

Grundlagen einer integrierten Bekämpfung von *Cercospora beticola* in Zuckerrüben (Principles of an integrated pest management of *Cercospora beticola* in sugarbeets)

P.F.J. WOLF, F.J. WEIS, J.-A. VERREET, Institut f. Phytopathologie, Christian-Albrechts-Universität, 24118 Kiel

Eingegangen am 26. Juni 1995, angenommen am 11. Juli 1995

Zusammenfassung

Eine Konzeption zur Entwicklung eines epidemieorientierten Entscheidungsmodells für Fungizidbehandlungen gegen *Cercospora beticola* in Zuckerrüben wird vorgestellt. Das Forschungsprojekt beinhaltet in einer ersten Entwicklungsstufe Studien zur Epidemiologie und Symptomatologie unter natürlichen Bedingungen im Feldbestand, welche einen Einblick in das Krankheitsverhalten geben und zur Definition von Bekämpfungsschwellen berechtigen. Bekämpfungsschwellen reflektieren ein Stadium der Epidemie; das Erreichen oder Überschreiten der Bekämpfungsschwelle indiziert den richtigen Einsatztermin. Die Prüfung von Bekämpfungsschwellen mit einer Indikation von frühen bis späten Stadien des Krankheitsprozesses erlaubt eine Einengung des applikationsrelevanten Epidemiezeitraums.

Nach Auswahl von effizienten Bekämpfungsschwellen schließt sich eine Prüfung im Systemversuch an. Durch Hinzunahme unterschiedlicher Standorte, Sortenresistenzen und Stickstoffstufen erfährt das System eine weitere Adaptierung; das Modell kann daher auch in Regionen mit unterschiedlichen Anbaubedingungen Verwendung finden. Die Datenanalysen aus Epidemie- und Systemversuchen sind Basis zur Modellierung einer IPS-(Integriertes Pflanzenschutz System)Variante mit der Projektion einer Einführung in die Praxis.

Darüberhinaus wurde ein Monitoring für Zuckerrübenkrankheiten eingerichtet. Eine überregionale Prüfung der IPS-Variante im Hinblick auf die Praxistauglichkeit ist eingeschlossen. Während einer Vegetationsperiode kann die laufende Ermittlung der aktuellen Erregersituation als Information für Berater und Anbauer in der Praxis genutzt werden. Die Erhebungen über mehrere Jahre stellen die Datenbasis für die Ableitung einer computergestützten Negativprognose; durch Vorhersage des befallsfreien Zeitraums kann der Aufwand an Bonituren auf den Epidemiezeitraum eingeschränkt werden.

Erste Ergebnisse zeigen, daß der Epidemiebeginn standortabhängig bis zu 6 Wochen variieren kann. Das Schadpotential ist jahrgangsspezifisch je nach Standort großen Schwankungen unterworfen. Besonders schwer ist die Schädigung nach frühem Epidemiebeginn im Juli; der Anteil der nekrotisierten Blattfläche beträgt bis zu 60 %, der bereinigte Zuckerertrag kann nach Bekämpfung des Erregers um bis zu 50 % gesteigert werden. Die quantitative Resistenz von Zuckerrübensorten gegen *Cercospora beticola* (Ribella) hält einem hohen Krankheitsdruck nicht stand, um Verluste vollständig aufzufangen. Jedoch differenzieren sich unterschiedliche Sorten bei gemäßigttem Epidemieverlauf bei hoher Effektivität der Sortenresistenz.

Die Modellentwicklung wird diskutiert unter den Aspekten der Anpassung an das Anbausystem und Einführung in die Praxis.

Stichwörter: *Cercospora beticola*; Zuckerrübe; Integrierter Pflanzenschutz; Epidemie; Sortenresistenz; Schadpotential

Summery

A new conception to develop a decision model for fungicide sprays in sugar beets oriented to the epidemiology of *Cercospora beticola* is presented. The project involves epidemiological field studies, which allows thresholds to be defined and gives an improvement of diagnoses. A broader number of thresholds, characterized by earlier up to later stages of the epidemic progress were checked for efficacy. The thresholds pinpoint the precise time for a fungicide spray. In a second step the favourite thresholds are selected to test them in the cropping system, including different locations, cultivars and nitrogen levels. It is intended to adapt the decision system for working in all cropping systems. In addition a disease monitoring has been installed. Only the most effective threshold is selected for a test in many regions with sugar beet cropping. During a vegetation period the monitoring provides actual incidence data from each region to help beet growers diagnose disease and to decide on spray timings. Field studies over several years and locations should enable the development of a computerbacked disease forecasting system. Only the timespace without disease incidence should be calculated to reduce field observations concerning diagnoses and evaluation of incidence.

First results indicate, that the beginning of the epidemic progress ranges from 2 to 6 weeks among different locations. Early beginning of the epidemic progress in July is followed by severe damages concerning leaf necrosis of up to 60 % and sugar losses of up to 50 %. In this case the resistance of sugar beet varieties isn't effectively enough, to inhibit yield damages completely. However moderate severity of attack separates the quantitative resistance of varieties. Under such conditions a cultivar showing resistance reduced losses completely compared to sugar loss of 31 % for a cultivar identified as susceptible. The differences are provided by fungicide sprays in treated plots and comparison with untreated plots.

The model concept is discussed by aspects to adapt thresholds for working in different cropping systems and practical purposes.

Keywords: *Cercospora beticola*; sugar beet; integrated pest management; epidemic progress; resistance; yield damage

Einleitung

Die *Cercospora*-Blattfleckenkrankheit ist weltweit in allen Anbaugebieten für Zuckerrüben bekannt; in den wärmeren Lagen der gemäßigten Klimaregionen kann sie als bedeutendste pilzliche Krankheit eingestuft werden (BLEIHOLDER und WELTZIEN, 1972). In Europa sind die Mittelmeerländer und der Südosten besonders betroffen, stark gefährdet sind Bestände unter Zusatzberegnung. Die Krankheit wirkt sich durch die Zerstörung des Blattgewebes in der Minderung der Assimilation, d.h. des Rübengewichtes und Zuckerertrages, einschließlich der technischen Verarbeitungsqualität aus. Die Neubildung von Blattmasse verbraucht dabei wertvolle Reserveassimilate, die Schädigung setzt sich ungehindert bis zur Ernte fort. Aufgrund des hohen Schadpotentials, welches sich in der Vergangenheit auch in Süddeutschland mitunter in hohen Verlusten gezeigt hatte, wird in Befallsregionen zu prophylaktischer Bekämpfung geraten. Es hat den Anschein, daß das Auftreten der Krankheit im bayerischen und österreichischen Raum in den letzten Jahren zugenommen hat, bedingt in erster Linie durch

geeignete Witterungsverhältnisse, aber auch gefördert durch eine Einengung der Fruchtfolgen mit Anbau anfälliger Sorten. Hierdurch ergab sich eine erhöhte Inokulumpräsenz auf verbleibenden, erkrankten Blätter und ein früherer, verstärkter Befallsbeginn in den Rübenbeständen.

