VII | VII | VIII | VII | VIII |

Objaśnienie – Explanation: V – maj – May, VI – czerwiec – June, VII – lipiec – July, VIII – sierpień – August

Tabela 2. Procentowy udział roślin porażonych przez patogeny grzybowe w Krzczowicach w latach 2010–2021
Table 2. Percentage of maize plants infected by fungal pathogens in Krzczowice in 2010–2021

| Choroba – Disease | Rośliny porażone przez patogeny w latach [%] – Plants infested by pathogens in years [%] | | | | | | | | | | | | |
|--|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---|
| | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | średnio dla 12 lat average for 12 years |
| Drobna plamistość liści Eyespot | 77,0 | 85,7 | 80,7 | 65,7 | 90,2 | 82,2 | 71,5 | 59,7 | 62,2 | 80,7 | 57,2 | 85,5 | 74,9 |
| Żółta plamistość liści Northern corn leaf spot | 20,2 | 4,2 | 7,2 | 6,0 | 15,5 | 13,2 | 14,7 | 8,7 | 9,2 | 5,5 | 7,2 | 9,0 | 10,1 |
| Rdza kukurydzy Common rust of maize | 56,5 | 12,7 | 17,5 | 22,7 | 30,2 | 37,5 | 42,5 | 6,5 | 11,7 | 20,5 | 14,0 | 23,7 | 24,7 |
| Fuzarioza kolb Fusarium ear rot | 15,5 | 26,5 | 47,2 | 40,2 | 54,7 | 35,7 | 23,2 | 47,7 | 39,2 | 33,5 | 30,7 | 44,2 | 36,5 |
| Fuzarioza łodyg Fusarium stalk rot | 20,7 | 16,2 | 22,5 | 15,5 | 56,2 | 19,7 | 23,2 | 22,7 | 17,7 | 20,2 | 12,5 | 19,7 | 22,2 |
| Głownia guzowata kukurydzy Common smut of maize | 14,2 | 40,2 | 27,0 | 10,5 | 30,5 | 0,7 | 3,2 | 5,2 | 35,2 | 4,5 | 3,7 | 9,5 | 15,4 |
| Głownia pyląca kukurydzy Corn head smut | 0,0 | 0,0 | 0,2 | 1,3 | 0,0 | 0,7 | 1,2 | 0,5 | 1,2 | 2,2 | 0,2 | 0,5 | 0,7 |

W badaniach własnych głównie ostatni czynnik mógł mieć wpływ na rozwój choroby w okresie wiosennym. Badania wykonane przez Kruczka (2005) wskazują także na możliwość większego zagrożenia roślin przez głownię przy siewie kukurydzy pod koniec pierwszej dekady maja, jednakże w doświadczeniu tak późno roślin nie wysiewano. Dodatkowo cytowany autor nie stwierdził wpływu sposobu nawożenia roślin fosforem na porażenie roślin przez grzyb *U. maydis*. Badania własne potwierdzają wcześniej wy-

konane przez Lisowicza (2000), w których wykazano, że głownia kukurydzy to jedna z ważniejszych chorób tej rośliny w południowo-wschodniej Polsce.

W okresie wiosennym dochodzi także do porażenia roślin przez sprawcę głowni pylącej kukurydzy, a grzyb przez kilka tygodni rozwija się systemicznie w ukryciu (Korbas i wsp. 2015). Choroba ta na kukurydzy została wykryta w Polsce w 2002 roku w okolicach Wrocławia, a później stwierdzona w latach 2005–2006 w Wielkopolsce (Korbas

Tabela 3. Średni stopień porażenia liści oraz kolb kukurydzy przez patogeny w Krzczowicach w latach 2010–2021
Table 3. Average infection degree of maize leaves and cobs by pathogens in Krzczowice in 2010–2021

| Choroba – Disease | Średni stopień porażenia roślin – Average degree of plant infection | | | | | | | | | | | | średnio dla 12 lat average for 12 years |
|---|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---|
| | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | |
| Drobna plamistość liści Eyespot | 2,1 | 3,6 | 3,6 | 2,8 | 3,2 | 1,4 | 1,7 | 1,3 | 1,2 | 1,7 | 1,5 | 2,1 | 2,2 |
| Żółta plamistość liści Northern corn leaf spot | 3,1 | 0,5 | 0,5 | 0,6 | 2,1 | 1,7 | 1,5 | 0,7 | 0,5 | 0,5 | 0,7 | 0,7 | 1,1 |
| Rdza kukurydzy Common rust of maize | 2,5 | 0,5 | 0,8 | 1,0 | 1,2 | 1,9 | 1,7 | 0,7 | 0,7 | 1,0 | 0,7 | 1,5 | 1,2 |
| Fuzarioza kolb Fusarium ear rot | 0,7 | 1,8 | 3,5 | 3,3 | 3,7 | 2,2 | 2,5 | 2,7 | 1,7 | 2,2 | 2,5 | 2,7 | 2,5 |
| Fuzarioza łodyg Fusarium stalk rot | 4,5 | 3,2 | 5,0 | 3,0 | 7,0 | 3,7 | 4,5 | 4,7 | 4,5 | 4,0 | 2,7 | 4,2 | 4,3 |

