



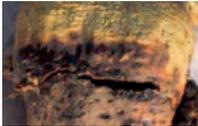
Rhizoctonia

und andere Wurzelfäulen der Zuckerrübe

Zukunft säen
seit 1856



Vergleich der Ursachen von Wurzelfäulen bei Zuckerrüben in österreichischen Anbaugebieten

Krankheit Ursache/Erreger	Verbreitung/Bedeutung	Befallsfördernd	Gegenmaßnahmen
 <p>Späte Rübenfäule <i>Rhizoctonia solani</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> Die Späte Rübenfäule hat große flächenmäßige und wirtschaftliche Bedeutung in Ober- und Niederösterreich 	<ul style="list-style-type: none"> Zusammenspiel vieler Faktoren löst vermutlich die Späte Rübenfäule aus Fruchtfolge, Witterung, Strukturschäden, Wasserverfügbarkeit haben Einfluss 	<ul style="list-style-type: none"> Sortenwahl Fruchtfolge Erntetermin Bodenbearbeitung
 <p>Rotfäule <i>Helicobasidium brebissonii</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> sehr gering vorkommend Erhebliche Verluste durch verminderte Qualität 	<ul style="list-style-type: none"> Hohe Bodentemperaturen Schlechte Bodenstruktur Aufeinanderfolgender Anbau von Wirtspflanzen 	<ul style="list-style-type: none"> Vermeiden von Strukturschäden Kein Anbau von Wirtspflanzen vor Zuckerrüben Unkrautkontrolle Frühe Ernte und Lieferung
 <p>Gürtelschorf <i>Actinobakterien/Aphanomyces cochlioides</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> Bekannt in allen österreichischen Anbaugebieten Nur begrenzte wirtschaftliche Bedeutung 	<ul style="list-style-type: none"> Feuchte Witterung Verdichtete Ackerböden Niedrige pH-Werte 	<ul style="list-style-type: none"> An den Standort angepasste Kalkversorgung Verbesserung der Bodenstruktur
 <p>Rübenkopfälchen <i>Ditylenchus dipsaci</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> Keine nennenshaften Schäden in Österreich 	<ul style="list-style-type: none"> Niedrige Temperaturen im Mai und Juni Feuchte Bodenbedingungen 	<ul style="list-style-type: none"> Weite Fruchtfolge und kein Anbau von Wirtspflanzen vor Zuckerrüben Unkrautkontrolle Frühe Ernte und Lieferung
 <p>Herz- und Trockenfäule <i>Bor-Mangel</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> Schlechte Bor-Versorgung auf vielen Böden in den Rübenanbaugebieten 	<ul style="list-style-type: none"> Trockenheit Mangelnde Versorgung des Bodens 	<ul style="list-style-type: none"> Bor-Düngung über das Blatt, z. B. in Verbindung mit letzter NAK Düngung vor Reihenschluss, da Bor für Blattbildung notwendig

Inhaltsverzeichnis

Einleitung	4
Späte Rübenfäule <i>Rhizoctonia solani</i>	5
Rotfäule <i>Helicobasidium brebissonii</i> – <i>Rhizoctonia violacea</i>	24
Gürtelschorf <i>Actinobakterien/Aphanomyces cochlioides</i>	30
Rübenkopfälchen <i>Ditylenchus dipsaci</i>	35
Herz- und Trockenfäule <i>Bor-Mangel</i>	40
Wichtige Fachbegriffe	43

Einleitung

Wurzelfäulen der Zuckerrübe können vielfältige Ursachen haben. Verschiedene Pilzgattungen, aber auch frei lebende Nematoden, Nährstoffmangel oder Boden- und Klimaeinflüsse können Fäule verursachen. Um den Ursachen begegnen zu können, ist es wichtig, die Symptome zu erkennen und sie richtig zuzuordnen. Da das Auftreten und die Auswirkungen von Wurzelfäulen im Jahresverlauf und im Vergleich verschiedener Jahre sehr variabel sein können, ist die Diagnose oft schwierig.

