

# Erfolge und Perspektiven der Weizenzüchtung auf Krankheitsresistenz

P. BARTOŠ, V. ŠÍP, J. VACKE, E. STUHLÍKOVÁ, V. BLAZKOVÁ und J. CHRPOVÁ

## Einführung

Die Resistenzzüchtung entwickelte sich parallel mit der Entwicklung der Genetik und Phytopathologie, sowie mit der Entwicklung der Züchtungsmethoden. Die Auslesen, auf welchen jede Pflanzenzüchtung gegründet ist, wurden wahrscheinlich schon vor 10 000 Jahren durchgeführt (WENZEL, 1997). Die Anfänge der auf die Resistenz gezielten Kreuzungen sind mit der Arbeit von BIFFEN (1905) verbunden. Er beschrieb die monogene Resistenz des Weizens gegen den Gelbrost, was später auch bei anderen Pathogenen gefunden wurde. Die Ermittlung der physiologischen Rassen bei Rostpilzen (STAKMAN, 1914) hat exakte genetische Analysen der Resistenz ermöglicht. Die Resistenz, besonders die Resistenz der primitiven Formen der Kulturpflanzen hat VAVILOV (1919, 1935) untersucht und die geographischen Zentren der Resistenzquellen beschrieben. Neben den genetischen Analysen der Resistenz wurden auch die genetischen Analysen der Virulenz durchgeführt und oft die monogene Anlage der Virulenz festgestellt (FLOR, 1942, 1946). Eine Synthese des Studiums der Resistenz sowie der Virulenz wurde von FLOR (1956) erbracht und in seiner Hypothese Gen-für-Gen Beziehung dargestellt. PERSON (1959) hat die praktische Anwendung der Hypothese entworfen, u.a. Ermittlung der Resistenzgene. Grösseres Interesse um die polygene Resistenz wurde durch die Arbeiten von VANDERPLANK (1963) hervorgerufen, der die horizontale und vertikale Resistenz unterschieden hat. Die Dauerhaftigkeit der Resistenz, die in der letzten Zeit betont wird, wurde von JOHNSON (1981) definiert. Ganz neue Möglichkeiten für die Resistenzzüchtung wurden mit der Entwicklung der molekularen Biologie in den letzten Jahrzehnten eröffnet.

## Resistenzquellen

Ausser der Nutzung der Resistenzquellen aus dem Saatweizen wurden erste interspezifische Kreuzungen in den USA durchgeführt, wo schon in den ersten Jahrzehnten dieses Jahrhunderts die Schwarzrostresistenz aus anderen Weizenarten in den Saatweizen übertragen wurde. Von historischer sowie praktischer Bedeutung sind folgende Kreuzungen: Jumillo (*T.durum*) x Marquis (*T.aestivum*) die zur Sorte Marquillo und Yaroslav Emmer (*T.dicoccum*) x Marquis die zu Hope und H 44-24 führten. Die Rostresistenzzüchtung von Nordamerika hat auch die europäische Züchtung beeinflusst. Z.B. in Österreich hat LASSER (1951) die Sorte Thatcher, die aus der Kreuzung mit Marquillo stammte, als einen schwarzrostresistenten Elter für die Sorte Admonter Früh genutzt. Neben dem Gen Sr5 aus Thatcher hat sich auch das Gen Sr2 aus der Sorte Hope in der Züchtung sehr verbreitet. So ist z.B. das Gen Sr2 in der jetzigen ungarischen Sorte GK Kincsö enthalten. Die auch in den USA entwickelte Translokation, die das Gen Lr19 aus *Thinopyrum ponticum* (*Agropyrum elongatum*) trägt, wurde in die schwedische Sorte Sunnan übertragen. Das Gen Lr19 hat in den letzten Jahrzehnten in der Weizenzüchtung für das Wolga Gebiet eine wichtige Rolle gespielt. Die Weizensorten mit Lr19 wurden dort auf einer grossen Fläche angebaut, was zum baldigen Verlust der Effektivität des Gens führte. In Australien wurde das Gen Sr36 aus *Triticum timopheevi* in den Saatweizen übertragen, das in mehrere heutige ungarische Sorten eingekreuzt wurde (z.B. GK KINCŠÖ, GK SZINDBÁD).

In Europa waren die Arbeiten in Salzmünde, bzw. in Weihenstephan, von besonderer züchterischer Bedeutung, die zur Einlagerung der sogenannten Rog-

genresistenz (Lr26, Yr9, Sr31 und Pm8 auf T1BL.1RS) führten. Eine andere für die europäische Weizenzüchtung wichtige Translokation aus *Triticum ventricosum* (*Aegilops ventricosa*) VPM1 enthält das Gen Pch1, das die Resistenz gegen den Halmbruch bedingt, sowie das Braunrostresistenzgen Lr37. Die Linie VPM1 wurde in Frankreich entwickelt und die Halmbruchresistenz z.B. in die Sorten Roazon und Rendezvous übertragen.

Die Beispiele zeigen die wichtige Rolle der interspezifischen Kreuzungen für die Resistenzzüchtung, obwohl nur ein relativ kleiner Teil der übertragenen Resistenzgene die erfolgreiche Anwendung in der Weizenzüchtung fand.

Die Mutationszüchtung hat die Erwartungen für neue Resistenzquellen nur zum Teil erfüllt, und zwar eher bei der Gerste mit dem Gen mlo, als beim Weizen. Beim Weizen wurde die Mutationstechnik zur Erreichung der Translokationen erfolgreich eingesetzt. Die Bedeutung der somaklonalen Variabilität für die Auslese der neuen Resistenzquellen ist bisher auch nur beschränkt geblieben.

