INFRASTRUKTURA I EKOLOGIA TERENÓW WIEJSKICH
INFRASTRUCTURE AND ECOLOGY OF RURAL AREAS

Nr 5/2011, POLSKA AKADEMIA NAUK, Oddział w Krakowie, s. 215–228
Komisja Technicznej Infrastruktury Wsi

Grzegorz Lemańczyk

ZDROWOTNOŚĆ PROSA ODMIANY 'JAGNA' UPRAWIANEGO NA GLEBIE BARDZO LEKKIEJ W ZALEŻNOŚCI OD DAWKI NAWOŻENIA AZOTOWEGO I NAWADNIANIA

THE HEALTH STATUS OF TRUE MILLET CV. 'JAGNA' GROWN ON A VERY LIGHT SOIL DEPENDING ON DOSE OF NITROGEN FERTILIZATION AND SPRINKLER IRRIGATION

Streszczenie

Celem przeprowadzonego w latach 2005–2006 doświadczenia było określenie wpływu nawodnienia deszczownianego i zróżnicowanej dawki nawożenia azotem (0, 40, 80, 120 kg $N \cdot ha^{-1}$) na zdrowotność prosa odmiany 'Jagna', uprawianego na glebie bardzo lekkiej. Badania obejmowały ocenę stopnia porażenia korzeni przez kompleks patogenów, podstawy źdźbła przez *Oculimacula* spp., *Rhizoctonia* spp. oraz *Fusarium* spp. i *Bipolaris sorokiniana*. Na liściach obserwowano nasilenie czerwonej i innych plamistości. Ponadto określano skład gatunkowy grzybów zasiedlających porażone korzenie i podstawę źdźbła.

Deszczowanie spowodowało istotny wzrost porażenia korzeni przez kompleks patogenów oraz podstawy źdźbła przez *Fusarium* spp. i *B. sorokiniana*. Zdrowotność niedeszczowanego prosa zależała w dużym stopniu od opadów atmosferycznych. Słabsze porażenie przez większość patogenów zanotowano w roku z mniejszą ilością opadów w okresie wegetacji prosa. W miarę zwiększania dawki nawożenia azotowego następował istotny wzrost porażenia korzeni, a także podstawy źdźbła przez *Oculimacula* spp.

Z porażonych korzeni prosa, spośród grzybów patogenicznych izolowano głównie *Fusarium* spp., zwłaszcza *F. solani*, *F. oxysporum* i *F. equiseti*. Z porażonej podstawy źdźbła izolowano przede wszystkim *F. equiseti* i *B. sorokiniana*. Znacznie rzadziej wyodrębniano *Rhizoctonia solani* i *R. cerealis*. Techniką PCR

potwierdzono, iż *R. cerealis* i *R. solani* były sprawcami ostrej plamistości oczkowej, a *R. solani* także porażenia korzeni.

Słowa kluczowe: proso, deszczowanie, nawożenie azotowe, zdrowotność, choroby, grzyby

Summary

The aim of the study conducted in the years 2005–2006 was to determine the influence of sprinkler irrigation and four nitrogen fertilization doses (0, 40, 80, 120 kg N·ha^{-1}) on health status of true millet cv. 'Jagna' cultivated on a very light soil. Investigations covered estimation of infestation degree with: complex of pathogens on roots and in the case of stem base – Oculimacula spp., Rhizoctonia spp., Fusarium spp. and Bipolaris sorokiniana. On leaves there was observed the intensity of Phyllosticta leaf blight and other necrotic spots.

Irrigation caused the significant increase of root rot and stem base infestation with Fusarium spp. and B. sorokiniana. Health status of non-irrigated true millet was dependent mostly on rainfall. Lower intensity of most diseases was noted in the year characterized by lower rainfall amounts during the vegetation period of millet. The higher nitrogen dose resulted in the significant increase of infestation of millet roots and stem base with Oculimacula spp.

The pathogenic fungi occurring on infected millet roots were mostly represented by Fusarium spp., especially F. solani, F. oxysporum and F. equiseti. Stem bases showed the occurrence of F. equiseti and B. sorokiniana. Presence of R. cerealis and R. solani in the damaged stem base and R. solani in roots was confirmed with PCR assay.

Key words*: true millet, sprinkler irrigation, nitrogen fertilization, health, diseases, fungi*

WSTĘP

Proso zwyczajne (*Panicum miliaceum* L.) jest jednym z najdłużej znanych ludzkości zbóż. Należy do najstarszych roślin uprawnych w Europie i Azji, a wzmianki o jego uprawie pochodzą z czasów starożytnych Chin. Obecnie w Polsce zarejestrowane są dwie odmiany 'Gierczyckie' (od 1956 r.) i 'Jagna' (od 2000 r.). Odmiana 'Jagna' różni się od 'Gierczyckiego' zwartą wiechą, lepszą krzewistością, mniejszą skłonnością do wylegania i znacznie wyższym potencjałem plonowania. Najwyższe plony uzyskuje się na glebach zasobnych w próchnicę. Istnieje możliwość uprawy prosa na glebach lekkich, na których inne zboża plonują gorzej. Ponadto proso ma krótki okres wegetacji, dlatego też można je uprawiać w formie plonu wtórnego, jako międzyplon ścierniskowy, a także po wymarzniętych i przeoranych oziminach [Herse 1986; Songina 2003].

Warunkiem uprawy prosa na glebach lekkich jest właściwa agrotechnika i nawożenie. Rolbiecki i in. [2009] podają, iż na takich glebach wraz ze zwięk-

szeniem dawki azotu następuje istotny wzrost plonu, a za optymalną dawkę uznali 80 kg N·ha^{-1}. Wielkość dawki N zależy jednak od wielu czynników, między innymi zasobności gleby, przedplonu, odmiany i warunków klimatycznych [Herse 1986]. Po słabych przedplonach dawka N powinna mieścić się w zakresie 40-50 kg·ha^{-1}, a po dobrych przedplonach 80-140 kg·ha^{-1} [Songina 2003].

