

## WŁAŚCIWOŚCI BIOTYCZNE GRZYBA *CERCOSPORELLA* *HERPOTRICHOIDES FRON.* NA TLE ZWALCZANIA POWODOWANEJ PRZEZ NIEGO CHOROBY ŁAMLIWOŚCI ŻDŹBŁA

Józef Bojarczuk, Mirosława Bojarczuk

Zakład Doświadczalny Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Smolicach

### ZNACZENIE GOSPODARCZE CHOROBY

Grzyb *Cercospora herpotrichoides* Fron. jest sprawcą choroby roślin zbożowych i niektórych gatunków traw zwanej łamliwością żdźbła.

Polską nazwę choroby zaproponowała Gorska-Poczopko w 1955 r. [31]. Pierwsza wzmianka o występowaniu patogena na terytorium naszego kraju znajduje się w sprawozdaniach Toruńskiej Stacji ochrony Roślin, dokonana przez Szulca w 1936 r. [32]. Następnie dopiero w 1955 r. Gorska-Poczopko stwierdziła występowanie choroby na plantacjach żyta i pszenicy ozimej w północnych i zachodnich rejonach kraju. Notowane wówczas porażenie było niewielkie, ale już w latach 1959-1961 zaobserwowano rosnące porażenie pszenicy ozimej w Minikowie, Smolicach, Straszku i Magnicach [6, 25]. Po tym okresie zainteresowanie chorobą w naszym kraju, a także jej sprawcą wyraźnie wzrosło, co niewątpliwie ma związek z gospodarczym znaczeniem łamliwości żdźbła. Nasze badania [7] w latach 1965/1966 wykazały, że grzyb atakuje zasiewy zbóż na terenie całego kraju, a porażenie plantacji pszenicy ozimej, żyta i jęczmienia ozimego wynosiło wówczas średnio 52,3%. W naszym klimacie *C. herpotrichoides* jest gatunkiem pospolitym. Bogactwo roślin żywicielskich (zboża, trawy) stwarza warunki do powszechnego występowania ognisk infekcji. Zatem, przy sprzyjającym układzie pogody choroba wywoływana przez ten grzyb może przybrać charakter epidemii. Takie właśnie epidemie miały miejsce u nas w latach 1965, 1966 i 1972. Straty w plonie ziarna powodowane przez łamliwość żdźbła szacuje się u nas na 10-15% [7-9]. W latach epidemii są one znacznie wyższe, i w ekstremalnych przypadkach sięgają 50% [2, 15, 17, 43]. Poza tym choroba obniża jakość i wartość technologiczną ziarna [4], zmniejsza zimotrwałość

ozimin [15, 43, 46] oraz przyczynia się do wylegania zbóż i zwiększa trudności przy ich zmechanizowanym sprzęcie.

W krajach Europy Zachodniej i Środkowej, południowych rejonach Skandynawii oraz w niektórych stanach USA łamliwość źdźbła uważana jest za jedną z najgroźniejszych chorób zbóż ozimych i jej zwalczanie stanowi poważny problem gospodarczy. Liczne badania wykazały, że notowany w ostatnich latach wzrost nasilenia choroby ma ścisły związek z intensyfikacją produkcji zbóż — zwiększeniem dawek nawozów azotowych — amonowych i saletrzanych, rozszerzeniem areału uprawy ozimin i zwiększeniem procentowego ich udziału w strukturze zasiewów. Stwarza to konieczność następstwa zbóż po zbożach w płodozmianach, a tym samym korzystne warunki do rozwoju choroby.

#### CECHY TAKSONOMICZNE

Sprawcę łamliwości źdźbła *C. herpotrichoides* wyizolował w 1912 r. we Francji Fron z porażonych podsuszką roślin pszenicy ozimej. Jednak dopiero w 1929 r. Sprague [cyt. wg 6], a następnie Foex i Rosella [29] uzyskali w czystej formie zarodniki grzyba. Ustalono wtedy jego przynależność do grupy grzybów niedoskonałych — *Fungi imperfecti*, rzędu strzępczaków — *Hyphomycetes*, rodziny *Mucedinaceae*. Po tym okresie prowadzono liczne badania nad biologią i ekologią grzyba. Ustalono, że *C. herpotrichoides* zarodkuje w postaci bezbarwnych z 2-10 przegrodami konidiów, które osadzone są po 2-4 i więcej na cylindrycznych, u podstawy rozszerzonych trzonkach konidialnych. Średnia długość konidiów wynosi 50-70  $\mu$ , a szerokość u podstawy 2-3  $\mu$  i na szczycie 1-1,5  $\mu$ . Czasami wytwarza również sporidia, które w wyglądzie przypominają konidia lub są cylindryczne. Grzybnia endofityczna zbudowana jest z wieloprzegrodowych strzępek, których grubość wynosi około 2 $\mu$ . Początkowo jest ona bezbarwna, w miarę wzrostu brunatnieje. Grzybnia epifityczna, zbudowana z grubościennych komórek tworzy niewielkie skleroty.

#### ZARODNIKOWANIE

Zarodnikowaniu grzyba sprzyja niska od 2 do 12°C temperatura oraz duża wilgotność powietrza. Najbardziej odpowiednie zarodnikowanie obserwuje się w temperaturze około 6°C [9, 16, 26, 33]. Powyżej 15°C zarodnikowanie nie występuje. Grzybnia w takich warunkach może rosnać zarówno na sztucznych pożywkach, jak też w żywych i na martwych tkankach żywicielskich roślin [49], jednak w temperaturze powyżej 15°C nie dochodzi zazwyczaj do nowych zachorowań roślin. W warunkach laboratoryjnych na sztucznych pożywkach trudno uzyskać zarodnikowanie grzyba. Do

tego celu najlepiej nadaje się 1<sup>o</sup>/<sub>o</sub> agar wodny [9, 16, 26]. Dlatego też do sztucznego zakażenia roślin najczęściej używa się strzępek grzybni rozmnożonej na agarze glukozowo-ziemniaczanym, kawałkach słomy nasyconej bulionem ziemniaczanym z dodatkiem glukozy, na ziarnie zbóż oraz na pożywkach glebowych. W naszych warunkach klimatycznych masowe pojawianie się konidów grzyba ma miejsce jesienią — od października do I dekady grudnia oraz wiosną — od III dekady marca do I dekady maja. Wtedy, w okresach poprzedzonych deszczem dochodzi najczęściej do nowego zainfekowania żywicielskich roślin.