Generell wird die Aufmerksamkeit auf die Krankheit erst bei deutlich sichtbarem Blattbefall geweckt. Eine Bekämpfung mit Kontaktfungiziden bringt unter dieser Voraussetzung jedoch nur eine begrenzte Verlustminderung, sodaß prophylaktische Maßnahmen in die Praxis verbreiteten Eingang gefunden haben, bei denen z.B. ab Mitte Juli routinemäßige Anwendungen von Fungiziden in 2-3 wöchigem Abstand erfolgen. Durch Warndienste wird auf die Infektionsgefahren bzw. auf Auftreten und Ausbreitung der Krankheit hingewiesen; derartige Befallsprognosen werden im Regelfall als Notwendigkeit zu Bekämpfungsaktionen gewertet. Die Ergebniskontrolle erscheint dem Anwender durch den Grad der Befallsfreiheit der Bestände gegeben zu sein, allerdings wird damit nicht in jedem Fall die Notwendigkeit der durchgeführten Maßnahme erkannt. Derartige prophylaktische Risikominderungen stehen nicht im Einklang mit den Prinzipien eines integrierten Pflanzenschutzes.

Nachdem im Getreidebau praxisreife Modelle für eine integrierte Bekämpfung von epidemisch auftretenden Pilzkrankheiten erarbeitet wurden (VERREET und HOFFMANN 1989, HOFFMANN 1990, HOFFMANN et al. 1991, HABERMEYER 1993, MAIER und HOFFMANN 1993) ergab sich die Frage der Anwendung gleicher Überlegungen gegen die *Cercospora*-Blattfleckenkrankheit an Zuckerrüben. Die Grundidee geht davon aus, daß erst nach Ausschöpfung aller acker- und pflanzenbaulichen Möglichkeiten eine direkte Bekämpfung des Krankheitserregers erfolgen darf, wenn es die Befallsituation im betroffenen Bestand erfordert. Grundlage hierzu ist die Orientierung an der Epidemiologie des Pathogens. Es ist auch beim Wirt-Parasit-System Zuckerrübe/*Cercospora* davon auszugehen, daß die aktuelle Entwicklung des Pilzes wesentlich von Standort, Witterung, Sortenanfälligkeit und sonstigen pflanzenbaulichen Parametern (Fruchtfolge, Bodenbearbeitung, Bestandesführung) beeinflusst wird. Der aktuelle, im Feld analysierbare Befall stellt das Resultat der Interaktionen aller biotischen und abiotischen Faktoren dar. Es erscheint daher sinnvoll, die Bekämpfungsentscheidungen am Befallsgeschehen im Bestand auszurichten. Befallssimulationen nach theoretischen Berechnungen haben bisher in keinem Fall zu einem praxisreifen Modell des modernen Pflanzenschutzes geführt. Über die Möglichkeiten zu biologischen Analysen hinaus ist die Verfügbarkeit über geeignete fungizide Wirkstoffe eine wesentliche Voraussetzung für die Anwendung einer integrierten Bekämpfungsstrategie. Mit den für den Rübenbau neuerdings entwickelten Präparaten kann diese Forderung wahrscheinlich erfüllt werden. Für ihren gezielten Einsatz sind Bekämpfungsschwellen zu definieren, die sich erst nach eingehenden epidemiologischen Studien unter divergierenden Bedingungen finden lassen. Ihre praktische Umsetzung in Verbindung mit Fungizidwirkungen stellt ein weiteres Stadium der Modellentwicklung dar, bei welcher das Ziel verfolgt wird, den integrierten Pflanzenschutz in die Praxis umzusetzen, den Input an chemischen Präparaten zu optimieren bzw. auf das notwendige Maß zu reduzieren und ökologischen und ökonomischen Forderungen gerecht zu werden. In den folgenden Ausführungen werden die Konzeption, Grundlagen und erste Erfahrungen über den Aufbau eines "IPS *Cercospora*-Modells" vorgestellt.

2 Grundlagen der Modellentwicklung

2.1 Epidemiologische Entwicklung von *Cercospora beticola* in Rübenbeständen, Entwicklung von Bekämpfungsschwellen

Die Stufenleiter des Entwicklungsprojektes wird in Tabelle 1 vorgestellt. Sie beginnt mit ausgedehnten Studien zur populationsdynamischen Entwicklung und Befallsprogression während mehrerer Jahre an verschiedenen Standorten. Dabei gilt als wichtigstes Ziel zunächst Parameter zu finden, an denen jeder Epidemieverlauf in den einzelnen Stadien nachvollziehbar charakterisiert werden kann. Als Grundlage hierfür werden Erhebungen der Befallsdaten im Rübenbestand durch visuelle Schätzung der Blatt-Nekrotisierung gewählt. Die Erkennung der Symptomspezifität ist von besonderer Bedeutung, da nur eine korrekte Diagnose die Anwendung von Bekämpfungsschwellen möglich macht. Nekrotisierungserscheinungen, die auf andere Pathogene, Trockenheit, Nährstoffmangel, Verätzungen oder mechanische Verletzungen zurückgehen, müssen ausgeschlossen werden. In diesem Zusammenhang ergeben sich gewisse Probleme beim Auftreten der durch *Pseudomonas syringae* verursachten Blattfleckenkrankheit. Es wird nach Möglichkeiten gesucht, spezielle Strukturen von *Cercospora beticola*, *Ramularia beticola* und anderen pilzlichen Erregern zu erkennen und zu differenzieren.