## Resistenzzüchtung

Eine Liste der Schadorganismen des Weizens mit Angaben zu den Resistenzquellen hat MCINTOSH (1998) zusammengestellt. Er gibt 23 Pilzkrankheiten, 5 Virosen, 4 Bakteriosen und 4 Nematodenarten an, gegen die (mit zwei Ausnahmen) die Resistenzquellen bekannt sind. Das Auftreten und die ökonomische Bedeutung von einzelnen Weizenkrankheiten kann durch sich ändernde klimatische Bedingungen verändert werden, aber die menschliche Tätigkeit spielt hier die Hauptrolle. So hat die erhöhte Stickstoffdüngung die Bedeutung des Mehltaus erhöht, kürzere Sorten litten mehr unter Septoriosen, die beschränkte Bodenbearbeitung hat die bodenbürtigen

**Autoren:** Dipl.Ing. Pavel BARTOŠ, DrSc, Dipl.Ing. Václav ŠÍP, CSc, Dipl.Ing. Josef VACKE, CSc, Dipl.Ing. Eva STUHLÍKOVÁ, CSc, Mgr. Veronika BLAZKOVÁ, Dipl.Ing. Jana CHRPOVÁ, CSc. Forschungsinstitut für Pflanzenproduktion, Drnovská 507, 161 06 PRAHA-RUZYNI



Pathogene und diejenigen, die auf den Ernteresten überwintern, gefördert. Die erfolgreiche Resistenzzüchtung gegen eine Krankheit kann zum stärkeren Auftreten einer anderen Krankheit führen.

## Rostpilze

Der Schwarzrost (*Puccinia graminis*), dessen Auftreten die Resistenzzüchtung in Nordamerika angeregt hatte, verlor in den letzten Jahrzehnten in Europa an Bedeutung, was mindestens zum Teil der erfolgreichen Resistenzzüchtung besonders in den Gebieten zuzuschreiben ist, von denen sich der Schwarzrost nach Mitteleuropa früher oft ausgebreitet hat. Die letzte Epidemie in der ehemaligen Tschechoslowakei und ihren südöstlich liegenden Nachbarn war im Jahre 1972. Trotzdem möchten wir in Tschechien mindestens in einigen Weizensorten die Schwarzrostresistenz behalten. In den in Tschechien angebauten Weizensorten konnten wir Sr29, Sr31, Sr11 und SrT-mp ermitteln. Für die Resistenzzüchtung werden die Gene Sr31, Sr26, Sr36, sowie das Gen Sr2 in Kombination mit anderen Sr Genen empfohlen.

Der Gelbrost (*Puccinia striiformis*) verursacht den Züchtern in den westeuropäischen Ländern, wo die klimatischen Bedingungen für sein Auftreten gewöhnlich günstiger sind, durch neue Gelbrostrassen immer Sorgen. Die Feldresistenz hat sich gut bewährt. In der ehemaligen DDR war es z.B. die Sorte Alcedo, die eine dauerhafte Gelbrostresistenz im Feld zeigte (MEINEL, 1997). In Westeuropa hat sich ähnlich z.B. die Sorte Cappelle Desprez bewährt, obwohl sie beim starken Infektionsdruck befallen wurde. In der ehemaligen Tschechoslowakei und Tschechien ist es gelungen, die von dem Gelbrost verursachten Schäden durch die ausschliessliche Zulassung der Feldresistenten Sorten seit den 60er Jahren auszuschliessen. Die einzige Ausnahme war der zeitlich beschränkte Anbau der jugoslawischen Sorten Sava und Zlatna Dolina, die gelbrostanfällig sind und auch stark befallen waren.

Der Braunrost (*Puccinia recondita*) verursacht in den letzten Jahren immer grösseren Schaden. Für die Resistenzzüchtung haben sich besonders solche Gene bewährt, die die Resistenz der adulten Pflanzen regeln, z.B. in der CIMMYT

Züchtung das Gen Lr34 in Kombination mit anderen Genen mit additiver Wirkung. Das Gen Lr34 ist mit Yr18, Byd1 und Ltn gekoppelt. Mehrere europäische Sorten haben Lr13, was auch Adult-Resistenz bedingt und in Kombination mit anderen Genen zu einer lange dauernden Resistenz in Kanada führte. In Europa ist seine Effektivität beschränkt. Die partielle Wirkung einiger Gene erschwert die Unterscheidung von der rasenunspezifischen, quantitativen Resistenz im Feld. Die Strategien der Züchtung auf Braunrostresistenz wurden ausführlich von WINZELER et al. (1995) beschrieben.

In den letzten Jahren koordinierte Dr. M. WINZELER Arbeiten zur Feldresistenz und der partiellen Resistenz gegen Braunrost im Rahmen der COST Aktion 817. Die geprüften Sorten aus U.K., Frankreich, Deutschland, Schweiz, Italien, Polen, Ungarn und Tschechien konnten in mehrere Gruppen je nach ihrer Resistenz eingeteilt werden. Zu den Sorten, die in mindestens 75% der Keimlingsteste in den oben genannten Staaten anfällig waren, aber die Resistenz in Feldversuchen zeigten, gehörten z.B. Aztec, Estica, Batis, Bontaris, Transit, Forno, Renan, Capo und Josef. GOYEAU und PARK (1997) haben in den europäischen Weizensorten folgende Braurostresistenzgene ermittelt: Lr1, Lr3a, Lr3ka, Lr10, Lr13, Lr14a, Lr20, Lr26, Lr37. Diese Gene sind nur zum Teil effektiv. Nicht immer kann man die Resistenz den angegebenen Genen zuschreiben, was zur Vermutung führt, dass die Angaben zu den Resistenzgenen in der Zukunft noch erweitert werden müssen. Im Rahmen der europäischen Zusammenarbeit, COST Aktion 817, wurde die beste Effektivität der Gene Lr9, Lr19 und Lr24 nachgewiesen.

In Tschechien sind die spezifischen Keimlingsresistenzgene nur zum Teil wirksam geblieben, nämlich das Gen Lr1 (Sorte Vlada), sowie die Genkombination Lr10 und Lr13 (Sorte Siria). Eine wichtige Rolle spielt die Feldresistenz der Sorte Viginta, die für mehrere tschechische und slowakische Sorten als Elterndiente (Astella, Barbara, Blava, Boka, Bruneta, Klea, Samanta, Saskia, Solara, Solida). Zur Ermittlung der Resistenzgene wurden Braunrostisolate aus den

Virulenzanalysen genutzt, sowie Isolate mit neuen Kombinationen der Virulenz, die nach dem sexuellen Zyklus des Pilzes auf dem Zwischenwirt erhalten wurden.

