

MARIA PRONCZUK¹
JAN BOJANOWSKI¹
ROMAN WARZECHA¹
ZBIGNIEW LAUDAŃSKI^{1,2}

¹ Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Radzikowie

² Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

Badania nad odpornością kukurydzy na zgorzel podstawy łodyg

Część I. Ocena podatności odmian mieszańcowych w warunkach infekcji naturalnej

Studies on resistance of maize to fusarium stalk rot

Part I. Evaluation of susceptibility of hybrid cultivars under natural infection

Celem badań była ocena podatności odmian kukurydzy znajdujących się na rynku polskim i mieszańców eksperymentalnych kukurydzy na zgorzel podstawy łodygi z infekcji naturalnej oraz określenie czynników wpływających na zmiany w nasileniu choroby w latach. Ocenę przeprowadzono w latach 1985–1990 oraz 2002–2006 w Radzikowie. W każdym roku oceniano od 36 do 150 odmian i mieszańców. Do oceny porażenia łodyg zastosowano metodę podłużnego krojenia łodyg według Krügera i skalę 1–9 opracowaną w zespole FAO. Stwierdzono, że zarówno mieszańce jak i odmiany różnią się podatnością na zgorzel podstawy łodygi. Odmiany wcześniej dojrzewające są bardziej podatne na chorobę w porównaniu do późno dojrzewających. Na podatność odmian duży wpływ mają warunki środowiska. Nasilenie choroby zmienia się w latach i wiąże się ściśle z warunkami pogodowymi, z terminem kwitnienia kukurydzy oraz terminem pojawiania się pierwszych objawów choroby. Wczesny termin kwitnienia kukurydzy predysponuje rośliny do wczesnej infekcji łodyg, czego konsekwencją jest silne wyleganie roślin w okresie zbioru kolb. Ocena podatności odmian wykonana przy dużym nasileniu choroby jest najbardziej miarodajna. Odmiany takie jak Cyrkon, Grom, Król, Iman, Blask, Glejt i Boruta można zaliczyć do mało podatnych, natomiast Wilga, Duet, Wiarus, Bułat i Fido do bardzo podatnych.

Słowa kluczowe: kukurydza, zgorzel podstawy łodygi, podatność, czynniki

The aim of the study was the evaluation of susceptibility of maize hybrid cultivars registered in Poland and experimental hybrids to natural infection with stalk rot. Moreover, factors inducing changes in severity of the disease were determined. The evaluation was performed in the years 1985–1990 and 2002–2006 at Radzików. In each year 36–150 genotypes were examined. The Krüger's method for longitudinal cutting of the stalks and the scale 1–9 elaborated by the FAO group were applied to measure infection rates. The hybrid cultivars differed in the susceptibility to stalk rot. The early

cultivars, compared to the late ones, appeared to be more susceptible to infection. The level of plant susceptibility to disease was greatly influenced by environmental conditions. The infection rates varied in the years of the study, and depended on: weather conditions, date of maize flowering and date of the appearance of first disease symptoms. Early flowering predisposed the plants to early stalk infection, which resulted in heavy lodging of plants at the time of cobs harvesting. The evaluation of plant susceptibility performed under high pressure of the disease gives the most reliable screening. The cultivars Cyrkon, Grom, Król, Iman, Blask, Glejt and Boruta were found to be moderately susceptible to stalk rot, whereas the cultivars Wilga, Duet, Wiarus, Bułat and Fido are highly susceptible.

Key words: factors, *Fusarium*, maize, stalk rot, susceptibility

WSTĘP

Hodowla kukurydzy w Polsce ma dość krótką historię. Współcześnie uprawiane mieszańce liniowe trafiły do Europy w 1945 roku, a w Polsce zainicjowano hodowlę dopiero w 1953 roku (Adamczyk, 2007). W roku 1985 w uprawie i w obrocie znajdowało się 19 odmian. Wśród nich przeważały jednak odmiany zagraniczne. Tylko dwie odmiany — Trinko i Tandem pochodziły z polskiej hodowli, ale w badaniach COBORU było już 17 mieszańców liniowych (COBORU, 1985). Olbrzymi postęp w hodowli nastąpił w ostatnich latach. W roku 2002 w krajowym rejestrze znajdowało się 124 odmiany mieszańcowe, w tym 31 — to odmiany wyhodowane w Polsce (COBORU, 2002), a w roku 2006, na 150 odmian znajdujących się w rejestrze — 37 pochodziło z polskiej hodowli (COBORU, 2006). W między czasie wiele starszych odmian, o mniejszej zdolności plonotwórczej, było wycofywane z rejestru z inicjatywy hodowców (Warzecha, 2003; Siódmiak, 2007). Odmiany obecnie wprowadzane na rynek charakteryzują się wysoką plennością, posiadają wszechstronną wartość użytkową, a dzięki hodowli odmian wcześniej dojrzewających poszerzył się znacznie zasięg uprawy kukurydzy w Polsce. Istnieje nawet pogląd, że kukurydzę uprawiać można praktycznie wszędzie tam gdzie jest słońce (określona temperatura), woda i składniki pokarmowe (Adamczyk, 2007).

Wraz z postępem w hodowli odmian i wzrostem znaczenia kukurydzy w Polsce pojawiły się problemy. Jednym z nich były i są nadal choroby powodowane przez grzyby. Spośród patogenów najbardziej groźne dla kukurydzy są grzyby z rodzaju *Fusarium*. Są one sprawcami trzech chorób: zgorzeli siewek, zgnilizny kolb (fuzarioza kolb) i zgorzeli podstawy łodyg (Czaplińska i Jasa, 1980; Bojarczuk i in., 1983, Warzecha, 2003; Adamczyk i Rogacki, 2005). W Polsce największe szkody w uprawach kukurydzy na ziarno powoduje zgorzel podstawy łodyg, ponieważ choroba występuje praktycznie w każdym roku z większym lub mniejszym nasileniem w przeciwieństwie do fuzariozy kolb, która stanowi problem tylko w niektóre lata (Adamczyk i Rogacki, 2005). Czaplińska i współpracownicy (1979) donoszą o porażeniu roślin przez zgorzel podstawy łodyg sięgającym 50% na plantacji kukurydzy. Choroba pojawia się w okresie dojrzewania kolb. Chore rośliny przedwcześnie dojrzewają i często przed sprzętem ulegają załamaniu. Przy dużym nasileniu choroby wylegające rośliny utrudniają, a czasem nawet uniemożliwiają zbiór mechaniczny kolb.

Celem badań prowadzonych od wielu lat w Instytucie Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Radzikowie była ocena podatności odmian i mieszańców liniowych kukurydzy na

zgorzel podstawy łodyg oraz próba określenia czynników wpływających na zmiany w nasileniu choroby w latach.

