Möglichkeiten eines Prognosemodells auf der Basis von Witterungs- und Befallsdaten am Beispiel von Rhynchosporium secalis (Oud) Davis

G WERRES und H HINDORF
Institut für Pflanzenkrankheiten der Universität Bonn,
Nußallee 9, D-5300 Bonn 1

Zusammenfassung: Im Jahr 1987 wurden Befallserhebungungen und Witterungsaufzeichnungen über *Rhynchosporium*-Blattflecken im Roggen auf landwirtschaftlichen Betrieben der Köln-Aachener Bucht durchgeführt Untersucht wurde der Einfluß dieser Klimafaktoren auf die Befallsentwicklung und ihre Eignung hinsichtlich eines Prognoseansatzes Mit den Verfahren der Multiplen Regression und der Diskriminanzanalyse erwiesen sich die Anzahl der Stunden mit einem Temperaturmittel zwischen 15,0 und 18,5 °C, die Summe der Blattnässedauer und die Anzahl der Stunden mit einem Niederschlagsereignis > 1,5mm als entscheidende Einflußgrößen für die Befallsentwicklung

Summary: The presented investigation in agricultural fields of the Köln-Aachen Basin is based on disease assessments of scald (*Rhynchosporium secalis*) and records of climatical data in winter-rye in 1987 The influence of weather conditions on disease development and their availability for a forecast statement have been analysed Using multiple regression and discriminant analysis the hours with an average temperature between 15 0 and 18 5 °C, the sum of leaf surface wetness and the periods with more than 1 5 mm of rainfall could be verified as the decisive factors for disease development

1 AUFGABEN UND ZIELE DER UNTERSUCHUNG

Im Zeitraum von 1980 bis 1986 zeigte sich *Rhynchosporium secalis* (Oud) Davis bei phytomedizinischen Erhebungen auf Praxisbetrieben im Rheinland als Hauptschaderreger an Winterroggen und teilweise auch an Wintergerste (PIORR et al 1985, 1987) Das verstärkte Auftreten des Erregers und die Ausweitung des Roggenanbaues im Rheinland waren Ausgangspunkte für die vorliegende Untersuchung

Die starke Witterungsabhängigkeit des Erregers führt in verschiedenen Jahren zu einem sehr unterschiedlichen Befall, der eine Fungizidanwendung häufig überflüssig macht (BEER und BIELKA 1982a) Eine Bekämpfung ist bisher nur prophylaktisch möglich (BEER und BIELKA 1982c) Dies entspricht jedoch nicht den Prinzipien des modernen Pflanzenschutzes und bringt unnötige Umweltbelastungen. Die bisherigen Untersuchungen zum Einfluß von Witterungsfaktoren auf die Befallsentwicklung von *R secalis* boten Anlaß für die Überlegung, einen Prognoseansatz auf der Basis von Wetterdaten zu entwickeln, mit dessen Hilfe die Krankheit gezielt bekämpft werden könnte (BEER und BIELKA 1982b) Ziel der Arbeit war es daher, Einflußfaktoren im Freiland unter Praxisbedingungen zu ermitteln und diese im Hinblick auf einen Prognoseansatz zu untersuchen

Zum besseren Verständnis sollen Vorgehensweise und Ergebnisse anhand eines einzigen Standortes im Rheinland beispielhaft dargestellt werden Alle Ergebnisse beziehen sich deshalb auf eine Winterroggenfläche der Sorte "Danko" auf dem Boschheide Hof, einem biologisch-

dynamisch wirtschaftenden Betrieb in Vennikel (Moers) Der Untersuchungszeitraum erstreckte sich von Anfang Mai bis Anfang Juli 1987