Tab. 1. Integrierter Pflanzenschutz in Zuckerrüben; Schritte bei der Entwicklung von Bekämpfungsschwellen
Table 1. Threshold-based system of integrated plant protection in sugar beet; steps of development

1. Epidemiologie von *Cercospora beticola* und Entwicklung von Bekämpfungsschwellen

- Epidemiologische Fallstudien
- Symptomdiagnose und Identifizierung von Pilzstrukturen
- Definition und Prüfung von Bekämpfungsschwellen

→ Selektion von Bekämpfungsschwellen

2. Integration von epidemiologischen Bekämpfungsschwellen in das Anbausystem

Anforderungen an Bekämpfungsschwellen:

- Optimale Terminierung und Häufigkeit von Applikationen
- Reduktion des Fungizideinsatzes
- ausreichende Kontrolle des Erregers und optimale Verlustminderung

Prüfung der Bekämpfungsschwellen bei verschiedenen

- Standorten
- Sortenresistenzen
- Stickstoffstufen

→ Anpassung der Bekämpfungsschwellen

Gleichzeitig mit den epidemiologischen Studien wird in Feldversuchen ein relativ enges Raster an Bekämpfungsschwellen überprüft, die sich an Befallswerten (Befallshäufigkeit im Bestand (BHB); Befallsstärke im Bestand (BSB)) von frühen bis späten Stadien orientieren (Tabelle 2). Mit diesem Ansatz sollte bereits frühzeitig in der Modellentwicklung eine gesicherte Eingrenzung der Fungizidapplikationen auf die wesentlichen Abschnitte des Epidemieverlaufes erfolgen. Diese Konzeption kann nur überprüft werden unter Bedingungen eines frühen Befallsbeginns bei hohem, ständigen Infektionsdruck. Bei den Arbeiten sind daher Standorte auszuwählen, an denen in den letzten Jahren größere Probleme mit der *Cercospora-*

Blattfleckenkrankheit auftraten und im Einzelfall sind die Befallsvoraussetzungen durch den Anbau anfälliger Sorten weiter zu fördern. Darüberhinaus muß eine Versuchsanlage erstellt werden, die eine ständige, natürliche Inokulumentwicklung für Neuinfektionen ermöglicht, so daß Effekte des Fungizideinsatzes, das Wirkungsmaß und die -dauer unter den herrschenden Witterungseinflüssen erkannt werden können. Die Datenauswertung mußte auch eine Bewertung des Ertrages und der Qualität des Erntegutes ermöglichen, um den optimalen Schwellenwert auch aus ökonomischer Sicht zu finden.

2.2 Schwellenwerte in Anbausystemen von Zuckerrüben

Der ersten Stufe des Programms hat eine Überprüfung ausgewählter Schwellenwerte unter verschiedenen Anbaubedingungen zu folgen. Hierbei sind eingehende diagnostische und epidemiologische Studien zu wahren, um Vor- und Nachteile einzelner Entscheidungen anhand der Daten über die Erregerentwicklung bzw. Befallsprogression erfassen und interpretieren zu können. Die Notwendigkeit einer Bekämpfung von *Cercospora beticola* ist besonders auch regional unterschiedlich gegeben, so daß ein System zu entwickeln ist, welches standörtliche Gegebenheiten, letzten Endes auch die divergierenden Bestandesentwicklungen und die sich daraus ergebenden Konsequenzen für den Pflanzenschutz berücksichtigt. Die dazu notwendigen Voraussetzungen können nicht simuliert oder experimentell geschaffen werden, sondern die Vielzahl von Standortanalysen führt zur Absicherung notwendiger Entscheidungen, wobei besonders dem Anbau von Sorten mit unterschiedlicher Anfälligkeit, ihre Reaktionen unter den Anbaubedingungen, insbesondere der N-Düngung im Vordergrund der Datenerfassung stehen. Ziel sollte sein, eine möglichst einfach zu praktizierende IPS-Variante zu finden, die letzten Endes von Beratung und praktischer Landwirtschaft zur Anwendung gebracht werden kann.

Tab. 2. Vorläufige Konzeption von epidemiologischen Bekämpfungsschwellen; Zielorganismen: *Cercospora beticola*, *Ramularia beticola*

Table 2. Preliminary conception of epidemic thresholds; Targets: *C. beticola*, *R. beticola*

| Epidemie | Bekämpfungsschwelle |
|---------------------|---------------------|
| frühes Stadium ↓ | 50 % BHB |
| | 25 % BHP |
| | 0,2 % BSB |
| | 0,5 % BSB |
| | 2,0 % BSB |
| | 10,0 % BSB |
| spätes Stadium | 15,0 % BSB |

BHB = Befallshäufigkeit der Pflanzen im Bestand (%); frequency (%) of infected plants

BHP = Befallshäufigkeit der Blätter pro Pflanze; frequency (%) of infected leaves per plant

BSB = Befallsstärke (% nekrotisierte Blattfläche); severity of attack (percentage of necrosis per plant)

2.3 Monitoring von Krankheiten an Zuckerrüben

Zur Erleichterung der Einführung eines IPS Modells in die landwirtschaftliche Praxis hat sich im Falle des Weizen- resp. des Gerstenmodelles in Bayern ein Monitoring zum Auftreten von Krankheiten bewährt (MERCK und HABERMAYER 1993). Für den integrierten Pflanzenschutz im Zuckerrübenanbau ist eine ähnliche Datensammlung vorzusehen. Das einzurichtende Monitoring (Tabelle 3) beinhaltet eine überregionale Erfassung des epidemiologischen Auftretens von Krankheiten bei gleichzeitiger Messung der Schadrelevanz. Zur weiteren Annäherung an die Praxisbedingungen soll an den ausgewählten Standorten nur eine ausgewählte

schwellenorientierte Variante des IPS Modells (IPS-Variante) zur Anwendung kommen. Sie wird verglichen mit der unbehandelten Kontrolle und einer Gesundvariante (weitgehende Befallsfreiheit durch Mehrfachapplikationen). Für die Beurteilung entscheidend sind die Ertragsdaten im Vergleich zu den Pflanzenschutzaufwendungen. Mit diesem Programmteil kann die Praktikabilität unter naturgegebenen Bedingungen großräumig in Regionen mit konzentriertem Zuckerrübenanbau bewertet werden, gleichzeitig dienen derartige Versuchsanlagen als Pilotprojekte in führenden landwirtschaftlichen Betrieben.

Die laufenden Erhebungen von Daten zur Epidemiologie von Krankheiten und der Witterung geben Auskunft über den aktuellen Stand in einer Region, welcher informativ an Rübenanbauverbände als Hilfsmittel für Pflanzenschutzentscheidungen gegeben werden kann. Die Zusammenfassung von Erhebungen über mehrere Jahre können zu einer Charakterisierung einer Region bezüglich der Gefährdung durch Krankheiten beitragen. Die Monitoringdaten sind darauf zu prüfen, inwieweit eine Ableitung zu einer Negativprognose möglich ist. Eine solche Voraussage bezieht sich auf den Zeitraum, in welchem mit hoher Wahrscheinlichkeit das Auftreten von Krankheiten unter dem IPS- Schwellenwert bleibt, d.h. Bestandesbonituren und Gegenmaßnahmen nicht erforderlich sein dürften. Mit der Negativprognose kann der Arbeitsaufwand, welcher unverzichtbar mit einem integrierten Pflanzenschutz erbracht werden muß, auf ein Mindestmaß beschränkt bleiben.