MATERIAŁ I METODY

Materiał roślinny

Badania prowadzono od 1985 do 1990 oraz od 2002 do roku 2006. Materiał do badań stanowiły odmiany polskie i zagraniczne znajdujące się na rynku oraz eksperymentalne mieszańce liniowe wytworzone przez polskich hodowców kukurydzy lub z ich udziałem. Doświadczenia zakładano na polu hodowlanym w Radzikowie w układzie rzędowym w trzech lub czterech powtórzeniach. W rzędzie o długości 5 m było około 40 roślin. Odstępy między rzędami wynosiły 75cm. W każdym roku oceniano od 36 do 150 odmian i mieszańców. Przez cały okres wegetacji obserwowano rozwój roślin i ich zdrowotność. Notowano termin siewu, wschody, terminy kwitnienia odmian i mieszańców (50% roślin kwitnących), oraz pierwsze objawy choroby (wyleganie) — rysunek 1.

Ocena porażenia przez zgorzel podstawy łodyg

Ocenę stopnia porażenia roślin przez zgorzel podstawy łodyg wykonywano na podstawie analizy uszkodzeń trzech dolnych międzywęźli u roślin w okresie sprzętu kukurydzy na ziarno. Do oceny zastosowano metodę podłużnego krojenia łodyg według Krügera (1985, 1988). Według tej metody analizie podlegało 15 kolejnych roślin każdej odmiany w trzech powtórzeniach, przy czym omijano rośliny brzeżne (rys. 2).



Rys. 1. Wyleganie roślin kukurydzy porażonych przez zgorzel podstawy łodyg
Fig. 1. Lodging of maize plants infested by fusarium stalk rot

Uszkodzenia tkanek trzech dolnych międzywęźli oceniano w skali 9-stopniowej opracowanej w zespole FAO, pracującym nad chorobami kukurydzy w latach 80-tych (Dolstra i in., 1993). Według tej skali stopień 1 — oznaczał brak objawów choroby, 3 — przebarwienie dwóch dolnych węzłów, 5 — zbrunatnienie i widoczny rozkład tkanek w jednym lub dwóch dolnych międzywęźlach, 7 — więcej niż dwa międzywęźla zbrunatniałe z widocznym rozkładem tkanek, ale tkanki rdzenia występują jeszcze dookoła wiązek przewodzących, łodyga jednak staje się miękka, 9- wszystkie tkanki łodygi rozłożone, a widoczne są tylko wiązki przewodzące (rys. 3). Rośliny porażone w stopniach od 7 do 9 były zaliczane do potencjalnie wylegających. Wyniki podano jako średni stopień porażenia oraz jako procent roślin potencjalnie wylegających na skutek silnego porażenia odmiany.



Rys. 2. Metoda podłużnego krojenia łodyg według Krügera
Fig. 2. The Krüger's method for longitudinal cutting of stalks

Warunki pogodowe w okresie prowadzenia badań

Przy analizie wyników wykorzystano średnie temperatury dobowe i sumy opadów w sezonach wegetacyjnych lat 1985–1990 i 2002–2006, oraz w poszczególnych miesiącach od siewu do kwitnienia na tle danych z wielolecia. Dane pogodowe pochodziły z punktu meteorologicznego funkcjonującego w Radzikowie.

Analizy statystyczne

Wyniki opracowano metodą analizy wariancji dla układu dwuczynnikowego całkowicie losowanego (Wójcik, Laudański 1989). Do porównań wartości średnich zastosowano test Tukeya. Zależności pomiędzy cechami określono metodą analizy korelacji prostej. Dane dotyczące przynależności odmian do klas wczesności FAO pochodziły z listy odmian roślin rolniczych COBORU (1989, 1990, 2002, 2006). Dla wybranych odmian przeprowadzono analizę genotypowo środowiskową za pomocą programu SERGEN (Caliński i in., 1998).

WYNIKI

Siew doświadczeń w każdym roku odbywał się w podobnym terminie tzn. około pierwszego maja. Natomiast okres kwitnienia kukurydzy zmieniał się w latach. Bardzo wcześnie notowano kwitnienie roślin w latach: 1990, 2002 i 2003, bo już po około 70 dniach od siewu (tab. 1).

Tabela 1

Liczba badanych odmian i mieszańców kukurydzy, terminy pojawiania się objawów zgorzeli podstawy łodygi i procent roślin wylegających na skutek silnego porażenia w latach 1985–1990 i 2002–2006 w Radzikowie

Number of maize cultivars and hybrids assessed, date of fusarium stalk rot appearance and percentage of plants lodged in 1985–1990 and 2002–2006 at Radzików

Rok Year	Liczba badanych mieszańców Number of hybrids	Kwitnienie (średnia liczba dni od siewu) Flowering (average no. of days from sowing)	Termin pierwszych objawów choroby (dni od siewu) First symptoms of disease (days from sowing)	Średni procent roślin wylegających* Mean percentage of lodging plants*
1985	150	84	03.10 (156)	20,3
1986	50	77	01.09 (124)	32,3
1987	36	89	18.10 (171)	22,9
1988	75	75	03.09 (126)	39,4
1989	100	82	15.09 (138)	31,9
1990	54	70	05.09 (128)	44,2
2002	51	66	30.08 (122)	28,2
2003	40	72	05.09 (128)	36,8
2004	38	91	15.10 (168)	10,6
2005	45	85	05.10 (158)	8,8
2006	38	79	10.10 (163)	2,9

* Rośliny o porażeniu łodyg w stopniu: 7, 8, 9 oceniane w skali 1-9 w której 1= brak choroby, 9= całkowity rozkład tkanek łodygi

* Infection degrees 7, 8 and 9 in a scale 1–9, where: 1 — no disease symptoms, 9 — complete destruction of stalk tissue



Rys. 3. Diagram skali do oceny porażenia roślin kukurydzy przez zgorzel podstawy łodyg
Fig. 3. Diagram of scale for visual evaluation of plant infection by fusarium stalk rot

Tymczasem w roku 1987 i 2004 kwitnienie występowało dopiero po 89 i 91 dniach od siewu. Także w różnym czasie obserwowano pierwsze objawy choroby w postaci przedwczesnego zasychania liści, zwisających kolb, łamiących się łodyg i wylegających roślin u podstawy (rys. 1). Objawy te wystąpiły dość wcześnie w latach 1986, 1988, 1990, 2002 i 2003, bo na przełomie sierpnia i września, a w latach 1987, 2004 i 2006 chorobę zauważono dopiero pod koniec dojrzewania kolb — w październiku. W kolejnych latach zmieniało się też nasilenie choroby. W latach 1988, 1990 i 2003 było silne, powodujące wyleganie średnio u około 40% roślin (tab. 1). Natomiast w latach 2004, 2005 i 2006 nasilenie było małe, ponieważ silnemu porażeniu uległo w 2004 i 2005 roku około 10% roślin, a w 2006 tylko 2,9%. Analiza korelacji wykazała, że nasilenie choroby miało istotny związek z terminem kwitnienia odmian, czyli z liczbą dni od siewu do kwitnienia ($r = -0,648$; $P < 0,05$) oraz z terminem pojawienia się pierwszych objawów choroby ($r = -0,812$; $P < 0,01$). Wskazuje to, że wczesne kwitnienie roślin sprzyjało silniejszemu ich porażeniu w okresie zbioru kolb.

