

Analyse und Integration wirksamer Mehltaresistenzen in Triticale

Kerstin Flath^{1*}, Bettina Klocke¹ und Matthias Herrmann²

Abstract

Increasing triticale acreages in Middle Europe stimulated the adaptation of powdery mildew populations to the race-specific resistances of most recommended varieties. As a consequence only a few varieties remained resistant after the first epidemics emerged in 2004 in Germany. Our findings indicate that powdery mildew of triticale most probably developed from wheat mildew. The triticale mildew population in Germany is highly diverse as shown by an analysis of 366 isolates from the main growing areas. In seedling tests with these 366 isolates only 'Grenado' was completely resistant among the currently registered triticale varieties. A screening of 826 preselected triticale breeding strains showed that 8% of this material has been completely resistant to four highly virulent isolates. In the field, 86% of these triticale strains were highly resistant after mildew inoculation indicating a combination of effective seedling and adult-plant resistance. Our aim is to characterise some of these resistances and to make them available for the breeders in future. The effects of known resistance genes from wheat could not be predicted when incorporated in primary triticale, i.e. resyntheses from wheat x rye. Obviously, the rye genome had a high impact on the resistance level of triticale. Indeed, a resistance gene from the triticale strain JKI.5015 could already be localized on rye chromosome 6RL by SSR markers. The high diversity of powdery mildew populations is a clue that newly detected race-specific resistances might be effective only for shorter periods. On the long run, breeders should combine them with effective adult-plant resistances to select for triticale varieties with durable resistance.

Keywords: powdery mildew - triticale - virulence analysis - resistance - breeding

Triticale galt lange Zeit als „Gesundfrucht“, deren Anbauwürdigkeit sich auch in der geringen Krankheitsanfälligkeit begründete. Im Jahr 2004 zeigte sich erstmals eine zunehmende Anfälligkeit einiger Triticalesorten gegenüber Echten Mehltau, *Blumeria graminis* DC. In den Folgejahren trat die Krankheit in vielen Regionen Deutschlands epidemisch auf. Vermutlich führte der zunehmende Anbauumfang von Triticale zur Anpassung der Mehltaupopulation an die rassenspezifischen Resistenzen aktueller Sorten.

Im Rahmen eines Forschungsprojektes soll neues, mehltaresistentes Ausgangsmaterial für die praktische Züchtung bereitgestellt werden, um die Widerstandsfähigkeit deutscher Triticalesorten zu erhöhen, Erträge langfristig zu sichern und die Wirtschaftlichkeit des Triticaleanbaus zu verbessern. Zur Abschätzung der Wirksamkeit und Dauerhaftigkeit dieser neuen Resistenzquellen wird eine Pathosystemanalyse durchgeführt, bei der sowohl die Pathogenpopulationen (Wirtsspezifität, Virulenzsituation, Komplexität, Diversität) als auch die Sortenresistenzen (Keimlings- und Adultpflanzenstadium, Übertragbarkeit von Mehltaresistenzen, Lokalisation von Resistenzgenen) untersucht werden.

Mit Infektionsversuchen wurde zunächst die **Wirtsspezifität** des Pathogens untersucht. Dazu sollte geklärt werden, ob der auf Triticale beobachtete Befall durch Weizen- oder Roggenmehltau verursacht wird, oder ob es sich hierbei um eine eigenständige Mehltauart handelt. Blattsegmenttests mit von Weizen, Roggen und Triticale isoliertem Mehltau aus unterschiedlichen Regionen Deutschlands ergaben, dass von den getesteten 61 Triticalesorten nur einige wenige überhaupt von Weizen- und Roggenmehltau befallen wurden. Der Triticalemehltau konnte hingegen die Mehrzahl der Weizensorten, aber nur einige wenige Roggensorten befallen (*Tabelle 1*). Daraus lässt sich schließen, dass Triticalemehltau vermutlich aus Weizenmehltau entstanden ist, der sich speziell an diesen neuen Wirt angepasst hat.