3 Anwendung eines IPS Zuckerrübenmodell 1993-1994

3.1 Versuchsanlagen

Untersuchungen zum Auftreten von Blattkrankheiten wurden 1993 und 1994 in den Regionen um Würzburg (Standort Seligenstadt 1994), Regensburg (Standort Moosham 1993, 1994), Straubing (Standort Piering 1993, 1994) und Deggendorf (Standort Hettenkofen 1993, Rottenmann 1994) durchgeführt (Abb. 1). Als Sorten standen Hilma, Evita, Meta, Steffi, Elan und Ribella zur Verfügung, die sich durch unterschiedliche Anfälligkeit gegen *Cercospora beticola* auszeichnen. Die Sorten wurden praxisgerecht in Streifen ausgesät, das pillierte Saatkorn wurde auf 10-12 cm abgelegt (Reihenabstand 50 cm). Nach dem Pflanzenaufgang wurde auf 20-24 cm vereinzelt. Die Länge der Einzelparzelle betrug 7 m, bei einer Breite von 11 Reihen. Davon standen 6 Reihen für eine Kernbeerntung (3 Reihen) zur Verfügung. Die Erfassung des Krankheitsbefalles erfolgte um diesen Kernbereich. Die Versuchsvarianten wurden in vierfacher Wiederholung randomisiert. Alle Anbaumaßnahmen erfolgten betriebsüblich, die Bestandesführung orientierte sich an einem Ertragsziel von 650-750 dt/ha Rübenmasse.

Grundlage der Befallserhebungen bildete die visuelle Schätzung der Blattnekrosen, hierzu wurde ein Schätzschema nach BATTILANI et al. (1990) verwendet. Bei Vorkommen unspezifischer Symptome wurde bei Lupenvergrößerung (12,5 fach) auf Strukturen (Konidienträger, Konidien) der Pathogene untersucht. In die Befallserhebungen wurden alle Blätter einer Pflanze einbezogen, die Verrechnung der Daten wurde mit EDV durchgeführt. Es wurden die in Tabelle 4 angegeben Befallsparameter erfaßt und berechnet.

Abb. 1. Versuchsstandorte in Bayern.
 Fig. 1. Location of field trials in Bavaria.



Tab. 3. Monitoring zum Auftreten von Zuckerrübenkrankheiten; Ziele des Monitorings
 Table 3. Monitoring of sugar beet diseases; targets of the monitoring

1. Verbreitung von Zuckerrübenkrankheiten in den Hauptanbaugebieten

- Charakterisierung der regionalen Erregerepidemie
- Erhebung des Beginns, des Verlaufs und der Stärke der Epidemie
- Warnmeldung an Berater und Rübenanbauer
- Prüfung der IPS-Variante in Regionen mit unterschiedlichen Anbaubedingungen

2. Vorhersage des befallsfreien Zeitraums

- Einfluß der Witterung auf die Epidemiologie von Krankheitserregern
- Relation von Rübenentwicklung und Epidemie
- Einfluß pflanzenbaulicher Parameter

3.2 Ergebnisse

3.2.1 Epidemiebeginn und Schadausmaß von *Cercospora beticola* an verschiedenen Standorten unter den Witterungsbedingungen 1993 und 1994

Der Beginn der *Cercospora*-Epidemie an 6 Standorten in den Jahren 1993 und 1994 wird in Abb. 2 dargestellt, als Basis wurde die Halbwertszeit der horizontalen Verbreitung des Erregers im Bestand (= 50% BHB) bei anfälligen Sorten benutzt. Im Jahre 1993 lag der Epidemiebeginn etwa drei Wochen früher als 1994. Zwischen einzelnen Standorten ergeben sich innerhalb einer Vegetationsperiode Unterschiede von bis zu 2 Wochen unter Verhältnissen in Niederbayern; die Erregerentwicklung in der Region Würzburg war 1994 um ca. 5 Wochen gegenüber Niederbayern zurück.

Der Verlust an assimilatorischer Blattfläche kann bei frühem Infektionsbeginn sehr hoch werden. In der Abbildung 3 (oben) sind die Befallswerte durch Angabe der nekrotisierten Blattfläche Mitte September aus 6 Versuchen dargestellt. Sie erreichte 1993 in Niederbayern einen Anteil von 40% und darüber, 1994 hatte sich ein deutlich reduzierter Befall eingestellt. Am Standort Würzburg war keine *Cercospora*-Epidemie in vergleichbarem Ausmaß eingetreten. Der Blattbefall hatte eine Minderung des bereinigten Zuckerertrages 1993 von 40 dt/ha zur Folge (Abb. 3, unten), 1994 waren die Auswirkungen entsprechend der geringeren

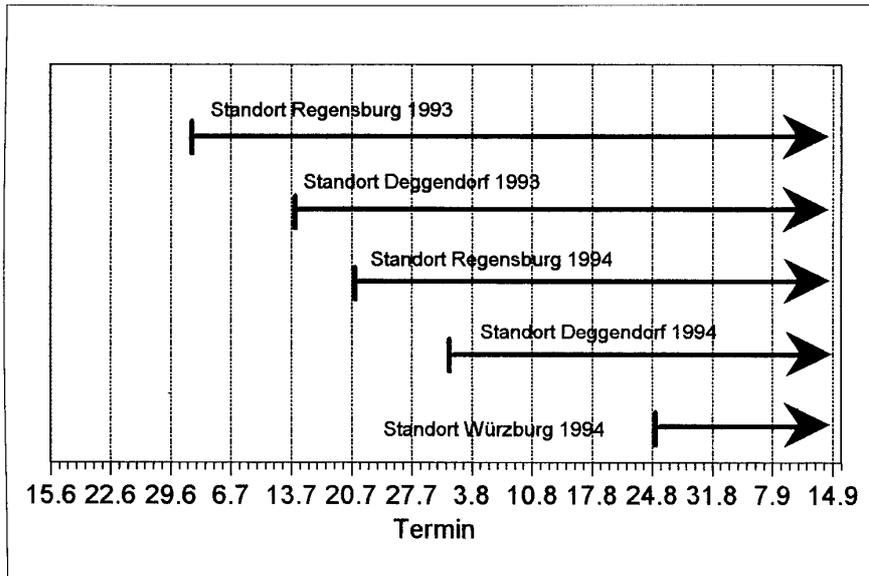


Abb. 2. Epidemiebeginn von *Cercospora beticola*; Einfluß von Standort und Jahr.

Fig. 2. Beginning of the epidemic progress of *C. beticola*; influence of location and year.