Proso dobrze znosi suszę, jednak warunkiem dobrego plonowania jest odpowiednie zaopatrzenie w wodę, zwłaszcza w fazie strzelania w źdźbło i wyrzucania wiech [Songin 2003]. Według Rolbieckiego i in. [2009] uprawiane na glebie bardzo lekkiej, dobrze reaguje na deszczowanie. Dzięki niemu przyrost plonu ziarna dla odmiany 'Jagna' na takich glebach może dochodzić do 97%.

W warunkach zwiększonego nawożenia N [Pląskowska 2005] oraz deszczowania [Dzieżyc 1988; Sadowski i in. 1994] niekiedy obserwuje się wzrost porażenia zbóż przez patogeny grzybowe. Co do prosa, to ogólnie podaje się, iż straty plonu powodowane przez choroby są niewielkie, gdyż występuje na nim głównie głownia prosa, której łatwo można zapobiegać poprzez zaprawianie ziarna [Songin 2003]. Informacji na temat innych chorób prosa jest jednak bardzo niewiele.

Celem wykonanych badań było określenie wpływu deszczowania i dawek nawożenia azotowego na zdrowotność prosa odmiany 'Jagna' uprawianego na glebie kompleksu żytniego słabego, a także ustalenie składu gatunkowego grzybów porażających jego korzenie i podstawę źdźbła.

MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Badanie polowe wykonano w latach 2005–2006 w Kruszynie Krajeńskim koło Bydgoszczy (53°05'N, 17°52'E), na glebie bardzo lekkiej, zaliczanej do V klasy bonitacyjnej i kompleksu żytniego słabego. Dwuczynnikowe doświadczenie założyła Katedra Melioracji i Agrometeorologii Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego w Bydgoszczy, w układzie *split-plot*, w trzech powtórzeniach. Czynnikiem pierwszym było deszczowanie zastosowane w dwóch wariantach: W_0 – bez deszczowania (kontrola), W_1 – z deszczowaniem wykonanym na podstawie wskazań tensjometrów. Czynnikiem drugim była dawka nawożenia azotem (0, 40, 80, 120 kg·ha^{-1}).

Średnia temperatura powietrza w okresie wegetacji prosa (V-VIII) w roku 2005 wynosiła 15,7°C, a w roku 2006 17,1°C. Analizując temperaturę powietrza okresu wegetacji prosa, można stwierdzić, że wysokie wartości temperatur wystąpiły w lipcu, szczególnie w 2006 r. (22,4°C). Suma opadów w okresie maj-sierpień w 2005 r. wynosiła 161 mm, a w 2006 r. – 229 mm i były mniejsze od średniej ilości opadów z wielolecia (1987–2006). W związku z czym dawki nawodnieniowe, zależnie od ilości i przebiegu opadów, w 2005 r. wynosiły 95 mm, a w 2006 r. 155 mm. Nawodnienie deszczowniane stosowano tylko w lipcu. Średnie w dwuletnim okresie badań potrzeby wodne prosa, obliczone

według Klatta [Ostromęcki 1973] oraz Pressa [Press 1963], wyniosły odpowiednio 278 i 294 mm. Szczegółową charakterystykę warunków termicznych, wilgotnościowych oraz potrzeby wodne prosa, w okresie prowadzenia badań zamieszczono w publikacji Rolbiecki i in. [2008].

Oceniano zdrowotność korzeni, podstawy źdźbła i liści. Próby roślin do badań pobierano, gdy wiechy prosa były w pełni wykształcone, a ziarniaki w szczytowych ich partiach dojrzałe. Każdorazowo analizowano zdrowotność 25 losowo pobranych roślin z każdego poletka. W warunkach laboratoryjnych, po umyciu i oderwaniu odrośli kłosonośnych, oceniano stopień porażenia korzeni przez kompleks patogenów w skali 0-4º. Na podstawie źdźbła określano nasilenie porażenia przez *Oculimacula* spp., *Rhizoctonia* spp. oraz *Fusarium* spp. i *Bipolaris sorokiniana*, w skali 0-4º. Na trzech górnych liściach oceniano występowanie czerwonej plamistości (*Phyllosticta penicillariae*) i innych plamistości, w skali 0-9º. Stopnie porażenia transformowano na indeks chorobowy (DI) wg wzoru Townsenda i Heubergera [Wenzel 1948]. Otrzymane dane opracowano statystycznie. Obliczenia wykonano komputerowo bazując na pakiecie ANW i ANS, a istotność różnic określono półprzedziałem ufności Tukeya dla poziomu istotności α=0,05.

Makroskopową ocenę zdrowotności uzupełniono analizą składu gatunkowego grzybów zasiedlających korzenie i podstawę źdźbła. Analizę mikologiczną przeprowadzono z roślin poddanych ocenie porażenia. Izolację z podstawy źdźbła wykonano oddzielnie dla poszczególnych objawów chorobowych. Z jednej rośliny wycinano tylko po jednym 5 mm fragmencie podstawy źdźbła lub korzenia. Materiał ten płukano przez 45 minut pod bieżącą wodą, odkażano przez 20 sekund w 1% roztworze $AgNO_3$, a następnie płukano trzykrotnie w wodzie sterylnej i wykładano na pożywkę PDA ze streptomycyną, znajdującą się w szalkach Petriego.