Tabela 4. Procentowy udział roślin porażonych przez patogeny grzybowe w Nienadówce w latach 2010–2021
Table 4. Percentage of maize plants infected by fungal pathogens in Nienadówka in 2010–2021

| Choroba – Disease | Rośliny porażone przez patogeny w latach [%] – Plants infested by pathogens in years [%] | | | | | | | | | | | | średnio dla 12 lat average for 12 years |
|--|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---|
| | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | |
| Drobna plamistość liści Eyespot | 66,5 | 70,5 | 57,5 | 80,2 | 65,7 | 70,0 | 52,0 | 56,7 | 49,5 | 67,2 | 46,5 | 62,7 | 62,1 |
| Żółta plamistość liści Northern corn leaf spot | 9,5 | 2,7 | 9,0 | 9,5 | 19,2 | 15,2 | 9,7 | 5,2 | 3,5 | 1,7 | 4,5 | 7,2 | 8,1 |
| Rdza kukurydzy Common rust of maize | 52,7 | 19,5 | 9,2 | 37,2 | 25,7 | 7,7 | 8,7 | 3,2 | 6,5 | 7,0 | 9,2 | 12,5 | 16,6 |
| Fuzarioza kolb Fusarium ear rot | 22,2 | 30,2 | 25,7 | 35,7 | 42,0 | 30,2 | 34,7 | 39,5 | 34,2 | 25,7 | 22,7 | 36,2 | 31,6 |
| Fuzarioza łodyg Fusarium stalk rot | 15,5 | 15,7 | 13,2 | 11,0 | 37,5 | 15,2 | 13,2 | 15,5 | 9,5 | 10,7 | 8,5 | 8,2 | 14,5 |
| Głownia guzowata kukurydzy Common smut of maize | 3,5 | 8,7 | 0,5 | 2,7 | 7,2 | 0,9 | 5,7 | 4,0 | 6,2 | 30,5 | 3,5 | 14,7 | 7,3 |
| Głownia pyłająca kukurydzy Corn head smut | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,2 | 0,0 | 0,0 |

2007). W badaniach własnych pierwsze objawy porażenia roślin przez *S. reiliana* zaobserwowano w 2012 roku w Krzczowicach. Było to pierwsze wykrycie tego patogenu w tej części kraju (tab. 2). Uprawa kukurydzy w monokulturze sprzyja rozwojowi sprawcy głowni pyłającej, jednakże w badaniach własnych w żadnym roku badań, pomimo wydłużającej się monokultury nie zanotowano epidemicznego pojawu choroby. Pierwsze objawy porażenia przez *S. reiliana* notowano w lipcu i sierpniu (tab. 1), gdy rośliny były w fazie BBCH 53–69 (widoczna wiecha do końca kwitnienia). Charakterystyczne skupiska zarodni notowano na kol-

bach i wiechach, ale tylko sporadycznie na obu tych organach, co jest zbliżone z danymi literaturowymi na temat tej choroby (Korbias i wsp. 2016). W analizowanym wieloletnim sprawca głowni pyłającej poraził od 0,2 do 2,2% roślin, przy czym objawy choroby notowano głównie w Krzczowicach, a w Nienadówce jedynie w roku 2015 i 2020 (tab. 2, 4). Choć jak wskazuje literatura zarodniki tego patogenu zachowują żywotność w glebie do 10 lat (Korbias i wsp. 2016), to w trakcie trwania doświadczenia pomimo ich kumulacji w glebie nie doszło do silnej infekcji roślin, co może wiązać się choćby z przebiegiem warunków pogodowych w okresie

wiosny. Jak wskazuje Korbas (2007) jest to bardzo groźna choroba, która w 2006 roku w Wielkopolsce opanowała do 96% roślin.