Krankheitsentwicklung auf einem Niveau von 25-35 dt/ha. Die Befallsauswirkungen sind allgemein niedriger, wenn der Epidemiebeginn ab Anfang August oder später einsetzt. Eine epidemische Entwicklung des Erregers wie sie Ende August 1994 im Raum Würzburg eintrat hat keine Effekte auf Rüben- und Zuckerertrag. Die verbleibende Vegetationszeit war zu kurz und die abnehmenden Temperaturen schränkten die Erregerentwicklung ein.

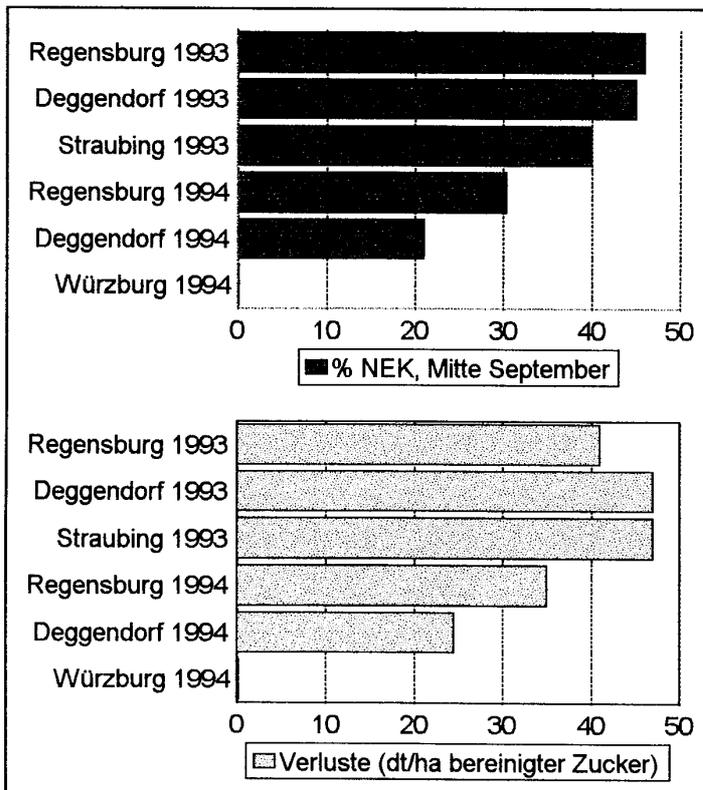


Abb. 3. Blattversuche durch *Cercospora beticola*, Mitte September (oben), durch *Cercospora beticola* eingetretene Zuckerverluste (unten); Einfluß von Standort und Jahr.

Fig. 3. Blotch losses caused by *C. beticola* at middle of September; yield losses caused by *C. beticola*; influence of location and year.

3.2.2 Epidemieverlauf und Schadrelevanz des *Cercospora*-Befalles an Sorten unterschiedlicher Resistenz

Die Unterschiede in der Anfälligkeit/Resistenz der angebauten Sorten sind quantitativer Art; ihr Niveau wird wesentlich mitbestimmt durch den örtlichen Befallsdruck, resp. die herrschenden Infektionsbedingungen. Bei spätem Epidemiebeginn (Würzburg 1994, Abb. 4 oben) blieb die Befallstärke bei allen Sorten von Ende Juli bis Anfang Oktober auf niedrigen Werten. Nur etwa 2 % der Blattfläche war durch Nekrosen abgestorben; der Infektionsdruck war so niedrig, daß selbst hochanfällige Sorten keine abweichenden Reaktionen erkennen ließen.

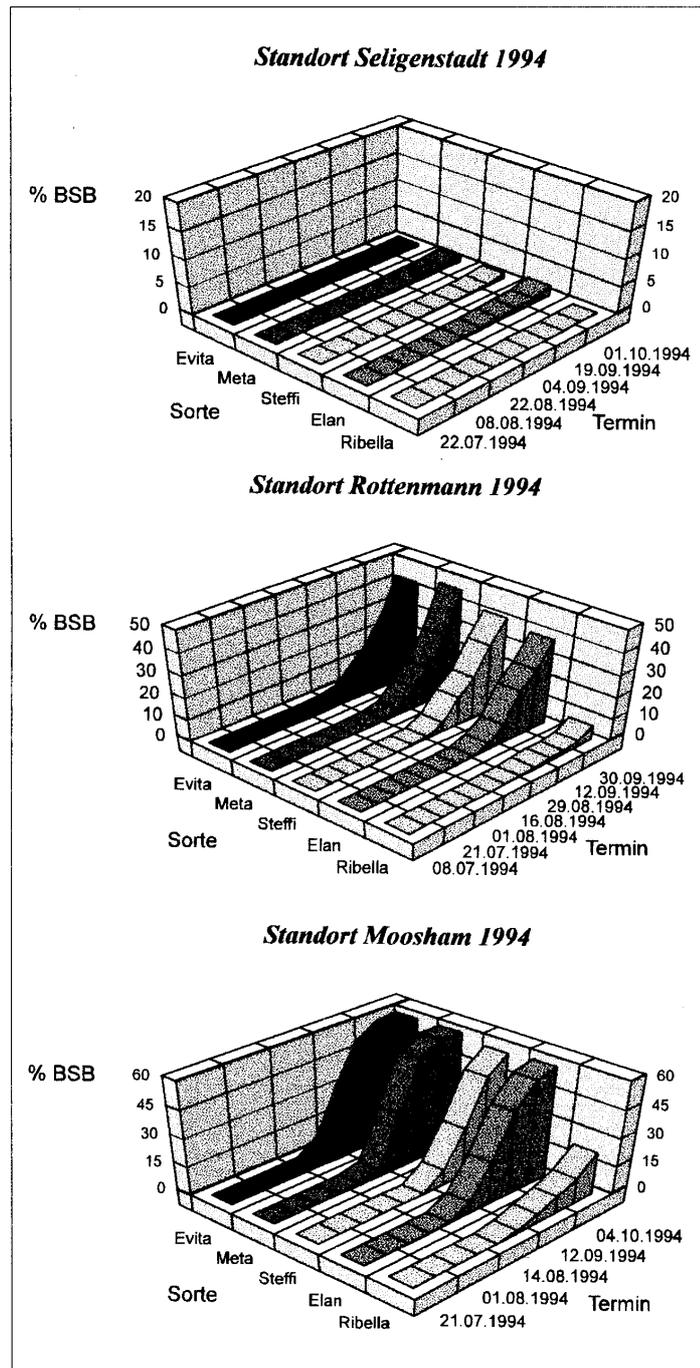


Abb. 4. Epidemieverlauf von *Cercospora beticola*; Einfluß von Sortenresistenz und Standort.