Ze względu na duże trudności w oznaczaniu grzybów z rodzaju *Rhizoctonia* do gatunku, w celu potwierdzenia przynależności gatunkowej uzyskanych izolatów tego rodzaju przeprowadzono dodatkowo reakcję PCR przy użyciu specyficznych starterów typu SCAR Rc2 F/R dla *R. cerealis* [Nicholson i Parry 1996] oraz ITS1/GMRS-3 dla *R. solani* [Johanson i in. 1998]. Izolacji całkowitego DNA dokonano według zmodyfikowanej metody Doyle i Doyle [1990]. Reakcje PCR przeprowadzono przy użyciu zestawu Core Kit (QIAGEN).

WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

W obu latach badań obserwowano stosunkowo silne porażenie korzeni prosa. Średnio indeks chorobowy (DI) wynosił 35,4% (tab. 1). Nasilenie objawów chorobowych istotnie zależało od zastosowanych czynników. Wraz ze zwiększeniem nawożenia azotowego z 0 do 120 kg $N \cdot ha^{-1}$ porażenie korzeni wzrastało z poziomu DI wynoszącego 28,1% do 42,1%. Podobne zależności,

również w wszystkich latach badań, stwierdzono we wcześniejszej pracy na odmianie 'Gierczyckie' [Lemańczyk i Rolbiecki 2009]. Na wszystkich poletkach nawożonych azotem znacznie więcej porażonych korzeni odnotowano po zastosowaniu nawadniania deszczownianego.

Tabela 1. Indeks chorobowy korzeni prosa (%)
Table 1. True millet root disease index (%)

Rok Year	Nawadnianie Irrigation	Dawka N ($kg \cdot ha^{-1}$); N dose ($kg \cdot ha^{-1}$)				Średnio Mean
		0	40	80	120	
2005	W_0	24,3	23,0	26,0	36,3	27,4 A*
	W_1	24,0	37,3	42,7	44,7	37,2 B
	Średnio; Mean	24,2 a	30,2 ab	34,3 bc	40,5 c	32,3
2006	W_0	33,3	40,7	34,7	39,3	37,0
	W_1	30,7	39,3	42,7	48,0	40,2
	Średnio; Mean	32,0 a	40,0 ab	38,7 ab	43,7 b	38,6
Średnio Mean	W_0	28,8 a	31,8 Aa	30,3 Aa	37,8 Ab	32,2 A
	W_1	27,3 a	38,3 Bb	42,7 Bbc	46,3 Bc	38,7 B
	Średnio; Mean	28,1 a	35,1 b	36,5 b	42,1 c	35,4

* – Wartości oznaczone różnymi literami różnią się od siebie istotnie (duże litery oznaczają istotny wpływ nawadniania, małe istotny wpływ nawożenia azotowego – means followed by different letters differed significantly (capital letters indicate a significant effect of sprinkler irrigation, lower-case letters indicate a significant effect of nitrogen fertilization).
W_0 – bez nawadniania (kontrola) – without irrigation (control).
W_1 – deszczowanie – sprinkler irrigation.

Tabela 2. Porażenie podstawy źdźbła przez *Fusarium* spp. i *B. sorokiniana* – indeks chorobowy (%)
Table 2. Infection of stem base with *Fusarium* spp. and *B. sorokiniana* – disease index (%)

Rok Year	Nawadnianie Irrigation	Dawka N ($kg \cdot ha^{-1}$); N dose ($kg \cdot ha^{-1}$)				Średnio Mean
		0	40	80	120	
2005	W_0	0,67	1,33	1,33	1,33	1,17
	W_1	1,33	3,00	3,33	5,00	3,17
	Średnio; Mean	1,00	2,17	2,33	3,17	2,17
2006	W_0	3,33	2,67	2,00	1,67	2,42 A*
	W_1	8,67	13,33	12,33	12,33	11,67 B
	Średnio; Mean	6,00	8,00	7,17	7,00	7,04
Średnio Mean	W_0	2,00	2,00	1,67	1,50	1,79 A
	W_1	5,00	8,17	7,83	8,67	7,42 B
	Średnio; Mean	3,50	5,08	4,75	5,08	4,60

* – Wartości kolumn oznaczone różnymi literami różnią się od siebie istotnie – values in the same column followed by different letters are significantly different.
W_0 – bez nawadniania (kontrola) – without irrigation (control).
W_1 – deszczowanie – sprinkler irrigation.

Porażenie podstawy źdźbła przez *Fusarium* spp. i *B. sorokiniana* nie było zbyt silne i średnio wynosiło 4,6% (tab. 2). Znacznie więcej jego objawów stwierdzono na poletkach deszczowanych. Jest to zgodne z wcześniejszymi doniesieniami [Lemańczyk i Rolbiecki 2009]. Również Blaszkowski i in. [1999] donoszą o większej szkodliwości *Fusarium* spp. na wilgotnych i zimnych glebach. Jednocześnie podają, iż wyższa wilgotność gleby może prowadzić niekiedy do słabszego porażenia podstawy źdźbła zbóż przez *Fusarium roseum*. Nasilenie symptomów chorobowych na prosie nie zależało natomiast od dawki nawożenia azotowego. Kurowski i in. [2004] podają, iż porażeniu podstawy źdźbła przez *Fusarium* spp., a także korzeni zbóż wzrasta przy wyższych dawkach azotu.

