

Stand der Züchtungsforschung zur Kronen- und Schwarzrostresistenz bei Weidelgräsern

H. LELLBACH

Einleitung

Rostkrankheiten bei *Gramineen* stellen eine ständige Herausforderung für die Züchtung resistenter Sorten dar. Der Erreger des Kronenrostes *Puccinia coronata* verursacht jährlich schwere Schäden bei *Lolium*-Gräsern in den gemäßigten Zonen Europas (POTTER et al., 1990) und darüber hinaus in allen anderen Ländern mit intensiver Weidenutzung wie Australien und Neuseeland. Während der Kronenrost ein beschränktes Wirtsspektrum aufweist (*Avena sativa*, *Lolium*-, *Festuca*- und *Poa*-Arten) befällt der Erreger des Schwarzrostes, *Puccinia graminis* ssp. mit seinen Unterarten ssp. *gramini* und *graminicola*, ein breites Wirtsspektrum innerhalb der *Gramineen*. So hat sich die Unterart ssp. *gramini* mit ihren formae speciales *tritici*, *secalis* und *avenae* auf die Getreidearten spezialisiert und *P. graminis* ssp. *graminicola* ist auf zahlreichen *Lolium*-, *Festuca*-, *Poa*- und *Dactylus*-Arten (f. sp. *lolii*, *poae* und *dactylus*) anzutreffen. Die Verbreitung des Schwarzrostes war bisher auf die wärmeren Anbaugelände des Getreides in den USA, Australien und Neuseeland beschränkt und verursacht hier jährlich hohe Ertrags- und Qualitätsverluste (ARMSTRONG u. RUMBALL, 1976, DUBIN u. STUBBS, 1986, CRITCHETT et al., 1988, DILL-MACKY et al. 1990, DILL-MACKY u. ROELFS, 1998). In den gemäßigten Breiten kommt es gelegentlich zu Epidemien im Roggen und in Vermehrungsbeständen von Futtergräsern. In den letzten zehn Jahren sind diese Epidemien auch hier häufiger aufgetreten und es wird jährlich von mittlerem bis starkem Auftreten des Schwarzrostes sowohl im Getreide als auch bei Futtergräsern berichtet (VARNEY et al., 1992). Aufgrund dieser Entwicklung findet neben der Resistenz gegenüber dem Kronenrost die Resistenz gegenüber dem

Schwarzrost in den Züchtungsprogrammen bei Weidelgräsern zunehmend Berücksichtigung. Beide Resistenzen gehören in den gemäßigten Breiten Europas zu den wichtigsten Zuchtzielen. Natürliche Infektionsbedingungen im Freiland und künstliche Infektionen in situ bilden die Grundlage der Auslese resistenten Materials und sind Ausgangspunkt genetischer Analysen zur Vererbung der Resistenz. Der Züchtungsforschung kommt in diesem Zusammenhang eine große Bedeutung zu. Das Aufgabengebiet umfasst im Zusammenhang mit der Entwicklung effektiver Selektionsmethoden die Analyse der Wirt-Pathogen-Beziehung, die Beurteilung der Resistenz unter künstlichen und natürlichen Infektionsbedingungen, die genetische Analyse zur Charakterisierung von Resistenzgenen und die Entwicklung molekularer Marker zur Identifizierung und Kartierung solcher Resistenzgene. Nachfolgend wird ein Überblick zum internationalen Stand der Forschungsarbeiten zur Kronen- und Schwarzrostresistenz bei Weidelgräsern unter Berücksichtigung eigener, neuerer Ergebnisse aus dem Institut für landwirtschaftliche Kulturen der Bundesanstalt für Züchtungsforschung an Kulturpflanzen gegeben.

Kronenrostresistenz

Material und Methoden

Aus den zur genetischen Analyse der Kronenrostresistenz erzeugten F_2 - und BC_1 -Generationen (LELLBACH, 1999)