### INFEKCJA I PATOGENEZA

*Cercospora herpotrichoides* odznacza się stosunkowo powolnym tempem wzrostu kolonii na sztucznych pożywkach. Według naszych nieopublikowanych badań, a także zgodnie z tym co zaobserwował Seidel [50], wykazuje słabą zdolność konkurencyjną w stosunku do większości znanych saprofitów glebowych. Pomimo to może jako fakultatywny saprofit wegetować w glebie nawet do 3 lat. Garret [30] sądzi, że możliwość przetrwania w fazie saprofitycznej w glebie przez tak długi czas grzyb zawdzięcza słabej (oszczędnej) zdolności rozkładania celulozy w resztkach późniejszych żywicielskich roślin. Zatem w naturalnych warunkach polowych młode rośliny zbóż mogą ulec zainfekowaniu przez *C. herpotrichoides* poprzez kontakt z glebą zawierającą nierozłożone resztki organiczne zbóż i traw z grzybnią patogena, a także przez konidia grzyba rozsiewane z powierzchni gleby [39], z nieprzyoranej ścierni porażonych roślin, z niektórych chwastów (*Agropyron repens*, *Agrostis spica venti*, *Alopecurus arvensis*) oraz z samosiewów i wcześniej zasianych i porażonych zbóż.

W miejscu infekcji, którym najczęściej jest pochwa liściowa, po 3-4 tygodniach inkubacji powstają drobne, nieregularnych kształtów brunatne nekrozy. W miarę wzrostu roślin - gospodarza rozrasta się również grzybnia. Optymalna temperatura dla rozrastania się grzybni w tkankach wynosi 6 do 18°C i zależy od szczepu patogena i genotypu żywiciela [42, 49]. Z pochew liściowych grzyb przedostaje się na pierwsze, a czasami na drugie międzywęzła źdźbła. Jeżeli przed uformowaniem się źdźbeł grzyb przeniknie przez pochwy liściowe do stożka wzrostu to porażona roślina ginie w fazie siewki. Już na pochwach liściowych a następnie na źdźbłach nekrotyczne plamy przybierają charakterystyczny dla choroby kształt wydłużonych medalionów. W miejscu plam tkanki źdźbła murszeją, a czasami nawet źdźbło przełamuje się. Medaliony na pochwach liściowych mają zabarwienie od wodnistożółtego do jasnobrązowego. Na źdźbłach dojrzewających roślin nekrozy przybierają najczęściej barwę

kości słoniowej, czasami żółtą, pomarańczową, różnych odcieni brązu lub brunatną. Do tej pory nie wiadomo od czego zależy to zabarwienie. Z naszych obserwacji wynika, że jest to często związane z właściwościami odmian żywicielskich roślin.

Niewiele wiadomo również o biologii i mechanizmach infekcji zbóż przez grzyb *C. herpotrichoides*, ani o skomplikowanych reakcjach biotycznych towarzyszących infekcji. Do tej pory stwierdzono, że patogen najlepiej rozwija się w roślinach wrażliwych odmian pszenicy [1, 3, 7, 8, 10, 13, 20, 27, 43, 45], a słabiej na jęczmieniu i życie. W młodych roślinach żyta jesienią grzyb rozrasta się bardzo słabo, prawie bezobjawowo. Dopiero po okresie zimowego osłabienia roślin czynniki ograniczające wzrost grzyba jak gdyby zanikają i w fazie pełnej dojrzałości na źdźbłach można obserwować wyraźne i dosyć silne objawy choroby. Owies tylko sporadycznie ulega infekcji, a objawy porażenia są tam bardzo niewyraźne [5, 41, 43]. Stwierdzono także, że w tkankach mało wrażliwych na łamliwość źdźbła odmian pszenicy, żyta czy jęczmienia patogen rośnie wolniej niż w tkankach odmian wrażliwych, a nekrotyczne plamy są tam powierzchniowe i mniej wyraźne [8, 10, 11, 13-15, 17, 18, 20, 27, 45]. Jest to dodatnio skorelowane z zawartością substancji taninopodobnych [45] i surowego włókniaka w źdźbłach [47].

#### ZRÓŻNICOWANIE PATOGENA, WIRULENCJA SZCZEPÓW

Lange-de la Camp [41] wykazała, że poszczególne izolaty grzyba *C. herpotrichoides* mogą się różnić zabarwieniem grzybni powietrznej i substratowej, typem wzrostu i obrzeżeniem kolonii na pożywkach, tempem wzrostu kolonii oraz skłonnością do wytwarzania konidiów. Na podstawie niektórych cech morfologicznych i właściwości biologicznych wyróżniła ona dwie grupy (W — pszeniczną i R żytnią) oraz 7 typów wzrostowych grzyba. Następnie [42] zakażając odpowiednio dobranymi izolatami poszczególne gatunki zbóż (po kilka odmian pszenicy, żyta, jęczmienia i owsa) stwierdziła brak wyspecjalizowanych form patogena w odniesieniu do gatunków zbóż oraz istotne różnice w wirulencji szczepów. W obrębie grup W i R znajdowały się izolaty o słabej i silnej wirulencji. W zależności od użytego do zakażenia izolatu grzyba oraz od gatunku zbóż optymalna temperatura dla infekcji wahała się w granicach od 7 do 15°C. Po jednokrotnym lub dwukrotnym pasażowaniu poszczególnych izolatów na pszenicy i jęczmieniu ich typ wzrostu i wirulencja, poza kilkoma wyjątkami pozostawały na niezmiennym poziomie.

Zagadnienie biologicznego różnicowania patogena ma zasadnicze znaczenie w badaniach dotyczących odporności zbóż na chorobę. Dlatego też zajmujemy się nim już od kilku lat. Pierwszej oceny wirulencji 12



szczepów dokonaliśmy w 1967 r. [9]. Różniły się one pochodzeniem (różne rejony kraju i różne odmiany pszenicy), wyglądem, barwą, tempem i sposobem wzrostu kolonii na agarze glukozowo-ziemniaczanym, niejednakową skłonnością do zarodnikowania i wymiarami konidiów. Cechała je również niejednakowa wirulencja. Kolonie szczepów o słabej wirulencji odznaczały się wolnym tempem wzrostu, skłonnością do wytwarzania obiftej, pierzasto rozgałęzionej grzybni pożywkowej oraz obfitym zarodnikowaniem na 1% agarze wodnym. Kolonie szczepów silnie wirulentnych odznaczały się stosunkowo szybkim wzrostem, wytwarzały obfitą grzybnę powietrzną, skąpą lub bardzo skąpą grzybnę pożywkową i bardzo słabo zarodnikowały.