Die größte Bedeutung in der Praxis hat die Späte Rübenfäule, die durch die Infektion mit dem Pilz *Rhizoctonia solani* ausgelöst wird. Neben der Späten Rübenfäule treten aber auch immer wieder nennenswerte Fäulnisschäden durch Rotfäule, Gürtelschorf, Bor-Mangel und *Ditylenchus dipsaci* auf.

Diese Broschüre informiert kompakt über *Rhizoctonia* und andere wichtige Wurzelfäulen der Zuckerrübe. Eine genaue Beschreibung der einzelnen Krankheitsbilder sowie zahlreiche Abbildungen ermöglichen eine genaue Diagnose im Feld und helfen Verwechslungen zu vermeiden.

Späte Rübenfäule *Rhizoctonia solani*

Verbreitung und wirtschaftliche Bedeutung

Schon im Jahr 1858 isolierte Julius Kühn, der Begründer der landwirtschaftlichen Phytomedizin, den **Pilz *Rhizoctonia solani*** von befallenen Kartoffeln. *Rhizoctonia solani* ist weltweit verbreitet, kommt in nahezu allen Böden vor und ist einer der bedeutendsten Schaderreger an Kulturpflanzen. Von *Rhizoctonia solani* sind bisher 13 Anastomosegruppen (= Rassen) und 31 Untergruppen bekannt, die unterschiedlichste Wirtspflanzen haben können.

Rhizoctonia solani tritt schon seit langer Zeit in den USA, Chile, Japan und Südeuropa als Schaderreger an Zuckerrüben auf. In Mitteleuropa hat *Rhizoctonia solani* als Erreger der Späten Rübenfäule zu **Beginn der 90er-Jahre** Bedeutung erlangt. Die von der Späten Rübenfäule betroffene Fläche wird in der EU auf ca. 70.000 ha geschätzt. In Österreich sind jährlich ca. 5 % der Zuckerrübenfläche betroffen. Die Fläche mit latenter Befall dürfte größer sein. Die Krankheit tritt vor allem im gesamten oberösterreichischen und im angrenzenden Rübenanbaugebiet im niederösterreichischen Mostviertel auf. Weiters in der Region um Tulln an der Donau, teilweise im Weinviertel und im Mittelburgenland sowie im steirischen Murtal (Abb. 1). Einzelne Befallsflächen sind auch aus anderen Regionen bekannt. Allgemein wird mit einer zunehmenden Bedeutung der Späten Rübenfäule gerechnet.

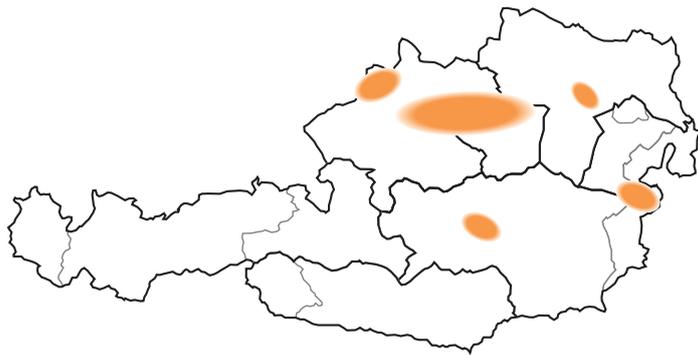


Abb. 1: Hauptbefallsgebiete der Späten Rübenfäule in Österreich

Rhizoctonia solani kann starke Schäden an Einzelpflanzen verursachen. Die **Verluste im Rübenantrag** sind sehr variabel: In Abhängigkeit vom Zeitpunkt der Infektion und der Größe der befallenen Fläche können sie zwischen 2 % und mehr als 50 % betragen. Untersuchungen haben gezeigt, dass der Zuckergehalt bei starkem Befall mit *Rhizoctonia solani* um mehr als 60 % reduziert werden kann (vgl. Abb. 2 a). Die **Lagerfähigkeit** und die **Verarbeitungsqualität** befallener Rüben sind stark beeinträchtigt (vgl. Abb. 2 b–d). Bei sehr schwer geschädigten Rüben kann es sogar zu einer Verweigerung der Annahme in der Zuckerfabrik kommen, denn das faule und degradierte Rübenewebe führt bei der Verarbeitung teilweise zu massiven Problemen bei der Extraktion und Filtration. Invertzucker und Farbstoffe können den Raffinationsprozess negativ beeinflussen.