Fig. 4. Epidemic progress of *C. beticola*; influence of sugar beet cultivar and location. BSB = Severity of attack (average percentage of leaf necrosis per plant).

An den Standorten Rottenmann und Moosham ergaben sich 1994 Befallsentwicklungen, die zu einer deutlichen Differenzierung zwischen der resistenteren Sorte Ribella und den anfälligen Sorten führten (Abb. 4). Am Standort Rottenmann konnten erste Infektionen Ende Juli/Anfang August gefunden werden. Bis Ende August verbreitete sich der Erreger auf ca. 60 % der Blätter bei noch geringem Nekrosenanteil. Die folgende Periode ist von einem stärkeren Anstieg der Nekrotisierung geprägt. Die Befallsstärke erreichte in Rottenmann bei den anfälligen Sorten etwa 40 %, an Ribella nur 6 %. Nach Epidemiebeginn Mitte Juli am Standort Moosham und zunächst geringem Anstieg der Befallsstärke tritt gegen Ende August ein explosionsartiger Ausbruch der Symptombildung ein. In dieser Phase betragen die wöchentlichen Zuwachsraten an Nekrosen bis zu 15 % der assimilatorisch aktiven Blattfläche, am Ende der Vegetationsperiode (Anfang Oktober) beträgt der Anteil an Nekrosen bis zu 60 %. Auch bei der stärkeren Epidemie in Moosham konnte sich die Resistenz von Ribella auswirken, besonders in der stärksten Phase der Erregerausbreitung, allerdings erreichten die Blattschädigungen Nekrosewerte von 17 %.

Das Resistenzpotential von Zuckerrübensorten kann jedoch nicht alleinig auf der Basis befallsspezifischer Parameter beurteilt werden, sondern verlangt darüber hinaus eine Bewertung im Zusammenhang mit den ertraglichen Auswirkungen einer resistenzabhängigen Befallsminderung. Eine Einstufung des Resistenzvermögens kann erfolgen, indem das genetische Ertragspotential, bei weitgehender Ausschaltung des Erregers durch Fungizide, einer unbehandelten, dem natürlichen Befall ausgesetzten Variante, gegenübergestellt wird.

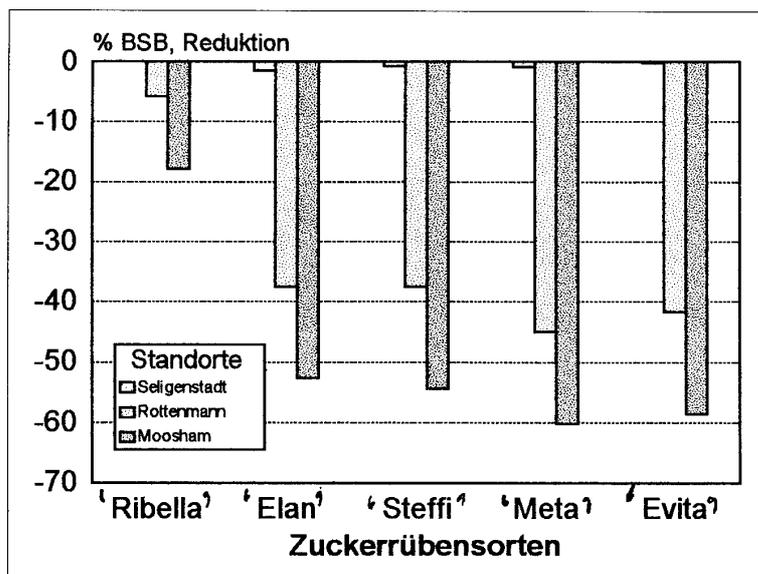


Abb. 5. Minderung der Nekrotisierung (%) nach epidemieorientierten Fungizidbehandlungen. Fig. 5. Reduction of necrosis after control of *Cercospora beticola* with fungicide treatments; influence of location and sugar beet cultivar.

Die Fungizidbehandlungen wurden epidemieorientiert nach einem vorläufigen Applikationskonzept ausgeführt. Eine erste Behandlung wurde ausgeführt bei einem Schwellenwert von 50 % Befallshäufigkeit (50 % BHB). Eine zweite Behandlung war angezeigt, wenn 25 % oder mehr Blätter einer Pflanze befallen waren (25 % BHP). Aus der Terminierung der Fungizidbehandlungen nach Bekämpfungsschwellen resultierte eine annähernd vollständige Minderung der befallenen Blattfläche. Die Höhe der Minderung verläuft analog dem standortspezifischen Befallsdruck (Abb. 5). Am Standort Moosham beträgt die Reduktion der Befallsstärke bis zu 60 %, am Standort Rottenmann ist eine Minderung der Nekrotisierung von 45 % zu verzeichnen. Entsprechend dem geringem Befallsdruck kann am Standort Seligenstadt die Nekroseminderung nur 2 % betragen. Bei

Betrachtung der Sorten innerhalb der Standorte schlägt sich eine höhere Sortenresistenz entsprechend auf den Umfang der Befallsreduktion nieder.

In Abbildung 6 ist die Ertragsreaktion bezüglich des bereinigten Zuckerertrages nach Fungizidbehandlung und weitgehender Ausschaltung des Erregers dargestellt. In bezug auf die standörtliche Schadrelevanz von *Cercospora beticola* hat der standortspezifische Befallsdruck wesentlichen Einfluß auf die Höhe der Verlustminderung. Aufgrund des geringen Befallsausmaßes ergeben sich am Standort Seligenstadt nach Bekämpfung lediglich Verlustminderungen im Bereich der zufälligen Schwankung. Die Sortenresistenz spielt hinsichtlich der Höhe der Minderung keine Rolle.