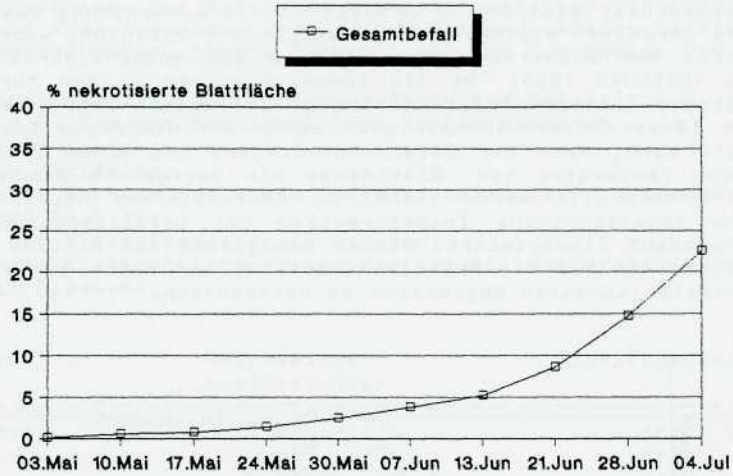
2 DATENERHEBUNG

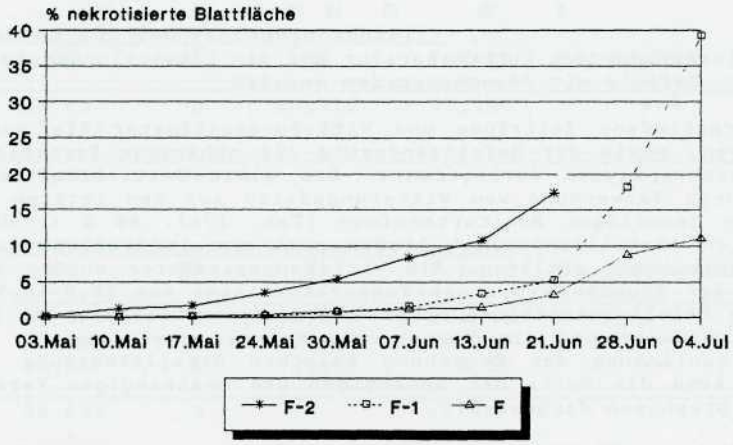
Für die Befallsbonituren wurde in dem ausgewählten Roggenschlag eine Parzelle der Größe 100 x 40m abgesteckt Zu wöchentlichen Boniturterminen wurden dort in 3 Wiederholungen jeweils 150 Pflanzen auf den obersten 3 Blattetagen untersucht, wobei der *Rhynchosporium*-Befall in % nekrotisierter Blattfläche erfaßt wurde In Abb 1 ist der durchschnittliche Gesamtbefall und der Befallsverlauf auf den einzelnen Blattetagen während des Untersuchungzeitraums dargestellt Zu Beginn der 3 Junidekade waren auf dem 3 Blatt (F-2) 17 % der Blattfläche nekrotisiert, am 4 Juli überstieg der Befall des 2 Blattes (F-1) mit 39 % den Endbefall des 3 Blattes deutlich Auf dem Fahnenblatt (F) wurden zum gleichen Zeitpunkt 11 % Befall festgestellt Anfang Juli mußten die Bonituren aufgrund der Blatt-Seneszenz eingestellt werden. Insgesamt konnte ein Gesamtbefall von 22,5 % errechnet werden

Gleichzeitig wurden in dem Bestand mit einem Thermohygrographen stündliche Werte der Lufttemperatur und der relativen Luftfeuchte aufgezeichnet Die Blattnässedauer wurde mit einem Blattnässeschreiber nach Woelfle gemessen, der mit einem Hanffaden-Meßelement ausgestattet ist (WELTZIEN und STUDT 1973) Als Werte für die Niederschlagsmenge wurden zunächst Daten der synoptischen Wetterstation Bocholt-Liedern verwendet, da in der Versuchsparzelle kein Regenschreiber vorhanden war Nachträglich wurden von der Agrarmeteorologischen Beratungs- und Forschungsstelle des Deutschen Wetterdienstes (AMBF) in Bonn Niederschlagsdaten aus einem direkt angrenzenden Feld, in dem eine Wetterstation mit Regenschreiber aufgestellt war, zur Verfügung gestellt