W 1971 r. wykonano podobne badania z udziałem 22 szczepów grzyba (tab. 1). Ich wirulencja w stosunku do pszenicy Małgorzatka Udycka

T a b e l a 1

Wirulencja szczepów grzyba *Cercospora herpotrichoides* Fron. w stosunku do pszenicy ozimej odmiany Małgorzatka Udycka w 1971 roku

Szczep	Procent porażonych źdźbeł		Wskaźnik „P” porażenia źdźbeł
	ogółem	w stopniu silnym	
C-63	10	0	0,1
C-54	13	0	0,2
C-68	12	1	0,2
z NRD	14	0	0,2
C-48	29	2	0,4
C-66	32	1	0,5
C-73	32	3	0,5
C-72	40	3	0,5
C-75	44	6	0,7
C-82	45	7	0,8
C-77	55	4	0,8
C-71	60	6	0,9
C-74	54	9	1,0
C-88	59	7	1,0
C-79	66	8	1,0
C-78	64	12	1,1
C-83	73	9	1,2
C-87	71	16	1,4
C-84	77	16	1,5
C-53	67	21	1,5
C-85	87	20	1,7
C-80	97	61	3,0

i tym razem była zróżnicowana — od bardzo słabej do bardzo silnej. Niektóre z szczepów badanych w 1967 r. zachowały swoje właściwości w ciągu kilkuletniej laboratoryjnej hodowli na sztucznej pożywce. U innych (C-63, C-68) nastąpiły zmiany, polegające głównie na osłabieniu wirulencji.

W 1974 r. zestaw szczepów powiększono do 24 (tab. 2), a do testowania ich wirulencji użyto oprócz pszenicy Małgorzatka Udycka także żyta Dańkowskie Selekcyjne. Zmieniono przy tym technikę zakażenia i oceny porażenia roślin testowych. Przedtem zakażano je w fazie 2 liści grzyb-

T a b e l a 2

Wirulencja szczepów grzyba *Cercospora herpotrichoides* Fron. w stosunku do pszenicy ozimej i żyta w 1974 roku

Szczep	Małgorzatka	Udycka	Dańkowskie
	wskaźnik porażenia siewek (według Macera)	wskaźnik „P” porażenia źdźbeł	Selekcyjne wskaźnik „P” porażenia źdźbeł
Z NRD	2,4	0,4	0,2
C-54	2,1	0,7	0,2
C-71	2,8	1,2	0,2
C-68	4,4	1,4	0,2
C-88	6,1	1,5	0,4
C-63	9,4	1,8	0,6
C-66	20,0	2,1	0,7
C-77	2,4	2,2	0,4
C-85	—	2,2	0,8
C-83	30,7	2,3	0,6
C-74	18,9	2,5	1,1
C-84	23,7	2,5	0,6
C-78	59,3	2,6	1,3
C-89	18,5	2,8	1,4
C-79	26,2	2,8	1,6
C-82	5,4	3,1	1,2
C-90	23,8	3,1	1,3
C-65	27,6	3,2	0,3
C-87	10,5	3,2	1,5
C-80	7,1	3,2	0,8
C-75	30,1	3,3	1,4
C-53	5,8	3,3	0,5
C-48	7,6	3,4	0,8
C-91	19,6	3,4	0,9

nią rozmnażaną na pożywce piaskowo-glebowej (1 : 3) z dodatkiem śruty pszenicznej, a porażenie oceniano tylko na źdźbłach w fazie pełnej dojrzałości. Tym razem rośliny zakażano w fazie coleoptile zakładając na nie cylinderki z żytniej słomy nasyczone bulionem glukozowo-ziemniaczanym i obficie przerośnięte grzybnią patogena. Porażenie oceniano dwukrotnie — w fazie siewki oraz w fazie pełnej dojrzałości. W porównaniu z oceną z lat ubiegłych zaobserwowano dalsze zmiany stopnia wirulencji szczepów: spotęgowanie u C-48, C-65 i C-66, a osłabienie u C-88 i C-71. Zauważono przy tym zdecydowanie odmienne zdolności rozrastania się i atakowania roślin pszenicy przez niektóre szczepy patogena w okresie od coleoptile do fazy krzewienia (4-5 liści) w porównaniu z okresem od przejścia z pochw liściowych na formujące się źdźbło do fazy pełnej dojrzałości. W szczególności dotyczy to szczepów C-66, C-77, C-83, C-78, C-82, C-87, C-80, C-53, C-48 i C-91. Niektóre szczepy wirulentne w fazie pełnej dojrzałości w stosunku do pszenicy okazały się słabo wirulentne lub awirulentne w odniesieniu do żyta. Były to: C-84, C-65, C-80, C-53, C-48 i C-91. Te fakty nie są całkowicie zgodne z wynikami badań Lange-de la Camp i wskazują na istnienie pewnej specjalizacji genotypów (szczepów) patogena.

Niedawne badania Hänsslera [34-36] wykazały różnorodność izolatów *C. herpotrichoides* pod względem zdolności tworzenia przez nie enzymów pektolitycznych i celulolitycznych *in vitro*. Typy z żyta wykazywały optimum aktywności enzymatycznej w temperaturze 5°C a typy z pszenicy przy 20°C. Naświetlanie kultur grzyba działało dodatnio na produkcję enzymów. Poza tym aktywność pektolityczna i celulolityczna uzależniona była od pH podłoża. Wyniki tych badań pozwalają przypuszczać, że produkowane przez patogena enzymy współdziałają w rozkładzie tkanki źdźbła i w ten sposób wywierają istotny wpływ na patogenezę choroby łamliwości źdźbła.