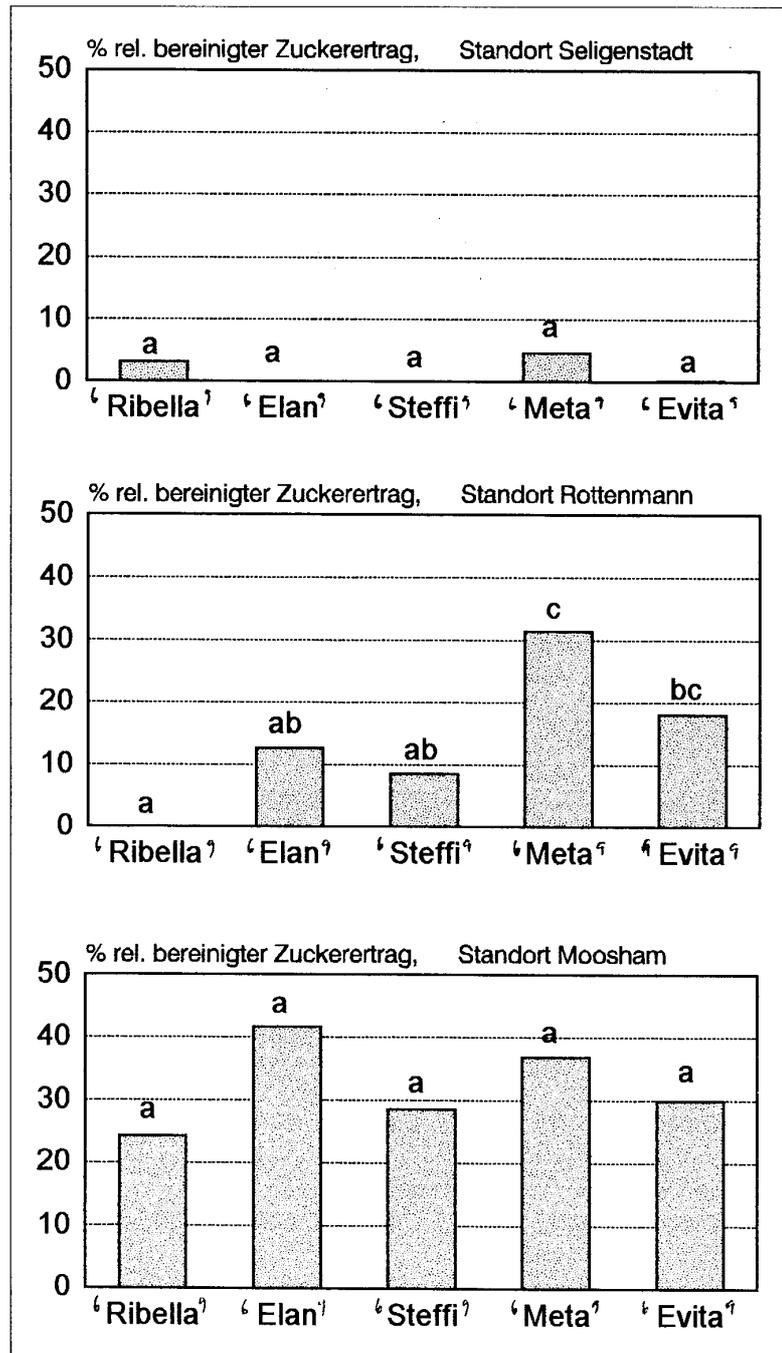


Abb. 6. Relativer Mehrertrag an bereinigtem Zucker nach Fungizidbehandlung; Einfluß von Standort und Sortenresistenz (Unterschiede nach Duncan's Multiple Range-Test).

Fig. 6. Relative increase of recoverable sugar after control of *Cercospora beticola* with fungicide treatments; influence of location and sugar beet cultivar (differences by Duncan's multiple range test).

Deutlich dagegen differenzieren sich die sortenspezifischen Verlustminderungen unter gemäßigttem Krankheitsdruck am Standort Rottenmann. Während in der Sorte Ribella ein höherer Resistenzgrad genügt, um Ertragsverluste einzudämmen, bewegt sich der Zuckerverlust in den übrigen Sorten etwa zwischen 10 und 30 %. Hier ist der Resistenzgrad unzulänglich, um Zuckerverluste im ausreichenden Maße aufzufangen.

Unter hohem Befallsdruck am Standort Moosham wird der Umfang an Zuckerverlusten in ähnlicher Tendenz von der Sortenreaktion geprägt, jedoch ist die Wirkung der Sortenreaktion nicht signifikant; der Mehrertrag an bereinigtem Zucker nach Fungizidbehandlung liegt bei mindestens 25 %, selbst in Sorten mit höherem Resistenzgrad.

4 Diskussion

Das Schadpotential von *Cercospora beticola* ist bisher unter mitteleuropäischen Bedingungen wenig konkretisiert worden; über die Beobachtung von jährlich wiederkehrenden Blattschädigungen hinaus wurden Zusammenhänge von Epidemiebeginn, Befallsschwere und Ertragsverlusten keiner näheren Analyse, welche einer laufenden Erfassung von Befallsparametern und Differenzierung von Krankheitssymptomen während einer Vegetationsperiode bedarf, zugeführt. Erhöhte Aufmerksamkeit erfuhr die Krankheit von Seiten der Zuckerindustrie, da die Minderung der technischen Verarbeitungsqualität auf den erhöhten Befall zurückgeführt wurde. Aus heutiger Sicht kann konstatiert werden, daß die Höhe der Verluste eher unter- als überschätzt wurde. Die Ertragssteigerungen in der Rübenmasse beliefen sich auf bis zu 30 %, im bereinigten Zuckerertrag bis zu 50 %, wobei Fungizidbehandlungen epidemieorientiert durchgeführt wurden und optimale Erregerkontrolle gewährleistet werden konnte. Ein derartiges Schadpotential scheint in hoher Regelmäßigkeit in den Rübenanbaugebieten Niederbayerns und der Oberpfalz gegeben, vor allem bei stärkerer Verbreitung anfälliger Sorten. Aus ökonomischer Sicht ist das monetäre Verlustpotential weit höher einzustufen als beispielsweise im Getreidebau; die Minderung in Massenertrag und Rübenqualität (Zuckergehalt, Ausbeute) kann zu Verlusten von mehr als 3000,- DM/ha führen (Kalkulation auf Basis der A-Quoten-Vergütung).

Entscheidend für das jahrgangsabhängige Schadpotential von *Cercospora beticola* ist der Beginn der Epidemie. In der ersten Phase der Epidemie scheint die Krankheitsprogression hinsichtlich des Verlustes an assimilatorisch aktiver Blattfläche über einen längeren Zeitraum gering zu bleiben, die wöchentlichen Zuwachsraten liegen unter 1 %. Jedoch verbreitet sich der Erreger in dieser Phase vertikal und horizontal bei sukzessiver Zunahme des Anteils befallener Blätter auf 60-70 %. In der Vegetationsperiode 1994 betrug die Zeitspanne bis zu einem stärkeren Anstieg der Nekrotisierung etwa 5-6 Wochen. Im Anschluß an diese Periode kann es zu einem explosionsartigem Ausbruch der Symptombildung kommen, der sich in wöchentlichen Steigerungen der Nekrotisierungsrate von 10-20 % an Blattfläche niederschlägt. Am Ende stehen Gesamtverluste an Blattfläche von bis zu 60 %, gefolgt von einem verstärkten Neuaustrieb von Blättern, der zu Lasten der Einlagerung von Assimilaten in den Rübenkörper geht.