3 ERMITTLUNG UND ÜBERPRÜFUNG RELEVANTER PARAMETER ZUR VORHERSAGE DER BEFALLSENTWICKLUNG

Nach Ergebnissen anderer Autoren beeinflussen die Faktoren Lufttemperatur, relative Luftfeuchtigkeit bzw. Blattnässe und Niederschlag entscheidend den Infektionsverlauf und die Befallsentwicklung von *R secalis* (AYESU-OFFEI and CARTER 1971, FOWLER and OWEN 1971, POLLEY 1971, RYAN and CLARE 1975, STEDMAN 1980, PIETSCH 1984) Die Wirkung unterschiedlicher Lufttemperaturen auf die Befallsentwicklung ist in Abb 2 dargestellt Danach ist eine starke Befallsentwicklung im Bereich zwischen 6 und 25 °C zu erwarten, mit einem Maximum bei Temperaturen zwischen 15 und 20 °C Eine Zunahme der Blattnässe bei konstanter Temperatur entspricht in ihrer Wirkung auf die Befallsentwicklung dem Kurvenverlauf in Abb 2 Der Faktor Blattnässe steht jedoch in starker Wechselwirkung mit der Lufttemperatur (RYAN and CLARE 1975) So ist im niedrigen Temperaturbereich eine wesentlich längere Blattnässedauer für eine erfolgreiche Infektion und Befallsentwicklung notwendig als bei höheren Temperaturen





F = Fahnenblatt
F-1 = 2. Blatt
F-2 = 3. Blatt

Abb. 1: *Rhynchosporium*-Befall 1987 auf Winterroggen "Danko" im Schlag Boschheide Hof, Moers - Vennikel

Der Niederschlag schließlich ermöglicht die Ausbreitung des Erregers über die einzelnen Blattetagen und auf andere Pflanzen wobei die Intensität des Niederschlagsereignisses den entscheidenden Einfluß besitzt (STEDMAN 1980) Da die Temperaturwerte in dem für die Ertragsbildung wichtigen Zeitraum (EC 30 70) selten 20 °C überschreiten und längere Blattnässeperioden immer mit niedrigen Temperaturen gekoppelt sind kann der Befallsentwicklung bei einem linearen Anstieg von Temperatur bzw Blattnässe ein weitgehend exponentieller Verlauf unterstellt werden (Abb 2 schraffierter Bereich) Durch einfache logarithmische Transformation der Befallsänderungen wird dieser Verlauf linearisiert Dieses ermöglicht den Einfluß von Witterungsfaktoren auf die Befallsentwicklung mit Hilfe des Verfahrens der Multiplen linearen Regression zu untersuchen

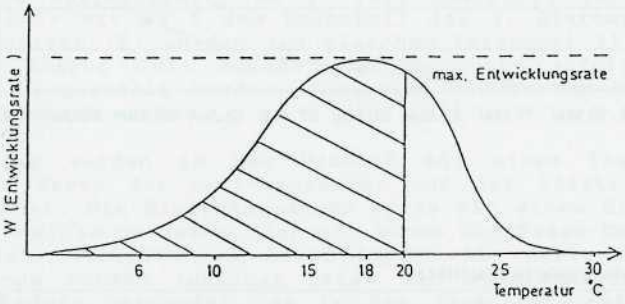


Abb. 2: Wirkung der Lufttemperatur auf die Entwicklungsrate des Befalls mit *Rhynchosporium secalis*

Für verschiedene Zeiträume und Witterungsparameter als unabhängige Variablen sowie der Befallsänderung als abhängige Variable, wurden Regressionsanalysen durchgeführt Das größte Bestimmtheitsmaß ergab sich durch Verwendung von Witterungsdaten aus den letzten 14 Tagen vor den jeweiligen Boniturterminen (Tab 1/A) 84 % (r^2=0 84) der Variablen "Befallsänderung" ließen sich aus der Variation der Witterungsparameter erklären Als Witterungsparameter wurden dabei die Anzahl der Stunden mit einem Temperaturmittel von 15 0 18 5 °C (die für die Befallsentwicklung optimale Temperaturklasse) die Summe der Blattnässedauer und die Niederschlagssumme verwendet Zur besseren Veranschaulichung der Beziehung zwischen Befallsänderung und Witterung sind die Werte der abhängigen und unabhängigen Variablen in Abb 3 graphisch dargestellt