## Mehltau (*Blumeria graminis* /*Erysiphe graminis*)

Sowohl für die Rostresistenz als auch für die Mehлтаuresistenz wurden mehrere Resistenzgene durch interspezifische oder entfernte Kreuzungen in den Saatweizen übertragen. So stammt z.B. das Mehлтаuresistenzgen Pm6 aus *T. timopheevi*. Aus *T. tauschii* (*Aegilops squarrosa*) wurde das Gen Pm2 übertragen. Beide sind in vielen europäischen Weizensorten enthalten, sind aber in den meisten Fällen nicht mehr effektiv. Weitere oft genutzte Resistenzgene in den europäischen Weizensorten (einschliesslich der tschechischen) sind die Gene pm5, Pm4b, und Pm8. Die Expression des letzten Gens wird in einigen Sorten unterdrückt. In einigen Sorten mit T1BL.1RS, sowie später in einigen Sorten ohne T1BL.1RS haben wir einen Suppressor des Gens Pm8 gefunden (HANUŠOVÁ, 1992, HANUŠOVÁ et al., 1996), der von ZELLER und HSAM (1996) auf dem Chromosom 7D lokalisiert wurde. Das Suppressor ist auch gegen das Gen Pm17 effektiv. REN et al. (1996) haben einen Suppressor des Gens Pm8 auf dem Chromosom 1A beschrieben, wobei es sich um einen anderen Suppressor handeln kann. Die partielle oder Feldresistenz ist gegen so einen variablen Pilz wie Mehltau von besonderer Bedeutung. Die Feldresistenz gegen Mehltau wurde z.B. in der Sorte Mironowskaja 808 nachgewiesen und in der Züchtung genutzt.

Die höchste Mehлтаuresistenz im Sortiment der tschechischen Winterweizensorten zeigt zur Zeit die neue tschechische Sorte Vlasta, aus der Kreuzung (Brimstone x Š13) x Hana. Die Mehлтаuresistenz der Linie Š13 stammt von *Triticum monococcum*. ZELLER und HSAM (1998) haben diese Resistenz studiert und das Gen als ein neues Allel Pm1b beschrieben. In unseren Gewächshausversuchen mit mehreren Mehltausisolaten haben wir einige Unterschiede bei den Reaktionen der Linie Š13 und Vlasta gefunden. Zur Zeit werden Versuche durchgeführt um festzustellen, ob

die hohe Mehlauresistenz der Sorte Vlasta, die in unseren, sowie in den staatlichen Sortenversuchen festgestellt wurde, wirklich von *T. monococcum* stammt. Übersicht über die Rost- und Mehlauresistenzgene der in Tschechien registrierten Winterweizensorten bietet die *Tabelle 1*.

### Steinbrand (*Tilletia spp.*)

Obwohl die Zeit, da Steinbrand zu den wichtigsten Weizenkrankheiten gehörte, vorüber ist (mindestens in den meisten europäischen Ländern), wird die Resistenz gegen den Steinbrand sowie Zwergsteinbrand in einigen Züchtungsprogrammen weiter bearbeitet. In der Türkei, Russland, Ukraine, Rumänien, Bulgarien, aber auch in den skandinavischen Ländern wird den Brandkrankheiten Aufmerksamkeit gewidmet. Mindestens 25 Bt Resistenzgene wurden beschrieben. In einigen Resistenzquellen wurden die Gene noch nicht definiert.

Wir haben eine Reihe von Winterweizensorten, die als steinbrandresistent beschrieben waren, mit zwei Steinbrandherkünften (T-1 und L-5) getestet (BLAZKOVÁ und BARTOŠ, 1997). Von diesen haben wir die schwedischen Sorten Tjelvar (T1BL. IRS) und Stava als die besten für die Resistenzzüchtung ausgelesen und Tjelvar mit tschechischen Sorten gekreuzt. In der Elternsorte PI 178383 von Tjelvar werden die Resistenzgene Bt8, Bt9 und Bt10 angegeben. Ausgelesen wurden steinbrandresistente Linien mit oder ohne T1BL. IRS, die früher reifen, kürzeres Stroh und bessere Backqualität als Tjelvar haben (BLAZKOVÁ et al., 1997). Virulenz verschiedener Herkünfte des Steinbrandes wird im Feld studiert. Im Labor wurde die RAPD Technik angewandt um die Variabilität der Brandherkünfte festzustellen (BLAZKOVÁ und OVESNÁ, 1997).

### Septoria Blattdürre (*Septoria tritici* / *Mycosphaerella graminicola*)

Die Bedeutung der Septoria Blattdürre hat in den letzten Jahren zugenommen, was auch die Angaben der letzten CIMMYT Tagung in Mexico bestätigen (VAN GINKEL et al., 1999). Die Resistenz gegen Septoria Blattdürre gehört

**Tabelle 1: Rost- und Mehlauresistenzgene (+ Gen nicht bestimmt, - kein Gen gefunden, lehr - nicht analysiert, Gene Lr3ka, Lr13, Lr14a von R. Park ermittelt)**

