

MIKE TAYLOR

Limagrain-Nickerson 31226 Peine-Rosenthal, Niemcy

Wprowadzenie odporności na fuzariozę kłosów do europejskich programów hodowlanych pszenicy ozimej

Introduction of scab resistance to European breeding programs of winter wheat

Recent changes in climate and agricultural practices (growing acreage of maize and winter wheat, reduced tillage) increase the danger of a wide scab (*Fusarium* head blight) attack on winter wheat in Europe. Majority of the countries, where the risk of the disease has been low, including Poland, are not well prepared to the imminent epiphytosis. There is no common European system for screening and elimination of grain and flour contaminated with the *Fusarium* toxins, however some work on proper regulations is in progress. The present attitudes in variety testing and registration usually do not accept some yield decrease in forms showing higher resistance to the *Fusarium* head blight. Fungicides are insufficiently effective, if applied on susceptible varieties or at low level of agrotechny. Therefore, the improvement of scab resistance is a serious challenge for wheat breeders. The European population of wheat varieties is much variable in respect of the resistance. The known sources, as Sumai 3 and Type II, are difficult in routine breeding application; they are usually lost in early generations of crosses, if artificial inoculations are not applied. In Germany, spread of post-harvest remains of maize proved to be an effective inoculation method, which ensures constant and long lasting dissemination of the spores. In comparison with the spraying methods, the inoculation proceeds in a more natural way, from beneath. The prospects of DNA markers use are also optimistic. The co-operation between agricultural institutes and private breeders is expected to prevent the catastrophic epiphytosis, similar to that occurred in North America. There is a demand, addressed to the institutes, for pre-breeding of appropriate wheat forms, which combine short stature with high level of the resistance. There is also a need for research on the relationships between the resistance and flowering biology.

Key words: breeding, *Fusarium* head blight, inoculation resistance, winter wheat

Słowa kluczowe: fuzarioza kłosów, hodowla, inokulacja, odporność, pszenica ozima

Unia Europejska składająca się z 25 krajów jest bardzo zróżnicowana klimatycznie. Skala problemu *Fusarium* jest również zróżnicowana: w niektórych krajach prawie nie występuje, w innych zaś jest bardzo wysoka. Ryzyko epidemii jest więc także zróżnicowane; w Wielkiej Brytanii występuje raz na dwadzieścia lat, na Węgrzech niemalże każdego roku.

Rejony podwyższonego ryzyka to głównie kraje klimatu kontynentalnego, o dużym udziale kukurydzy w płodozmianie, tradycją siewu bezpośredniego przy minimalnej uprawie. Podwyższenie udziału w uprawie kukurydzy i pszenicy ozimej, połączone z zawężonym płodozmianem, zmiana technik uprawy, zmiany klimatyczne (globalne ocieplenie) spowodowały w ciągu ostatnich 15 lat wzrost obszarów zagrożonych chorobą.

Obserwacje występowania fuzariozy w Europie wskazują na podwyższenie udziału *F. graminearum* i obniżenie *F. culmorum*. *F. graminearum* ma pozycję dominującą w większości krajów Europy, w tym w Niemczech, Holandii, Wielkiej Brytanii. *F. nivale*, *F. poae* i *F. avenaceum* stanowią niskie zagrożenie z wyjątkiem krajów skandynawskich i przybałtyckich, lecz w niektórych latach ich regionalne zagrożenie może rosnać. Nawet kraje obniżonego ryzyka, takie jak Dania i Szwecja, zaczynają poważnie obawiać się zagrożenia epidemią *Fusarium*. Rozprzestrzenianie się wektora *Fusarium*, Orange Blossom Midge (*Sitodiplosis mosselana*) w rejonach nadmorskich Wielkiej Brytanii w ciągu ostatnich pięciu lat oraz wprowadzenie subsydiowania programów zapobiegających erozji i degradacji gleb (uprawa bez orki), może tylko spowodować wzrost ryzyka wystąpienia epidemii. Jak na razie nie ma jeszcze dramatycznej zmiany sytuacji w Europie, w porównaniu do tej, która wystąpiła w Stanach Zjednoczonych i Kanadzie we wczesnych latach 90.

Unia Europejska wprowadziła limity zawartości substancji toksycznych występujących w płodach rolnych wskutek porażenia fuzariozą, DON (dezoksyniwalenol) i ZEA (zearalenon). Obecny dopuszczalny poziom wynosi 1250 µg DON / kg nieoczyszczonej pszenicy chlebowej i 1750 µg DON / kg pszenicy *durum*. Przepisy zamierza się wprowadzić do ustawodawstwa poszczególnych krajów na przełomie lat 2006/2007.