Diese Ergebnisse finden Bestätigung in Untersuchungen von ROSSI UND BATTILANI (1987), wobei der Erregerperiodik ebenfalls eine erste Phase geringer Inzidenz zugeordnet wird. In der Frühphase der Epidemie beschränkt sich Befall vor allem auf die äußere Blattrosette bei geringer Befallsschwere. In der Folge wurden Befallszunahmen von bis zu 30 % in der Woche konstatiert mit stärkstem Befall der vollentwickelten, photosynthetisch aktiven Blätter. Eine dritte Phase ist gekennzeichnet von einem verstärktem Austrieb neuer Blätter, welche sukzessive in kurzen Zeitabständen befallen werden. Die epidemische Entwicklung

von *Cercospora beticola* nach dem Auftreten erster Symptome konnte von VAN PLANK (1963) und ZADOK und SCHEIN (1979) mit Hilfe von Regressionsrechnungen in mathematische Gleichungen gefaßt werden. Mit dem Rechenmodell läßt sich die Abfolge der unterschiedlichen Intensitäten der Krankheit in Abhängigkeit von der Zeit kalkulieren.

Die Effizienz einer Sortenresistenz befallsmindernd zu wirken, ist im Zusammenhang mit dem standortspezifischen Krankheitsverlauf zu interpretieren. Bei frühem Epidemiebeginn und entsprechend hohem Befallsdruck ist die Sortenresistenz besonders gefordert und kann einer vollständigen Schadenskontrolle nicht genügen. Bei mittlerem Befallsdruck - dieser war gegeben nach Epidemiebeginn in der ersten Augustdekade - differenziert sich die Sortenreaktion am deutlichsten; hier kann eine resistente Sorte durchaus vollständige Verlustminderung gewährleisten. Die Bedeutung der Resistenz von Zuckerrübensorten gegen *Cercospora beticola* wurde bereits von ROSSI und BATTILANI (1990) herausgestellt. Sie bestätigen das Vorhandensein von quantitativen Resistenzmerkmalen, welche sich in einer Verzögerung des Befalls äußern. In der Praxis könne dadurch die Häufigkeit von Fungizidspritzungen zurückgenommen werden.

Der Kern der Bemühungen im IPS-Modell-Zuckerrübe wird weiterhin in der Evaluierung von Bekämpfungsschwellen liegen, bei Abstimmung auf wichtige Interdependenzen von Erregerbiologie, Wirkungsmechanismen der Fungizide und Anbausystemen. Gegenüber Modellen, welche sich zur Kalkulation des aktuellen Befalls weitgehend auf mathematische Funktionen und Regressionen verlassen, stützt sich diese Methodik vorwiegend auf die tatsächliche Befallsentwicklung im Rübenbestand, wodurch die Irrtumswahrscheinlichkeit auf ein Minimum reduziert ist, Kenntnisse der Erregersymptomatologie vorausgesetzt. Ein weiterer Vorteil besteht darin, daß die Bestandeskontrollen ohne besondere Ausrüstung schlagspezifisch vom Landwirt, als eigentlichen Entscheidungsträger für Behandlungsmaßnahmen, vorgenommen werden können. Bei einem höchst komplexen Zusammenspiel der Einflußfaktoren ist dies eine wesentliche Voraussetzung, um den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln mit höchster Flexibilität (schlagspezifisch) zu handhaben, unter der Zielsetzung, den Input auf den unbedingt notwendigen Umfang zu begrenzen.

Danksagung

Unser Dank gilt der Südzucker AG und dem Kuratorium zur Förderung des Zuckerrübenanbaus in Süddeutschland, insbesondere der Arbeitsgemeinschaft Regensburg, für die Unterstützung bei der Ernte und Ertragsanalyse. Ebenso der KWS-Saatzucht (Seligenstadt) für die großzügige Bereitstellung von Versuchsfläche und Versuchsbetreuung. Den Herren Bachmeier (Sandoz), Bauer (KWS), Huber (Ciba), und Westermair (DuPont) sei gedankt für die exakte Ausführung der Fungizidapplikationen.

Literatur

BATTILANI P., BELTRAMI, G., MERIGGINI, I., PONTI, A., ROSSI, V., ROSSO, F., TUGNOLI, V., ZOCCA, A.: Nuovo indirizzi, di difesa anticercosporica.

Informatore Agrario, **46** (23), 53-70,1990

BLEIHOLDER, H., WELTZIEN, H.: Beiträge zur Epidemiologie von *Cercospora beticola* an der Zuckerrübe. 3. Geopathologische Untersuchungen.

Phytopath. Z. **73**, 46-86, 1972.

- HABERMEYER, J.: Integrierter Pflanzenschutz gegen Erreger von Pilzkrankheiten im Weizenanbau
Diss. Tech. Univ. München, pp. 185, 1993.
- HOFFMANN, G.M.: Grundlagen zur Definition von Bekämpfungsschwellen bei Erregern von Weizenkrankheiten.
Mitt. Biol. Anst. Land. und Forstw., Berlin Dahlem **266**, 133, 1990.
- HOFFMANN, G.M., VERREET, J.A., HABERMEYER, J.: Entwicklung und Einführung des "WEIZENMODELL BAYERN" im Rahmen des Integrierten Pflanzenschutzes.
Gesunde Pflanzen, **10**, 333-345, 1991.
- MAIER, J., HOFFMANN, G.M.: Entwicklung des "IPS-Gerstenmodell" in Bayern zur integrierten Bekämpfung von Pilzkrankheiten - Grundlagen und Fallstudien
Gesunde Pflanzen, **45**, 123-134, 1993.
- MERCK, M., HABERMEYER, J.: Monitoring von Fuß-, Blatt- und Ährenkrankheiten des Weizens in Bayern.
Kurzberichte Österreichische Pflanzenschutztage, Tulln, 15, 1993
- ROSSI, V., BATTILANI, P.: Dinamica delle epidemie di *Cercospora beticola* Sacc. su *Barbietola da zucchero*.
Phytopathologia-Mediterranea, **26** (3), 170-176, 1987.
- VAN PLANK, J.E.: Plant disease: Epidemics and control.
Academic Press, 349 ff., 1963.
- VERREET, J.A., HOFFMANN, G.M.: Schwellenorientiertes Entscheidungsschema für eine epidemiebezogene Bekämpfung von *Septoria nodorum* (Berk.) Berk. an Weizen.
Gesunde Pflanzen, **41**, 147-159, 1989.
- ZADOKS, J.C., SCHEIN, R.D.: Epidemiology and disease management.
Oxford University Press, 427 ff., 1979.