Warunki pogodowe różniły się znacznie w latach badań i odbiegały od średniej z wielolecia (tab. 2). Szczególnie duże zmiany pogodowe wystąpiły w ostatnich pięciu latach i dotyczyły nie tylko wzrostu średniej temperatury, ale także znacznego obniżenia się sumy opadów w okresie wegetacji roślin (tab. 2). Dla rozwoju kukurydzy, jako rośliny ciepłolubnej duże znaczenie ma temperatura. Dane zebrane w tabeli 3 wskazują na duże różnice średniej temperatury od maja do sierpnia w Radzikowie, mieszczące się w zakresie od 15,1 do 20,6°C w latach.

Tabela 2

Średnie temperatury i sumy opadów za okres wegetacji kukurydzy (maj-październik) w 1985–2006 na tle danych z wielolecia w Radzikowie
Mean temperatures and precipitation during the vegetation seasons (May-October) in 1985–2006, compared to the multi-year average at Radzików

Lata Years	1985	1986	1987	1988	1989	1990	2002	2003	2004	2005	2006	Wielolecie Multi-year period 1961–1990
Średnia temperatura (°C) Mean temperature (°C)	14,4	14,2	13,6	14,9	15,1	14,5	17,6	15,3	14,7	15,8	16,9	14,6
Suma opadów (mm) Precipitation (mm)	328,2	295,7	297,0	282,1	257,4	277,4	183,6	162,7	290,0	178,2	326,4	346,1

Liczba badanych mieszańców oraz ich zestaw zmieniał się w latach, ale część odmian była włączana do oceny także w następnych latach. Do analizy zmian w porażeniu odmian wybrano tylko te odmiany, które były oceniane w co najmniej dwóch sezonach. W latach 1985–1988 badano przeważnie mieszańce eksperymentalne, spełniając potrzeby rozwijającej się hodowli odmian, dlatego rzadko zdarzało się, aby jakiś mieszańiec był badany powtórnie w następnym roku. Od roku 1989 oceniano przede wszystkim zarejestrowane odmiany i większość z nich była badana w kolejnych latach. Początkowo oceniano odmiany zagraniczne i polskie wyhodowane w kooperacji z firmami zagranicznymi (tab. 4), a od roku 2002 badano głównie odmiany wyhodowane w polskich

firmach hodowlano-nasiennych (tab. 5). W każdym roku niezależnie od zestawu odmian i mieszańców notowano różnice w ich porażeniu przez zgorzel podstawy łodygi.

Tabela 3

Miesięczne średnie temperatury od siewu do kwitnienia kukurydzy w latach 1985–2006 na tle danych z wielolecia w Radzikowie
Monthly mean temperatures in the period from sowing to maize silking in 1985–2006, compared to the multi-year average at Radzików

Miesiące Months	1985	1986	1987	1988	1989	1990	2002	2003	2004	2005	2006	Wielolecie Multi-year period 1961–1990
Maj May	15,5	14,8	12,0	15,0	14,0	14,0	19,4	15,7	12,0	14,1	14,3	13,6
Czerwiec June	14,9	16,2	15,7	16,6	15,6	17,5	19,4	18,0	15,8	16,5	18,3	16,6
Lipiec July	17,5	17,8	17,8	18,8	18,3	17,2	23,0	20,2	17,9	20,7	23,4	17,9
Średnia Mean	15,9	16,2	15,1	16,8	15,9	16,2	20,6	18,0	15,2	17,1	18,7	16,0

W latach 1989–1990, kiedy nasilenie choroby było bardzo duże, średni stopień porażenia wybranych odmian wynosił 5,5 w 1989 i 5,8 w roku 1990, a zakres porażenia u odmian zawierał się w przedziale od 3,4 do 8,0 (tab. 4). Silnemu porażeniu uległo wówczas dość dużo odmian, na co wskazywał procent roślin wylegających. U niektórych odmian wyleganie roślin sięgało 73,7% roślin w roku 1989 i 85,4% w 1990. Analiza korelacji wskazała na dużą zbieżność wyników dla podatności odmian w tych latach zarówno pod względem stopnia ich porażenia ($r = 0,921$; $P < 0,01$) jaki i procentu roślin wylegających ($r = 0,951$; $P < 0,01$). Większość polskich odmian wyhodowanych wspólnie z firmami zagranicznymi charakteryzowała się dużą podatnością na zgorzel podstawy łodygi (tab. 4). Wśród odmian bardziej odpornych na infekcję łodyg były odmiany pochodzące z Francji, USA i Niemiec np. Caro, Anjou, Helga, Mona i Dea. Zwrócono uwagę, że do grupy bardziej podatnych należały odmiany wcześniej dojrzewające (klasa wczesności FAO 200-240), zaś do grupy odporniejszych — odmiany później dojrzewające (klasa wczesności FAO 250-290). Pod tym względem były jednak wyjątki np. odmiany późno dojrzewające takie jak: LG11 czy Bekello należały do podatnych, a Melina, Atlet i polski mieszańiec SMH3088 pomimo przynależności do klasy wcześniej dojrzewających były w mniejszym stopniu porażane.

W latach 2002–2006 nasilenie choroby zmieniało się w kolejnych latach. W latach 2002 i 2003 było dość duże — średni stopień porażenia wynosił 5,4 i 5,7 (odpowiednio), a średni procent roślin wylegających wyniósł 34,1% w pierwszym roku i 37,2% w drugim roku. Stwierdzono wówczas duże różnice w podatności odmian od 2,7 do 8,1 w stopniach porażenia oraz od 0 do 86,7% roślin wylegających. W pozostałych latach infekcja odmian była dość mała (średni stopień porażenia od 3,8 do 4,2, a średni procent roślin wylegających od 3,1 do 11,8%), co powodowało mniej widoczne zróżnicowanie odmian pod względem podatności na chorobę (tab. 5).