Davies i Jones [17] uważają, że dotychczasowe wyniki badań nad biologią grzyba *C. herpotrichoides* nie dostarczyły wystarczających dowodów na istnienie ras fizjologicznych lub wyspecjalizowanych form patogena. Coningham [cyt. wg 17] sądzi, że różnice w wirulencji szczepów i znane różnice we wrażliwości żywicieli (odmiany i gatunki zbóż) są prawdopodobnie wynikiem dopasowywania się wzajemnych związków między genotypami organizmów patogena i zainfekowanej rośliny.

#### WSPÓLDZIAŁANIE SZCZEPÓW PATOGENA Z ODMIANAMI ZBÓŻ

Aby wyjaśnić czy istnieje dostrzegalne współdziałanie między patogenem a żywicielami Davies i Jones [17] badali wpływ 5 szczepów *C. herpotrichoides* o różnym pochodzeniu i wirulencji na 6 odmian jęczmie-

nia jarego o różnej wrażliwości na łamliwość źdźbła. Badania te prowadzono w warunkach polowych, a infekcji roślin dokonano w fazie 2-3 liści, opryskując je zawiesiną wodną homogenizowanych strzępek grzybni. Wyniki oceny porażenia, którą wykonano w fazie pełnej dojrzałości, wykazały istotne współdziałanie między szczepami patogena i odmianami jęczmienia w odniesieniu do takich parametrów jak liczebność zachorowań, liczba pędów płodnych na poletku oraz plon ziarn z poletka.

W naszych [10] trzyletnich doświadczeniach polowych zakażane populacją wirulentnych szczepów *C. herpotrichoides* odmiany pszenicy ozimej wykazały istotne współdziałanie w liczebności zachorowań i stopniu porażenia źdźbeł z latami badań. Następnie w prowadzonych równocześnie doświadczeniach szklarniowych i polowych zauważono, że porażenie niektórych odmian jęczmienia ozimego [13] i pszenicy ozimej w fazie siewki 4-5 liści nie było adekwatne od stopnia porażenia tych odmian w warunkach polowych w fazie pełnej dojrzałości. Na podstawie przeprowadzonych doświadczeń nie można było jednoznacznie odpowiedzieć na następujące pytania. Czy zaobserwowane zjawiska były wynikiem wzajemnego oddziaływania czynników genetycznych odmian i patogena — inaczej działających w fazie siewki, a inaczej w późniejszych fazach rozwoju roślin? Czy było to konsekwencją swoistej reakcji odmian na zmieniające się w okresie wegetacji naturalne warunki siedliska? A może to szczepy patogena w specyficzny sposób zmieniały swoje zdolności chorobotwórcze w zależności od warunków panujących w polu i szklarni? W doświadczeniach Scotta [49] temperatura nie była czynnikiem różnicującym reakcję odmian pszenicy w fazie siewki na łamliwość źdźbła. Próbę wyjaśnienia tych zagadnień podjęliśmy w 1972 r. [15].

Jesienią założyliśmy równocześnie 2 ściśle doświadczenia wazonowe, w których rośliny 10 wybranych odmian pszenicy zakażano 8 szczepami grzyba *C. herpotrichoides*. Odmiany różniły się wrażliwością na łamliwość źdźbła, pochodzeniem i innymi cechami genetyczno-morfologicznymi a szczepy — wirulencją, tempem wzrostu i morfologią kolonii. Zakażenia dokonano w fazie coleoptile przez nakładanie na rośliny słomianych cylindereków przerośniętych grzybnią patogena. W pierwszym doświadczeniu rośliny po zakażeniu rosły w szklarni, w temperaturze 6-12°C, przy dużej wilgotności gleby i powietrza. Po upływie 6 tygodni przystąpiono do oceny porażenia siewek, które wówczas wykształciły 4-5 liści. Podstawą oceny była liczebność zachorowań i stopień przenikania patogena przez pochwy liściowe w kierunku stożka wzrostu. W drugim doświadczeniu wazony z zakażonymi roślinami przed nadejściem zimy wkopano do otwartego gruntu, zapewniając przestrzenną izolację między szczepami. Tam przebywały one w naturalnych warunkach atmosferycznych do końca wegetacji. Oceny porażenia dokonano w fazie pełnej dojrzałości. Uwzględniano



Tabela 3

Porażenie odmian pszenicy przez szczepki grzyba *Cercospora herpotrichoides* Fron. w fazie siewki 4-5 liści. Wyniki doświadczenia z 1973 roku

Odmiana	Wskaźniki porażenia siewek (wg Macera)										Średnia dla odmian
	z NRD	C-48	C-85	C-53	C-88	C-80	C-75	C-66			
Cappelle	2,6	3,9	7,1	5,9	5,4	7,1	10,2	19,6			7,7
E-02411	1,8	3,9	9,3	4,8	10,5	9,2	13,6	27,8			10,1
Kolibri	1,6	3,3	7,4	19,0	4,6	22,0	11,0	26,2			11,9
Fleuron	1,3	5,9	17,4	6,0	11,9	8,7	19,6	30,2			12,6
Kolyan Sona	1,5	9,8	14,4	11,0	15,3	9,8	21,3	35,3			14,8
Sylvia	2,6	7,1	22,9	20,7	23,5	20,1	27,5	69,7			24,3
Juliana Tarve	2,2	9,7	28,6	29,5	25,9	30,4	34,1	62,4			29,1
Svalöefs Eroika	4,3	12,1	24,1	38,2	31,0	40,2	37,1	71,5			32,3
Wysokolitewka Sztynwosłoma	2,9	12,5	33,1	30,4	27,0	36,4	39,0	80,1			32,7
Eros	4,2	17,9	34,4	33,1	41,2	43,5	40,9	97,3			39,1
Średnia dla szczepów	2,5	8,6	19,9	19,9	20,6	22,7	25,4	52,0			

Przedział ufności przy  $P = 0,05$ : dla szczepów = 3,5; dla odmian = 3,2.

Różnice w wirulencji szczepów

Różnice w wrażliwości odmian

Współdziałanie szczepów z odmianami

istotne przy  $P = 0,01$ .

przy tym liczebność zachorowań i stopień porażenia źdźbeł zgodnie z wcześniej [8-11, 13] opracowanymi kryteriami.