Zur Analyse der **Virulenzsituation** des Triticalemehltaus in den wichtigsten deutschen Anbauregionen wurden 366 Einpustelisolat (EPI) aus mehltaubefallenen Blattproben hergestellt. Blattsegmenttests mit einem Differenzialsortiment aus 20 ausgewählten Triticalesorten konnten die untersuchten EPI insgesamt 136 unterschiedlichen Pathotypen zuordnen. Die **Komplexität** (= Anzahl der Virulenzfaktoren) der Isolate schwankte zwischen 6 und 18 von 20 möglichen

Tabelle 1: Reaktion unterschiedlicher Getreidearten auf von Weizen, Roggen und Triticale isoliertem Mehltau (+++ Mehrzahl, + wenige, – keine der getesteten Sorten befallen)

Getreideart	Mehltauisolate		
	Weizen (N = 20)	Roggen (N = 5)	Triticale (N = 31)
Weizen (N = 39)	+++	-	+++
Roggen (N = 6)	-	+++	+
Triticale (N = 61)	+	+	+++

Die Förderung des Forschungsvorhabens erfolgt aus Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung mit Unterstützung der Gemeinschaft zur Förderung der privaten deutschen Pflanzenzüchtung e.V.

¹ Julius Kühn-Institut (JKI), Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Inst. für Pflanzenschutz in Ackerbau und Grünland, D-14532 KLEINMACHNOW

² JKI, Institut für Züchtungsforschung an landwirtschaftlichen Kulturen, D-18190 GROSS-LÜSEWITZ

* Ansprechpartner: Dr. Kerstin FLATH, kerstin.flath@jki.bund.de

Tabelle 2: Blattsegmenttests primärer Triticale (mehltauresistenter Weizen x mehltuanfälliger Roggen) mit fünf Weizen- und fünf Triticalemehltauisolaten (+ = virulente, - = avirulente Reaktion der Isolate)

Weizen-Eltern (Resistenz)	Weizenmehltau-Isolate					Triticalemehltau-Isolate				
	1	24	42	55	116	6/4	8/2	41/2	11/1	26
<i>Triticum aestivum</i>:										
Rektor, Tukan (Pm5)	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+
Götz (Pm8)	-	+	+	-	+	+	+	+	+	-
Kristall (Pm5+8)	-	+	-	-	+	+	+	+	+	-
Maris Huntsman (Pm2+6)	-	+	-	+	-	-	-	+	-	-
<i>Triticum durum</i>:										
D 8 (U*)	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-
D 9 (U*)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-
D 16 (U*)	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-
Primäre Triticale										
Rektor x L301	-	-	-	-	-	+	+	+	-	-
Tukan x L304	-	-	-	-	-	+	+	+	+	-
Götz x L301	-	-	-	-	-	+	+	-	+	+
Kristall x L304	-	-	-	-	-	+	+	+	-	-
Maris Huntsman x L301	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D 8 x L301	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
D 9 x L301	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D 16 x L301	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-

* Resistenz unbekannter Herkunft

Virulenzen. Die Mehrzahl der Isolate wies eine Komplexität von 15 auf. Als Maßzahl für die Verschiedenheit der getesteten EPI wurde ein Simpson-Index von $S=0,96$ ($S=0$ geringe Diversität, $S=1$ hohe Diversität) berechnet, der eine hohe **Diversität** der deutschen Triticalemehltaupopulation dokumentiert.

Um die **Sortenresistenzen** einschätzen zu können, wurde zu Beginn des Forschungsprojektes zunächst das Sortiment der im Jahr 2007 zugelassenen 23 Winter- und 6 Sommertriticalesorten mit insgesamt 366 Triticalemehltauisolaten aus unterschiedlichen Regionen Deutschlands im **Keimlingsstadium** geprüft. Nur die Triticalesorte 'Grenado' erwies sich als resistent gegen alle getesteten Mehltausolaten. Im nächsten Schritt wurden insgesamt 826 vorselektierte Triticalelinien der am Projekt beteiligten Zuchtfirmen sowie des JKI mittels Blattsegmenttest mit vier hochvirulenten Mehltausolaten im Primärblattstadium geprüft. Dabei erwiesen sich 8% der Linien als vollständig resistent. Diese potenziellen Resistenzquellen können zukünftig zur Erzeugung neuer, widerstandsfähiger Triticalesorten genutzt werden.