Objawy łamliwości źdźbła na prosie występowały w bardzo słabym nasileniu. Wartość DI wynosiła średnio 0,42% (tab. 3). Według Korbasa [2008] zboża jare mają zbyt krótki okres uprawy, w którym mogły by ulec porażeniu w silniejszym stopniu. Symptomów tej choroby przybywało wraz ze wzrostem dawki nawożenia azotowego. Również Colbach i Saur [1998] oraz Kurowski i in. [2004] uważają, iż wysokie nawożenie azotowe może powodować wzrost porażenia przez *Oculimacula* spp. Zwiększanie dawki azotu, przy stałym poziomie nawożenia fosforem i potasem, może prowadzić do wolniejszego drewnienia korzeni i podstawy źdźbła zbóż, przez co stają się bardziej podatne na porażenie przez *Fusarium* spp. oraz *Oculimacula* spp. [Pląskowska 2005]. Ponadto na poletkach nawożonych dawką 40 i 120 kg N·ha^{-1} istotnie więcej objawów chorobowych stwierdzono po zastosowaniu nawadniania.

Tabela 3. Porażenie podstawy źdźbła przez *Oculimacula* spp. – indeks chorobowy (%)
Table 3. Infection of stem base with *Oculimacula* spp. – disease index (%)

Rok Year	Nawadnianie Irrigation	Dawka N (kg·ha^{-1}); N dose (kg·ha^{-1})				Średnio Mean
		0	40	80	120	
2005	W_0	0,00	0,00	0,33	0,00	0,08
	W_1	0,33	0,67	1,00	2,00	1,00
	Średnio; Mean	0,17	0,33	0,67	1,00	0,54
2006	W_0	0,00	0,00	0,00	0,33	0,08
	W_1	0,33	1,00	0,33	0,33	0,50
	Średnio; Mean	0,17	0,50	0,17	0,33	0,29
Średnio Mean	W_0	0,00	0,00 A*	0,17	0,17 A	0,08
	W_1	0,33	0,83 B	0,67	1,17 B	0,75
	Średnio; Mean	0,17 a	0,42 b	0,42 b	0,67 c	0,42

* – Wartości oznaczone różnymi literami różnią się od siebie istotnie (duże litery oznaczają istotny wpływ nawadniania, małe istotny wpływ nawożenia azotowego – means followed by different letters differed significantly (capital letters indicate a significant effect of sprinkler irrigation, lower-case letters indicate a significant effect of nitrogen fertilization).
W_0 – bez nawadniania (kontrola) – without irrigation (control).
W_1 – deszczowanie – sprinkler irrigation.

Porażenie podstawy źdźbła przez grzyby z rodzaju *Rhizoctonia* było również słabe, szczególnie w 2005 r., w którym DI wynosił 0,13%, a w 2006 r. – 1,06% (tab. 4). Pomimo słabego porażenia stwierdzono istotny wpływ zastosowanych czynników. Najwięcej objawów chorobowych odnotowano przy średnim poziomie nawożenia azotowego (40 i 80 kg N·ha^{-1}). Przy braku nawożenia azotowego więcej objawów odnotowano na poletkach deszczowanych. Również Cromey i in. [2005] więcej symptomów ostrej plamistości oczkowej obserwowali na nawadnianej pszenicy. Wiese [1987] podaje, iż infekcji pierwotnej sprzyja duża wilgotność w pobliżu podstawy źdźbła. Natomiast Gill i in. [2001] oraz Żółtańska [2006] obserwowały znaczny spadek zniszczenia korzeni pszenicy przez *Rhizoctonia solani* w miarę wzrostu wilgotności gleby.

Tabela 4. Porażenie podstawy źdźbła przez *Rhizoctonia* spp. – indeks chorobowy (%)
Table 4. Infection of stem base with *Rhizoctonia* spp. – disease index (%)

Rok Year	Nawadnianie Irrigation	Dawka N (kg·ha^{-1}); N dose (kg·ha^{-1})				Średnio Mean
		0	40	80	120	
2005	W_0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	W_1	0,00	0,00	0,67	0,33	0,25
	Średnio; Mean	0,00	0,00	0,33	0,17	0,13
2006	W_0	0,33 Aa*	2,00 b	0,67 ab	0,33 a	0,83
	W_1	2,67 Bb	1,33 ab	0,33 a	1,00 a	1,33
	Średnio; Mean	1,50 b	1,67 b	0,50 a	0,67 a	1,08
Średnio Mean	W_0	0,17 Aa	1,00 b	0,33 ab	0,17 a	0,42
	W_1	1,33 B	0,67	0,50	0,67	0,79
	Średnio; Mean	0,75	0,83	0,42	0,42	0,60

* – Wartości oznaczone różnymi literami różnią się od siebie istotnie (duże litery oznaczają istotny wpływ nawadniania, małe istotny wpływ nawożenia azotowego – means followed by different letters differed significantly (capital letters indicate a significant effect of sprinkler irrigation, lower-case letters indicate a significant effect of nitrogen fertilization).
W_0 – bez nawadniania (kontrola) – without irrigation (control).
W_1 – deszczowanie – sprinkler irrigation.

Objawy czerwonej plamistości na liściach prosa występowały w słabym nasileniu. W obu latach obserwowano podobny stopień porażenia, a średnia wartość DI wynosiła 1,22% (tab. 6). Na wielkość porażenia nie wpływało istotnie nawadnianie oraz nawożenie azotowe. Na liściach prosa obserwowano również inne plamistości. Szczególnie dużo było ich w 2006 r., w którym to DI wynosił średnio 26,3%, natomiast w 2005 r. – 3,2% (tab. 7). Ich nasilenie nie zależało od zastosowanych czynników. W miejscu plam stwierdzono obecność zarodników takich gatunków jak: *Ascochyta sorghina*, *Helminthosporium penici-miliacei*, *Septoria graminum* i *Septoria penici-miliacei*.