Nach VOLK und FRAHM (1989) hat der Landwirt nach einer *Rhynchosporium*-Infektion für eine erfolgreiche chemische Bekämpfung 4 Tage Zeit Der in der Regressionsanalyse gewählte Zeitraum ist aufgrund seiner Länge daher für eine Prognose unbrauchbar da er keinerlei Bekämpfungsmaßnahmen zuläßt Aus diesen Überlegungen heraus wurden Witterungsparameter während des Infektionszeitpunktes auf ihre Eignung zur Befallsvorhersage untersucht

TAB. 1: **Ergebnisse der Regressionsanalysen zwischen Befallsdaten von *Rhynchosporium secalis* und Witterungsdaten im Winterroggenbestand (Sorte "Danko") auf dem Boschheide Hof 1987**

A: Regressionsanalyse mit Witterungsdaten aus dem Zeitraum 14 bis 1 Tag vor den jeweiligen Boniturterminen

Unabhängige Variablen:

T = Summe der Stunden mit einem Temperaturmittelwert zwischen 15,0 und 18,5 °C;

B = Summe der Blattnässedauer in Stunden;

N = Summe des Niederschlags (Daten der synopt Wetterstation Bocholt-Liedern);

Unabhängige Variablen	Regressionskoeffizienten	Signifikanzniveau
C (Konstante)	-3,973	***
T	0,057	***
B	0,016	***
N	-0,003	**

Bestimmtheitsmaß r^2 = 0,84***

Varianzanalyse für das Regressionsmodell:

	SQ	DF	MQ	F-Wert	Signifikanzniveau
Modell	39,657	3	13,219	41,186	***
Fehler	7,382	23	0,321		
Total	47,039	26			

Varianzanalyse für die unabhängigen Variablen:

	SQ	DF	MQ	F-Wert	Signifikanzniveau
T	33,673	1	33,673	104,91	***
B	3,367	1	3,367	10,49	**
N	2,617	1	2,617	8,15	**
Modell	39,657	3			

*** : Abgesichert bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit < 0 001
** : " " " " < 0 01
* : " " " " < 0 05

TAB. 1: Ergebnisse der Regressionsanalysen zwischen Befallsdaten von *Rhynchosporium secalis* und Witterungsdaten im Winterroggenbestand (Sorte "Danko") auf dem Boschheide Hof 1987

B: Regressionsanalyse mit Witterungsdaten aus dem Zeitraum 15 bis 10 Tag vor den jeweiligen Boniturterminen

Unabhängige Variablen:

T = Summe der Stunden mit einem Temperaturmittelwert zwischen 15,0 und 18,5 °C;
B = Summe der Blattnässedauer in Stunden;
N = Summe der Stunden mit einem Niederschlagsereignis von mehr als 1,5 mm Niederschlag (Bestandesdaten);

Unabhängige Variablen	Regressions-koeffizienten	Signifikanzniveau
C (Konstante)	-3,418	***
T	0,066	***
B	0,019	*
N	0,171	*

Bestimmtheitsmaß (R^2) = 0,81***

Varianzanalyse für das Regressionsmodell:

	SQ	DF	MQ	F-Wert	Signifikanzniveau
Modell	31,759	3	10,586	27,495	***
Fehler	7,701	20	0,385		
Total	39,460	23			

Varianzanalyse für die unabhängigen Variablen:

	SQ	DF	MQ	F-Wert	Signifikanzniveau
T	20,488	1	20,488	53,21	***
B	9,422	1	9,422	24,47	**
N	1,849	1	1,849	4,80	**
Modell	31,759	3			