wurden weitere Rückkreuzungsnachkommenschaften durch Kreuzung der F_2 -Pflanzen mit dem homozygot anfälligen Elter erzeugt. Außerdem wurden BC_1 -Pflanzen zur BC_1S_1 geselbstet, deren Individuen auf Resistenz gegenüber einem *P. coronata*-Sporengemisch (Herkunft Braunschweig) getestet wurden. Mit Hilfe des In-Situ-Blattsegmenttestes (LELLBACH, 1994) konnten die Resistenzreaktionen an den zu prüfenden Blattsegmenten von Einzelpflanzen ermittelt werden. Dabei werden von 12 Wochen alten Pflanzen 3-4 cm lange Blattsegmente der jüngsten voll entwickelten Blätter auf Agarmedium, das 40 ppm Benzimidazol enthält, ausgelegt. Als Inokulum werden Uredosporen verwendet, die durch Sprühen auf die Blattsegmente aufgebracht werden (400-600 Sporen/cm²). Nach 24h Inkubation in Dunkelheit erfolgt die Aufstellung unter Dauerlicht (zwischen 4000 und 10000lx) bei 20°C. Nach 12-14 Tagen werden die Blattsegmente entsprechend ihrer Reaktion bewertet. Die Reaktionen können in drei Typen unterteilt werden (Tabelle 1).

Ergebnisse

Von 8 untersuchten Selbstungsnachkommenschaften (Tabelle 2) spalteten im Merkmal Kronenrostresistenz zwei in einem Verhältnis 15:1 und sechs im Verhältnis 3:1 (resistent : anfällig). Hinsichtlich der aufgeführten Spaltungszahlen liegt Homogenität vor ($\chi^2_{(FG=5)} = 3,74$ bzw. $\chi^2_{(FG=1)} = 0,05$). Die geselbsteten Pflanzen stammen aus drei verschiede-

Tabelle 1: Resistenztypen und ihre entsprechenden Resistenzreaktionen auf Blattsegmenten

Reaktionstyp	Reaktion
1	ohne Sporenbildung verbunden mit teilweiser Chlorosenbildung
2	sporadische Pustelbildung
3	ganzflächige Sporulation

Die Resistenztypen 1 und 2 werden als resistent und Typ 3 als anfällig klassifiziert.

Autor: Dr. Hans LELLBACH, Bundesanstalt für Züchtungsforschung an Kulturpflanzen, Institut für landwirtschaftliche Kulturen, D-18190 Groß Lüsewitz



Tabelle 2: Beobachtete Häufigkeiten von resistenten und anfälligen Genotypen in drei BC₁-Nachkommenschaften und einiger ihrer geselbsteten Pflanzen (S1)

BC ₁	S1	Aufspaltungen			χ^2 3:1	χ^2 1:15
		n	res	anf		
A		77	64	13	2,71	0,00
	1	39	32	7	1,04	
	2	41	32	9	0,20	
B		74	58	16	0,45	
	1	40	29	11	0,13	
C		76	59	17	0,28	0,18
	1	48	40	8	1,77	
	2	96	78	18	2,00	
	3	96	70	26	0,23	
	4	24	22	2		

Tabelle 3: Beobachtete Häufigkeiten von resistenten und anfälligen Genotypen in fünf Nachkommenschaften aus Kreuzungen der F₂-Pflanzen mit dem anfälligen Elter

Pop.	Aufspaltungen			χ^2 3:1	χ^2 1:1
	n	res.	anf.		
1	44	34	10	0,12	0,32 0,75 2,37
2	96	72	24	0,00	
3	29	16	13		
4	65	36	29		
5	95	55	40		
Gesamt					
Pop. 1 u. 2	140	106	34	0,04	3,31
Pop. 3-5	189	107	82		

nen BC₁-Populationen (A, B und C) und die Spaltungen lassen auf die Segregation zweier unabhängiger, dominanter Kronenrostresistenzgene schließen. Diese beiden Gene werden mit den Gensymbolen *Cr1* bzw. *Cr2* benannt. Danach sind die in der BC₁ vorkommenden resistenten Genotypen entweder an beiden Genorten (*Cr1cr1Cr2cr2*) oder nur an einem der beiden Genorte (Genotyp *Cr1cr1cr2cr2* oder *cr1cr1Cr2cr2*) heterozygot. Diese Annahme wird durch die in *Tabelle 2* angegebenen Spaltungszahlen von 15:1 bzw. 3:1 in den Selbstungen (S1) der resistenten Pflanzen belegt. Die resistenten Nachkommen in diesen Populationen können somit nur noch an einem Genort (*Cr1* oder *Cr2*) entweder homozygot (ein Drittel) oder heterozygot (zwei Drittel) sein.

Fünf von insgesamt 12 geprüften Nachkommenschaften, entstanden durch Kreuzung der F₂-Pflanzen mit dem ho-

mozygot anfälligen Elter, spalteten ebenfalls im Merkmal Kronenrostresistenz. Das Verhältnis von resistenten und anfälligen Individuen der spaltenden Populationen geht aus *Tabelle 3* hervor.