a) Zuckergehalt (%)

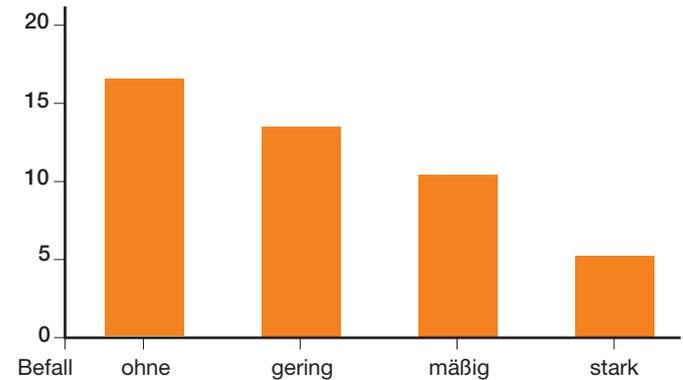


Abb. 2 a: Einfluss der Späten Rübenfäule auf den Zuckergehalt von Zuckerrüben (nach Büttner & Bürcky)

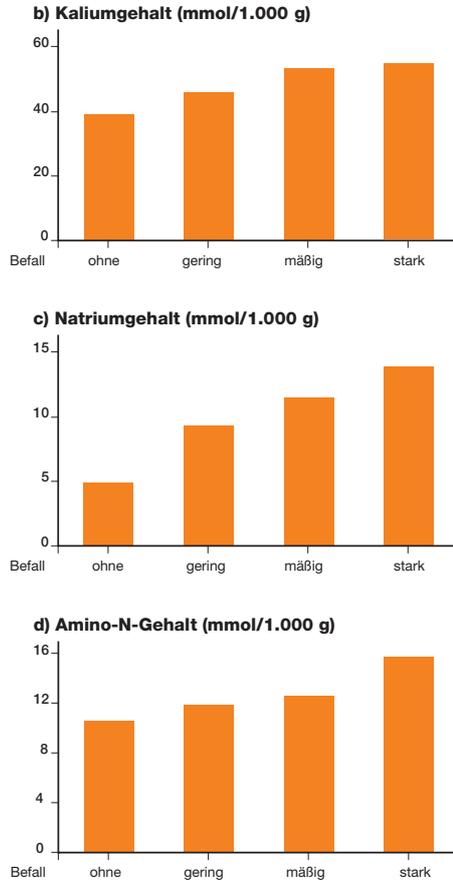


Abb. 2 b–d: Einfluss der Späten Rübenfäule auf die Qualität von Zuckerrüben (nach Büttner & Bürcky)

Symptome und Diagnose

Erste Symptome der Späten Rübenfäule können sich zum Reihenschluss zeigen. Oft wird der Befall erst im Spätsommer bis Herbst erkennbar. In kleinen, meist deutlich vom übrigen Bestand abgegrenzten Nestern, den Befallsherden, setzt zunächst eine **Welke der Blätter** von außen nach innen ein. Die Ausprägung der Krankheit ist auch von der Menge des Erregers im Boden, dem sogenannten Inokulumpotenzial, abhängig. Bei sehr starkem Befall mit *Rhizoctonia solani* können die Rüben vollständig absterben und es bilden sich **Lücken im Bestand** (Abb. 3).