Spośród chorób liści, najpowszechniej notowaną w rejonie badań była drobna plamistość wywołwana przez grzyb *K. zea*. Pierwsze jej objawy w postaci plamek na blaszkach liściowych notowano od czerwca bądź lipca, gdy rośliny były w fazie BBCH 19–34 (9 liści do 4 kolanka), a tylko w 2018 roku pojawiły się w sierpniu (BBCH 71 – dojrzałość mleczna ziarna), na co wpływ mogły mieć wysokie temperatury i mała ilość opadów (tab. 1). Termin zaobserwowania objawów chorobowych jest zbliżony z danymi literaturowymi (Korbas i wsp. 2016). W latach badań patogen poraził w obu miejscowościach od 46,5 do 90,2% roślin spośród wszystkich ocenianych, przy czym najliczniej występował w Krzeczowicach (tab. 2, 4). Symptomy choroby notowano głównie na blaszkach liściowych, rzadziej na pochwach liściowych i liściach okrywowych kolb. Wykazano, że grzyb ten w odróżnieniu od sprawcy żółtej plamistości liści lepiej rozwija się w lata chłodniejsze i wilgotne (Gołębiewska 2003; Tekiela 2005). Pomimo stosunkowo dużej liczby roślin z objawami chorobowymi, na podstawie zastosowanej skali porażenia stwierdzono, że poziom ubytku powierzchni asymilacyjnej w obu miejscowościach zawierał się w przedziale 0,7–3,6 (tab. 3, 5). Najwyższy stopień nekroz liści wynoszący 3,6 stwierdzono w Krzeczowicach w latach 2011–2012. Poziom ten mógł istotnie ograniczać proces fotosyntezy. W badaniach Tekieli (2005) wykonanych w tym samym rejonie badań w latach 2002–2004, drobna plamistość liści występowała średnio na 8,8% roślin, a stopień porażenia liści wyniósł średnio 1,76. Późniejsze badania tej samej autorki wykonane w latach 2005–2007 na 7 odmianach kukurydzy o różnej wczesności (FAO 190–280) wykazały, że grzyb *K. zea* opanował średnio 19,3% roślin, a stopień porażenia zawierał się w przedziale od 1,66 do 2,64 (Tekiela 2008). Autorka stwierdziła także, że odmiany wczesne o liczbie FAO 190–210 były słabiej opanowywane przez drobną i żółtą plamistość liści niż odmiany późniejsze (FAO 270–280). W innych badaniach Tekieli (2004) wskazywała także, że odpowiednie nawożenie dolistnie może poprawiać zdrowotność roślin, w tym ograniczać choroby liści. W badaniach własnych nawożenie dolistne nie było prowadzone. Porównując wyniki badań własnych z wcześniejszymi obserwacjami Lisowicza (2000) z tego samego rejonu badań z lat 1993–1999 można stwierdzić, że nastąpił istotny wzrost zagrożenia kukurydzy na Podkarpaciu ze strony drobnej plamistości liści. Wysoki procent roślin porażonych przez *K. zea* w badaniach własnych mógł być skutkiem uprawy w monokulturze, gdyż grzyb zimuje na resztkach poźniowych kukurydzy (Korbas i wsp. 2016).

Jak wskazuje Tekiela (2005, 2008) najgroźniejszą chorobą liści w południowo-wschodniej Polsce była żółta plamistość liści. W badaniach autorki największe nasilenie objawów choroby miało miejsce w 2002 roku, gdy pato-

gen opanował 49,3% powierzchni liści, a średni stopień porażenia wyniósł aż 4,38. W obserwacjach własnych zagrożenie ze strony grzybów rodzaju *Helminthosporium* nie było aż tak wysokie. Grzyby tego rodzaju w zależności od roku zaczęły uwidaczniać objawy porażenia roślin od lipca i w sierpniu, gdy kukurydza była w fazie BBCH 35–71 (5 kolanek do ziarniaków o konsystencji wodnistej) (tab. 1). Objawy żółtej plamistości liści notowano na blaszkach liściowych, pochwach liściowych i liściach okrywowych kolb. W wieloletnim okresie chorobę obserwowano średnio na 1,7–20,2% roślin, ale sam stopień porażenia liści był niewielki w obu miejscowościach i zawierał się w przedziale od 0,2 do 3,1. W Krzeczowicach jedynie w 2010 roku żółta plamistość liści pojawiła się z wyższą frekwencją (tab. 2–5). Sprawcom choroby sprzyja wyższa temperatura (Korbas i wsp. 2016), ale Tekiela (2008) wskazuje także na możliwą większą podatność odmian wczesnych. W badaniach Korbasa (2006) nie stwierdzono dużego nasilenia objawów żółtej plamistości liści i większej redukcji powierzchni blaszek liściowych, chociaż literatura zagraniczna wskazuje na jej wysokie znaczenie gospodarcze w innych krajach (Ledenčan i wsp. 2001; Ding i wsp. 2015).

Rdza kukurydzy wywołwana przez grzyb *P. sorghi* po raz pierwszy w południowo-wschodniej Polsce pojawiła się na dużą skalę w 1996 roku. W tamtym czasie patogen opanował aż 100% roślin (Lisowicz 1997). Do tego momentu była to sporadycznie pojawiająca się choroba grzybowa, choć Lisowicz (2000) wskazuje, że tak liczny pojaw rdzy mógł wynikać z bardzo silnego uszkodzenia roślin przez mszyce i wciornastki. W badaniach własnych, w zależności od roku pierwsze objawy porażenia przez *P. sorghi* stwierdzano najwcześniej od końca maja, przy czym zwykle był to czerwiec i lipiec, rzadziej sierpień (tab. 1). W tym czasie rośliny kukurydzy były w różnych fazach rozwojowych od 6 liści do fazy dojrzałości mlecznej ziarniaków (BBCH 16–73). Terminy pojawu pierwszych objawów chorobowych od czerwca są wykazywane w literaturze krajowej (Korbas i wsp. 2016). Uszkodzenia tkanek koncentrowały się głównie na blaszkach liściowych, ale sporadycznie notowano je na pochwach liściowych i liściach okrywowych kolb. W analizowanym dwunastoletnim okresie patogen w obu miejscowościach poraził od 3,2 do 56,5% roślin. Najwyższe nasilenie objawów chorobowych tak w Krzeczowicach, jak i Nienadówce miało miejsce w 2010 roku. W tym to roku grzyb opanował ponad 50% roślin na obu plantacjach (tab. 2, 4). Nasilenie objawów rdzy w badaniach własnych było jednak o połowę niższe niż stwierdzone przez Lisowicza (1997) w 1996 roku. Analiza stopnia opanowania liści przez grzyba wykazała, że był on stosunkowo niewielki, gdyż wahał się w obu miejscowościach pomiędzy 0,2 a 2,7 w zależności od roku (tab. 3, 5).