Die Homogenitätsprüfung ergab, dass die zwei 3:1 und die drei 1:1 spaltenden Nachkommenschaften hinsichtlich ihrer Aufspaltung für Kronenrostresistenz jeweils homogen sind ($\chi^2_{(FG=1)} = 0,08$ bzw. $\chi^2_{(FG=2)} = 0,12$). Die gepoolten Daten sind in *Tabelle 3* angegeben. Ausgehend von der Annahme zweier unabhängig spaltender Genorte *Cr1* und *Cr2* müssen die für die Kreuzung verwendeten F₂-Pflanzen (Pop. 1 und 2) aufgrund der Spaltung 3:1 an beiden Genorten (*Cr1cr1Cr2cr2*) und die resistenten Elter der Populationen 3-5 (1:1 Spaltung) nur an einem der beiden Genorte (Genotyp *Cr1cr1cr2cr2* oder *cr1cr1Cr2cr2*) heterozygot gewesen sein.

Diskussion

Die von LELLBACH (1999) mit Hilfe von F₂- und BC₁-Generationen analysierten Majorgene *Cr1* und *Cr2* konnten durch weitere Kreuzung und Prüfung der entsprechenden Nachkommenschaften bestätigt werden. Durch Rückkreuzungen mit dem homozygot anfälligen Elter und Selbstungen von BC₁-Pflanzen sind resistente Nachkommen erzeugt worden, die nur an einem der beiden für die Resistenz gegenüber dem Kronenrost verantwortlichen Genorte das dominante Allel *Cr1* bzw. *Cr2* tragen. Diese Populationen bilden die Grundlage für die Entwicklung molekularer Marker, die zur Identifizierung und Kartierung der einzelnen Resistenzgene von großer Bedeutung sind. Im Rahmen dieser Untersuchungen konnte ein RGL-Marker (resistance gene-like sequence) in Rückkreuzungspopulationen (BC₁) identifiziert werden, der mit dem Resistenzgen *Cr1* in 3,0 cM Distanz gekoppelt ist (LINZ, LELLBACH, WEHLING, unveröffentlicht). Weitere Untersuchungen werden unter Verwendung von SSR-Markern erfolgen, um die beiden Resistenzgene chromosomal zuordnen zu können.

Populationen mit definierten Resistenzgenen sind auch die Voraussetzung für die Differenzierung von Isolaten und Einzelpustellinien hinsichtlich ihrer Virulenzgene. Für diese Untersuchungen stehen zur Zeit mehr als 30 Einzelpustellinien, die aus verschiedenen europäischen Herkünften isoliert wurden, zur Verfügung. Weiterhin wird im Rahmen einer EUCARPIA-Sortenprüfung versucht, Sporenisolate des Erregers aus mehreren Orten mit Hilfe dieser Resistenzgene zu charakterisieren. Der Sortenversuch beinhaltet die zweijährige Freilandprüfung (2001/2002) auf Kronenrostresistenz von 33 Sorten des Deutschen Weidelgrases (*L. perenne*) und 18 Sorten des Welschen Weidelgrases (*L. multiflorum*) in 29 Orten Europas. Entsprechend dem Resistenzverhalten der Sorten im Vergleich zwischen den Orten wird eine Charakterisierung der Pathogenität der vorhandenen Rostpopulationen möglich sein.

Nach den Ergebnissen von WILKINS (1975) und SCHMIDT (1980), die aufgrund ihrer Untersuchungen die Wirkung von Majorgenen für Kronenrostresistenz

in *L. multiflorum* beschrieben haben, ist zu vermuten, dass weitere Kronenrostresistenz kontrollierende Gene gefunden werden. Entsprechende Untersuchungen erfolgen deshalb in *L. multiflorum*, aber auch in intergenerischen Gräserbastarden zwischen *Festuca*- und *Lolium*-Arten. OERTEL u. MATZK (1999) fanden in den BC₃ der Gräserbastarde resistente Pflanzen. Es ist davon auszugehen, dass deren Resistenz auf die Introgression von *F. arundinacea* und *F. pratensis* zurückzuführen ist. Unter Verwendung dieses Materials sind F₁-Generationen durch Kreuzung homozygot resistenter und anfälliger Genotypen erstellt worden. Die daraus hervorgegangenen F₂-Generationen werden zurzeit analysiert.