*** : Abgesichert bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit < 0 001
** : " " " " < 0 01
* : " " " " < 0 05

Nach Ergebnissen anderer Autoren beträgt die Inkubationszeit für *R secalis* 10 bis 15 Tage (ALI 1974, BEER und BIELKA 1982b, PIETSCH 1984) Für die folgende Regressionsanalyse wurden deshalb die Witterungsparameter zwischen dem 15 und 10 Tag vor den jeweiligen Boniturterminen verwendet (Tab 1/B) Hierbei ergab sich ein Bestimmtheitsmaß von r^2 = 0,81, d h 81 % der Variablen "Befallsänderung" ließ sich aus der Änderung der Witterungsparameter erklären Nachdem die AMBF Bonn stündliche Niederschlagswerte aus einem Nachbarschlag zur Verfügung stellte, wurden in dieser Analyse die Werte der Variablen "Niederschlagssumme" durch die Anzahl der Stunden mit einem Niederschlagsereignis von mehr als 1,5 mm ersetzt, durch welche die Intensität des Niederschlags genauer beschrieben wird Zur Ermittlung der neuen Variablen wurden vorab Regressionsanalysen mit verschiedenen Intensitätsklassen durchgeführt Den stärksten Zusammenhang mit der Befallsänderung zeigte die Klasse "> 1,5 mm/h"