Sorte	Registriert	Herkunft	Resistenzgene			
			Lr	Sr	Yr	Pm
Košútka	1981	SK	+	+	+	-
Regina	1982	CZ	-	-	1,2,HeIV	5,SuPm8
Viginta	1984	CZ	3	5,++	2,3a,4a	-
Hana	1985	CZ	3	29	2	-
Sparta	1988	CZ	3,26	31	9	2,4b,8
Ilona	1989	SK	-	11		5
Sofia	1990	CZ	3,26	31	9	2,4b,8
Vlada	1990	CZ	1,3,13	+,+,+	+	5
Livia	1991	SK	26	11,31	9	8
Simona	1991	CZ	-	+		-
Blava	1992	SK	3ka	+	+	-
Torysa	1992	SK	+	29		2,6
Vega	1992	CZ	3	+	2	-
Samanta	1993	CZ	3,13	+		-
Sida	1993	CZ	26	31	9	4b,8
Asta	1994	CZ	3a,13	+	1	2,6
Bruta	1994	CZ	13,14a	+		-
Mona	1994	CZ	3,13,26	31	9	8
Rexia	1994	SK	3	+	3a,4a	-
Siria	1994	CZ	10,13	-	3a,4a	4b,6,SuPm8
Trane	1994	D	26	31	9	8
Alka	1995	CZ	+	+		+
Astella	1995	SK	3	-		-
Boka	1995	CZ	-	5?	3a,4a	-
Estica	1995	NL	13,14a	-		2,6
Ina	1995	CZ	-	5?	1	-
Samara	1995	CZ	13	-	1	2,6
Athlet	1996	D	26	31	9	2,8
Brea	1996	CZ	3	+		-
Bruneta	1996	CZ	3	+		-
Ritmo	1996	NL	13	-		2,6
Saskia	1996	CZ	3	+		-
Alana	1997	CZ	+	+		
Ebi	1997	D	-	-		
Šárka	1997	CZ	+	+		
Versailles	1997	NL	-	-		2,6
Contra	1998	D	13	-		2,6,4b,5
Elpa	1998	D	+	-		6
Nela	1998	CZ	-	-		
Solara	1998	SK	+	+		
Apache	1999	D	3+			
Corsaire	1999	D	+	+		2,6,4b
Niagara	1999	CZ	3	11		
Record	1999	D	-	-		2,6,4b
Rialto	1999	UK	10,13,26	31	9	8
Semper	1999	NL	3			
Sepstra	1999	D	+			
Vlasta	1999	CZ	+	-		1b?

in vielen Ländern zu den wichtigsten Züchtungszielen. Es scheint, dass zur Erreichung der Resistenz nur wenige Gene notwendig sind. Major- sowie minor Gene der Resistenz wurden beschrieben. Als Resistenzquellen werden z.B. die Sorten Bezostaya 1, Anza, Bobwhite, sowie einige synthetische Sorten aus der Kreuzung *T. durum* x *T. tauschii* angegeben (VAN GINKEL und RAJARAM, 1999). Spezifische Interaktion

zwischen bestimmten Sorten und Isolaten des Pathogens wurde bestätigt (BROWN et al., 1999, KEMA und VERSTAPPEN, 1999). Wegen der Veränderung der Population des Pathogens hat z.B. die Sorte Gene ihre Resistenz verloren (MUNDT et al., 1999). Es wurden Beziehungen zwischen dem Befall und der Pflanzhöhe untersucht. Es scheint, dass die Genotype mit Rht2 resistenter sind, als diejenigen mit Rht1.

In Prag-Ruzyni wird die Resistenz gegen die Blattdürre seit 1997 untersucht. Hohe Resistenz wurde bei der Sorte Arina, die auch gegen die Ährenfusariose resistent ist, festgestellt. Auch die tschechischen Sorten/Linien Sida, Samara, Ina und SG-S 148-97 haben relativ gute Resistenz (Tabelle 2).

**Tabelle 2: Septoria Blattdürre (*Mycosphaerella graminicola*), Feldversuche 1997 - 1999 Ø, Isolat RULI**

Sorte	RDS	ILA
Arina	1	0,5
SG - S 148-97*	CZ 1	0,7
Sida	CZ 1,4	0,9
Hereward	1,5	1
Ina	CZ 2,5	1,5
Versailles (CEB 947)	2,5	1,7
Athlet	2,6	2
Samara	CZ 2,6	2
Ritmo	2,9	1,9
Okapi	6	3,2
Galaxie	8	4

RDS=Verbreitung der Erkrankung  
 ILA = Befallene Blattfläche: 1 = 10%, 2 = 20%, bis 9 = 90%  
 \* Neuzüchtung aus Züchtungsstation Stupice, SELGEN A.G., geprüft nur in Jahren 1998 und 1999

### Blatt- und Spelzenbräune (*Stagonospora nodorum* / *Septoria nodorum*)

Die Blatt- und Spelzenbräune bleibt besonders in höheren Lagen mit häufigen Niederschlägen eine wichtige Krankheit. Es gibt Unterschiede in der genetischen Grundlage der Resistenz von Blättern und Ähren. Die Toleranz wird wieder durch einen anderen genetischen Mechanismus bedingt. Unterschiede zwischen den Reaktionen im Keimlingsstadium und der erwachsenen Pflanzen wurden auch beobachtet. Als Resistenzquellen wurden z.B. die Sorten Atlas 66, Blueboy II, Frondoso, Fronthatch und Oasis beschrieben (VAN GINKEL und RAJARAM, 1999).

Die Resistenzquellen gegen Blatt- und Spelzenbräune sind nur selten identisch mit den Resistenzquellen gegen Septoria Blattdürre. Für die Resistenz gegen die Blatt- und Spelzenbräune wurden 4 Snb Resistenzgene (ein mit provisorischer Bezeichnung), gegen die Septoria Blattdürre 4 Stb Resistenzgene katalogisiert (MCINTOSH et al., 1998).

In Prag-Ruzyni wurde in dreijährigen Versuchen mit *Stagonospora nodorum* eine relativ gute Resistenz bei den Sorten Senta, Siria, Regina und Simona festgestellt. Es gab Sorten, die einen hohen Befall, aber ein nur relativ wenig verringertes Tausendkorngewicht zeigten (KOŠUTKA, VEGA und DANUBIA)(Tabelle 3).