Schwarzrostresistenz

Resistenzbeurteilung

Die Beurteilung des Resistenztyps erfolgte zuerst von PETERSON et al. (1948), wonach die Ausbreitung des Rostpilzes auf den Blättern von 0-100% angegeben wurde. ROSE-FRICKER et al. (1986) verwendeten auf dieser Grundlage Boniturnoten von 1-9. Nach Infektion mit Hilfe eines gehäckselten Blattgemisches stark befallener Pflanzen und dessen Ausbringung von Mai bis Juni auf die zu prüfenden Pflanzen im Freiland wurde folgende Einstufung vorgenommen:

- 1 = ganze Pflanze abgestorben
- 2 = Stängel und Ähre abgestorben
- 3 = 70-85% der Stängel und Ähren sind infiziert
- 4 = 50-70% der Stängel und Ähren sind infiziert
- 5 = 30-50% der Stängel und Ähren sind infiziert
- 6 = 10-30% der Stängel und Ähren sind infiziert
- 7 = bis zu 10% der Stängel und Ähren sind infiziert
- 8 = geringe Rostinfektion, ein bis drei Stängel sind infiziert
- 9 = kein Rost

WELTY u. BARKER (1992b u. 1993) führten eine Bewertung der Resistenz sowohl in *Lolium perenne* als auch in *Festuca arundinacea* durch. Die metho-

dischen Ansätze in beiden Gräserarten hatten das Ziel, eine effektive Prüfmethode unter kontrollierten Bedingungen zu etablieren. Die Ergebnisse der künstlichen Infektionen wurden mit den im Freiland unter natürlichen Infektionsbedingungen am gleichen Material erzielten Resistenzdaten verglichen. Sie verwendeten für die Infektion der Pflanzen unter kontrollierten Bedingungen eine Sporensuspension bestehend aus Sporen von 14-21 Tagen alten sporulierenden Pusteln in einem Medium von hochgereinigtem nicht toxischem Leichtöl, das auch bei Rostinokulationen im Getreide vielfach Anwendung findet. Für die Einstufung des Infektionstyps verwendeten sie die von ROELFS (1984) eingeführte Beurteilung mit folgenden Boniturnoten:

- 0 = keine Reaktion auf den Blättern
- 1 = geringe Pustelbildung
- 2 = mittlere Pustelbildung mit geringer Sporulation
- 3 = mittlere Pustelbildung mit intensiver Sporulation
- 4 = intensive Pustel- und Sporenbildung

Genetische Variation der Resistenz und ihre Vererbung

Untersuchungen zur genetischen Variation der Resistenz gegenüber dem Erreger des Schwarzrostes (*P. graminis* ssp.) in Gräsern nehmen im Unterschied zu den umfangreichen Analysen, die bei Weizen, Gerste und Hafer durchgeführt worden sind, einen geringeren Umfang ein. Sie beschränken sich in erster Linie auf die Prüfung von Sortenunterschieden unter kontrollierten Bedingungen in situ und Auslese resistenten Materials unter natürlichen Infektionsbedingungen

im Freiland. Die Resistenz gegenüber dem Schwarzrost in *Lolium perenne* bewerteten WATERHOUSE (1951), ROSE (1985), ROSE-FRICKER et al. (1986), CRITCHETT et al. (1988), WELTY (1992a u. b), VARNEY et al. (1992), CAPELLI et al. (1993), CLARKE u. EAGLING (1994) an Sorten und einigen Herkünften.

Die von WELTY u. BARKER (1992b) erzielten Ergebnisse gehen aus *Tabelle 4* hervor.

Die Ergebnisse der Prüfung von sechs Sorten zeigten nach Berechnung von Indizes aufgrund der ermittelten Daten eine gute Übereinstimmung hinsichtlich der Rangfolge im Vergleich zwischen kontrollierten Bedingungen in situ und Freiland.

Dabei erwies sich die Sorte 'Birdie II' als sehr widerstandsfähig und als relativ anfällig die Sorte 'Yorktown II'. Die gezielte Auslese auf Schwarzrostresistenz führte somit zur Entwicklung von mehreren gegenüber *P. graminis* sp. *graminicola* widerstandsfähigen Sorten. Aussagen zum Resistenzverhalten europäischer Sorten liegen bisher nicht vor. Aufgrund des zunehmenden Infektionsdruckes auch in den gemäßigten Breiten sind die Anwendung effizienter Selektionsmethoden und Untersuchungen zur Vererbung der Resistenz für die Auslese resistenten Materials von großer Bedeutung.