Zur Beurteilung der **Adultpflanzenresistenz** wurden im Jahr 2008 Feldprüfungen mit künstlicher Inokulation hochvirulenter Isolategemische am JKI-Standort in Berlin-Dahlem in vierfacher Wiederholung in randomisierten Blockanlagen durchgeführt. Geprüft wurde das Zuchtmaterial, das im Blattsegmenttest vollständig resistent gegen zwei hochvirulente Isolate reagierte (173 Wintertriticale), die zur Zulassung beim Bundessortenamt angemeldeten Sorten (27 Wintertriticale) sowie die aktuell zugelassenen Triticalesorten (26 Winter- und Sommertriticale). Nach dreimaliger Bonitur konnten 86% der getesteten Triticalezuchtstämme, 63% der Wertprüfungssorten und 38% der zugelassenen Sorten als mehlttauresistent eingestuft werden.

Für Untersuchungen zur **Übertragbarkeit von Mehlttauresistenzen** aus Weizen in primäre Triticale konnte Material der Landessaatzuchtanstalt der Universität

Hohenheim genutzt werden. Hierbei handelt es sich um Kombinationen mehlttauresistenter Weizen der Arten *Triticum aestivum* und *Triticum durum* mit den für Roggenmehltau anfälligen Roggenlinien L301 und L304 (Tabelle 2). Für Blattsegmenttests wurden fünf Weizen- und fünf Triticalemehltauisolate mit unterschiedlichen Virulenz-/Avirulenzgenkombinationen ausgewählt. Während die Weizenisolate auf den Weizen-Eltern sowohl virulente als auch avirulente Reaktionen hervorriefen, wurden die aus diesen Weizensorten entwickelten primären Triticale von keinem der Weizenisolate befallen. Im Gegensatz dazu konnten die Triticalemehltauisolate sowohl auf den Weizeneltern als auch auf den primären Triticale virulente Reaktionen hervorrufen, die Virulenz-/Avirulenzmuster beider waren jedoch nicht identisch. Diesen ersten Blattsegmenttests zufolge ist die Wirkung von Resistenzgenen aus Weizen in Triticale nicht vorhersagbar. Das Roggen genom scheint einen wesentlichen Einfluss auf die Resistenzausprägung zu haben. Diese Schlussfolgerungen werden derzeit durch zusätzliche Infektionstests verifiziert.

Für genetische Analysen und die chromosomale Lokalisation von Resistenzgenen wurden vom JKI in Groß Lüsewitz Kreuzungen zwischen den mehlttauresistenten Triticalesorten 'Grenado', 'Agrano', 'Fargo' und 'Fidelio' sowie 10 Zuchtstämmen mit den mehlttauanfälligen Triticalesorten 'Focus' und 'Trimester' durchgeführt. Die Prüfung der F1 weist auf dominante Resistenzgene in 'Agrano', Stamm JKI.59 und Stamm JKI.5015 hin. In den übrigen Sorten bzw. Zuchtstämmen wurden rezessive Vererbungsmodi gefunden. Für die monogen-dominant vererbte Resistenz aus Stamm JKI.5015 konnten gekoppelte roggen-spezifische molekulare Marker identifiziert werden, die eine Lokalisation des Resistenzgens auf Chromosom 6RL belegen.

Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Der zunehmende Anbauumfang von Triticale führte in den letzten Jahren zur Anpassung der Mehlttaupopulation

an die rassenspezifischen Resistenzen aktueller Sorten. Triticalemehltau, der sich wahrscheinlich aus Weizenmehltau entwickelt hat, weist eine hohe Diversität und Komplexität auf. Im aktuellen Triticale-Zuchtmaterial sind zahlreiche Resistenzquellen mit wirksamer Keim- und Adultpflanzenresistenz verfügbar, die im Rahmen eines Forschungsprojektes näher charakterisiert und für die praktische Züchtung bereitgestellt werden sollen. In primären Triticale, d.h. Resynthesen aus Weizen und

Roggen, ist die Wirkung von Resistenzgenen aus Weizen nicht vorhersagbar. Das Roggengenom hat offensichtlich einen wesentlichen Einfluss auf die Resistenzausprägung. Die Resistenz des Triticale-Stamms JKI.5015 konnte bereits auf dem Roggenchromosom 6RL lokalisiert werden. Aufgrund der hohen Diversität der Triticalemehltaupopulationen sollten in der Züchtung nur Stämme mit wirksamen Adultpflanzenresistenzen eingesetzt werden, um möglichst dauerhafte Resistenzen zu erzeugen.