**Tabelle 3: Vergleich des durchschnittlichen Blatt- und Ährenbefalls mit *Stagonospora nodorum* (links) mit der durchschnittlichen Reduktion des Tausendkorngewichts (rechts), (3-jährige Feldversuche; 1 - ohne Befall, 9 - stark befallen)**

Sorte	Befall	Sorte	Reduktion des TKG (%)
Senta	2,4	Mironovská	10,4
Siria	2,4	Regina	11,7
Regina	2,5	Senta	12,0
Simona	2,5	Siria	13,4
Mironovská	3,1	Zdar	14,0
Sofia	3,1	Simona	14,2
Torysa	3,1	Asta	16,2
Hana	3,3	Samara	16,7
Zdar	3,5	Hana	17,2
Asta	3,7	Danubia	19,8
Samara	3,7	Sofia	21,4
Ilona	4,3	Vega	21,7
Vlada	4,7	Košútka	22,2
Iris	4,8	Torysa	23,9
Bruta	5,1	Blava	24,5
Sida	5,1	Vlada	24,8
Sparta	5,1	Sida	25,2
Branka	5,2	Branka	25,8
Blava	5,3	Barbara	25,9
Košútka	5,3	Iris	26,0
Vega	5,3	Bruta	27,1
Danubia	5,4	Ilona	28,5
Barbara	5,5	Livia	29,5
Livia	5,5	Boka	30,0
Boka	5,5	Samanta	30,9
Viginta	5,9	Sparta	31,5
Samanta	6,0	Viginta	31,5

Nach VAN GINKEL und RAJARAM (1999) komplizieren folgende Faktoren die Resistenzzüchtung gegen Septoriosen:

- 1) Früh- versus Spätreife beeinflusst die Expression der Resistenz,
- 2) Die Korrelation mit der Keimlingsreaktion ist nicht eindeutig und variiert sehr,
- 3) Die Korrelation zwischen den Symptomen und der Ertragsdepression variiert auch sehr,
- 4) Verschiedene Septoria Isolate auf der Blattoberfläche beeinflussen einander,
- 5) Die Bedeutung der Rassen der Pathogene für die Resistenzzüchtung muss noch geklärt werden.

### Helminthosporium Blattdürre (*Pyrenophora tritici-repentis* / *Helminthosporium tritici-repentis*)

Die Bedeutung der Helminthosporium Blattdürre nimmt in vielen Ländern zu. In Deutschland hat OBST (1988) schon vor mehr als zehn Jahren dieser Krankheit Aufmerksamkeit gewidmet. Eine internationale Übersicht über diese Problematik hat die Tagung in Winnipeg im vorigen Jahre erbracht. Die Beiträge wurden in der Zeitschrift Canadian Journal of Plant Pathology (1998) zusammengefasst. Derselben Problematik war eine CIMMYT Tagung in Mexiko in 1997 gewidmet (DUVEILLER et al. 1998).

*Pyrenophora tritici-repentis* bildet Rassen, die sich durch spezifische Toxine (PtrTox A bis C) sowie durch die Symptome (Chlorosen oder Nekrosen) auf bestimmten Weizensorten unterscheiden. Für die anfällige Reaktion muss das Isolat des Pathogens das Toxin bilden, für welches die Wirtspflanze ein Rezeptor besitzt. Die Resistenz ist also qualitativ und wird meistens rezessiv vererbt, aber quantitative Resistenz wurde auch beschrieben. Aufgrund einer Analyse einer grossen Anzahl der Weizensorten wurden als wahrscheinlich verbreitetste Resistenzquellen Sorten Frontana, Bluebird, Kavkaz und Agropyron distichum angegeben (RIEDE et al., 1996).

In Prag-Ruzyni haben wir bisher nur einjährige Ergebnisse. Den niedrigsten Befall, sowie den kleinsten AUDPC hatten die Sorten Alana, Arina, Vlasta, Rialto, Estica und Astella.

### Ährenfusariosen (*Fusarium spp.*)

Den Fusariosen wird weltweit eine grosse Aufmerksamkeit geschenkt, wobei die Toxinbildung grosse Bedeutung hat. MESTERHÁZY (1995) hat mehrere Mechanismen der Resistenz beschrieben. Als Resistenzquellen dienen die Sorten Naboecka Bozu, Sumai 3 und Beijing 8. Aber auch eine Kombination von nur relativ moderat resistenten Sorten kann zu genügender Resistenz führen. Zu den Auslesen werden getrennte Teste mit mehreren Isolaten empfohlen.

In Tschechien wird der Ährenbefall beim Weizen hauptsächlich durch *F. graminearum* und *F. culmorum* hervorgerufen. In Prag-Ruzyni wurde die Resistenz in mehrjährigen Feldversuchen getestet und als neue einheimische Resistenzquellen die Zuchtlinien SG-U 466 und SG-U 513 gefunden (Tabelle 4). Diese Linien stammten aus der Kreuzung Hana x Brock. Eine andere Linie mit guter Resistenz, RU 51A, stammte aus der Kreuzung Norman x Mironowskaya nizkoroslaya.

### Gerstengelverzweigungsvirus

Das Gerstengelverzweigungsvirus (BYDV), das von mehreren Blattlausarten übertragen wird, ist weltweit verbreitet, und gehört beim Weizen und anderen Getreidearten zu den wichtigsten Viren. Es ist ein Luteovirus mit verschiedenen Stämmen. Die Resistenzzüchtung wurde hauptsächlich in CIMMYT und ICARDA durchgeführt.

In Prag-Ruzyni wurde das Material von diesen Organisationen, sowie aus den staatlichen Sortenversuchen seit 1992 auf die Resistenz gegen den PAV Stamm getestet. Bei Winterweizen haben nur die Sorten Sparta, Sofia, Danubia und die Neuzüchtung SG-U 2105 bestimmte, aber nur relativ geringe Resistenz gezeigt. Bei Sommerweizen von CIMMYT und ICARDA wurde eine hohe Resistenz in VEE“S“/TRAP 1, WKL-91-138, Maringá mit Rht1 und Rht2 festgestellt (Tabelle 5). Diese Resistenzquellen wurden mit der Winterweizensorte Sparta gekreuzt und in der Nachkommenschaft hochresistente Linien ausgelesen.