ROSE-FRICKER et al. (1986) führten erste Untersuchungen zur Vererbung der Resistenz durch. Sie prüften Nachkommenschaften aus diallelen Kreuzungen unter Verwendung von Eltern mit unterschiedlicher Resistenz gegen den Schwarzrosterreger. Die Prüfung erfolg-

Tabelle 4: Reaktionen von 8 und 14 Wochen alten Pflanzen von *L. perenne* Sorten inokuliert mit *P. graminis* ssp. *graminicola* unter kontrollierten Bedingungen und im Freiland (n. WELTY u. BARKER, 1992b)

Sorte	Kontrollierte Bedingungen ¹ (Alter der Pflanzen in Wochen)		Freiland ²
	8	14	
Birdie II	3,99	1,72	116
Linn	4,15	3,06	348
Ovation	4,67	3,22	490
Delray	4,95	4,11	637
Palmer	4,98	4,60	1004
Yorktown II	4,99	4,64	879
LSD=0.05	0,03	0,12	234

¹) Eingestuft n. Infektionsindex, ²) Eingestuft n. Flächenindex der Befallskurve

te ausschließlich unter natürlichen Infektionsbedingungen im Freiland. Im Ergebnis der Untersuchungen konnten die Resistenzunterschiede der Eltern in deren Nachkommenschaften bestätigt werden. Die Ergebnisse lassen die Schlussfolgerung zu, dass die Resistenz überwiegend quantitativ vererbt wird, und ebenso aber auch die Beteiligung von Majorgenen nicht ausgeschlossen werden kann. Die Resistenzreaktionen im Sämlingsstadium fanden nicht immer Bestätigung durch die Prüfungsergebnisse an adulten Pflanzen. Es wird deshalb eine Selektion auf der Basis der Resistenzreaktion im späteren Wachstumsstadium der Pflanzen empfohlen. Aufgrund einer solchen Selektion könnten in diesem Material Sorten mit höherer und dauerhafterer Resistenz erfolgreich auslesen werden.

Zusammenfassung

- Resistenz gegenüber dem Kronenrost (*Puccinia coronata*) und dem Schwarzrost (*P. graminis* ssp. *graminicola*) gehört zu den wichtigsten Zuchtzielen bei Weidelgräsern
- Die Resistenzbeurteilung gegenüber dem Kronenrost (*P. coronata*) erfolgt mit Hilfe eines In-Situ-Blattsegmenttestes
- Die Anwendung des Testes erlaubt die Klassifizierung von drei Reaktionstypen im Abwehrverhalten der Wirtspflanze gegenüber dem Erreger
- Die genetische Analyse führte zur Charakterisierung von zwei Kronenrostresistenz kontrollierenden Majorgenen, *Cr1* und *Cr2*
- Für diese Resistenzgene wurden erste molekulare Marker entwickelt und die Charakterisierung weiterer Resistenzgene und Identifizierung dieser Gene mit Hilfe von SSR-Markern wird fortgesetzt
- Die Auslese resistenten Materials unter natürlichen Infektionsbedingungen

im Freiland führte zur Bereitstellung widerstandsfähiger Sorten gegenüber dem Erreger des Schwarzrostes

- Genetische Analysen zur Schwarzrostresistenz in einigen Sorten ergaben, dass eine überwiegend quantitative Vererbung der Resistenz vorliegt
- Ausgehend von der zunehmenden Ausbreitung des Schwarzrostes in den gemäßigten Breiten Europas ist die Züchtungsforschung zur Schwarzrostresistenz zu verstärken