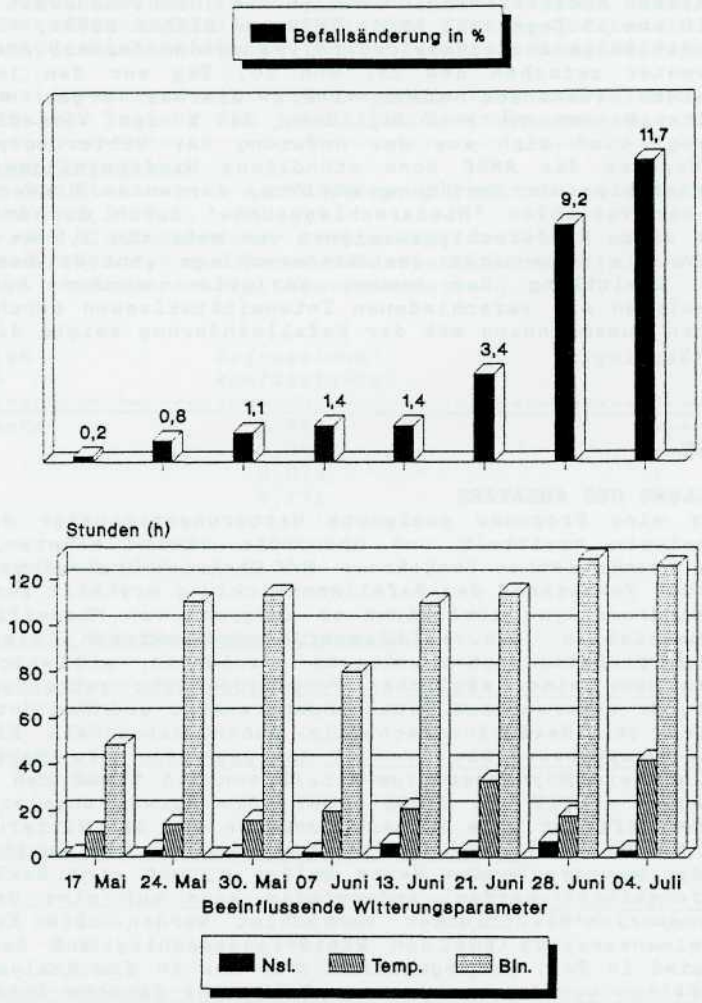
4 PROGNOSE

4 1 DARSTELLUNG DES ANSATZES

Nachdem für eine Prognose geeignete Witterungsparameter durch Regressionsanalysen ermittelt und überprüft werden konnten, sollte mittels des statistischen Verfahrens der Diskriminanzanalyse ein Modellansatz zur Vorhersage der Befallsentwicklung erstellt werden
Die Diskriminanzanalyse ermöglicht es aufgrund von Klassifikations- und Gruppenvariablen, d h von Klassifikationsvektoren, eine Zuordnungsvorschrift (Diskriminanzfunktion) abzuleiten, mit welcher eine Entscheidung über einen möglichen Fungizideinsatz getroffen werden kann Die zuvor untersuchten Witterungsparameter und das Unter- oder Überschreiten der Bekämpfungsschwelle gehen dabei als Klasifikations- bzw Gruppenvariable in die Analyse ein Als Bekämpfungsschwelle wurde ein *Rhynchosporium*-Befall von 2 5 % auf dem 3 Blatt (F-2) verwendet (LUTZE und KLUGE 1989) Die daraus abgeleitete Zuordnungsvorschrift ist eine lineare Funktion mit den Witterungsparametern als Variablen (Tab 2) Ist das Ergebnis der Funktion nach Einsetzen der entsprechenden Werte größer 0, muß eine Bekämpfungsmaßname durchgeführt werden, andernfalls kann auf eine Bekämpfung der *Rhynchosporium*-Blattflecken verzichtet werden Die Ergebnisse der Diskriminanzanalyse für den Winterroggenschlag auf dem Boschheide Hof sind in Tab 2 dargestellt Von den in die Analyse eingehenden 24 Fällen wurde nur in einem Fall eine falsche Entscheidung abgeleitet; die Entscheidung nach Prognose lautete "Nicht Bekämpfen", obwohl der Befall in der folgenden Bonitur oberhalb der Bekämpfungsschwelle lag In den anderen Fällen war die Entscheidung nach der Diskriminanzfunktion zutreffend

4 2 VERBESSERUNG UND VERIFIZIERUNG DES ANSATZES

Im Rahmen eines Forschungsvorhabens "PFLANZENSCHUTZ - WARNDIENST/ WETTERDIENST" der Landwirtschaftskammer Rheinland soll dieser Modellansatz bis 1992 verbessert und im Hinblick auf einen Einsatz in der Praxis überprüft werden Wichtigstes Merkmal ist die Ermittlung



Temp = Summe der Stunden mit einem Temperaturmittelwert zwischen 15,0 und 18,5 °C;
Bln = Summe der Blattnässedauer in Stunden;
Nsl = Summe der Stunden mit einem Niederschlagsereignis von mehr als 1,5 mm Niederschlag

Abb. 3: Befallsänderungen von *Rhynchosporium secalis* und beeinflussende Witterungsfaktoren im Schlag Boschheide Hof, Moers-Vennikel

einer geeigneten Bekämpfungsschwelle, da ihre Existenz Voraussetzung für die Ableitung der Diskriminanzfunktion ist Die bisher zu diesem Thema veröffentlichten Arbeiten waren jedoch nur sehr unzureichend, so daß Versuche hierzu bereits geplant sind Desweiteren registrieren an 11 Standorten im Rheinland und im östlichen Niedersachsen elektronische Wetterstationen in Roggen- und Gerstenbeständen Lufttemperatur, relative Luftfeuchte, Blattnässe und Niederschlag Gleichzeitig werden in wöchentlichen Abständen Befallsbonituren für Blattflecken-Erreger, insbesondere *Rhynchosporium secalis*, durchgeführt Mit den erhobenen Daten soll schließlich ein allgemeines Modell zur Bekämpfung von *Rhynchosporium*-Blattflecken erstellt werden Ab 1991 wird auf Praxisflächen eine Überprüfung des Modells erfolgen

TAB. 2: Ergebnisse der Diskriminanzanalyse zur Ermittlung einer Trennfunktion als Entscheidungshilfe für einen Fungizideinsatz gegen *Rhynchosporium secalis* auf Winterroggen "Danko" im Schlag Boschheide Hof