Na podobieństwo doświadczeń z pszenicą w 1973 r. założone zostały 2 analogiczne doświadczenia z żytem. Trzy zrejonizowane odmiany, dwa rody hodowlane i jedna linia, różniące się wrażliwością na łamliwość źdźbła, zakażano 8 szczepami grzyba *C. herpotrichoides* — tymi samymi, którymi w ubiegłym roku zakażano pszenicę. Wazony z roślinami obu doświadczeń po zakażeniu wkopano do otwartego gruntu. W pierwszym doświadczeniu oceny porażenia dokonano wiosną, gdy rośliny silnie krzewiły się i wykształciły po 6-7 liści. W drugim doświadczeniu porażenie oceniano na źdźbłach w fazie pełnej dojrzałości.

Wyniki doświadczeń z pszenicą i żytem przedstawiono w tabelach. Interpretując je można stwierdzić, że: najsilniejsze objawy choroby w fazie siewki (tab. 3) wystąpiły u roślin pszenicy zakażanych szczepami C-66, C-75 i C-80. Najśłabsze, gdy zakażano je szczepami C-48 i z NRD. Najmniej podatnymi na infekcję okazały się odmiany Cappelle, E-02411, Kolibri i Fleuron, najbardziej wrażliwymi — Eros, Wysokolitewka Sztynowska. Analiza wariancji wykazała istotne współdziałanie szczepów z odmianami. Wyraźne efekty współdziałania ze szczepami patogena wystąpiły u odmian mało i średnio wrażliwych na chorobę. Odmiany wrażliwe uległy porażeniu proporcjonalnie do stopnia wirulencji szczepów. Można zatem sądzić, że rośliny odmian mało wrażliwych zawierają biologicznie czynne substancje utrudniające infekcję lub rozrastanie się patogena w tkankach siewek. Można sądzić także, że wirulentne szczepy patogena zawierają substancje zdolne do inaktywacji czynników fungistatycznych u roślin żywicielskich. Ilość i jakość tych substancji decydowałaby wówczas o wirulencji szczepów patogena oraz o wrażliwości odmian na chorobę. Gdyby stwierdzone istotne współdziałania między odmianami i szczepami były stałe i powtarzalne — byłoby to dowodem istnienia ras fizjologicznych grzyba *C. herpotrichoides*.

Największe ubytki roślin pszenicy w okresie zimy i wczesnej wiosny spowodowały szczepy C-66, C-75, C-53 i C-80 (tab. 4). Wirulentny szczep C-88 oraz słabo wirulentne C-48 i z NRD nie osłabiały w istotny sposób zimotrwałości. Nie wystąpiło tutaj również wyraźne współdziałanie między odmianami pszenicy i szczepami patogena.

W fazie pełnej dojrzałości pszenicy (tab. 5) wystąpiły także istotne różnice w wirulencji szczepów i wrażliwości odmian oraz istotne współdziałanie szczepów z odmianami. Współdziałanie to było jednak mniej wyraźne niż w fazie siewki. Poza tym proporcje w porażeniu odmian w fazie pełnej dojrzałości przez szczepy nie były analogiczne do tych, które stwierdzono u młodych roślin. Najsilniej działały tu szczepy C-53 i C-80, a C-48, który tak słabo atakował siewki, na źdźbłach wywołał nekrozy

Tabela 4

Ubytki roślin niektórych odmian pszenicy ozimej spowodowane przez szczepy grzyba *Cercospora herpotrichoides* Fron. w okresie zimy i wiosny  
Wyniki doświadczenia z 1973 roku

Odmiana	Procent zniszczenia roślin										Średnia dla odmian
	Kontrola	z NRD	C-48	C-85	C-53	C-88	C-80	C-75	C-66		
Cappelle	9	6	14	24	30	16	27	42	54	25	
E-02411	7	16	16	13	30	12	20	21	62	22	
Fleuron	16	13	14	14	21	11	19	18	69	22	
Sylvia	4	7	13	4	15	22	17	35	79	22	
Juliana Tarve	7	6	12	11	28	17	29	25	65	22	
Svalöefs Eroika	15	3	10	18	32	23	32	27	60	25	
Wysokolitewka Sztynnosłoma	3	4	26	11	18	7	10	19	55	17	
Eros	6	3	6	5	23	7	21	16	82	19	
Srednia dla szczepów	8	7	14	13	25	14	22	25	66		

Przedział ufności przy  $P = 0,05$ : dla szczepów = 3,8; dla odmian = 3,6.

Różnice w działaniu szczepów — istotne przy  $P = 0,01$ .

Różnice w reakcji odmian — nieistotne.

Współdziałanie szczepów z odmianami — nieistotne

Tabela 5

Porażenie niektórych odmian pszenicy ozimej przez szczepki grzyba *Cercospora herpotrichoides* Fron. w fazie pełnej dojrzałości  
Wyniki doświadczenia z 1973 roku

Odmiana	Kontrola	z NRD	Wskaźniki „P” porażenia źdźbeł										Średnia dla odmian
			C-48	C-85	C-53	C-88	C-80	C-75	C-66				
Cappelle	0,2	0,3	1,4	1,7	1,5	1,6	2,0	2,0	2,0	1,8	1,4		
E-02411	0,2	0,2	2,2	1,8	2,4	2,0	3,0	3,1	3,0	1,8	1,8		
Fleuron	0,1	0,4	2,0	1,8	2,6	1,5	2,8	3,0	2,8	2,0	1,8		
Sylwia	0,0	0,1	2,3	2,6	2,8	1,9	2,8	2,4	2,8	1,1	1,8		
Juliana Tarve	0,1	0,2	2,7	2,8	3,2	1,8	3,4	3,0	3,4	1,5	2,1		
Svalöefs Eroika	0,1	0,4	2,7	1,8	2,8	2,0	3,5	2,9	3,5	1,7	2,0		
Wysokolitewka Sztynwosłoma	0,6	0,4	2,7	3,2	3,4	1,6	4,0	3,0	4,0	2,1	2,3		
Eros	0,3	0,4	2,3	3,0	3,7	2,8	3,9	2,6	3,9	1,8	2,4		
Średnia dla szczepów	0,2	0,3	2,4	2,3	3,4	1,9	3,2	2,7	3,2	1,7	1,7		

Przedział ufności przy  $P = 0,05$ : dla szczepów i dla odmian = 0,2.