Tabela 4

Porażenie wybranych odmian mieszańcowych i mieszańców eksperymentalnych kukurydzy przez zgorzel podstawy łodygi z infekcji naturalnej w latach 1989 i 1990 w Radzikowie
Natural infection of some hybrids of maize by fusarium stalk rot in 1989 and 1990 at Radzików

Mieszaniec Hybrid	Pochodzenie Origin	Klasa wczesności FAO FAO maturity class	1989		1990	
			stopień porażenia infection degree	% roślin wylegających ¹ lodging plants (%)	stopień porażenia infection degree	% roślin wylegających ¹ lodging plants(%)
ZPTC 185	YU	200-240	7,3	73,7	8,0	85,4
Agrosil	PL-FR	200-240	7,3	73,9	7,6	80,5
Beko 210	DE-PL	200-240	7,5	77,1	7,5	76,7
LG11	FR	250-290	7,2	69,7	6,5	61,6
KOC 2688	PL-US	200-240	6,4	57,4	7,1	71,7
Kobza	PL-YU	200-240	6,7	63,5	6,8	65,5
Smolimag	PL-FR	200-240	6,4	57,9	6,3	52,6
KLK 2210	PL-FR	200-240	6,2	54,7	6,1	54,8
Hidosil	PL-HU	200-240	6,3	52,8	6,3	55,6
Buras (LG-5)	FR	200-240	6,0	49,6	6,5	57,7
Alarik	FR	200-240	6,2	53,5	6,1	52,6
Scandia	US	200-240	6,1	51,5	6,2	53,3
Bekello	DE-HU	250-290	6,1	52,7	6,2	50,3
SMH 2888	PL	200-240	6,1	54,1	5,9	47,5
Tandem	PL	250-290	5,8	43,0	6,5	57,0
Zenit	DE	200-240	5,7	42,7	6,1	48,2
SMH 2988	PL-NL	250-290	5,8	45,6	5,8	42,9
SMH 2788	PL-YU	200-240	5,5	38,8	8,8	43,2
Bermagold	DE-HU	250-290	5,2	31,4	5,9	44,0
Malta	US	200-240	5,0	27,8	5,9	43,1
ZPTC 111	YU	200-240	5,3	32,8	5,4	32,8
Bermasil	DE-HU	250-290	5,2	29,7	5,4	33,2
SMH 3088	PL-NL	200-240	5,1	31,5	5,1	27,6
Atlet	DE	200-240	5,0	25,2	5,2	30,6
Agros	F	250-290	4,6	21,3	5,2	31,2
KOC 2888	PL-DE	250-290	4,9	23,5	5,0	24,7
Melina	US	200-240	4,9	26,0	4,6	20,1
Dea	US	250-290	4,0	10,4	5,2	23,7
Mona	US	250-290	4,1	12,2	4,8	21,5
ZPTC 209	YU	250-290	4,5	14,9	4,6	15,7
Helga	US	250-290	3,8	9,0	4,5	16,2
LG 22-66	FR	250-290	4,3	11,7	4,5	12,9
Anjou	FR	250-290	4,3	11,7	4,2	11,5
Caro	DE	250-290	3,9	8,7	3,4	5,6
Średnio Mean			5,5	39,4	5,8	42,7
NIR _{0,05}			0,7	10,9	0,7	10,9
LSD _{0,05}						

Poza tym reakcja niektórych odmian zmieniała się w latach np. w roku 2004 i 2006 u odmiany Proсна notowano 10% roślin wylegających, a w 2005 aż 43% pomimo podobnego średniego nasilenia choroby (tab. 5).

Tabela 5

Porażenie wybranych odmian kukurydzy przez zgorzel podstawy łodygi z infekcji naturalnej w latach 2002–2006 w Radzikowie

Natural infection of some maize cultivars by stalk rot in 2002–2006 at Radzików

Odmiana Cultivar	Pochodzenie Origin	Klasa wczes- ności FAO maturity class	2002		2003		2004		2005		2006	
			stopień porażenia infection degree	roślin wyleg. lodging plants (%)	stopień porażenia infection degree	roślin wyleg. lodging plants (%)	stopień porażenia infection degree	roślin wyleg. lodging plants (%)	stopień porażenia infection degree	roślin wyleg. lodging plants (%)	stopień porażenia Infection degree	roślin wyleg. lodging plants (%)
Kasia	PL	230	7,7	86,7	8,1	80,0	—	—	—	—	—	—
Wilga	PL	190	7,0	73,3	8,8	96,7	5,3	35,0	5,5	32,3	5,3	20,0
Duet	PL	280	7,5	80,0	7,6	78,3	5,9	51,7	4,4	0,0	4,3	0,0
Kometa	PL	230	—	—	6,4	53,3	—	—	4,8	11,0	5,6	20,0
Fido	PL	210	5,1	35,0	7,2	70,0	4,1	16,7	4,1	22,3	4,8	11,7
Junak	PL	220	6,0	43,3	6,8	65,0	4,3	25,0	3,9	3,0	3,8	6,7
Wiarus	PL	220	6,4	50,0	6,5	55,0	4,5	25,0	4,1	3,3	4,1	1,7
Clarica	US	270	5,5	18,3	4,5	10,0	—	—	—	—	—	—
Limko	PL/FR	240	5,5	33,3	5,5	36,7	—	—	4,2	3,0	4,5	1,7
Matilda	USA	240	4,9	21,7	6,6	56,7	3,2	0,0	—	—	—	—
Bułat	PL	240	5,8	45,0	6,0	40,0	4,0	5,0	4,7	11,3	4,1	10,0
Nimba	PL/DE	260	4,9	40,0	5,9	36,7	4,3	18,3	4,4	19,7	4,7	1,7
Prosna	PL	230	5,6	41,7	5,1	33,3	3,2	10,0	5,9	43,3	4,4	10,0
Cedro	PL	210	5,8	40,0	6,8	66,7	3,1	10,0	5,2	33,7	3,2	0,0
Reduta	PL/DE	230	6,6	58,3	5,3	26,7	3,6	11,7	4,6	13,0	3,7	0,0
Baca	PL	220	4,7	16,7	4,7	21,7	4,8	25,0	—	—	—	—
Piorun	PL	240	—	—	6,3	50,0	3,9	13,3	4,0	6,7	4,3	0,0
Nysa	PL	240	5,4	35,0	5,7	31,7	4,3	8,3	3,6	5,7	3,6	1,7
Lober	PL	250	5,2	26,7	7,1	70,0	3,3	3,3	3,5	6,7	3,4	0,0
Rota	PL	230	5,3	26,7	4,8	18,3	4,4	16,7	4,1	13,7	3,4	0,0
Bzura	PL	230	5,5	33,3	6,0	46,7	2,7	0,0	4,8	22,0	3,3	0,0
Koka	PL/DE	240	—	—	4,5	13,3	5,2	36,7	4,1	5,3	4,0	0,0
Brda	PL	220	—	—	6,3	46,7	3,6	10,0	3,7	0,0	3,9	0,0
San	PL	240	4,9	30,0	5,3	21,7	3,3	5,0	4,2	28,0	3,8	6,7
Kosmo 230	PL	240	—	—	4,3	10,0	3,2	6,7	5,3	34,0	4,3	0,0
Boruta	PL	230	4,8	20,0	5,2	28,3	4,0	11,7	3,5	0,0	3,5	0,0
Glejt	PL	230	5,4	28,3	4,5	3,3	3,2	1,7	3,8	0,0	3,9	0,0
Wigo	PL	250	4,6	15,0	6,3	46,7	2,8	0,0	3,7	0,0	3,2	0,0
Blask	PL	250	4,1	8,3	5,4	30,0	3,8	0,0	3,7	0,0	3,6	0,0
Bosman	PL	260	—	—	5,3	36,7	3,6	3,3	3,8	2,7	3,5	0,0
Iman	PL	300	5,4	33,3	4,6	6,7	3,5	3,3	2,6	0,0	3,3	0,0
Król	PL/DE	270	4,7	13,3	4,6	16,7	3,3	1,7	3,6	1,3	3,1	0,0
Grom	PL	250	5,1	25,0	4,2	0,0	2,3	0,0	3,5	0,0	3,2	0,0
Cyrkon	PL	270	4,2	8,3	3,5	0,0	3,1	11,7	3,3	0,0	3,1	0,0
Etendard	DE	260	3,2	1,7	2,7	0,0	2,9	0,0	—	—	—	—
Średnio Mean			5,4	34,1	5,7	37,2	3,8	11,8	4,2	10,7	3,9	3,1
NIR _{0,05}			0,85	12,7	1,49	25,43	1,20	20,59	0,88	16,57	0,67	9,47
LSD _{0,05}												