W Polsce i innych krajach największe znaczenie gospodarcze mają choroby wywołwane przez grzyby rodzaju *Fusarium* z powodu ich wpływu na ilość i jakość pło-

Tabela 5. Średni stopień porażenia liści oraz kolb kukurydzy przez patogeny w Nienadówce w latach 2010–2021
Table 5. Average infection degree of maize leaves and cobs by pathogens in Nienadówka in 2010–2021

| Choroba – Disease | Średni stopień porażenia roślin – Average degree of plant infection | | | | | | | | | | | | średnio dla 12 lat average for 12 years |
|---|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---|
| | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | |
| Drobna plamistość liści Eyespot | 1,7 | 1,2 | 0,7 | 2,7 | 2,1 | 1,4 | 1,2 | 0,9 | 0,7 | 1,0 | 1,2 | 1,5 | 1,4 |
| Żółta plamistość liści Northern corn leaf spot | 0,2 | 0,7 | 0,5 | 1,0 | 1,5 | 1,7 | 0,7 | 0,2 | 0,2 | 0,5 | 0,7 | 0,5 | 0,7 |
| Rdza kukurydzy Common rust of maize | 2,7 | 0,5 | 0,7 | 2,2 | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 0,5 | 0,2 | 0,5 | 0,5 | 0,7 | 1,0 |
| Fuzarioza kolb Fusarium ear rot | 1,2 | 2,5 | 1,7 | 2,2 | 2,5 | 1,7 | 1,8 | 2,2 | 1,2 | 1,5 | 2,2 | 1,7 | 1,9 |
| Fuzarioza łodyg Fusarium stalk rot | 2,2 | 1,7 | 1,5 | 2,1 | 3,7 | 1,2 | 3,7 | 4,2 | 3,2 | 2,5 | 2,0 | 2,5 | 2,5 |

nu (Lisowicz i Tekiel 2004; Görtz i wsp. 2008; Czembor i wsp. 2013; Czembor i Matusiak 2014; Oldenburg i wsp. 2017). W badaniach własnych fuzariozę kolb notowano najwcześniej od drugiej połowy lipca, gdy kukurydza kwitła (BBCH 61–67), jednak najczęściej ujawniała się w sierpniu, w czasie dojrzewania ziarniaków (BBCH 71–85) (tab. 1). Z kolei zgnilizna korzeni i zgorzel podstawy łodygi pojawiła się najwcześniej pod koniec lipca (więdnące i zasychające liście), przy czym zwykle było to dopiero od połowy sierpnia w postaci zasychających roślin ze zwieszającymi się kolbami. W tym czasie rośliny albo kończyły kwitnienie, albo już ich ziarniaki dojrzewały (BBCH 69–85). Objawy fuzariozy kolb koncentrowały się głównie na ziarniakach, w tym na znamionach kolb, rzadziej na liściach okrywowych kolb. Ponad 80% wszystkich kolb opanowanych przez grzyby *Fusarium* było uprzednio uszkodzonych przez szkodniki, głównie omacnicę prosowiankę (*O. nubilalis*), co może potwierdzać, że owad ten jest wektorem grzybów lub tworzy wrota do infekcji (Sobek i Munkvold 1999). Omacnica prosowianka na obszarze Podkarpacia jest bardzo dużym zagrożeniem dla roślin (Bereś 2012a, b). W latach 2010–2012 fuzarioza kolb opanowała w obu miejscowościach od 15,5 do 47,7% roślin (tab. 2, 4). Większe nasilenie tej choroby notowano w Krzczowicach, co mogło wynikać z wydłużonej w czasie monokultury. Stopień opanowania ziarniaków przez patogeny w latach badań mieścił się w przedziale od 0,7 do 3,7 według zastosowanej skali porażenia (tab. 3, 5).

Jak wskazują badania Tekieli i wsp. (2010) jednym z ważniejszych czynników wpływających na pojaw fuzariozy jest podatność odmian. Autorzy wykazali, że w latach 2008–2009 grzyby fuzaryjne w Przecławiu na Podkarpaciu w zależności od odmiany poraziły od 16 do aż 96% kolb. W przytoczonych badaniach autorzy wskazują, że najmniej podatne na infekcję były odmiany średniopóźne, następnie

wczesne, a najbardziej porażane przez grzyby rodzaju *Fusarium* były odmiany średniowczesne. Może to częściowo wyjaśniać, dlaczego odmiana San (FAO 240) była tak mocno uszkodzona w 2014 roku. O różnej podatności odmian na fuzariozę mówią także badania Michalskiego i Bartos (2004) oraz Sulewskiej i wsp. (2005), jak również doświadczenia rejestrowe kukurydzy prowadzone przez Centralny Ośrodek Badania Odmian Roślin Uprawnych. Cały czas poszukuje się źródeł odporności na choroby kukurydzy, w tym fuzariozę kolb, czy też głównie kukurydzy (Czembor i Frasiński 2018). Ponadto, w badaniach własnych na obu plantacjach nie prowadzono zwalczania mszyc, wciornastków i omacnicy prosowianki. Badania Tekieli i wsp. (2005) wskazują, że zwalczanie wymienionych szkodników jest ważnym czynnikiem ograniczającym rozwój fuzariozy kolb, w tym zawartość w ziarnie mykotoksyn.