Trennfunktion:

$$Y = 0{,}188 \cdot T - 0{,}023\ B + 0{,}948\ N - 4{,}807 \quad (***)$$

Gebildete Gruppenmitten: -2,246 -> Gruppe "NICHT BEKÄMPFEN"
2,052 -> Gruppe "BEKÄMPFEN"

Klassifizierung der untersuchten Fälle (% / Anzahl):

nach Boniturergebnissen	nach Prognose (Trennfkt) "NICHT BEKÄMPFEN"	"BEKÄMPFEN"	Insgesamt
"NICHT BEKÄMPFEN"	100/11	0/ 0	100/11
"BEKÄMPFEN"	8/ 1	92/12	100/13

*** : Abgesichert bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit < 0,001

Literatur

ALI, S M , 1974: Factors influencing infection, colonization and symptom expression in barley by *Rhynchosporium secalis*;
Austr J Agric Res , 25, 9-20

AYESU-OFFEI, E N and M V CARTER, 1971: Epidemiology of leaf scald of barley;
Austr J Agric Res , 22, 383-390

BEER , W W und F BIELKA, 1982a: *Rhynchosporium secalis* (Oudem) Davis - der Erreger der Blattfleckenkrankheit der Gerste 1 Mitteilung: Wirtschaftliche Bedeutung;
Zbl Mikrobiol , 137, 477-485

BEER , W W und F BIELKA, 1982b: *Rhynchosporium secalis* (Oudem) Davis - der Erreger der Blattfleckenkrankheit der Gerste 2 Mitteilung: Biologie;
Zbl Mikrobiol , 137, 487-498

BEER , W W und F BIELKA, 1982c: *Rhynchosporium secalis* (Oudem) Davis - der Erreger der Blattfleckenkrankheit der Gerste 3 Mitteilung: Bekämpfung;
Zbl Mikrobiol , 137, 611-621

LUTZE, G und E KLUGE, 1989: Bekämpfungsrichtwerte als Entscheidungshilfen zur gezielten Bekämpfung von Getreidekrankheiten;
Nachrichtenbl dt Pflanzenschutzd , 43, 153-156

PIETSCH, E , 1984: Untersuchungen zur Biologie von *Rhynchosporium secalis*, der Pathotypensituation und des Resistenzverhaltens deutscher Wintergerstensorten;
Diss Technische Universität München

PIORR, H -P , HESS, J und H HINDORF, 1985: Phytomedizinische Erhebungen der Krankheiten, Schädlinge und Nützlinge (1980-1983); Forschung und Beratung des Ministeriums für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen (Reihe C), 41, 127-142

PIORR, H -P , HINDORF, H und H C WELTZIEN, 1987: Weitere Ergebnisse aus phytomedizinische Erhebungen der Krankheiten, Schädlinge und Nützlinge (1983-1986) auf zwei Betrieben der Rheinniederung mit biologisch-dynamischer bzw konventioneller Bewirtschaftung; Forschung und Beratung des Ministeriums für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen (Reihe C), 44, 122-139

POLLEY, R W , 1971: Barley leaf blotch epidemics in relation to weather conditions with observations on the overwintering of the disease on barley debris;
Pl Pathol , 20, 184-190

RYAN, C C and B G CLARE, 1975: Effects of light, temperature and period of leaf-surface wetness on infection of barley by *Rhynchosporium secalis*;
Phys Pl Pathol , 6, 93-103

STEDMAN, O J , 1980: Dispersal of spores of *Rhynchosporium secalis* from a dry surface by water drops;
Trans Brit mycol Soc , 75, 339-340

VOLK,T und J FRAHM, 1989: Gezielter Fungizideinsatz gegen *Rhynchosporium*-Blattflecken an Wintergerste;
Ges Pflanzen, 41, 338-343

WELTZIEN, H C und H G STUDT, 1973: Bestimmung von Fungizid-Spritzterminen mit kombinierten Temperatur-Blattnässeschreibern;
Mitt BBA, 151, 283-284