Abb. 3: Die Späte Rübenfäule kann Lücken im Bestand hervorrufen

Befallene Rüben zeigen gegenüber gesunden einen deutlichen Minderwuchs. Die Späte Rübenfäule beginnt kurz unterhalb der Bodenoberfläche und verteilt sich mit zunehmender Krankheitsentwicklung über den gesamten Rübenkörper. Im oberen Drittel des Rübenkörpers finden sich graubraune bis schwarze **Faulstellen oder Risse** (Abb. 4). Diese sind zunächst nur an

der Rübenoberfläche zu beobachten. Im fortgeschrittenen Stadium gehen die Faulstellen ineinander über. Ein Schnitt quer durch den Rübenkörper zeigt eine deutliche Abgrenzung von gesundem und krankem Gewebe (Abb. 5).



Abb. 4: Starke Fäulnis durch *Rhizoctonia solani*



Abb. 5: Vergleich kranker und gesunder Rübenkörper – die Fäule schreitet von außen nach innen voran und lässt den Rübenkörper braun werden

Bei stark fortgeschrittener Fäule liegen die welken Blätter sternförmig auf dem Boden (Abb. 6) um die Rübe, die noch versucht, neue Blätter zu bilden (Abb. 7), bevor sie abstirbt.

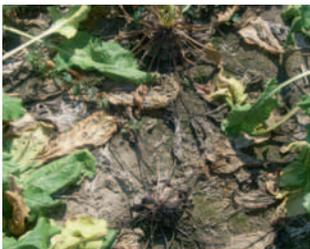


Abb. 6: Typisch für starken Befall mit *Rhizoctonia solani* – die abgestorbenen Blätter liegen sternförmig am Boden um die Rübe



Abb. 7: Bevor die Rübe abstirbt, bildet sie neue Blätter

In den Befallsherden sind oft alle Stadien der Krankheit nebeneinander zu finden (Abb. 8). Durch den Befall erkrankter Rüben mit Sekundärerregern kann es zu Trocken- oder Nassfäulen des Rübenkörpers kommen. Diese **sekundären Infektionen** durch Pilze, Bakterien und Nematoden erschweren eine genaue Diagnose. Auch wenn die beschriebenen Symptome vorhanden und die sonstigen Voraussetzungen für einen Befall mit *Rhizoctonia solani* gegeben sind, ist eine sichere Diagnose nur durch den **Nachweis** des Erregers **im Labor** möglich.

Als Standardmethode im Labor wird Pflanzenmaterial aus dem Übergangsbereich von befallenem zu gesundem Gewebe auf für *Rhizoctonia solani* spezifischen Medien in Petrischalen ausgelegt. Anhand typischer morphologischer Merkmale des wachsenden Myzels kann eine eindeutige Bestimmung des Erregers unter dem Mikroskop vorgenommen werden. Neuere Methoden arbeiten auf Basis spezieller Laborverfahren (ELISA) oder mithilfe molekularbiologischer Methoden (PCR).



Abb. 8: Unterschiedlich stark von *Rhizoctonia solani* befallene Rüben – von links nach zunehmendem Befall sortiert

Quelle: Institut für Zuckerrübenforschung, Göttingen

Erreger und Wirtspflanzen

Rhizoctonia solani gehört zur Klasse der *Fungi imperfecti* und stellt die asexuelle Form der Hauptfruchtform *Thanatephorus cucumeris* dar. Die unterschiedlichen Rassen von *Rhizoctonia solani* werden als **Anastomosegruppen** (AG) bezeichnet. Diese unterscheiden sich vornehmlich in ihrem Wirtspflanzenkreis und den Temperaturansprüchen zurzeit der Infektion. Innerhalb der einzelnen Anastomosegruppen gibt es Untergruppen, die sich durch einen mehr oder weniger engen Wirtspflanzenkreis auszeichnen (vgl. Tab. 1). Die verschiedenen Anastomosegruppen können an den Wirtspflanzen die unterschiedlichsten Krankheitsbilder hervorrufen.