W analizie wyników pojawu zgnilizny korzeni i zgorzeli podstawy łodygi wykazano, że w wieloletnim nasileniu opanowując od 8,2 do 56,2% roślin (tab. 2, 4). Większe nasilenie objawów chorobowych obserwowano w Krzczowicach niż w Nienadówce, gdzie w 2014 roku ponad 50% roślin wykazywało objawy wylegania na skutek rozkładu tkanek łodyg oraz liczego pojawu omacnicy prosowianki. W tym samym roku również w Nienadówce objawy chorobowe były obserwowane aż u 37,5% analizowanych roślin, ale jednocześnie mniej uszkodzeń tkanek łodyg wywołała sama omacnica prosowianka. To też może wskazywać na zróżnicowaną podatność roślin kukurydzy na fuzariozę łodyg w zależności od nasilenia pojawu *O. nubilalis*.

Stopień uszkodzenia tkanek łodyg przez grzyby rodzaju *Fusarium* w analizowanym dwunastoleciu zawierał się w przedziale od 1,2 do 7,0. Najwyższe porażenie zanotowano w Krzczowicach w 2014 roku (tab. 3, 5). W trakcie rozcinania roślin zauważono, że w dużej mierze rozwój

grzybów rodzaju *Fusarium* w łodygach odbywał się w miejscach żerowania gąsienic omacnicy prosowianki, choć nie zawsze tak było. Grzyb rozwijał się także bez obecności szkodnika w tkankach.

W analizie historycznych danych z rejonu Podkarpacia dotyczących chorób kukurydzy powodowanych przez grzyby rodzaju *Fusarium*, w tym zgnilizny korzeni i zgorzeli podstawy łodygi, badania wykonane przez Lisowicza (2000) w latach 1993–1999 nie wskazywały jeszcze na duże znaczenie gospodarcze tych patogenów. Można zatem stwierdzić, że wraz z rosnącym arealem uprawy kukurydzy i stosowaniem uproszczeń agrotechnicznych istotnie wzrosło ich znaczenie dopiero w ostatnich latach. Wyniki badań Tekieli (2004) z lat 2002–2003 mówią już o rosnącym znaczeniu gospodarczym grzybów rodzaju *Fusarium*, w tym fuzariozy łodyg, której sprawcy w tamtym czasie opanowały łodygi w stopniu 5,1–5,5.

Wnioski / Conclusions

1. Wyniki monitoringu zdrowotności kukurydzy z województwa podkarpackiego uzupełniają dotychczas ubogą bazę danych w zakresie dominujących chorób tej rośliny uprawnej. Biorąc pod uwagę przeżywalność zarodników w glebie lub na resztkach poźniwnych mogą pomóc prognozować pojaw patogenów w kolejnych latach.
2. Stwierdzone w badaniach choroby kukurydzy są znane i opisane w literaturze. Wiedza na temat ich występo-

wania w poszczególnych latach jest ważna nie tylko dla producentów kukurydzy, ale wyniki z monitoringu służą także jako dane do różnych ekspertyz i raportów, w tym jako odnośnik przy szacowaniu szkód w rolnictwie.

3. Siew kukurydzy w wieloletniej monokulturze bez stosowania ochrony roślin przed chorobami i szkodnikami był czynnikiem zwiększającym zagrożenie kondycji roślin.
4. Na rozwój patogenów wpływ miały warunki pogodowe, co było szczególnie widoczne w przypadku gradobicia, skutkiem którego był liczny rozwój głowni kukurydzy.
5. W zależności od patogenu, warunków pogodowych i obecności szkodników, pierwsze objawy chorobowe na roślinach obserwowano już od wiosny (maj), bądź w okresie lata (lipiec, sierpień), co ma znaczenie przy sygnalizacji terminów zwalczania z użyciem zalecanych metod ochrony roślin.
6. Spośród zidentyfikowanych chorób za najgroźniejsze należy uznać: fuzariozę kolb, zgniliznę korzeni i zgorzel podstawy łodygi, a także głownię kukurydzy. Często obecności występowania objawów tych chorób sprzyjały szkodniki oraz warunki pogodowe.
7. Spośród chorób liści najpowszechniej notowano drobną plamistość liści. W niższym nasileniu pojawiła się żółta plamistość liści i rdza kukurydzy.
8. W 2012 roku po raz pierwszy w rejonie badań wykryto obecność głowni pylącej kukurydzy w Krzeczowicach. W miejscowości tej choroba ta nie wystąpiła jednak licznie.