Analiza korelacji wskazała na dużą zbieżność wyników dla wylegania roślin u odmian w latach 2002, 2003 i 2004 (2002 i 2003: $r = 0,592$, $P < 0,01$; 2002 i 2004: $r = 0,782$; $P < 0,001$; i 2003 i 2004: $r = 0,584$; $P < 0,01$), oraz brak istotnej zbieżności wyników z tych lat z wynikami uzyskanymi w latach 2005 i 2006. Analiza wariancji potwierdziła istotne

różnice w nasileniu choroby u odmian w latach badań oraz wykazała zależność nasilenia choroby od klasy wczesności dojrzewania (FAO) badanych odmian (tab. 6). Największe różnice w nasileniu choroby notowano u odmian skrajnych pod względem wczesności tzn. bardzo wczesnych (klasa pierwsza do 190) i bardzo późnych (klasa czwarta 300–350). Brak istotnych różnic pod względem tej cechy stwierdzono u odmian należących do klasy trzeciej (250–290) i czwartej (300–350) (tab. 7). Analiza wskazała także na brak interakcji pomiędzy rokiem badań i klasą wczesności, ale tylko w przypadku przeprowadzania analizy na liczbach dotyczących średniego stopnia porażenia odmian. Interakcja okazała się istotna, przy dość niskiej wartości ilorazu F_{emp} (1,85*), gdy brano pod uwagę wyleganie roślin u odmian (tab. 6).

Tabela 6

Wartości F z analizy wariancji dla nasilenia zgorzeli podstawy łodygi w zależności od roku badań i klasy wczesności (FAO) odmian kukurydzy
 F -value from ANOVA for fusarium stalk rot incidence in relation to the years of testing and FAO maturity class

Cecha Trait	Wartość F — F value		
	lata badań years of testing (A)	klasy wczesności odmian maturity classes for cultivars (B)	współdziałanie interaction (A × B)
Stopień infekcji Infection degree	24,52**	28,87**	1,15
Procent roślin wylegających Percentage of plant lodging	21,69**	25,38**	1,85*

Istotne przy * $P < 0,05$; ** $P < 0,00005$; Significant at * $P < 0,05$; ** $P < 0,00005$

Tabela 7

Różnice w podatności odmian kukurydzy na zgorzel podstawy łodygi w zależności od klas wczesności FAO

Differences in susceptibility of maize cultivars to fusarium stalk rot in relation to FAO maturity class

Klasa wczesności Maturity class	N ¹⁾	Średnia podatność odmian Average susceptibility of plants		Różnice w nasileniu choroby w zależności od klas wczesności odmian Differences in disease incidence in relation to maturity class for cultivars					
				do 190		200-240		250-290	
		stopień porażenia ²⁾ degree of infection ²⁾	wyleganie lodging plants (%)	stopień porażenia ²⁾ degree of infection ²⁾	wyleganie lodging plants (%)	stopień porażenia ²⁾ degree of infection ²⁾	wyleganie lodging plants (%)	stopień porażenia ²⁾ degree of infection ²⁾	wyleganie lodging plants (%)
do 190	15	6,37	51,467						
200–240	285	4,72	21,548	1,6433*	29,919*				
250–290	147	4,19	13,154	2,1739*	38,313*	0,5306*	8,394*		
300–350	15	3,88	8,667	2,4800*	42,800*	0,8367*	12,881*	0,3061	4,487

Istotne przy * $P < 0,05$; Significant at * $P < 0,05$

¹⁾ Liczba odmian w powtórzeniach i latach badań; number of cultivars, replications and years tested

²⁾ Ocena w skali 1-9, w której 9= silne porażenie; estimation in a scale 1–9 where 9=severe infection

Do analizy podatności odmian na zgorzel podstawy łodygi i ich interakcji ze środowiskiem w latach wybrano 23 odmiany. Odmiany te były oceniane w każdym z pięciu lat badań. Stwierdzono, że odmiany takie jak Wilga, Duet, Wiarus i Bułat należały

do bardziej podatnych na zgorzel, ponieważ stopień porażenia tych odmian był istotnie wyższy od średniej środowiskowej (tab. 8).

Natomiast odmiany takie jak Cyrkon, Grom, Król, Iman i Boruta można zaliczyć do odporniejszych, ponieważ porażenie tych odmian było istotnie niższe od średniej środowiskowej.