W Niemczech już w 2004 roku wprowadzono ścisłe limity zawartości toksyn. Maksymalna zawartość DON dla zbóż przeznaczonych do bezpośredniej konsumpcji wynosi 500 mg/kg. Wprowadzono też zakaz domieszania partii ziarna o przekroczonym limicie do partii ziarna spełniającego wymagania zdrowotne.

Dotąd nierozwiązane są problemy związane ze standaryzacją testu ELISA oraz opracowaniem szybkiej metody kontroli zawartości toksyn w punkcie skupu. Standardową metodą odwoławczą jest metoda HPLC.

Młynarze w Niemczech już od kilku lat handlują zbożem o zawartości maksimum 350 µg DON / kg. Stosują test nazywany „Accuscan ELISA Capillary Diffusion”, który w ciągu kilku minut daje odpowiedź o zawartości DON powyżej 1000 µg/kg ziarna, przy cenie 20 € za próbę. Pomiary za pomocą aparatury NIR nie dają wiarygodnych wyników w zakresie wprowadzonych dla DON limitów, lecz wydaje się, że jest już zauważalny postęp w opracowywaniu tzw. elektronicznego nosa.

Istnieją bardzo dobre kontakty pomiędzy hodowcami a instytucjami naukowymi realizującymi prace badawcze i przed hodowlane:

- Eureka — Cerequal,
- INRA Francja,
- IFA Tulln, Austria,
- FAL Reckenholtz, Szwajcaria,

- John Innes Institute, Wielka Brytania,
- Szeged Institute, Węgry,
- Univ. Hohenheim, BAZ, BBA, Niemcy.

Większość hodowli zbóż w krajach Unii Europejskiej znajduje się w prywatnych rękach. Dawniejsze państwowe firmy hodowlane krajów Europy Centralnej i Wschodniej są obecnie na różnych etapach prywatyzacji. Hodowcy muszą zarabiać na sobie poprzez opłaty hodowlane i w tym sektorze konkurencyjność jest bardzo wysoka. Trzeba jednak wziąć pod uwagę, że średnio w UE rolnicy kupują ok. 50% materiału siewnego potrzebnego pod zasiewy, od 8% w Polsce, do 85% w Danii i Szwecji.

Rejestracja odmian w krajach UE ma charakter narodowy. Każdy kraj posiada swoją własną Listę Krajową lub Listę Odmian Rekomendowanych, a także własny system doświadczeń porejestrowych. Ocenę odmian pod kątem odporności na fuzariozę, tak jak i ocenę odporności na inne choroby, każdy kraj realizuje według własnego systemu i jak dotąd, nie ma woli do harmonizacji systemu badań odpornościowych. Bezpośrednie porównanie odmian ocenianych w różnych krajach jest bardzo utrudnione.

Ocena odporności odmian na fuzariozę figuruje w listach opisowych odmian w GB, F, D, NL, CH i A. DK, S, PL i H nie publikują takich danych.

Oficjalne metody oceny różnią się znacznie w różnych krajach. Tam, gdzie stosuje się wydzielone szkółki, wymagana jest inokulacja zawiesiną grzybni w różnych kombinacjach częstotliwości i intensywności. Niemcy zwracają obecnie w kierunku zastosowania szkółek z resztkami łodyg kukurydzy pozostałymi po zbiorze, jako jedynym źródłem infekcji. Resztki łodyg są rozrzucone na poletka w listopadzie w ilości 5 szt./m². Uważa się, że jest to bardziej naturalna metoda infekcji — spory przemieszczają się od dołu ku kłosowi, a nie odwrotnie. W tej metodzie wysokość roślin oraz zagęszczenie również odgrywają ważną rolę. Jak dotąd dokonuje się tylko wizualnej ocena skali infekcji. Tylko we Francji rozważa się wprowadzenie pomiarów zawartości DON do oceny odporności odmian.

W większości krajów starej piętnastki UE plantacje pszenicy opryskuje się co najmniej jeden raz fungicydami — przy średnio dwóch opryskach, a w niektórych regionach nawet 3–4. Niższy poziom ekonomiczny nowej dziesiątki UE ogranicza stosowanie fungicydów, ale taka sytuacja zmienia się szybko wraz z rozwojem tych krajów.