Literatura / References

- Adamczewski K., Matysiak K. 2002. Kukurydza. [Maize]. s. 20–21. W: Klucz do określania faz rozwojowych roślin jedno- i dwuliściennych w skali BBCH. [Compendium of Growth Stage Identification Keys for Mono- and Dicotyledonous Plants] (K. Adamczewski, K. Matysiak – tłumaczenie i adaptacja). Instytut Ochrony Roślin, Poznań, 134 ss.
- Bereś P.K. 2012a. Damage caused by *Ostrinia nubilalis* Hbn. to fodder maize (*Zea mays* L.), sweet maize (*Zea mays* var. *saccharata* [Sturtev.] L.H. Bailey) and sweet sorghum (*Sorghum bicolor* [L.] Moench) near Rzeszów (south-eastern Poland) in 2008–2010. [Uszkodzenia powodowane przez *Ostrinia nubilalis* Hbn. na kukurydzy pastewnej (*Zea mays* L.), kukurydzy cukrowej (*Zea mays* var. *saccharata* [Sturtev.] L.H. Bailey) oraz sorgo cukrowego (*Sorghum bicolor* [L.] Moench) w okolicach Rzeszowa (południowo-wschodnia Polska) w latach 2008–2010]. Acta Scientiarum Polonorum, Agricultura 11 (3): 3–16.
- Bereś P.K. 2012b. Szkodliwość omacnicy prosowianki (*Ostrinia nubilalis* Hbn.) dla kukurydzy (*Zea mays* L.) w południowo-wschodniej Polsce w latach 1994–2011. [Harmfulness of European corn borer (*Ostrinia nubilalis* Hbn.) to maize (*Zea mays* L.) in south-eastern Poland in 1994–2011]. Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin 52 (1): 9–13. DOI: 10.14199/ppp-2012-001
- Bereś P.K., Gołębiowska H., Idziak R., Szczepaniak W., Majewski A., Skudlarski J., Wieremczuk A., Wachowski A. 2019b. Atlas kukurydza. Identyfikacja agrofagów i niedoborów pokarmowych oraz innych czynników. Wyd. III. Agro Profil, Suchy Las, 407 ss.
- Bereś P.K., Strażyński P., Mrówczyński M. (red.). 2019a. Metodyka integrowanej ochrony kukurydzy dla doradców. [Integrated maize protection methodology for advisers]. Instytut Ochrony Roślin, Poznań, 295 ss. ISBN 978-83-64655-51-7.
- Blecharczyk A., Pudelko J. 1997. Przyszłość monokultur w rolnictwie europejskim. [The future of continuous cropping in European agriculture]. Acta Academiae Agriculturae ac Technicae Olstenensis. Agricultura 64: 143–155.
- Borowiak J. 2015. Uprawa kukurydzy cukrowej. [Sweet maize production]. Hortpress, Warszawa, 92 ss.
- Chelkowski J., Stępień K., Tomczak M., Wiśniewska H. 2002. Identification of toxigenic *Fusarium* species in wheat ears using PCR assay and their mycotoxins in kernels. Phytopathologica Polonica 25: 47–57.
- Czembor E., Frasiński S. 2018. Polskie elitarne linie wsobne kukurydzy źródłem odporności na fuzariozę kolb (*Fusarium* spp.) i głownię guzowatą (*Ustilago maydis*). [Polish maize elite inbred lines as a source of resistance for ear rot (*Fusarium* spp.) and common smut (*Ustilago maydis*)]. Progress in Plant Protection 58 (1): 22–27. DOI: 10.14199/ppp-2018-002
- Czembor E., Matysiak M. 2014. Dynamika rozwoju fuzariozy kolb kukurydzy powodowanej przez *Fusarium graminearum* oraz akumulacji deoksynivalenolu w ziarnie. [Kinetics of red ear rot of maize caused by *Fusarium graminearum* and deoxynivalenol accumulation in the grain]. Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin 274: 27–39.