Für die Zuckerrübe ist die Anastomosegruppe 2-2 wichtig. Für die AG 2-2 sind bisher die Untergruppen AG 2-2IIIB und AG 2-2IV beschrieben worden. Die Späte Rübenfäule wird in unseren Breiten durch *Rhizoctonia solani* der AG 2-2IIIB verursacht. Weitere Wirtspflanzen der AG 2-2IIIB sind z. B. Mais, Futterrüben und Reis. Die AG 4 befällt schon sehr früh die Keimpflanzen und hat so eine Bedeutung im Erregerkomplex der Umfallkrankheit der Zuckerrübe. Außerdem gilt die AG 4 als Erreger der Braunfäule der Blätter in den USA und Japan.

Tab. 1: Anastomosegruppen (AG) von *Rhizoctonia solani* und ausgewählte Wirtspflanzen

Anastomosegruppe	Wirtspflanzen
AG 1-IA	Bohnen, Gerste, Gräser, Mais, Reis, Soja, Sorghum
AG 1-IB	Apfel, Bohnen, Gräser, Kohl, Mais, Salat, Soja, Zuckerrüben
AG 1-IC	Buchweizen, Karotten, Nadelgehölze, Soja, Zuckerrüben
AG 1-ID	Kaffee
AG 2-1	Kreuzblütler, Erdbeeren, Tabak, Tulpen, Weizen, Zuckerrüben
AG 2-2IIIB	Zuckerrüben , Blumenzwiebeln, Futterrüben, Gräser, Ingwer, Mais, Reis, Soja, Zierpflanzen
AG 2-2IV	Zuckerrüben , Gräser, Karotten, Pfeffer, Spinat
AG 3	Kartoffeln, Tabak
AG 4	Zuckerrüben , Baumwolle, Bohnen, Erbsen, Erdnüsse, Gerste, Kartoffeln, Luzerne, Raps, Soja, Spinat, Tabak, Tomaten, Zierpflanzen
AG 5	Apfel, Bohnen, Erdbeeren, Gräser, Kartoffeln, Kichererbsen, Soja, Tabak, Weizen, Zuckerrüben
AG 6: HG-I, GV	Apfel, Karotten, Nelken, Weizen
AG 7	Baumwolle, Kartoffeln, Nelken, Rettich, Wassermelonen
AG 8	Getreidearten, Pfeffer, Kartoffeln
AG 9	Gerste, Kartoffeln, Kreuzblütler, Weizen
AG 10	Gerste, Weizen
AG 11	Gerste, Lupinen, Soja, Weizen
AG 12	Orchideen
AG 13	Baumwolle

Quelle: verändert nach Yang und Li (2012)

Rhizoctonia solani überdauert in Form von Sklerotien oder als Myzel auf organischer Substanz im Boden. Aufgrund des hohen saprophytischen Potenzials des Pilzes ist eine **mehrjährige Überdauerung** als Myzel an organischer Substanz möglich. Die Aktivität des Pilzes setzt mit steigender Bodentemperatur (> 15 °C) ein.

Rhizoctonia solani besiedelt die Oberfläche des Rübenkörpers und die Blattstiele, die Bodenkontakt haben. Mithilfe von Enzymen, die die Zellwand auflösen, dringen die Hyphen des Pilzes direkt in das Pflanzengewebe ein. Untersuchungen haben gezeigt, dass *Rhizoctonia solani* AG 2-IIIIB sowohl die **Blattstiele** und den **Rübenkopf** als auch das **Wurzelgewebe** befallen kann. Bevorzugte Eintrittspforten sind die unteren Abschnitte der Blattstiele, natürliche Risse im Rübenkopf und Korkzellen (Lentizellen) an Pfahl- und Seitenwurzeln.