Dostępność fungicydów w racjonalnej cenie powoduje, że odporność na choroby grzybowe w programach hodowlanych winna ograniczać się do takiego poziomu, który gwarantuje zarówno rejestrację odmiany jak i akceptację odmiany przez rolników. Wysoki potencjał plonowania przy zastosowaniu ochrony fungicydami jest najwyższym priorytetem w programach hodowlanych. Ignorowanie tego faktu hodowca czyni na własne ryzyko. Hodowla w kierunku odporności na fuzariozę wymaga więc od hodowcy działań racjonalnych. Hodowca może na tyle wprowadzać odporność, na ile plonowanie nie jest znacząco obniżone. Wiele wysoko odpornych odmian w ostatnich kilku latach nie weszło do uprawy, ponieważ ich potencjał plonowania odbiegał od odmian mniej odpornych. Z drugiej strony, fuzarioza jest pewnym wyjątkiem wśród chorób grzybowych z powodu niepełnej skuteczności oprysków. Dlatego też, aby obniżyć niebezpieczeństwo infekcji,

należy mieć na uwadze kombinację trzech czynników: odmianę, rodzaj fungicydu oraz sposób uprawy roli.

Obecnie najlepszymi fungicydami kontaktowymi są Folicur i Caramba, a lokalnie można też stosować uniwersalny Input-Set firmy Bayer, zawierający aktywne składniki Protiokonazol i Spiroxaminę. Jeśli dostępne będą całkowicie skuteczne preparaty fungicydowe, genetyczna odporność odmian będzie mniej ważna.

Hodowcy stosują różne metody testowania odporności. Szeroko stosowane są opryski zawiesiną sporów, zarówno w wydzielonych szkółkach, jak i na poletkach doświadczalnych po przekątnej lub na półmetrowym pasie przy krawędzi. W Niemczech popularna staje się inokulacja resztkami ścierniskowymi kukurydzy w wydzielonych szkółkach, w połączeniu z nawadnianiem zraszczaczami. Przewaga tej metody w porównaniu z inokulacją zawiesiną sporów jest taka, że askospory są uwalniane w długim okresie, zatem ryzyko zaniku infekcji jest znikome.

Hodowla w kierunku odporności na fuzariozę otrzymała nowy impuls w Europie poprzez wprowadzenie limitu zawartości toksyn. W Niemczech Regionalne Izby Rolnicze zaleciły badanie odporności w doświadczeniach porejestrowych. Francja rozważa podobne badania.

W Niemczech i innych regionach hodowcy stosowali cechy morfologiczne takie jak: wysokość roślin, typ kłosa — jako podstawę do hodowli odpornościowej. W niemieckiej puli genowej korelacja pomiędzy wysokością roślin a odpornością na fuzariozę wynosi 0,6–0,7. Jednakże w rejonach nadmorskich Wielkiej Brytanii, przy wysokim prawdopodobieństwie wylegania, takie rozwiązanie nie jest korzystne. Konieczne jest poszukiwanie innych form odporności.

Biologia kwitnienia stwarza możliwości wytworzenia krótkosłomych odmian z akceptowalną odpornością na fuzariozę. Doniesienia z USA i Kanady pokazują, że cecha kwitnienia z otwartymi kwiatami może odgrywać rolę w pierwszej infekcji. Wiadomo też, że niewychylone lub częściowo wychylone pylniki są pierwszym miejscem inwazji sporów *Fusarium* do kwiata (B. Stefenson, Sympozjum, 2001). Występują bardzo duże różnice pomiędzy odmianami w stopniu wychylenia pylników. Te różnice, warunkowane genetycznie, są łatwe do oceny. Były też w przeszłości wykorzystywane w programach hodowli mieszańcowej do selekcji dawców pyłku męskiego. Według naszych niepublikowanych danych z lat 1998–2003, korelacja pomiędzy wychyleniem pylników a infekcją *Fusarium* wynosi -0,6 do -0,7. Rok 2004 był pod tym względem trudny do zrozumienia, z wyższym, w porównaniu do lat poprzednich, wychyleniem pylników i z pylnikami uwięzionymi w połowie w kwiatach, choć ogólna tendencja została zachowana. Są także doniesienia, że w odporności ważna jest także wielkość pylnika.

Cecha otwarto-zamkniętego kwitnienia (open-closed flowering) była również wykorzystywana w przeszłości w programach hodowli mieszańcowej. Wysoki stopień otwartego kwitnienia jest konieczny do właściwego przyjęcia pyłku od męskiego dawcy. Jednak bez użycia gametocydu trudno jest tę cechę zaobserwować. Byłoby interesujące sprawdzić, czy jakieś loci związane z odpornością na fuzariozę korelują z cechami otwartego kwitnienia.