- Czembor E., Matusiak M., Ochodzki P. 2013. Odporność mieszańców kukurydzy na fuzariozę kolb powodowaną przez *Fusarium graminearum* i *F. verticillioides* w Polsce w latach 2008–2009. [Resistance of maize hybrids to ear rot caused by *Fusarium graminearum* and *F. verticillioides* in Poland in years 2008–2009]. Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin 270: 55–73.
- Czembor E., Warzecha R., Adamczyk J., Kurczych Z. 2005. Wytwarzanie materiałów wyjściowych kukurydzy o podwyższonej odporności na fuzariozę kolb i zgorzel podstawy łodygi. [Pre-breeding of maize with improved resistance to ear rot and stalk rot]. Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin 236: 203–213.
- Ding J., Ali F., Chen G., Li H., Mahuku G., Yang N., Narro L., Magorokosho C., Makumbi D., Yan J. 2015. Genome-wide association mapping reveals novel sources of resistance to northern corn leaf blight in maize. BMC Plant Biology 15: 206. DOI: 10.1186/s12870-015-0589-z
- Dubas A. 2003. Kukurydza. [Maize]. s. 269–290. W: Szczegółowa uprawa roślin. [Detailed cultivation of plants] (Z. Jasińska, A. Kotecki, red.). Akademia Rolnicza we Wrocławiu, Wrocław, 510 ss.
- Gołębiewska H. 2003. Podatność mieszańców kukurydzy uszkodzonych przez herbicydy na porażenie przez choroby i szkodniki. [The susceptibility of maize varieties injured by herbicides to diseases and pests]. Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin 43 (1): 124–130.
- Góral T., Czembor E., Ochodzki P., Walentyn-Góral D., Matusiak M. 2014. Monitoring zmian składu gatunkowego w populacji *Fusarium* spp. oraz ocena zagrożenia skażeniem ziarna pszenicy i kukurydzy mikotoksynami fuzaryjnymi. [Monitoring of changes in species composition in the population of *Fusarium* spp. and assessment of the risk of contamination of wheat and maize grain with fusarium mycotoxins]. s. 279–290. W: Ulepszanie roślin dla zrównoważonych agroekosystemów, wysokiej jakości żywności i produkcji roślinnej na cele nieżywnościowe. [Improving Plants for Sustainable AgroEkoSystems, High Quality Food and Plant Production for Non-Food Purposes] (E. Arseniuk, red.). Monografie i Rozprawy Naukowe Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin 48, 407 ss.
- Görtz A., Oerke E.-C., Steiner U., Waalwijk C., de Vries I., Dehne H.-W. 2008. Biodiversity of *Fusarium* species causing ear rot of maize in Germany. Cereal Research Communications 36: 617–622. DOI: 10.1556/CRC.36.2008.Suppl.B.51
- GUS 2019. Użytkowanie gruntów i powierzchnia zasiewów w 2018 r. [Land use and sown area in 2018]. Główny Urząd Statystyczny, Warszawa, 92 ss.
- GUS 2021. Wynikowy szacunek głównych ziemiopłodów rolnych i ogrodniczych w 2021 r. [Resulting estimate of the main agricultural and horticultural crops in 2021]. Informacja sygnałna Głównego Urzędu Statystycznego, Warszawa, 7 ss.
- Klimek-Kopyra A., Szmigiel A., Zajac T., Kidacka A. 2012. Some aspects of cultivation and utilization of waxy maize (*Zea mays* L. ssp. *ceratina*). Acta Agrobotanica 65 (3): 3–12. DOI: 10.5586/aa.2012.001
- Korbas M. 2006. Głównie kukurydzy i inne choroby – szkodliwość i możliwości zwalczania. [Common smuts of maize and other diseases – harmfulness and possibilities of their control]. Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin 46 (1): 354–357.
- Korbas M. 2007. Głównia pyłaca kukurydzy (*Sphacelotheca reiliana*) – nowe zagrożenie w Polsce. [Head smut of maize – a new threat in Poland]. Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin 47 (2): 136–140.
- Korbas M., Czubiński T., Horoszkiewicz-Janka J., Jajor E., Danielewicz J. 2015. Atlas chorób roślin rolniczych dla praktyków. [Atlas of agricultural plant diseases for practitioners]. Polskie Wydawnictwo Rolnicze, Poznań, 368 ss.
- Korbas M., Jajor E., Horoszkiewicz-Janka J., Danielewicz J. 2016. Atlas chorób roślin rolniczych. [Atlas of agricultural plant diseases]. Hortpress, Warszawa, 212 ss.
- Kruczek A. 2005. Wpływ sposobu nawożenia fosforem na porażenie kukurydzy przez choroby i uszkodzenie przez szkodniki. [The effect of method of the phosphorus fertilization on the maize's infestation by diseases and pests]. Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin 45 (2): 817–820.
- Księżak J. 2008. Regionalne zróżnicowanie uprawy kukurydzy w Polsce w latach 2000–2006. [The regional differentiation of maize cropping area in Poland within 2000–2006]. Acta Scientiarum Polonorum, Agricultura 7 (4): 47–60.
- Ledenčan T., Jurković D., Šimić D., Palaversić B. 2001. Comparison between two methods of maize leaf infection with *Exserohilum turcicum*. Cereal Research Communications 29 (3–4): 429–433.
- Lisowicz F. 1997. Wzrost zagrożenia plonów kukurydzy w Małopolsce przez niektóre choroby i jego przyczyny. [Increased threat to maize crops from some diseases and its causes in the region of Małopolska]. Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin 37 (2): 266–268.
- Lisowicz F. 2000. The occurrence and economic importance of maize diseases in Mikulice (south-eastern Poland) in 1993–1999. Journal of Plant Protection Research 40 (2): 140–143.
- Lisowicz F., Tekiel A. 2004. Szkodniki i choroby kukurydzy oraz ich zwalczanie. [Pests and diseases of maize and their control]. s. 52–64. W: Technologia produkcji kukurydzy. [Maize Production Technology] (A. Dubas, red.). Wieś Jutra, Warszawa, 133 ss.
- Lista 2021. Lista opisowa odmian roślin rolniczych. Kukurydza. [Descriptive List of Agricultural Plant Varieties. Maize]. Centralny Ośrodek Badania Odmian Roślin Uprawnych, Słupia Wielka, 51 ss.
- Logrieco A., Mule G., Moretti A., Bottalico A. 2002. Toxigenic *Fusarium* species and mycotoxins associated with maize ear rot in Europe. European Journal of Plant Pathology 108 (7): 597–609. DOI: 10.1023/A:1020679029993
- Majchrzak L., Bartos M., Skrzypczak G. 2006. Wpływ sposobu uprawy kukurydzy na jej porażenie przez *Ustilago maydis* (DC.) Corda oraz występowanie omacnicy prosovianki. [The influence of maize tillage system on infection of smut of corn (*Ustilago maydis* DC.) and occurrence of European corn borer (*Ostrinia nubilalis* Hbn.)]. Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin 46 (2): 327–330.
- Michalski T., Bartos M. 2004. Podatność odmian kukurydzy na *Fusarium* spp. i *Ustilago maydis* (DC) CDA. [Susceptibility of maize varieties to *Fusarium* spp. and *Ustilago maydis* (DC) CDA]. Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin 44 (2): 957–961.
- Michalski T., Beres P.K., Sobiech Ł., Szczepaniak W., Potarzycki J., Szkudlarski J., Sawinska Z., Piechota T., Strzelińska J., Świttek S., Siekaniec Ł., Kolan K., Dziubek M., Piecuch K., Grzeszczyk K., Wieremczuk A., Andrzejewska A., Wachowski A., Żurawski P., Szychowicki P., Grzanka M., Śmigielski D., Wasak M., Rychter P. 2018. Kukurydza. [Maize]. Agro Wydawnictwo, Suchy Las, 112 ss.
- Mrówczyński M. (red.). 2013. Integrowana ochrona upraw rolniczych. Tom II. Zastosowanie integrowanej ochrony. [Integrated protection of agricultural crops. Volume II. Application of integrated protection]. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Poznań, 286 ss.
- Oldenburg E., Höppner F., Ellner F., Weinert J. 2017. *Fusarium* diseases of maize associated with mycotoxin contamination of agricultural products intended to be used for food and feed. Mycotoxin Research 33 (3): 167–182. DOI: 10.1007/s12550-017-0277-y