Opinie na ten temat występowania chorób na liściach zbóż są różne. Na fakt wzrostu porażenia liści przy wzrastających dawkach azotu, szczególnie

przez pasożyty obligatoryjne, wskazuje wielu autorów [Blaszkowski i in. 2000; Kurowski i in. 2004; Pląskowska 2005]. Przy wyższych dawkach azotu dochodzi do spadku zawartości w liściach związków fenolowych, odpowiedzialnych za procesy odpornościowe rośliny [Baluk 1983]. Badania własne nie potwierdzają jednak tezy, że pasożyty atakujące liście zbóż występują liczniej przy zwiększonym nawożeniu azotem.

Blaszkowski i in. [2000] również nie odnotowali istotnego wpływu nawadniania na nasilenie plamistości na liściach jęczmienia. Donoszą natomiast o spadku występowania plamistości na liściach nawadnianej pszenicy jarej. Podają, że obfite deszczowanie może powodować zmywanie zarodników z powierzchni liści, a tym samym zapobiec infekcji przez *Septoria* spp. Dzieżyc [1988] ponadto uważa, że 2-3 godzinne nawadnianie wydaje się być za krótkie, aby zwiększyć porażenie liści.

Na podstawie przeprowadzonych badań za głównego sprawcę zgorzeli korzeni można uznać grzyby z rodzaju *Fusarium*. W 2005 r. *Fusarium* spp. stanowiły 89,9% spośród wszystkich uzyskanych z porażonych korzeni izolatów, a w 2006 r. – 79,2% (tab. 5).

Szczególnie dużo izolowano *F. solani* (39,4%), *F. oxysporum* (23,4%) i *F. equiseti* (19,4%). W 2005 r. uzyskano również *R. solani* (5,8%). Grzyby te często podawane są za sprawców zgorzeli korzeni również innych zbóż, szczególnie jarych [Pląskowska 2005; Lemańczyk i in. 2001; Lemańczyk 2009]. Zboża często porażone są przez *Gaeumannomyces graminis*, którego nie stwierdzono w badaniach własnych. Być może wynikało to z faktu, iż proso uprawiano w prawidłowym zmianowaniu, co nie sprzyja występowaniu tego patogena [Kurowski i in. 2004].

Z porażonej podstawy źdźbła, niezależnie od objawów chorobowych, izolowano przede wszystkim grzyby z rodzaju *Fusarium* (59,1%), zwłaszcza *F. equiseti* (45,2%). Dużo izolowano również *B. sorokiniana*, który średnio stanowił 22,4%. Najwięcej uzyskano go z roślin wykazujących symptomy łamliwości źdźbła, na których stanowił 39,3%. Grzyby z rodzaju *Fusarium* dominują również na podstawie źdźbła innych zbożach jarych [Pląskowska 2005; Lemańczyk 2009]. W Polsce *B. sorokiniana* izoluje się głównie z jęczmienia, a bardzo rzadko z innych zbóż [Lemańczyk i in. 2001]. Pomimo stwierdzenia objawów łamliwości źdźbła, z podstawy źdźbła nie izolowano *Oculimacula* spp. Można to tłumaczyć dużym udziałem *Fusarium* spp., które występują w glebie powszechnie. Cechują się one dużą konkurencyjnością w stosunku do innych patogenów i dobrze rozwijają się na roślinach w obecności innych grzybów. Często opanowują rośliny porażone pierwotnie przez inne patogeny [Pląskowska 2005; Lemańczyk 2009].

Tabela 5. Procentowy udział grzybów wyizolowanych z porażonych korzeni i podstawy źdźbła prosa
Table 5. Percentage share of fungi isolated from true millet roots and stem basis infected

Gatunek Species	Korzenie; Roots			Podstawa źdźbła; Stem base											
				2005				2006				Średnio; Mean			
	2005	2006	Średnio Mean	F	O	R	Średnio Mean	F	O	R	Średnio Mean	F	O	R	Średnio Mean
Alternaria alternata	-	-	-	8,7	10,0	-	7,8	4,7	12,5	5,9	5,4	5,7	10,7	5,1	6,0
Aspergillus fumigatus	-	0,9	0,6	-	5,0	-	1,3	0,8	-	1,5	1,0	0,6	3,6	1,3	1,1
Aspergillus niger	1,4	1,9	1,7	-	-	-	-	0,8	-	1,5	1,0	0,6	-	1,3	0,7
Aureobasidium pullulans	-	-	-	2,2	5,0	-	2,6	2,3	-	-	1,5	2,3	3,6	-	1,8
Bipolaris sorokiniana	-	-	-	37,0	40,0	45,5	39,0	18,8	37,5	8,8	16,2	23,6	39,3	13,9	22,4
Cladosporium herbarum	-	-	-	-	5,0	-	1,3	-	-	-	-	-	3,6	-	0,4
Colletotrichum graminicola	-	1,9	1,1	-	-	-	-	2,3	-	-	1,5	1,7	-	-	1,1
Epicoccum purpurascens	2,9	-	1,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fusarium avenaceum	-	-	-	4,3	5,0	-	3,9	0,8	-	-	0,5	1,7	3,6	-	1,4
Fusarium culmorum	2,9	-	1,1	4,3	5,0	9,1	5,2	-	-	1,5	0,5	1,1	3,6	2,5	1,8
Fusarium equiseti	17,4	20,8	19,4	19,6	15,0	18,2	18,2	52,3	25,0	64,7	55,4	43,7	17,9	58,2	45,2
Fusarium oxysporum	43,5	10,4	23,4	-	5,0	-	1,3	7,0	-	1,5	4,9	5,2	3,6	1,3	3,9
Fusarium solani	26,1	48,1	39,4	-	-	-	-	6,3	-	7,4	6,4	4,6	-	6,3	4,6
Fusarium sporotrichioides	-	-	-	-	-	-	-	1,6	-	2,9	2,0	1,1	-	2,5	1,4
Fusarium tricinctum	-	-	-	-	-	-	-	0,8	12,5	-	1,0	0,6	3,6	-	0,7
Penicillium spp.	-	8,5	5,1	-	5,0	9,1	2,6	0,8	-	2,9	1,5	0,6	3,6	3,8	1,8
Rhizoctonia cerealis	-	-	-	-	-	9,1	1,3	-	-	-	-	-	-	1,3	0,4
Rhizoctonia solani	5,8	-	2,3	-	-	9,1	1,3	0,8	-	-	0,5	0,6	-	1,3	0,7
Gliocladium catenulatum	-	1,9	1,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gliocladium solani	-	3,8	2,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nie zarodnikujące; Non-sporulating	-	1,9	1,1	23,9	-	-	14,3	-	12,5	1,5	1,0	6,3	3,6	1,3	4,6
Suma wyizolowanych kolonii Total number of colonies	69	106	175	46	20	11	77	128	8	68	204	174	28	79	281