**Tabelle 4: Ergebnisse der Resistenzprüfung der Winterweizensorten mit höherer Resistenz im Vergleich zu anfälligen Sorten Siria und Bruta nach Infektion mit *Fusarium culmorum* (Isolat 7710) Symptomatische Bewertung 0-4 (Ohne Symptome)**

Sorte	1995	1996	1997	1998	1999
Arina	0,9	1,1	1,1	0,4	1
Bizel	1	1	1,1	0,6	0,6
SG - U 466	0,7	0,8	1,3	0,9	1
SG - U 513	1,3	1,3	1,3	0,9	0,5
Alka (= Moldau)	2,5	2,8	1,4	1	1
RU 51 A	-	2,2	0,8	1,3	1,7
Estica	-	1,8	1,1	1,8	1
Siria	3,5	3,6	3,4	2,8	3
Bruta	4	-	4	3	3,5

**Tabelle 5: Gerstengelverzweigungsvirus (BYDV) Ergebnisse der Resistenzprüfung der Resistenzquellen und Sorten mit höherer Resistenz im Vergleich mit Sorten Vlada und Jara (1994 - 1997, 0-hohe Resistenz, 9-stark anfällig)**

Sorte	S-Sommerw. W-Winterw.	Ertrag (dt/ha)	Korngewicht für Ähre (g)	Befall
Anza Gen Bdv 1*	S	32,2	1,18	3
WKL - 91 - 138	S	28,5	1,26	1,9
Maringá Rht 1+2	S	37,7	1,08	2,2
Maringá Rht 1	S	38,3	1,31	3,9
Maringá Rht 2	S	41,7	1,31	3,5
VEE“S“/TRAP 1	S	39,5	1,22	4,3
Jara	S	19,5	0,69	7,2
Sparta	W	41,4	1,28	4,8
Sofia	W	40	1,25	4,3
Danubia	W	38,7	1,29	4,9
SG - U 2105	W	45,8	1,41	4,7
Vlada	W	25,3	0,72	7,1

### Weizenverzweigungsvirus

Die durch ein Monogeminivirus verursachte Weizenverzweigung wird durch die Zikade *Psammotettix alienus* übertragen. In Prag-Ruzyni wurden bis heute 180 Weizensorten auf die Resistenz getestet. Keine Sorte hat hohe Resistenz gezeigt. Die Sorten Astella, Boka, Bruneta, Bruta, Ilona, Mona, Regina und Saskia wurden am wenigsten durch dieses Virus beschädigt. Von den ausländischen Sorten waren die Sorten Belocerovskaya, Kharkovskaya, Mironovskaya 808, Yubileynaya und Kawvale die besten.

Epidemiologischen und züchterischen Aspekten von Viruserkrankungen wurde ein wesentlicher Teil der 46. Arbeitstagung der Arbeitsgemeinschaft der Saatzuchtler in Gumpenstein (1995) gewidmet.

### Fusskrankheiten

Gegen den Halmbruch (*Pseudocercospora herpotrichoides*) wird die Resistenz aus Cappelle Desprez sowie die aus VPM1 angewandt. Vier Pch Gene wurden registriert, davon eines mit vorläufiger Bezeichnung. Effektive Resistenzquellen gegen andere Erreger der Fusskrankheiten fehlen (MCINTOSH, 1998).

### Molekulare Technik in der Resistenzzüchtung

Die Anwendung der molekularen Technik in der Pflanzenzüchtung bietet neue Möglichkeiten auch in der Resistenzzüchtung an. Eine Reihe molekularer Marker von Resistenzgenen wurde entwickelt und deren Anzahl steigt schnell.

Auch QTL für die partielle Resistenz werden intensiv untersucht. Im vorigen Jahre haben LANGRIDGE und CHALMERS (1998) eine Liste der Marker der Resistenzgene im Weizen veröffentlicht. Sie enthält 21 Marker für die Rostresistenz, 7 Marker für die Mehlauresistenz, sowie Marker von Resistenzgenen gegen Virose, Brandkrankheiten, Halmbruch und Helminthosporium Blattdürre. In der Resistenzquelle für die Ährenfusariose, Sumai 3, wurden 5 QTL festgestellt (ANDERSON et al., 1998). In der praktischen Resistenzzüchtung werden molekulare Marker ihre Anwendung besonders dort finden, wo die Resistenzteste zu lange dauern (z.B. die Resistenz gegen Virose), oder die notwendigen Pathotype für die Pyramidisierung der Resistenzgene nicht vorhanden sind. Molekulare Technik kann auch zur schnelleren Eliminierung unerwünschter DNA in Nachkommenschaften von interspezifischen Kreuzungen genutzt werden. Transgene Weizenpflanzen mit unspezifischer Resistenz gegen Krankheiten wurden mittels ballistischer oder auch Agrobacterium Technik gewonnen. Es wurden z.B. die Gene für die antifungalen Proteine in den Weizen übertragen, die die Fusariumresistenz regeln (FRY et al., 1998), oder das Coat Protein Gen, das die Resistenz gegen das Gerstengelverzweigungsvirus bedingt. Die Übertragung der Gene für Chitinase, Glukanase und RIP, die die Resistenz erhöhen, wird in CIMMYT Mexiko durchgeführt (FENNEL et al., 1998). Die Abhängigkeit vom Genotyp, die somaklonale Variabilität und die unsichere Stabilität der Resistenz in den Nachkom-

mensschaften sind die Hauptprobleme, die mit der Transgenese verbunden sind. In Prag-Ruzyni wurde bisher nur ein Marker und zwar für das Resistenzgen Lr10 angewandt. Mit diesem Marker nach SCHACHERMAYR et al. (1997) wurde das Gen in den Sorten Siria, Tremie und Rialto bestimmt.

## Perspektiven der Resistenzzüchtung des Weizens

Obwohl die molekulare Genetik neue Möglichkeiten für die Resistenzzüchtung bietet, kann man besonders beim Weizen schon der Kosten wegen einen sehr schnellen Einfluss auf die praktische Züchtung kaum erwarten. Der Fortschritt wird besonders von der Möglichkeit der Zusammenarbeit der Züchter mit den Universitäten und Forschungsinstituten abhängig sein, wo die molekularen Marker, sowie transformierte Pflanzen entstehen. Auch die konventionelle Resistenzzüchtung wird aufwendiger sein, weil immer die Resistenz gegen mehrere Krankheiten berücksichtigt werden muss. Die Kosten der Züchtung können auch dadurch steigen, dass der freie und kostenlose Austausch des genetischen Materials in der Zukunft wohl beschränkt wird. Der partiellen Resistenz wird sicherlich immer mehr Aufmerksamkeit gewidmet. In CIMMYT werden schon jetzt 60% der Züchtungskosten auf die Züchtung auf partielle Resistenz eingesetzt. Nach RAJARAM (1999) wird mindestens für die nächsten zehn Jahre die klassische Feldauslese mehr als andere Methoden zum Ertrag der neuen Sorten beitragen.