- Skwarek M., Pipiak P. 2020. Choroby patogeniczne kukurydzy i rola biostymulatorów w ich zwalczaniu. [Maize pathogenic diseases and the role of biostimulators in their control]. *Technologia i Jakość Wyrobów* 65: 129–143.
- Sobek E.A., Munkvold G.P. 1999. European corn borer (Lepidoptera: Pyralidae) larvae as vectors of *Fusarium moniliforme*, causing kernel rot and symptomless infection of maize kernels. *Journal of Economic Entomology* 92 (3): 503–509. DOI: 10.1093/jee/92.3.503
- Sulewska H., Ptaszyńska G., Buśko M., Perkowski J. 2005. Zawartość mikotoksyn w ziarnie kukurydzy (*Zea mays* L.) w zależności od terminu zbioru. [Content of mycotoxins in maize (*Zea mays* L.) kernels depended on harvest date]. *Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin* 45 (2): 1117–1119.
- Tekiela A. 2004. Wpływ nawożenia dolistnego na porażenie kukurydzy przez patogeny. [Effect of leaf fertilization on maize infection by pathogens]. *Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin* 44 (2): 1157–1160.
- Tekiela A. 2005. Występowanie i szkodliwość drobnej plamistości liści [*Aureobasidium zeae* (Narita et Hiratsuka) J.N. Dingley] i żółtej plamistości liści kukurydzy (*Trichometasphaeria turcica* Luttr.) na kukurydzy w południowo-wschodniej Polsce. [The occurrence and economic importance of eyespot [*Aureobasidium zeae* (Narita et Hiratsuka) J.N. Dingley] and leaf spot (*Trichometasphaeria turcica* Luttr.) on maize diseases in south-eastern Poland]. *Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin* 45 (1): 484–486.
- Tekiela A. 2008. Najważniejsze choroby liści kukurydzy w SHR Mikulice w południowo-wschodniej Polsce w latach 2005–2007. [Most important diseases of maize foliage at SHR Mikulice, south-eastern Poland, in 2005–2007]. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych* 531: 227–232.
- Tekiela A., Bereś P., Grajewski J., Miklaszewska B. 2005. Wpływ zwalczania chorób i szkodników kukurydzy na zasiedlenie ziarna przez grzyby i zawartość mikotoksyn. [Influence of maize diseases and pests control on occurrence of fungi on grain and content of mycotoxins]. *Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin* 45 (2): 1149–1152.
- Tekiela A., Gabarkiewicz R. 2007. Fuzarioza kolb kukurydzy a zagrożenie skażenia ziarna przez mikotoksyny w uprawie mieszańców kukurydzy modyfikowanych genetycznie i ich form wyjściowych w warunkach polskich. [*Fusarium* spp. occurrence and mycotoxin content in grain of genetically modified corn hybrids and traditional maize cultivars in Poland]. *Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin* 47 (4): 227–232.
- Tekiela A., Koziół M., Mazur A., Wojnarowicz T. 2010. Podatność mieszańców kukurydzy na występowanie fuzariozy kolb kukurydzy. [Susceptibility of maize cultivars to the occurrence cob rot caused by fungi of *Fusarium* genus]. *Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin* 50 (4): 1827–1831.
- Tratwal A., Bereś P.K. (red.). 2016. Poradnik sygnalizatora ochrony kukurydzy. [Corn protection signaling guide]. Instytut Ochrony Roślin – Państwowy Instytut Badawczy, Poznań, 193 ss. ISBN 978-83-64655-19-7.
- Waligóra H. 2021. Odmiany kukurydzy cukrowej. [Varieties of sweet corn]. *Kukurydza* 1 (58): 54–55.
- Wit M., Ochodzki P., Warzecha R., Wakuliński W. 2007. Znaczenie *Fusarium verticillioides* (Sacc.) Nirenberg w etiologii fuzariozy kolb kukurydzy. [Importance of *Fusarium verticillioides* (Sacc.) Nirenberg in etiology of ear rot of maize]. *Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin* 245: 171–180.