F – źdźbła z typowymi objawami porażenia przez *Fusarium* spp. i *B. sorokiniana* – stems with typical symptoms for *Fusarium* spp. and *B. sorokiniana* infection.
O – źdźbła z objawami łamliwości źdźbła – stems with symptoms of eyespot.
R – źdźbła z objawami ostrej plamistości oczkowej – stems with symptoms of sharp eyespot.

Tabela 6. Występowanie czerwonej plamistości liści (*Phyllosticta penicillariae*) – indeks chorobowy (%)
Table 6. Occurrence of *Phyllosticta* leaf blight (*Phyllosticta penicillariae*) – disease index (%)

Rok Year	Nawadnianie Irrigation	Dawka N (kg·ha^{-1}); N dose (kg·ha^{-1})				Średnio Mean
		0	40	80	120	
2005	W_0	1,00	0,73	1,97	1,00	1,18
	W_1	0,50	0,23	1,50	1,97	1,05
	Średnio; Mean	0,75	0,48	1,73	1,48	1,11
2006	W_0	3,27	1,17	1,63	1,60	1,92
	W_1	0,27	1,30	0,87	0,43	0,72
	Średnio; Mean	1,77	1,23	1,25	1,02	1,32
Średnio Mean	W_0	2,13	0,95	1,80	1,30	1,55
	W_1	0,38	0,77	1,18	1,20	0,88
	Średnio; Mean	1,26	0,86	1,49	1,25	1,22

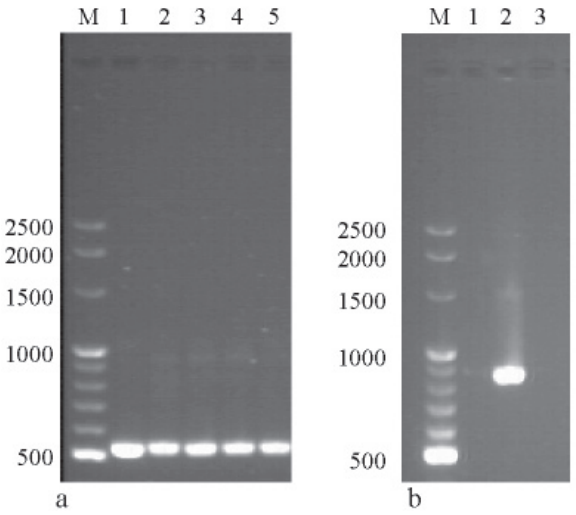
W_0 – bez nawadniania (kontrola) – without irrigation (control).
W_1 – deszczowanie – sprinkler irrigation.

Tabela 7. Występowanie innych plamistości na liściach prosa – indeks chorobowy (%)
Table 7. Occurrence of necrotic spots on true millet leaves – disease index (%)

Rok Year	Nawadnianie Irrigation	Dawka N (kg·ha^{-1}); N dose (kg·ha^{-1})				Średnio Mean
		0	40	80	120	
2005	W_0	4,0	3,2	3,4	2,7	3,3
	W_1	4,4	1,7	2,5	3,5	3,0
	Średnio; Mean	4,2	2,5	3,0	3,1	3,2
2006	W_0	28,1	24,9	38,1	34,4	31,4
	W_1	23,9	18,4	19,6	23,0	21,2
	Średnio; Mean	26,0	21,6	28,8	28,7	26,3
Średnio Mean	W_0	16,1	14,1	20,8	18,6	17,4
	W_1	14,2	10,1	11,0	13,2	12,1
	Średnio; Mean	15,1	12,1	15,9	15,9	14,7

W_0 – bez nawadniania (kontrola) – without irrigation (control).
W_1 – deszczowanie – sprinkler irrigation.

Przeprowadzona reakcja PCR przy użyciu starterów Rc2 F/R pozwoliła na potwierdzenie przynależności jednego izolatu *R. cerealis*, pochodzącego z podstawy źdźbła z wyraźnymi objawami ostrej plamistości oczkowej, dając oczekiwany produkt amplifikacji o długości 800 par zasad (rys. 1). Reakcja PCR przy użyciu starterów ITS1/GMRS-3 potwierdziła ponadto występowanie *R. solani* na korzeniach czterech roślin i jednej podstawie źdźbła, dając oczekiwany produkt amplifikacji o długości 550 pz. Stosując specyficzne startery typu SCAR Matusinsky i in. [2008] także potwierdzili obecność *R. cerealis* i *R. solani* w tkankach pszenicy ozimej. W Polsce techniką PCR obecność tych grzybów potwierdzono również na polach produkcyjnych zbóż jarych, tj. pszenżyta, pszenicy i jęczmienia [Lemańczyk 2010]. Metoda ta może być bardzo przydatna zwłaszcza przy braku wyraźnych symptomów chorobowych [Nicholson i Parry 1996].