Jest jeszcze za wcześnie, aby ocenić, na ile te cechy są użyteczne na szerszą skalę. Dane o wychyleniu pylników potwierdziły swoją wartość w naszym programie wstępnej selekcji u wczesnych pokoleń materiału hodowlanego, w latach o niskim zagrożeniu fuzariozą. Trzeba jednak wyjaśnić, że biologia kwitnienia ma znaczenie tylko przy pierwszej infekcji, zaś nie odgrywa żadnej roli w rozprzestrzenianiu się patogenu od kłosa do pozostałej części kłosa.

Występują zauważalne różnice w zachodnioeuropejskiej puli genowej w stosunku do odporności określanej jako Typ II — występującej w kłosach, mimo że na znacznie niższym poziomie w porównaniu do Sumai 3. W Niemczech w 2004 r. z dużymi opadami i wysokimi temperaturami po kwitnieniu, odmiany nieodporne na Typ II były stosunkowo silniej porażone niż w poprzednich latach. Potrzeba wprowadzenia specyficznej odporności Typu II zależy od regionalnego zagrożenia fuzariozą. Choć można uzyskać odmiany zawierające odporność Typu II o poziomie plenności porównywalnym do odmian konwencjonalnych, to jest niewątpliwe, że one mogą być uprawiane w rejonach umiarkowanego i niskiego ryzyka.

Kraje takie jak Węgry i Rumunia, z wysokim zagrożeniem fuzariozą, są z pewnością bardziej zaawansowane w walce z tym patogenem, aniżeli kraje zachodnie. Większość hodowców niemieckich i austriackich wprowadza Sumai 3, rumuńskie i węgierskie źródło odporności. Wczesna selekcja w warunkach polowych jest jednakowoż trudna a krzyżowanie wsteczne jest ciągle konieczne. Także trudno jest sobie wyobrazić szerokie zastosowanie inokulacji pojedynczych kłosów poza projektami badawczymi. Linie przedhodowlane dostępne w instytutach badawczych wydają się najlepszym źródłem materiałów dla hodowców — praktyków.

Rozwój metod i zastosowanie markerów użytecznych w pracach selekcyjnych jest w tym kontekście bardzo ważne. Bez zastosowania specyficznych markerów na wczesnych etapach selekcji odporności Typu II jest niemal pewne, że ta odporność zostanie utracona.

Chociaż markery na odporność Typu II są obecnie dobrze opisane, ich użycie jest jeszcze na etapie badań w zachodnioeuropejskich programach hodowlanych. Hodowcy są, ogólnie rzecz biorąc, raczej powolni we wprowadzaniu nowych technologii. Markery wykorzystują tylko w tych przypadkach, w których zawodzi selekcja na polu. W ostatnich 25 latach szeroką akceptację wśród hodowców znalazły tylko markery białkowe wysokocząsteczkowych podjednostek gluteninowych, a ostatnio markery izoenzymatyczne i DNA na odporność Pch1 *Pseudocercospora herpotrichoides* (łamliwość liści).

Podczas, gdy metody biotechnologiczne oraz zastosowanie markerów w pracach hodowlanych jest powszechnie akceptowane, to jednak wprowadzenie w Europie tzw. „zielonej rewolucji” akceptacji nie znajduje. Jest niewątpliwe, że każde rozwiązanie z zakresu technologii genowej (gene-tech) prowadzące do rozwiązania problemu fuzariozy byłoby akceptowane w dającej się przewidzieć przyszłości. W Wielkiej Brytanii, Niemczech i Francji Syngenta testowała linię pszenicy jarej UC 703 posiadającą wzmocnioną odporność na patogena *Fusarium*, ale rejestracja linii okazała się mało prawdopodobna. Aktualne koszty rejestracji, a także restrykcje w stosunku do technologii genowej powodują, że jest mało prawdopodobne, aby prywatni hodowcy podążyli tą drogą.

Podsumowując, zmiany w klimacie oraz w praktyce rolniczej zwiększają ryzyko wystąpienia epidemii fuzariozy w Europie, ale jak dotąd nie nastąpiła jeszcze tak katastrofalna epidemia jak w USA i Kanadzie. Należy mieć nadzieję, że prywatnym hodowlom finansowanym z efektywnie działającego systemu opłat hodowlanych, we współpracy z instytutami naukowymi, uda się uniknąć takiej katastrofy na „starym kontynencie”.