Różnice w wirulencji szczepów

Różnice w wrażliwości odmian } — istotne przy  $P = 0,01$ .

Współdziałanie szczepów z odmianami — istotne przy  $P = 0,1$ .



Tabela 6

Porażenie niektórych odmian, rodów i linii żyta przez szczepy grzyba *Cercospora herpotrichoides* Fron. w fazie siewki 6-7 liści  
Wyniki doświadczenia z 1974 roku

Odmiana, ród, linia	Wskaźniki porażenia siewek (według Macera)							Średnia dla odmian
	z NRD	C-88	C-80	C-53	C-48	C-66	C-75	
Wojcieszyckie	0,1	2,7	3,8	5,7	2,1	3,7	1,9	2,8
Chrobre	0,0	0,7	3,3	1,3	2,8	1,3	10,4	2,9
Dańkowskie Selekcyjne	0,1	0,7	0,7	3,2	1,4	2,2	13,2	3,1
Linia G-925	0,2	0,5	1,8	4,3	11,4	11,1	6,6	5,1
Ród 7166/71	0,6	3,5	0,2	1,7	9,6	8,3	12,6	5,2
Ród 5525/71	0,1	0,8	1,3	0,5	15,2	17,2	22,3	8,2
Średnia dla szczepów	0,2	1,5	1,9	2,8	7,1	7,3	11,2	

Przedział ufności przy  $P = 0,05$ : dla szczepów = 2,2; dla odmian = 2,0.

Różnice w wirulencji szczepów

Różnice w porażeniu odmian

Współdziałanie szczepów z odmianami

} istotne przy  $P = 0,01$ .

Tabela 7

Porażenie niektórych odmian, linii i rodów żyta przez szczepy grzyba *Cercospora herpotrichoides* Fron. w fazie pełnej dojrzałości  
Wyniki doświadczenia z 1974 roku

Odmiana, ród, linia	Wskaźniki „P” porażenia zdźbel								Średnia dla odmian
	z NRD	C-88	C-53	C-66	C-80	C-85	C-48	C-75	
Dańkowskie Selek- cyjne	0,2	0,2	0,3	0,5	0,5	0,6	0,7	0,8	0,5
Linia G-925	0,2	0,2	0,4	0,5	0,6	0,6	0,9	1,0	0,5
Chrobre	0,2	0,3	0,4	0,6	0,7	0,6	0,7	0,9	0,6
Wojcieszycskie	0,1	0,3	0,4	0,6	0,7	0,8	0,7	1,1	0,6
Ród 7166/71	0,1	0,3	0,4	0,4	0,7	0,8	1,0	0,9	0,6
Ród 5525/71	0,2	0,3	0,4	0,6	0,6	0,9	1,0	1,2	0,7
Średnia dla szczepów	0,2	0,3	0,4	0,6	0,6	0,7	0,8	1,0	

Przedział ufności przy  $P = 0,05$  — dla szczepów i odmian = 0,1.

Różnice w wirulencji szczepów — istotne przy  $P = 0,01$ .

Różnice w porażeniu odmian  
Współdziałanie szczepów z odmianami } nieistotne

większe i głębsze niż C-66, i C-88. Zatem poszczególne szczepy patogena charakteryzowała odmienna zdolność atakowania roślin pszenicy w fazie siewki od zdolności chorobotwórczych na uformowanych źdźbłach. Te specyficzne właściwości szczepów wiązały się także z właściwościami odmian, których reakcja na infekcję od momentu uformowania się źdźbeł do pełnej dojrzałości może się różnić od reakcji w okresie od wschodów do krzewienia.

Szczepy grzyba użyte do zakażenia znacznie słabiej atakowały siewki odmian żyta (tab. 6) niż pszenicy. Jednak i tutaj widzimy istotne różnice w wirulencji szczepów, zróżnicowaną reakcją odmian i rodów żyta na ich działanie oraz wyraźne efekty współdziałania między genotypami patogena i żywiciela. Najsilniejsze objawy choroby wystąpiły u roślin rodu 5525/71 zakażonych szczepami C-75, C-66 oraz C-48, który był tak mało wirulentny w stosunku do siewek pszenicy. Wirulentne w stosunku do siewek pszenicy szczepy C-80, C-88 i C-53 słabo atakowały siewki żyta. Jest to zatem przykład specjalizacji patogeny nie tylko w odniesieniu do odmian (genotypów) jednego gatunku gospodarza ale także w odniesieniu do różnych gatunków żywicielskich roślin.

W fazie pełnej dojrzałości żyta (tab. 7) istotne były tylko różnice w wirulencji szczepów. Porażenie odmian było w zasadzie proporcjonalne do wirulencji szczepów *C. herpotrichoides* i nie obserwowano tutaj wyraźnych efektów współdziałania. Brak istotnego współdziałania szczepów patogena z odmianami żyta w fazie pełnej dojrzałości wynikał zapewne z tego, że były one populacjami znacznie mniej wyrównanymi pod względem genetycznym od samopylnych odmian pszenicy, a poza tym łączyło je duże pokrewieństwo pochodzeniowe.

#### REAKCJA NA PODSTAWOWE SKŁADNIKI ODŻYWCZE ROŚLIN

Fosfor dawkowy roślinom nie zmieniał ich reakcji na patogena [21]. Potas jest powszechnie znany z tego, że „uodpornia” rośliny przeciwko patogenicznym gatunkom grzybów. Jego obecność w optymalnych ilościach w glebie i roślinach jest wskazana również w odniesieniu do patogena łamliwości źdźbła.

Badania Salta [51], a także innych wykazały, że azot w formie saletrzanej i amonowej stymuluje rozwój *C. herpotrichoides*. Stosowany w wysokich, niezrównoważonych innymi składnikami odżywczymi, dawkach pod zboża zwiększa ich podatność na infekcję i wywołuje wzrost porażenia przez łamliwość źdźbła. Jednak w przypadkach przerzedzenia ozimin przez chorobę pogłówną nawożenie azotem regeneruje stany plantacji i rekompensuje w ten sposób straty plonu. Jedynym nawozem azotowym,

który stosowany pogłównie wiosną przyczynia się do zmniejszenia porażenia zbóż ozimnych przez łamliwość źdźbła jest azotniak [2, 22, 37]. Powstający przy jego rozkładzie cyjanamid wapnia działa fungistatycznie na grzyb przez dłuższy czas. Zwalcza w ten sposób patogena znajdującego się w glebie, a także w roślinach. Zmniejsza poziom czynnika infekcyjnego, uzdrawia część porażonych roślin i w efekcie zapewnia istotne wyżki plonu ziarna.