Tabela 8

Podatność wybranych odmian kukurydzy na zgorzel podstawy łodygi i interakcja tej cechy ze środowiskiem w latach badań
Susceptibility of maize cultivars to fusarium stalk rot and interaction of this trait with years

Odmiana cultivar	Podatność, Średnia z lat 2002-2006 Susceptibility, Mean for 2002-2006		Wartość <i>F</i> dla efektu głównego podatności <i>F</i> -value for main susceptibility effect		Wartość <i>F</i> dla interakcji podatności z latami <i>F</i> -value for interaction of susceptibility with years	
	stopień porażenia ¹ degree of infection	% roślin wylegających ² percentage of lodging plants	stopień porażenia degree of infection	% roślin wylegających percentage of lodging plants	stopień porażenia degree of infection	% roślin wylegających percentage of lodging plants
Wilga	6,37	51,47	34,65***	17,41**	3,61***	8,09***
Duet	5,93	42,00	11,57**	3,36	6,11***	17,85**
Fido	5,15	31,13	3,29	4,25	3,80**	20,52***
Junak	5,14	28,60	3,37	2,29	3,53***	4,60***
Wiarus	5,13	27,00	9,57**	2,04	1,19	3,42***
Bułat	4,90	22,27	27,65***	0,62	0,14	1,18
Nimba	4,85	23,27	1,23	2,43	2,20	0,63
Prosna	4,84	27,67	0,31	1,38	7,84***	6,08***
Cedro	4,81	30,07	0,36	2,49	5,42***	5,80**
Reduta	4,77	21,93	0,40	0,11	3,29**	4,77***
Nysa	4,53	16,47	0,16	7,86**	1,09	0,23
Lober	4,50	21,33	0,07	0,03	5,08***	8,19***
Rota	4,47	15,07	0,19	1,21	2,93**	2,86**
Bzura	4,46	20,40	0,19	0,01	3,62***	2,36*
San	4,29	18,27	4,79*	0,09	0,74	4,54***
Boruta	4,20	12,00	5,94*	8,28**	1,03	1,10
Glejt	4,17	6,67	2,74	5,52*	2,54**	4,58***
Wigo	4,13	12,33	3,45	2,57	2,49**	3,24**
Blask	4,11	7,67	4,25	9,70**	2,14*	2,23*
Iman	3,89	8,67	6,31*	4,34	3,13**	4,21***
Król	3,85	6,60	36,65***	13,05**	0,59	1,96*
Grom	3,67	5,00	14,51**	6,01*	2,34*	5,32***
Cyrkon	3,45	4,00	13,02**	4,77*	3,95***	7,62***
Średnia Mean	4,60	19,72	—	—	—	—
NIR _{0,05}	0,83	13,8	—	—	—	—
LSD _{0,05}						

¹ — Ocena w skali 1–9, w której 9 = bardzo podatny; Estimation in a scale 1–9, where 9 = high susceptibility

² — % roślin o porażeniu łodyg w stopniu 7, 8, 9 ocenianych w skali 1–9

³ — Percentage of plants with stalk infection degrees 7, 8 and 9 in a scale 1–9

³ — Wartości krytyczne dla efektu podatności: 0,10 = 4,54(*); 0,05 = 7,71(**); 0,01 = 21,20(***)

³ — Critical values for susceptibility effects: 0,10 = 4,54(*); 0,05 = 7,71(**); 0,01 = 21,20(***)

⁴ — Wartość krytyczna dla interakcji: 0,10 = 1,97(*); 0,05 = 2,41(**); 0,01 = 3,40 (***)

⁴ — Critical value for interaction: 2 — 0,10 = 1,97(*); 0,05 = 2,41(**); 0,01 = 3,40 (***)

Większość odmian poza Bułat, Nimba, Nysa i Boruta, wykazywała istotną interakcję ze środowiskiem tak pod względem stopnia porażenia jak i roślin wylegających (tab. 8). Spośród odmian wykazujących istotną interakcję tylko odmiany: Wilga ($r^2 = 87,22\%$; wsp. reg. = 0,992), Cyrkon ($r^2 = 88,38\%$; wsp. reg. = -0,969) oraz Król ($r^2 = 97,77\%$; wsp. reg. = 0,516) wykazały istotną regresję względem środowiska. Pozostałe oceniane odmiany należy uznać za nieprzewidywalne w reakcji na środowisko.

DYSKUSJA

Przeprowadzone badania wykazały, że oceniane odmiany i mieszańce liniowe kukurydzy różniły się podatnością na zgorzel podstawy łodyg. Silniejsze porażenie łodyg notowano u genotypów wcześniej dojrzewających (I i II klasa wczesności FAO) w porównaniu do średnio późnych i późnych (III i IV klasa wczesności FAO), co jest zgodne z opinią wielu autorów (Wall i Mortimore, 1965; Czaplinska i Jaśa, 1980; Bojarczuk i Bojarczuk, 1983). Stwierdzono także, że nasilenie zgorzeli łodyg u kukurydzy zmienia się w latach i ma istotny związek z terminem kwitnienia roślin oraz z terminem pojawienia się pierwszych objawów choroby.

Na przebieg faz rozwojowych kukurydzy, a zatem i na termin kwitnienia niewątpliwy wpływ miały warunki pogodowe. Dla rozwoju kukurydzy jako rośliny ciepłolubnej (pochodzenie tropikalne — C₄) dużą rolę odgrywa temperatura (Frei, 2000). Kruczek (2002) twierdzi, że warunki pogodowe szczególnie lipca i sierpnia wywierają duży wpływ na długość okresu wegetacji kukurydzy. Przedstawione powyżej dane meteorologiczne wskazują, na duże różnice w latach dla średniej temperatury nie tylko lipca i sierpnia, ale także dla innych miesięcy w okresie od siewu kukurydzy do kwitnienia. Im temperatura w tym okresie była wyższa tym termin kwitnienia roślin był wcześniejszy, wcześniej zauważano też objawy choroby, a w okresie dojrzewania kolb notowano silniejsze porażenie roślin w porównaniu do lat, kiedy kwitnienie przebiegało później.

Według danych z literatury na wystąpienie choroby, oprócz warunków pogodowych, wpływ ma wiele innych czynników związanych z predyspozycją roślin do infekcji przez grzyby z rodzaju *Fusarium*. Czynniki te były obiektem wielu badań i spekulacji, nie wszystkie do dziś są poznane.