Rysunek 1. Potwierdzenie *R. solani* (a) i *R. cerealis* (b) przy użyciu techniki PCR
Figure 1. Confirmation of *R. solani* (a) and *R. cerealis* (b) with a PCR assay

Odnotowano istotną zależność pomiędzy nasileniem chorób a plonem ziarna prosa (tab. 8). Wzrostowi porażenia korzeni oraz porażenia podstawy źdźbła przez *Oculimacula* spp., *Fusarium* spp. i *B. sorokiniana* towarzyszył istotny wzrost plonu. Szczegółowe dane dotyczące plonowania prosa zamieszczono w publikacji Rolbiecki i in. [2008]. Fakt dotyczący obserwowanego wzrostu plonu przy nasileniu się objawów chorobowych wydaje się być sprzeczny z ogólnie podawanymi informacjami dotyczącymi szkodliwości chorób. Rolbiecki i in. [2008] podają, iż plon ziarna prosa istotnie wzrasta wraz ze wzrostem dawki nawożenia azotowego, zwłaszcza na poletkach deszczowanych. Jednostronne nawożenie azotem powoduje jednak osłabienie ścian komórkowych, które w takich warunkach są cieńsze, słabiej wysycone węglowodanami. Przez to stają się bardziej wrażliwe na porażenie przez patogeny [Pląskowska 2005], co odnotowano również w badaniach własnych. Pomimo to azot pozwolił prawdopodobnie zrekompensować straty spowodowane przez patogeny. Wskazują na to badania przeprowadzone przez Dziamskiego i Stypczyńską [2009], którzy obserwowali wyraźny wzrost masy korzeni i pędów przy wzrastających dawkach N i deszczowaniu. Jedynie w przypadku plamistości liści, na występowanie których nie wpływały badane czynniki, obserwowano nieznaczny spadek plonu przy wzroście porażenia. Wyraźny spadek plonu ziarna prosa odmiany 'Gierczyckie' spowodowany plamistości liści obserwowali we wcześniejszej pracy Lemańczyk i Rolbiecki [2009].

Tabela 8. Zależność między występowaniem chorób a plonem zebranego ziarna prosa – współczynniki korelacji (r)

Table 8. Correlation between occurrence of diseases on true millet and kernel yield

Choroba Disease	Rok; Year		Średnio Mean
	2005	2006	
Porażenie korzeni Infection of roots	0,569*	0,474*	0,558*
Zgorzel podstawy źdźbła (*Fusarium* spp., *B. sorokiniana*) Foot rot (*Fusarium* spp., *B. sorokiniana*)	0,715*	0,674*	0,551*
Łamliwość źdźbła *Oculimacula* spp. Eyespot *Oculimacula* spp.)	0,483*	0,332	0,409*
Ostra plamistość oczkowa (*Rhizoctonia* spp.) Sharp eyespot (*Rhizoctonia* spp.)	0,559*	-0,041	0,182
Czerwona plamistość (*Phyllosticta penicillariae*) *Phyllosticta* leaf blight (*Phyllosticta penicillariae*)	-0,068	-0.268	0,092
Plamistości liści Necrotic spots of leaves	0,072	-0,349	-0,091

* – zależność istotna – significant correlation.

PODSUMOWANIE

1. Nawadnianie może wpływać na zdrowotność prosa. Deszczowanie powodowało istotny wzrost porażenia korzeni prosa przez kompleks patogenów oraz podstawy źdźbła przez *Oculimacula* spp., *Rhizoctonia* spp., *Fusarium* spp. i *B. sorokiniana*,

2. Zwiększanie dawki nawożenia azotowego przyczyniło się do istotnego wzrostu porażenia korzeni prosa, a także podstawy źdźbła przez *Oculimacula* spp.

3. Zgorzel korzeni prosa powodowały głównie grzyby z rodzaju *Fusarium* spp. zwłaszcza *F. solani*, *F. oxysporum* i *F. equiseti*, a także *R. solani*. Z porażonej podstawy źdźbła izolowano przede wszystkim *F. equiseti* i *B. sorokiniana*. Znacznie rzadziej wyodrębniano *R. cerealis* i *R. solani*.

4. Techniką PCR potwierdzono, iż *R. cerealis* i *R. solani* były sprawcami ostrej plamistości oczkowej, a *R. solani* także porażenia korzeni.

BIBLIOGRAFIA

Baluk A. *Wpływ nawożenia azotowego na porażenie chorobami grzybowymi oraz wysokość i jakość pszenicy*. Pr. Nauk. Inst. Ochr. Rośl. 25 (1), 1983, s. 25–62.

Blaszkowski J., Karczmarczyk S., Podsiadlo C., Tadych M., Madej T., Adamska I. *The influence of mineral fertilization and irrigation on the occurrence of leaf lesions, phyllosphere and arbuscular mycorrhizal fungi in four spring cereal species. Mat. II Polsko-Izraelskiej Konf. Nauk. nt. "Gospodarowanie zasobami wodnymi i nawadnianie roslin uprawnych" [Materials of the 2nd Polish-Israeli Scientific Conference on "Water resources management and irrigation of cultivated plants".* Przeglad Naukowy Wydz. Inz. Ksztalt. Srod. 22, 2000, s. 247–257.

Blaszkowski J., Madej T., Adamska I., Czerniawska B., Tadych M. *Effect of water application on plant diseases*. Fol. Univ. Agric. Stetin. 193, Agricultura 73, 1999, s. 9–18.

Colbach N., Saur L. *Influence of crop management on eyespot development and infection cycles of winter wheat*. Eur. J. Plant Pathol. 104, 1998, s. 37–48.