#### REAKCJA NA FUNGICYDY, CCC I HERBICYDY

Z klasycznych środków ochrony roślin tylko 15% roztwór wodny kwasu siarkowego, chlorek metoksyetylortęciowy (Ceresan) i niektóre inne organiczne związki rtęci hamowały rozwój grzyba *C. herpotrichoides* i ograniczały nasilenie choroby na plantacjach pszenicy ozimej [18, 19, 24]. Nie były one jednak zdolne do niszczenia grzyba zasiedlonego w głębszych partiach tkanek roślin. Ekonomiczne efekty uzyskiwane ze stosowania preparatów były niewystarczające, aby mogły stać się popularne w praktyce rolniczej.

W ostatnich latach są stosowane w praktyce i wzbudzają duże zainteresowanie służby ochrony roślin Du Pont Benomyl, Bavistina Bas 34-60, Topsin i inne fungicydy układowe [28, 38, 39, 48]. Działają one fungistatycznie na patogena zasiedlającego tkanki porażonych roślin nawet po upływie 6 tygodni od infekcji i w ten sposób „uzdrawiają” porażone przez łamliwość źdźbła plantacje zbóż. Działanie układowych fungicydów na patogena jest krótkotrwałe (około 10 dni) dlatego nie stosuje się ich profilaktycznie.

Opryskiwanie pszenicy ozimej i żyta roztworem wodnym CCC w dawce 3-4 kg/ha wpływa na obniżenie porażenia źdźbeł przez *C. herpotrichoides* [2, 5, 12, 23, 24, 28, 38, 44]. Zmniejsza także wyleganie pszenicy, co w konsekwencji powoduje wyżki plonu ziarna. Chlorek chlorocholiny i niektóre inne regulatory wzrostu wykazują także właściwości fungistatyczne w stosunku do patogena oraz zwiększają odporność źdźbeł na jego przenikanie [12].

Polowe badania [37] nad wpływem różnych herbicydów na łamliwość źdźbła wykazały, że związki karbamidowe, a także preparaty triazinowe przejawiają tendencje do hamowania rozwoju patogena i zmniejszają nasilenie choroby u pszenicy. Dwubutylofenyloctan, Ioxynil i inne nie zmniejszały porażenia.

\*

Zwalczanie grzyba *C. herpotrichoides* w zasiewach zbóż tradycyjnymi środkami ochrony roślin jest mało skuteczne i nie znalazło dotychczas



praktycznego zastosowania. Zabiegi agrotechniczne ograniczające nasilenie łamliwości źdźbła w praktyce z różnych względów nie zawsze są wykonywane a ich skuteczność jest niewystarczająca, aby należycie chronić zasiewy. Stosowanie skuteczniejszych fungicydów systemicznych budzi obawy ze względu na następcze wpływy na tło ekologiczne naturalnego siedliska oraz na zwierzęta i człowieka. Dlatego też duże zainteresowanie wzbudza hodowla odmian mało wrażliwych jako perspektywiczna i atrakcyjna metoda ochrony zbóż przed chorobą. Ale do tego by była ona skuteczna niezbędne są dalsze badania dotyczące genetyki odporności zbóż na łamliwość źdźbła, a także genetyki i biotycznych właściwości patogena.

#### LITERATURA

1. Bockman H.: 1953, Z. PflZucht., 32, 4, 361-373
2. Bockman H.: 1965, Mitt., dtsh. Landwirt. Ges., 80, 27, 1095-1098.
3. Bockman H.: 1966, Nachr. Bl. dtsh. PflzSch. D., 17, 8, 120-124.
4. Bockman H.: 1965, Nachr. Bl. dtsh. PflzSch. D., 17, 8, 120-124.
5. Bockman H.: 1972, Mitt., dtsh. Landwirt. Ges., 87, 15, 376-378.
6. Bojarczuk J., Drath M.: 1964, Hod. Rośl. Akl. i Nas., 8, 1, 109-116.
7. Bojarczuk J.: 1967, Hod. Rośl. Akl. i Nas. 11, 6, 693-705.
8. Bojarczuk J.; 1968, Hod. Rośl. Akl. i Nas. 12, 6, 645-656.
9. Bojarczuk J.: 1970, Hod. Rośl., Akl. i Nas., 14, 4, 327-341.
10. Bojarczuk J.: 1970, Hod. Rośl., Akl. i Nas. 14, 5, 405-426.
11. Bojarczuk J., Ruszkowski M.: 1972, Biul. IHAR, 3-4, 77-79.
12. Bojarczuk J., Ruszkowski M.: 1972, Biul. IHAR, 3-4, 67-71.
13. Bojarczuk J., Bojarczuk M.: 1973, Hod. Rośl., Akl. i Nas. 17, 4, 215-228.
14. Bojarczuk J.: 1973, Zbornik referatov z I Konferencje o Chorobach obilnin, Bratislava 136-142.
15. Bojarczuk J., Bojarczuk M.: 1974, Hod. Rośl., Akl. i Nas. 18, 5, 1-14.
16. Chang E-Wa P., Tyler L. J.: 1964, Phytopathology, 54, 6, 729-735.
17. Davies J. M. L., Jones D. G.: 1970, J. agric. Sci, Camb., 74, 2, 391-396.
18. Defosse L.: 1959, Rev, Agric, 12, 7-8, 725-730.
19. Defosse L.: 1963, Parasitica, 19, 3, 116-124.
20. Defosse, L., Vandam J. 1968, Bull. Inst. agron., Stens Rech. Gembloux, 3, 1, 36-53.
21. Dickens L. E.: 1964, Cornel, Univ. agric. exper. Sta. Memoir, 390, 39.
22. Dierks R.: 1965, Mitt. dtsh. Landwirt, Ges., 80, 14, 610-613,
23. Dierks R.: 1965, Z. PflKrank. u. PflSch., 72, 5, 257-271.
24. Dierks R.: 1965, 42, 4, 135.
25. Drath M.: 1959, Biul. IOR, IV, 125.
26. Drath M.; Rapilly F.: 1967, Ann. Epiphyties, 18/I, 01-94.
27. Ecochard R.: 1963, Ann. Ameliorat. Plantes, 13, 1.
28. Fehrmann H., Schrödter H.: 1972, Phytopath. Z., 74, 2, 161-174.
29. Foex Et., Rosella E.: 1930, Rev. Pathol. veg et Emtomol. Agric., 17, 41.
30. Garret S. D.: 1963, Brit. Myc. Soc. Trans. 46, 4, 572-76.
31. Gorska-Poczopko J.: 1957, Roczn. Nauk Rol., 77, A, 347.
32. Gorska-Poczopko J.: 1958, Biul. IOR, 101-112.