Liczne badania wykazały, że predyspozycja roślin do infekcji zależy od fizjologicznych cech związanych z ich starzeniem i szybkością tego procesu (Mortimore i Ward, 1964; Wall i Mortimore, 1965; Dodd, 1980a i 1980b; Schneider i Pendery, 1983; Czaplinska i in. 1983). Stwierdzono, że podatność roślin na zgorzel łodygi wzrasta od kwitnienia do dojrzewania ziarna, co także potwierdzają nasze badania. Krüger (1988) oraz Chen (1995) podają, że infekcji najpierw ulegają korzenie, a dopiero później łodyga i dlatego choroba w pierwszym okresie może być niezauważana. Według Dooda (1980a i 1980b) podatność roślin na infekcję mogą powodować stresy biotyczne i abiotyczne, które obniżają zdolność roślin do fotosyntezy po kwitnieniu, co z kolei prowadzi do obniżenia zawartości cukrów w łodydze. Zdaniem Foke (za Czaplinską i in., 1979) gwałtowny rozwój choroby następuje po przekroczeniu poziomu „progowego” w zawartości cukrów (20%), dlatego choroba przez niektórych autorów prac nazywana jest „low sugar disease” (Chambers, 1987; Dolstra

i in., 1993). Czaplínska i wsp. (1983) podają, że wysoka zawartość cukrów rozpuszczalnych w łodydze pod koniec wegetacji może być tylko jednym z czynników ograniczających infekcję grzybów z rodzaju *Fusarium*. Autorzy ci nie stwierdzili dziedziczenia przez mieszańce takich cech jak zawartość cukru i odporność na zgorzel łodygi.

Dood (1980 a i 1980 b) twierdzi, że ważnym stresem biotycznym ograniczającym fotosyntezę są uszkodzenia liści przez choroby grzybowe. W naszych badaniach choroby liści nie były brane pod uwagę, ale w Radzikowie, w niektóre lata obserwowano nasilenie objawów drobnej plamistości liści powodowanych przez *Kabatiella zaeae*. Stwierdzono wówczas wpływ tej choroby na przedwczesne zasychanie liści i silne porażenie łodyg przez zgorzel u podatnych na *K. zaeae* odmian (Prończuk i in., 2004).

Schneider i Pendery (1983) uważają, że głównym czynnikiem zwiększającym podatność roślin na infekcję jest stres suszy, który wpływa pośrednio na dystrybucję asymilatów do poszczególnych organów rośliny i przyspiesza starzenie się roślin. Załączone do powyższej pracy dane meteorologiczne wskazują, że sumy opadów w badanych sezonach wegetacyjnych były poniżej średniej z wielolecia, ale krytyczny deficyt wodny wystąpił w roku 2002, 2003 i 2005. Duże nasilenie zgorzeli łodyg w roku 2002 i 2003 może potwierdzać słuszność hipotezy Schneider i Pendery (1983). Niezrozumiałe jednak jest to, że w latach 2005 i 2006 porażenie roślin przez zgorzel było niskie pomimo skrajnie różnych warunków wilgotnościowych w tych latach.

Jako inne czynniki wpływające na nasilenie choroby wyliczane w piśmiennictwie są: złe warunki glebowe (zwięzłość gleby), zbyt duże zagęszczenie roślin, brak równowagi w składnikach pokarmowych, brak światła słonecznego oraz uszkodzenia łodyg przez szkodniki (Mortimore i Gates, 1969; Dodd, 1980 b; Schneider i Pendery, 1983; Gatch i Munkvold, 2002). Nie zauważono, aby powyższe czynniki występowały w Radzikowie, ponieważ doświadczenia zakładane były na tym samym polu, według zasad stosowanych w hodowli kukurydzy. Jedynie uszkodzenia roślin przez omacnicę prosowiankę (*Ostrinia nubilalis*) mogą w przyszłości być ważnym czynnikiem jako wektor patogenów powodujących zgorzel podstawy łodygi, gdyż w 2006 roku po raz pierwszy stwierdzono żerowanie tego szkodnika na pojedynczych roślinach kukurydzy w Radzikowie.

Wieloletnia ocena porażenia odmian kukurydzy przez zgorzel podstawy łodyg w warunkach naturalnych wykazała, że wybór zarówno podatnych jak i odpornych odmian jest trudny ze względu na zmieniające się nasilenie choroby w latach na skutek dużego wpływu warunków pogodowych i środowiska na te cechy, co potwierdziła analiza genotypowo środowiskowa. Te komplikacje przy selekcji genotypów odpornych skłaniały badaczy do poszukiwania innych metod oceny odporności także z zastosowaniem sztucznej infekcji (Mostafa in., 1990; Anderson i White, 1994). Większość hodowców bierze jednak pod uwagę reakcję genotypów na infekcję w warunkach naturalnych, ponieważ w tych warunkach odmiany te będą uprawiane (Dolstra i in., 1993). Wyniki naszych badań wskazują, że ocena wykonana przy dużym nasileniu choroby może być miarodajna, o czym świadczą istotne współczynniki korelacji pomiędzy wynikami atestacji odmian w tych latach.

Badania wykazały także, że w ostatnich latach, w hodowli polskich odmian, nastąpił postęp pod względem odporności na zgorzel. W latach 1989 i 1990 większość odmian polskich lub wyhodowanych we współpracy z firmami zagranicznymi była bardzo podatna na zgorzel łodygi. Wśród odmian obecnie znajdujących się na rynku, wyhodowanych w polskich firmach hodowlano-nasiennych są odmiany w niewielkim stopniu porażanych przez tę chorobę. Mostafa i wsp. (1990) donoszą, że poprawa takiej cechy jak odporność na zgorzel łodygi wiąże się zazwyczaj ze zmianami w innych cechach gospodarczych odmian np. późniejszym dojrzewaniem, redukcją plonu nasion. Niektóre z polskich odmian, ostatnio wyhodowanych np. Iman, Król i Cyrkon są zaliczane do średnio późnych lub późnych (Iman), co potwierdzałoby opinię Mostafa i wsp. (1990). Jednak wśród mało podatnych są także odmiany wcześniej dojrzewające np. Glejt, Boruta, Grom, Blask, co niewątpliwie jest efektem hodowli.

WNIOSKI

1. Odmiany kukurydzy różnią się podatnością na zgorzel podstawy łodygi. Odmiany wcześniej dojrzewające (klasa FAO I i II) są bardziej podatne na chorobę w porównaniu do późno dojrzewających (klasa FAO III i IV). Na podatność odmian duży wpływ mają warunki środowiska.
2. Nasilenie choroby zmienia się w latach i wiąże się ściśle z warunkami pogodowymi, z terminem kwitnienia kukurydzy oraz terminem pojawiania się pierwszych objawów choroby. Wczesny termin kwitnienia kukurydzy predysponuje rośliny do wczesnej infekcji łodyg, czego konsekwencją jest silne wyleganie roślin w okresie zbioru kolb.
3. Stwierdzono, że ocena podatności odmian na zgorzel podstawy łodygi wykonana przy dużym nasileniu choroby z naturalnej infekcji jest najbardziej miarodajna. Przy małym nasileniu choroby reakcja odmian na środowisko powoduje, że podatność na zgorzel może być przypadkowa. Odmiany takie jak Cyrkon, Grom, Król, Iman, Blask, Glejt i Boruta można zaliczyć do mało podatnych, natomiast Wilga, Duet, Wiarus, Bułat i Fido do bardzo podatnych.