Cromey M.G., Butler R.C., Munro C.A., Shorter S.C. *Susceptibility of New Zealand wheat cultivars to sharp eyespot*. New Zealand Plant Protection 58, 2005, s. 268–272.

Doyle J.J., Doyle J.L. *Isolation of plant DNA from fresh tissue*. Focus 12, 1990, s. 13–15.

Dziamski A., Stypczyńska Z. *Wpływ deszczowania i nawożenia azotem na zróżnicowanie morfologiczne dwóch odmian prosa (Panicum miliaceum L.) na glebie bardzo lekkiej*. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich 6, 2009, s. 267–277.

Dzieżyc J. *Rolnictwo w warunkach nawadniania*. PWN, Warszawa, 1988, s. 1–415.

Gill J.S., Sivasithamparam1 K., Smettem K.R.J. *Effect of soil moisture at different temperatures on Rhizoctonia root rot of wheat seedlings*. Plant and Soil 231, 2001, s. 91–96.

Herse J. (red.) *Proso*. W: *Szczegółowa uprawa roślin* (pr. zbior.). PWN, Warszawa, 1986, s. 172–181.

Johanson A., Turner H.C., McKay G.J., Brown A.E. *A PCR-based method to distinguish fungi of the rice sheath-blight complex, Rhizoctonia solani, R. oryzae and R. oryzae-sativae*. FEMS Microbiology Letters 162, 1998, s. 289–294.

Korbas M. *Epidemiologia łamliwości źdźbła pszenicy ozimej w Polsce*. Rozprawy Naukowe IOR Poznań 18, 2008, s. 1–68.

Kurowski T.P., Sadowski T., Adamiak J., Borawska W. *Wpływ nawożenia azotem i stosowania fungicydu na nasilenie chorób jęczmienia ozimego*. Acta Sci. Pol., Agricultura 3 (2), 2004, s. 97–107.

Lemańczyk G. *Fungal diseases on roots and stem bases of spring rye cultivated in pure stand or in mixtures with other crops*. Phytopathologia 53, 2009, s 31–41.

Lemańczyk G. *Occurrence of sharp eyespot in spring cereals grown in some regions of Poland*. J. Plant Prot. Res. 50 (4), 2010, s. 505–512.

Lemańczyk G., Rolbiecki S. *Wpływ deszczowania i zróżnicowanego nawożenia azotem na zdrowotność prosa odmiany 'Gierczyckie' na glebie bardzo lekkiej*. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich 6, 2009, s. 279–292.

Lemańczyk G., Wenda–Piesik A., Wasilewski P. *Wpływ uprawy owsa w siewie czystym oraz w mieszankach na jego zdrowotność i wartość przedplonową dla pszenicy ozimej*. Fragm. Agron., 72 (4), 2001, s. 65–77.

Matusinsky P., Mikolasova R., Klem K., Spitzer T., Urban T. *The role of organic vs. conventional farming practice, soil management and preceding crop on the incidence of stem-base pathogens on wheat*. Journal of Plant Diseases and Protection 115 (1), 2008, s. 17–22.

Nicholson P., Parry D.W. *Development and use of a PCR assay to detect Rhizoctonia cerealis, the cause of sharp eyespot in wheat*. Plant Pathol. 45, 1996, s. 872–883.

Ostromęcki J. *Podstawy melioracji nawadniających*. PWN, Warszawa, 1973, s. 1–450.

Pląskowska E. *Zdrowotność pszenicy jarej uprawianej w siewie czystym i w mieszaninach odmian*. Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu, Rozprawa CCXXXVI, 528, 2005, s. 1–142.

Press H. *Praktika selskochozjajstvennych melioracij*. Selchozizdat, Moskva (przekład z j. niemieckiego), 1963, s. 1– 408.

Rolbiecki S., Rolbiecki R., Podsiadło C. *Comparison of 'Jagna' true millet response to sprinkler irrigation and nitrogen fertilization under rainfall-thermal conditions of Bydgoszcz and Stargard Szczeciński*. Przegląd Naukowy Inż. Kształt Środ. 43 (1), 2009, s. 23–31.

Rolbiecki St., Rolbiecki R., Rzekanowski C., Grzelak B. *Wpływ deszczowania i nawożenia azotem na plonowanie prosa odmiany 'Jagna' na glebie bardzo lekkiej*. Zesz. Prob. Post. Nauk Roln. 528, 2008, s. 299–304.

Sadowski Cz., Żarski J. *The influence of irrigation and nitrogen fertilization on the occurrence of fungal diseases on brewing and fodder barley*. Genet. Pol. 35 B, 1994, s. 385–389.

Songin H. *Proso*. [w:] *Szczegółowa uprawa roślin*. Pr. zbior. pod red. Z. Jasińskiej i A. Koteckiego, AR Wrocław, wyd. II, Tom I, Rozdz. 9, 2003, s. 293–298.

Wenzel H. *Zur Erfassung des Schadenausmasses in Pflanzenschutzversuchen*. Pflanzenschutz – Ber. 15, 1948, s. 81–84.

Wiese M.V. *Compendium of wheat diseases*. Second edition. APS Press, St Paul, Minnesota, 1987, 112 ss.

Żółtańska E. *The effect of soil moisture and temperature on efficacy of seed dressing preparations Biochikol 020 PC and Baytan Universal 19,5 WS in control of Rhizoctonia fungi on wheat*. J. Plant Prot. Res. 46 (3), 2006, s. 261–267.

Dr inż. Grzegorz Lemańczyk
Katedra Fitopatologii i Mikologii Molekularnej
Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy
ul. Ks. A. Kordeckiego 20
85-225 Bydgoszcz
Tel. 52 374 9491, E-mail: Grzegorz.Lemanczyk@utp.edu.pl

Recenzent: *Prof. dr hab. Cezary Podsiadło*