33. Gregory P. H., Stedman O. J.: 1958, Brit. Myc. Soc. Trans., 41, 4, 449-456.
34. Hänssler G.: 1973, Phytopathology 77, 1, 1-19.
35. Hänssler G.: 1973, Phytopathology 77, 2, 138-156.
36. Hänssler G.: 1973, Phytopathology 77, 3, 198-208.
37. Heitefuss R.: 1968, Z. PflKrankh. PflSchutz, 75, 11/12, 641-659.
38. Hoerer K., Oppitz K., Obst A.: 1973, Dt. landw. Presse, Jg. 96, 10, 4.
39. Kirsten D.: 1972, Mitt. dtsch. Landw.-Ges, 87, 4, 83-84.
40. Lange-de la Camp M.: 1962, Zbl. Bakteriolog., Abt. II, 15, 6, 634-646.
41. Lange-de la Camp M.: 1966, Phytopath. Z., 56, 1
42. Lange-de la Camp M.: 1966, Phytopath., Z., 56, 2, 155-190.
43. Lange-de la Camp M.: 1966, Phytopath. Z., 56, 4, 363-392.
44. Langerfeld E.: 1971, Z. PflKrankh. PflSchutz, 78, 3, 137-146.
45. Macer R. C. F.: 1966, J. agric. Sci. Camb., 67, 3, 389-396.
46. Magnus H. A., Hansen L. R.: 1973, Phytopathology 76, 3, 189-199.
47. Mielke H.: 1970, Z. PflZücht., 64, 3, 248-288.
48. Obst i in.: 1973, Bayer. Landw. Jahrb., 50, 1, 105-112.
49. Scott P. R.: 1971, Ann. appl. Biol., 68, 2, 169-175.
50. Seidel D.: 1966, Wiss. Z. Univ. Rostock, math.-naturwiss. R., 15, 2, 205-208.
51. Salt G. A.: 1959, Ann. appl. Biol., 47.

Юзеф Боярчук, Мирослава Боярчук

#### БИОТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГРИБА *CERCOSPORELLA HERPOTRICHOIDES* FRON.

В СВЯЗИ С ИССЛЕДОВАНИЕМ УСТОЙЧИВОСТИ ЗЕРНОВЫХ К ЛОМКОСТИ  
СТЕБЛЯ И С ДРУГИМИ МЕТОДАМИ БОРЬБЫ С ЭТОЙ БОЛЕЗНЕЙ

#### Резюме

На основании собственных и других исследований обсуждается хозяйственное значение болезни зерновых называемой ломкостью стебля, под влиянием патогена *Cercospora herpotrichoides* Fron. Приводятся таксономические признаки патогена, оптимальные условия спорообразования, заражение растений-хозяев, патогенез и диагностика поражения на колеоптиле, листовых влагалищах и стеблях.

Установлены различия штаммов патогена касающиеся их вирулентности, склонности к образованию конидиев, темпов роста и морфологических признаков колоний, а также активности пектолитических и целлюлолитических энзимов *in vitro*. Представлены результаты исследований и актуальные взгляды на физиологическую специализацию гриба *C. herpotrichoides* по отношению к отдельным сортам и видам растений-хозяев.

Рассматривается практическое значение исследований, которые показали существование различий в реагировании отдельных сортов и видов зерновых культур на патогена, как обоснование целесообразности селекции новых сортов зерновых мало восприимчивых к болезни. Обсуждается вопрос взаимодействия штаммов гриба и сортов зерновых и приводятся результаты собственных исследований авторов касающихся специфических биотических реакций происходящих между отдельными штаммами (генотипами) патогена и сортами (генотипами) пшеницы и ржи.

В заключительной части труда приводятся результаты исследований касающихся реагирования *C. herpotrichoides* на основные элементы питания растений, классические и системные фунгициды, а также реагирования на применяемые в сельском хозяйстве гербициды и регуляторы роста.

*Józef Bojarczuk, Mirosława Bojarczuk*

BIOTIC PROPERTIES OF THE *CERCOSPORELLA HERPOTRICHOIDES*  
FRON. FUNGUS IN CONNECTION WITH THE INVESTIGATION  
OF RESISTANCE OF CEREALS TO FOOT ROT AND WITH OTHER  
CONTROL METHODS OF THE DISEASE

S u m m a r y

On the basis of author's own and other investigations the economic importance of the diseases known as foot rot of cereals, caused by the *Cercospora herpotrichoides* Fron. fungus is discussed. Taxonomic features of the pathogen, optimal spore-forming conditions, infection of host plants, pathogenesis and diagnostic of infestation on coleoptile, leaf sheaths and stems, are presented.

Differentiation of the pathogen strains concerning their virulence, tendency to forming conidia, growth rate and morphologic features of colonies as well as activity of pectinolytic and cellulatic enzymes *in vitro* have been proved. Investigation results and actual views on the physiologic specialization of the *C. herpotrichoides* fungus in relation to particular varieties and species of host plants are presented.

Practical value of the investigations, which proved the existence of different response of particular varieties and species of cereal plants to pathogen as a substantiation of the purposefulness of breeding new cereal varieties little susceptible to the disease, is discussed. The question of interaction of strains of the fungus and particular varieties of cereals is discussed and the results of author's own investigations concerning specific biotic reactions occurring between strains (genotypes) of the pathogen and varieties (genotypes) of wheat and rye, are presented.

In the final part of the work the results of investigations concerning the response of *C. herpotrichoides* to basic plant nutrients, classical and systemic fungicides as well as the response to herbicides and growth regulators (CCC) applied in practical farming are quoted.