In der Resistenzzüchtung werden auch in der Zukunft interspezifische oder entfernte Kreuzungen genutzt werden. Zur Erhöhung der partiellen Resistenz können auch Kreuzungen der Saatweizensorten untereinander dienen, die schon eine erhöhte partielle Resistenz besitzen. Zur Erweiterung der genetischen Diversität läuft in CIMMYT ein Kreuzungsprogramm, in welchem *T. durum* mit *T. tauschii* als Donor des D Genoms gekreuzt werden. Nach den Rückkreuzungen wurden Linien mit der Resistenz gegen *Tilletia indica* und *Fusarium graminearum* ausgelesen. Als eine Resistenzquelle gegen Gelb- und Braunrost, Mehltau und Virose wird in CIMMYT

häufig *T. dicoccoides* genutzt (RAJARAM, 1999).

Ebenso wird versucht gegen die Weizenkrankheiten Resistenzgene zu finden, die eine ähnliche Wirkungsweise wie das Gen mlo bei der Gerste haben.

Die zukünftigen Züchtungsprogramme und damit auch die Resistenzzüchtung in Tschechien werden durch internationale Kooperation und den Einfluss ausländischer Züchtungsfirmen bestimmt werden.

Die Arbeit wurde im Rahmen der Forschungsprojekte EP 7239, EP 6413 und EP 6415 durchgeführt, die durch die Nationalagentur für Landwirtschaftsforschung unterstützt wurde.

## Literatur

- ANDERSON J.A., WALDRON B.L., MORENO-SEVILLAB., STACK R.W., FROBERG R.C. 1998: Detection of Fusarium head blight resistance QTL in wheat using AFLPs and RFLPs. In: Slinkard A.E. (ed) Proc. 9th International Wheat Genetics Symposium, University of Saskatchewan, Saskatoon, 2 - 7 August 1998, Vol 1: 135-137.
- BIFFEN R.H. 1905: Mendel's laws of inheritance and wheat breeding. J. Agric. Sci. 1: 4-48.
- BLAZKOVÁ V., BARTOŠ P. 1997: Reaction of winter wheat cultivars registered in the Czech Republic to common bunt (*Tilletia tritici* (Bjerk.) Wint. and *T. laevis* Kühn) and sources of resistance. Cereal Research Communications 25(4): 985-992.
- BLAZKOVÁ V., BARTOŠ P., ŠKORPÍK M., HANUŠOVÁ R. 1997: Wheat cultivar Tjelvar as a source of bunt (*Tilletia* spp.) resistance. Genet. a šlecht. 33: 241-250.
- BLAZKOVÁ V., OVESNÁ J. 1997: Use of PCR-based methods for differentiation among isolates of *Tilletia* spp.. In: Proc. Eucarpia Meeting: Application of marker aided selection in cereal breeding programs, Tulln - Austria, Sept. 1997: 102.
- BROWN J.K.M., KEMA G.H.J., FORRER H.-R., VERSTAPPEN E.C.P., ARRAIANO L.S., BRADING P.A., FOSTER E.M., HECKER A., JENNY E. 1999: Field resistance of wheat to *Septoria tritici* leaf blotch, and interactions with *Mycosphaerella graminicola* isolates. In: Van Ginkel M., McNab A., Krupinski J. (eds): *Septoria and Stagonospora Diseases of Cereals: A Compilation of Global Research*, Mexico, D.F.: CIMMYT: 148-149.
- DUVEILLER E., DUBIN H.J., REEVES J., McNAB A. (eds) 1998: Helminthosporium Blights of Wheat. Spot Blotch and Tan Spot. Mexico, D.F., CIMMYT.
- FENNEL S., BOHOROVAN, McLEAN S., OLIVARES-VILLEGAS J.J., HERNANDES-REYES R., SALGADO-SICLAN M., PACHECO M., DIAZ L., HOISINGTON D. 1998: Insertion of chitinase, glucanase and RIP transgenes into CIMMYT bread wheat varieties. In: Slinkard A.E. (ed) Proc. 9th International Wheat Genetics Symposium, University of Saskatchewan, Saskatoon, 2 - 7 August 1998, Vol. 3: 178-180.
- FLOR H.H. 1942: Inheritance of pathogenicity in *Melampsora lini*. Phytopathology 32: 653- 669.
- FLOR H.H. 1956: The complementary genic systems in flax and flax rust. Adv. Genet. 8: 29-54.
- FRY J.E., CHENG M., HUT., LAYTON J., WAN Y., ZHOU H., DUNCAN D.R., HIRONAKA C., PANG S., LIANG J., CONNER T. 1998: Advances in the genetic engineering of wheat. In: Slinkard A.E. (ed) Proc. 9th International Wheat Genetics Symposium, University of Saskatchewan, Saskatoon, 2 - 7 August 1998, Vol.1 : 156-158.
- GOYEAU H., PARK R.F. 1997: Postulation of resistance genes to wheat leaf rust at the seedling stage in bread wheat cultivars grown in France. In: Proc. Conf.: Approaches to improving disease resistance to meet future needs: Airborne pathogens of wheat and barley. COST 817, Research Institute of Crop Production, Praha-Ruzyni 11-13 November 1997: 28-32.
- HANUŠOVÁ R. 1992: Powdery mildew resistance of wheat cultivars with 1B/1R Translocation / Substitution. Vortr. Pflanzenzüchtg. 24: 237-238.
- HANUŠOVÁ R., HSAM S.L.K., BARTOŠ P., ZELLER F.J. 1996: Suppression of powdery mildew resistance gene Pm8 in common wheat cultivars carrying wheat - rye translocation T1BL.1RS. Heredity 77: 383-387.
- JOHNSON R. 1981: Durable resistance: definition of, genetic control, and attainment in plant breeding. Phytopathology 71: 567-568.
- KEMA G.H.J., VERSTAPPEN E.C.P. 1999: Genetic control of avirulence in *Mycosphaerella graminicola* (Anamorph *Septoria tritici*). In: Van Ginkel M., McNab A., Krupinski J. (eds) *Septoria and Stagonospora Diseases of Cereals: A Compilation of Global Research*, Mexico, D.F.: CIMMYT: 51-52.
- LANGRIDGE P., CHALMERS K. 1998: Techniques for marker development. In: Slinkard A.E. (ed) Proc 9th International Wheat Genetics Symposium, University of Saskatchewan, Saskatoon, 2 - 7 August 1998, Vol. 1: 107-115.
- LASSER E. 1951: Die Züchtung schwarzrostresistenter Weizensorten für den Alpenraum. Bodenkultur 3: 67-75.
- McINTOSH R.A. 1998: Breeding wheat for resistance to biotic stresses. In: Braun H-J. et al. (eds) *Wheat: Prospects for global improvement*. Kluwer Acad. Publ., Netherlands, 1998: 71-86.
- McINTOSH R.A., HART G.E., DEVOS K.M., GALE M.D., ROGERS W.J.: Catalogue of gene symbols for wheat. In: Slinkard A.E. (ed) Proc. 9th International Wheat Genetics Symposium, University of Saskatchewan, Saskatoon, 2-7 August 1998, Vol.5: 129.
- MEINEL A. 1997: Breeding aspect of durable adult plant resistance against airborne pathogens in wheat. Proc. Conf. : Approaches to improving disease resistance to meet future needs: Airborne pathogens of wheat and barley. COST 817, Research Institute of Crop Production, Praha-Ruzyni, 11 - 13 November 1997: 52-55.