LITERATURA

- Adamczyk J. Rogacki J. 2005. Co wpływa na plony kukurydzy. Kukurydza rośliną przyszłości — Poradnik dla producentów. Biznes Press Sp. z o.o. Agro-Serwis:22 — 27.
- Adamczyk J. 2007. Kapryśna bogini? — poznajmy ją bliżej. Kukurydza nowe możliwości — Poradnik dla producentów. Biznes Press Sp. z.o.o. Agro-Serwis: 26 — 31.
- Anderson B., White D. G. 1994. Evaluation of methods for identification of corn genotypes with stalk rot and lodging resistance. *Plant Dis.* 78: 590 — 593.
- Bojarczuk M., Bojarczuk J., Węgrzyn S. 1983. Odporność linii wsobnych i mieszańców liniowych kukurydzy na fuzariozy. *Hod. Rośl. Aklim.* 27/2: 113 — 128.
- Caliński T., Czajka S., Kaczmarek P., Siatkowski I. 1998. SERGEN — Analiza serii doświadczeń odmianowych i genetyczno hodowlanych. Program komputerowy, Poznań, IGR.
- Chambers K. R. 1987. Stalk rot of maize: host — pathogen interaction. *J. Phytopathology* 118: 103 — 108.
- Czaplińska S. Jasa S., Szumińska A. 1979. Wyniki wstępnych badań mykoflory zasiedlającej kukurydzę z objawami zgorzeli podstawy łodyg. *Biul. IHAR* 136: 61 — 78.

- Czaplińska S., Jasa S. 1980. Studia nad odpornością kukurydzy na fuzariozę. Część I. Ocena podatności roślin linii i mieszańców kukurydzy na zgorzel podstawy łodyg i zgniliznę kolb w warunkach naturalnej infekcji. *Hod. Rośl. Aklim.* 24 z. 3: 257 — 266.
- Czaplińska S., Bielecki K., Grzyś E., Skrabka H., Szuwalska Z. 1983. Odporność kukurydzy na zgorzel podstawy łodyg w zależności od stężenia cukrów w łodydze. *Hod. Rośl. Aklim.* 27/3: 193 — 205.
- COBORU 1985. Lista odmian roślin rolniczych. Słupia Wielka: 85 ss.
- COBORU 1989. Lista odmian roślin rolniczych. Słupia Wielka: 83 ss.
- COBORU 1990. Lista odmian roślin rolniczych. Słupia Wielka: 109 ss.
- COBORU 2002. Lista odmian roślin rolniczych. Słupia Wielka: 241 ss.
- COBORU 2006. Lista odmian roślin rolniczych i warzywnych wpisanych do krajowego rejestru w Polsce. Słupia Wielka 145 ss.
- Chen Jie, Song ZuoHeng, Xian HongQian, Wang Cong Ren. 1995. Infection pattern of corn stalk rot. *Acta Phytophylogica Sinica* 22 (2): 117 — 122.
- Dodd J. L. 1980 a. The role of plant stresses in development of corn stalk rots. *Plant Dis.* 64: 533 — 537.
- Dodd J. L. 1980 b. Grain sink size and predisposition of *Zea mays* to stalk rot. *Phytopathology* 70: 534 — 535.
- Dolstra O., Marton C., Menzi M., Mohr I., Plienegger D. I., Prończuk M. 1993. Evaluation of recurrent selection for stalk rot resistance in a synthetic maize population. *Proc of Maize and Sorghum –Eucarpia XVIth Conference, June 6–9 1993, Bergamo, Italy:* 1 — 7.
- Frei O. M. 2000. Changes in field physiology of corn as a result of breeding in Northern Europe. *Maydica*: 173 — 183.
- Gatch E. W., Munkvold G. P. 2002. Fungal species composition in maize stalks in relation to European corn borer injury and transgenic insect protection. *Plant Dis.* 86: 1156 — 1162.
- Kruczek A. 2002. Wpływ warunków pogodowych na rozwój i dojrzewanie kukurydzy o różnej wczesności. *Acta Scientiarum Polonorum — Agricultura (Agronomia)* 1 (1): 99 — 109.
- Krüger W. 1985. Fusarium resistance in maize. *Zea* 2: 9 — 13
- Krüger W. 1988. Fusarium resistance in maize. Final Report of the European Cooperative Research Network on Maize (Project of FAO 1983–1988): 57 pp.
- Mortimore C. G., Gates L. F. 1969. Effects of reducing interplant competition at different stages of growth on stalk rot and yield components of corn. *Can. J. Plant Sci.* 49: 723 — 729.
- Mortimore C. G., Ward G. M. 1964. Root and stalk rot of corn in southwestern Ontario: III Sugar levels as a measure of plant vigor and resistance. *Can. J. Plant Sci.* 44: 451 — 457.
- Mostafa M. A. N., Coors J. G., Drolsom P. N. 1990. Correlated changes in grain yield and agronomic traits from selection for resistance to stalk rot in maize caused by *Gibberella zeae* (Schw.) Petch. *Maydica* 35: 253 — 258.
- Prończuk M., Bojanowski J., Warzecha R. 2004. Effect of leaf infection by *Kabatiella zeae* on stalk rot prevalence and grain yield of maize hybrids. *J. Phytopathology* 152: 410 — 415.
- Siódmiak J. 2007. Odmiany kukurydzy wpisane do krajowego rejestru w 2006 roku. Kukurydza nowe możliwości. Poradnik dla producentów. Biznes Press Sp.z.o.o. Agro-Serwis:32 — 35.
- Schneider R., Pendery W. E. 1983. Stalk rot of corn: mechanism of predisposition by an early season water stress. *Phytopathology* 77: 863 — 871.
- Wall R. E., Mortimore C. G. 1965. The growth pattern of corn in relation to root and stalk rot. *Can. J. Bot.* 43: 1277 — 1283.
- Warzecha R. 2003. Nowoczesne mieszańce kukurydzy. Poradnik dla producentów. Biznes Press Sp. z. o.o. Agro-Serwis: 19 — 22.
- Wójcik A. R., Ludański Z. 1989. Planowanie i wnioskowanie statystyczne w doświadczałnictwie. PWN, Warszawa: 318 ss.