Im Pflanzengewebe kann sich der Pilz sowohl zwischen als auch innerhalb der Zellen ausbreiten. Durch den Befall der Leitbahnen wird die Pflanze stark geschädigt bzw. stirbt ab, da die Wasser- und Nährstoffzufuhr behindert oder sogar unterbrochen wird. Die Verbreitung des Pilzes über Bodenpartikel (z. B. Bodenbearbeitungsgeräte, Erntemaschinen), aber auch über Wind- oder Wassererosion (Drainagewasser, Bewässerung) ist möglich, wird aber hinsichtlich der epidemiologischen Bedeutung als gering eingestuft.

Befallsfördernde Faktoren

Es wird vermutet, dass *Rhizoctonia solani* in allen Böden vorhanden ist und ein **Ausbruch** der Krankheit durch das **Zusammenspiel verschiedener äußerer Faktoren** wie Strukturschäden der Böden, mangelnde Durchlüftung, ungünstige Witterungskombinationen, hohe Bodenfeuchtigkeit, hohe Bodentemperaturen und die Fruchtfolge verursacht wird. Nur so ist zu erklären, dass in den letzten Jahren nahezu gleichzeitig eine deutliche Zunahme des Befalls in Frankreich, Deutschland, Österreich, den Niederlanden und anderen europäischen Ländern festgestellt wurde.

Schwere, schlecht drainierte Böden mit Hang zur Staunässe und schlechter Struktur sowie warme Witterungsbedingungen im Frühjahr und Sommer (> 25 °C) in Verbindung mit hohen Niederschlägen wirken sich befallsfördernd aus. In einigen Ländern, z. B. den Niederlanden, tritt der Pilz auch auf sandigen Böden mit hohem Grundwasserstand auf.

Maßnahmen zur Schadensminimierung

Der Krankheitsverlauf und das Ausmaß des Schadens durch *Rhizoctonia solani* sind wie bei anderen bodenbürtigen Krankheitserregern der Zuckerrübe vom Infektionspotenzial im Boden, von der Witterung und der Anbautechnik bestimmt. *Rhizoctonia solani* kann **Ertragsausfälle von über 50 %** verursachen. Nachfolgend sind pflanzenbauliche Maßnahmen beschrieben, mit denen der Späten Rübenfäule effektiv begegnet werden kann.

Bodenbearbeitung

Ziel aller Maßnahmen muss sein, negative Effekte zu vermeiden und die Bodenfruchtbarkeit zu fördern. Die fachgerechte Durchführung der Bodenbearbeitungsmaßnahmen schafft die Voraussetzungen für eine hohe biologische Aktivität (Durchlüftung, pH-Wert etc.) im Boden. Die Fruchtfolge sollte so gestaltet werden, dass die Bodenbearbeitung bzw. Befahrung grundsätzlich unter trockenen Bedingungen stattfinden kann. **Bodenverdichtungen** sind unbedingt zu **vermeiden**. Konservierende Bodenbearbeitungsverfahren haben grundsätzlich positive Effekte auf die Bodenstruktur. Die Einarbeitung großer Mengen organischer Materialien sollte in mehreren Arbeitsgängen geschehen. Das intensive Einmischen der zerkleinerten Erntereste in den Boden fördert die Rotte. Strukturschäden durch nicht termingerechte Bodenbearbeitung oder durch den Einsatz von Erntemaschinen sollten ausgeschlossen werden.

Erntetermin

Bei sehr starkem Befall ist ein **früher Rodetermin** zu bevorzugen, um ein weiteres Fortschreiten der Fäule zu unterbinden. Da *Rhizoctonia solani* die Qualität einer Rübenlieferung deutlich vermindert, ist es eine Möglichkeit, die kranken von den gesunden Rüben zu separieren.

Fruchtfolge

Durch die **Erweiterung der Fruchtfolge** wird das Inokulum, d. h. die Menge des Schaderregers im Boden, reduziert. Der Anteil der Zuckerrübe in der Fruchtfolge sollte maximal 33 % betragen. Mais und Ackergräser sind als Wirtspflanzen von Bedeutung. Deshalb erhöht eine enge Stellung von Zuckerrüben, Mais und Ackergräsern in der Fruchtfolge das Infektionspotenzial von *Rhizoctonia solani*.