- MESTERHÁZY A. 1995: Types and components of resistance to Fusarium head blight of wheat. *Plant Breeding* 114: 377-386.
- MUNDT C.C., HOFFER M.E., AHMED H.U., COAKLEY S.M., DILEONE J.A., COWGER C.C. 1999: Population genetics and host resistance. In: Lucas J.A., Bowyer P., Anderson H.M. (eds) *Septoria on Cereals: A Study of Pathosystems* CABI Publ. Wallingford, U.K.: 115-130.
- OBST A. 1988: HTR- Eine neue Krankheit. *PSP Pflanzenschutz - Praxis Heft 1 / 1998*.
- PERSON C. 1959: Gene-for-gene relationships in host: parasite systems. *Can. J. Bot.* 37: 1101-1130.
- RAJARAM S. 1999: Historical aspect and future challenges of an international wheat program. In: Van Ginkel M., McNab A., Krupinski J. (eds.): *Septoria and Stagonospora Diseases of Cereals: A Compilation of Global Research*, Mexico, D.F. : CIMMYT: 1-17.
- REN S.X., McINTOSH R.A., SHARP P.J., THE T.T. 1996: A storage protein marker associated with the suppressor of Pm8 for powdery mildew resistance in wheat. *Theor. Appl. Genet.* 93: 1054-1060.
- RIEDE C.R., FRANCL L.J., ANDERSON J.G., JORDAHL J.G., MEINHARDT S.W. 1996: Additional sources of resistance to tan spot of wheat. *Crop Sci.* 36: 771-777.
- SCHACHERMAYR G., FEUILLET C., KELLER B. 1997: Molecular markers for the detection of the wheat leaf rust resistance gene Lr10 in diverse genetic backgrounds. *Mol. Breed.* 3: 65-74.
- STAKMAN E.C. 1914: A study in cereal rusts: Physiologic races. *Minn. Agric. Exp. Stn Bull.* 138
- VANDERPLANK 1963: *Plant diseases: epidemics and control.* Academic Press, New York, London.
- VAN GINKEL M.A., McNAB A., KRUPINSKY J. (eds) 1999: *Septoria and Stagonospora Diseases of Cereals: A Compilation of Global Research.* Mexico, D.F., CIMMYT.
- VAN GINKEL M., RAJARAM S. 1999: Breeding for resistance to the Septoria / Stagonospora blights of wheat. In: Van Ginkel M., McNab A., Krupinski J.: *Septoria and Stagonospora Diseases of Cereals: A Compilation of Global Research.* Mexico, D.F., CIMMYT: 117-126.
- VAVILOV N.I. 1919: Immunitet rastenij k infekcionnym zablevanijam. *Izv. Akad. S - Ch Nauk., Peterburg.*
- VAVILOV N.I. 1935: Izutscheniye ob immunitete rastenij k infekcionnym zablevanijam. M.-L.
- WENZEL G. 1977: Assessment of resistance. In: Hartleb H., Heitefuss R., Hoppe H.-H (eds) *Resistance of crop plants against fungi.* Fischer, Jena: 425-448.
- WINZELER M., WINZELER H., KELLER B., STRECKEISEN Ph., HITZ S., MESSMER M., SCHACHERMAYR G., FEUILLET C. 1995: Strategien der Züchtung auf Braunrostresistenz bei Weizen. In: Bericht 46. Arbeitstagung der Arbeitsgemeinschaft der Saatzuchtler, Gumpenstein: 83-88.
- ZELLER F.J., HSAM S.L.K. 1996: Chromosomal location of a gene suppressing powdery mildew resistance genes Pm8 and Pm17 in common wheat (*Triticum aestivum* L. em. Thell.) *Theor. Appl. Genet.* 93: 38-40.
- ZELLER F.J., HSAM S.L.K. 1998: Progress in breeding for resistance to powdery mildew in common wheat (*Triticum aestivum* L.). In: Slinkard A.E. (ed.) *Proc. 9th International Wheat Genetics Symposium, Saskatoon, Saskatchewan, 2-7 August 1998, Vol. 1:* 178-180.