Literatur

- ARMSTRONG, C. S. and W. RUMBALL, 1976: Rust incidence and heading of overseas ryegrass cultivars in New Zealand. Proc. N. Z. Grassland Ass. 37: 208-214.
- CAPPELLI, C., M. MARTE and V. PAUL, 1993: Preliminary investigations on the rusts of perennial ryegrass in central Italy. Phytopathol. Z. 139: 187-190.
- CLARKE, R. G. and D. R. EAGLING, 1994: Effects of pathogens on perennial pasture grasses. N. Z. J. Agric. Res. 37: 319-327.
- CRITCHET, C. I., T.V. PRICE and P. J. KEANE, 1988: Crop losses of perennial ryegrass due to *Puccinia coronata lolii* and *Puccinia graminis lolii*. Proc. Int. Congr. Plant Pathol., 5th, Kyoto, Japan, Aug. 20-27, p. 296.
- DILL-MACKY, R., R. G. REES, G. J. PLATZ, 1990: Stem rust epidemics and their effects on grain yield and quality in Australian barley cultivars. Aust. J. Agric. Res. 41: 1057-63.
- DILL-MACKY, R. and A. P. ROELFS, 1998: The effect of race QCCJ of *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* on yield and quality in barley. Plant Dis. 82: 674-678.
- DUBIN, H. J. and R. W. STUBBS, 1986: Epidemic spread of barley stripe rust in South America., Plant Dis. 70:141-144.
- LELLBACH, H., 1994: Blattstück-Test zur Beurteilung der Resistenz gegen Kronenrost (*Puccinia coronata*) bei *Lolium* sp. Tagungsband 36. Fachtagung des DLG-Ausschusses Gräser, Klee und Zwischenfrüchte am 7. und 8. Dezember 1994, Fulda.
- LELLBACH, H., 1999: Genetische Analyse der Resistenz gegen *Puccinia coronata* in *Lolium perenne*. Vortr. Pflanzenzüchtg. 46: 177-180.
- ORTEL, C. and F. MATZK, 1999: Introgression of crown rust resistance from *Festuca* spp. into *Lolium multiflorum*. Plant Breed. 118: 491-496.
- PETERSON, R. F., A.B. CAMPBELL and A. E. HANNAH, 1948: A diagrammatic scale for estimating rust intensity on leaves and stems of cereals. Can. J. Res. Sect. C 26: 496-500.
- POTTER, L. R., B. CAGAS, V. H. PAUL and E. BIRKENSTAEDT, 1990: Pathogenicity of some European collections of crown rust (*Puccinia coronata* Corda) on cultivars of perennial ryegrass. J. Phytopathol. 130: 119-26.
- ROELFS, A. P., 1984: Race Specificity and Methods of Study. In: The Cereal Rusts Vol. 1, W. R. Bushnell and A. P. Roelfs eds., Acad. Press, Orlando, pp. 131-164.
- ROSE, C., 1985: The inheritance of stem rust (*Puccinia graminis graminicola*) resistance in perennial ryegrass (*Lolium perenne*). M.S. Thesis, Oregon State Univ.
- ROSE-FRICKER, C. A., W. A. MEYER and W. E. KRONSTAD, 1986: Inheritance of resistance to stem rust (*Puccinia graminis* ssp. *graminicola*) in six perennial ryegrass (*Lolium perenne*) crosses. Plant Dis. 70: 678-681.
- SCHMIDT, D., 1980: La selection du ray-grass d'Italie pour la resistance a la rouille couronnée. Recherche agronomique en Suisse, 19 (1,2): 71-84.
- SMILEY, R. W., 1983: Compendium of turfgrasses diseases. Amer. Phytopathol. Soc., St. Paul, MN. 102 pp.
- SMITH, J. D., N. JACKSON and A. R. WOOLHOUSE, 1989: Fungal diseases of amenity turfgrasses, 3rd Ed. E. & F. N. Spon. New York, 401 pp.
- VARNEY, P. L., E. F. WEDGWOOD, J. E. THOMAS and E. W. BROOM, 1992: Incidence of stem rust (*Puccinia graminis*) on perennial ryegrass cultivars. Ann. Appl. Biol. 120: Tests Agrochem. Cultivars, suppl. 13: 118-119.
- WATERHOUSE, W. L., 1951: Australian rust studies. VIII *Puccinia graminis lolii*, an undescribed rust of *Lolium* spp. and other grasses in Australia., Proc. Linn. Soc. N.S.W. 76: 57-64.
- WELTY, R. E. and R. E. BARKER, 1992a: Reaction of six cultivars of perennial ryegrass inoculated with stem rust. Phytopathology 82:501.
- WELTY, R. E. and R. E. BARKER, 1992b: Evaluation of resistance to stem rust in perennial ryegrass grown in controlled and field conditions. Plant Dis. 76: 637-641.
- WELTY, R. E. and R. E. BARKER, 1993: Reaction of 20 cultivars of tall fescue to stem rust in controlled and field environments. Crop Sci. 33: 963-967.
- WILKINS, P. W., 1975: Inheritance of resistance to *Puccinia coronata* Corda and *Rhynchosporium orthosporum* Caldwell in Italian ryegrass. Euphytica 24: 191-196.