Die Ernte sollte nur auf trockenen, tragfähigen Böden stattfinden. Bei sehr später Ernte von Körnermais bedarf es eines vorsichtigen Managements, um Strukturschäden und Strohmatte zu vermeiden. Auf Ernteresten von Vorfrüchten, insbesondere von Mais, kann der Pilz gut überdauern. Ein konsequentes **Strohmanagement** umfasst das Mulchen der Stoppeln bzw. des Strohs und eine flache Einarbeitung. Ein weiterer Nachteil können eine späte Ernte von Mais und die damit verbundene Gefahr von Strukturschäden sein.

Der Anbau von geeigneten **Zwischenfrüchten** ist in der Fruchtfolge einzuplanen. Aktuell wird diskutiert, dass Phacelia und auch Senf Wirtspflanzen für *Rhizoctonia solani* sein könnten. Abschließende Ergebnisse sind abzuwarten. Uneingeschränkt empfehlenswert ist der Anbau von Örettich. In engen Rübenfruchtfolgen bzw. bei weiteren Wirtspflanzen für Nematoden (z. B. Kohl, Raps) in der Fruchtfolge sollte Nematoden-reduzierender Örettich angebaut werden.

Die **Sortenwahl bei Mais** kann ebenfalls dazu beitragen, das Infektionsrisiko zu senken. KWS hat seit vielen Jahren ein spezielles Selektionsprogramm und kann für Befallsstandorte Maissorten mit geringerer Anfälligkeit gegenüber *Rhizoctonia solani* empfehlen.

Pflanzenschutzmaßnahmen

Die Applikation verschiedener fungizider Wirkstoffe in der Pille, aber auch die Spritzapplikation wird geprüft. Zurzeit ist noch kein Fungizid zur Bekämpfung von *Rhizoctonia solani* zugelassen. Antagonistisch wirksame Pilze und Bakterien haben einen bedeutenden Einfluss auf die Verteilung der *Rhizoctonia solani*-Population im Boden. Verfahren, die sich dies zunutze machen,

sind bisher nicht etabliert. **Saatgutbehandlungen** mit einer Kombination von Fungiziden und Antagonisten befinden sich in der Entwicklung. Ziel ist es, mit dem Fungizidanteil ein frühes Auftreten von *Rhizoctonia solani* zu bekämpfen und zusätzlich durch die Besiedlung mit antagonistisch wirkenden Mikroorganismen in der Rhizosphäre einen lang anhaltenden Schutz zu gewährleisten.

Sortenwahl

Ein sehr wichtiges Element zur Vermeidung bzw. Minderung von Schäden durch die Späte Rübenfäule ist die Sortenwahl. Durch langjährige Züchtung stehen **Rhizoctonia-resistente Sorten** für die unterschiedlichen Befallssituationen zur Verfügung. Für Regionen mit Starkbefall bis hin zu Flächen mit latentem Befall oder Rhizoctonia-Verdacht können unterschiedliche Sortentypen empfohlen werden.

Resistente Sorten stellen nie die alleinige Lösung dar. Ein integrativer Ansatz, der die Sortenwahl mit ackerbaulichen Maßnahmen verknüpft, verspricht den größten Erfolg bei der Bekämpfung dieser bodenbürtigen Krankheit. Ziel ist es, durch ackerbauliche Maßnahmen das Befallsrisiko zu mindern.

Resistenzzüchtung bei KWS

Die Resistenzzüchtung – speziell im Hinblick auf *Rhizoctonia solani* – hat bei KWS einen hohen Stellenwert: Schon 1999 wurde die erste Sorte mit einer Resistenz gegen *Rhizoctonia solani* in Europa für KWS zugelassen. Mittlerweile stehen für ein weites Spektrum an Befallssituationen die passenden **mehrfachtoleranten Sorten** mit einer Resistenz/Toleranz gegenüber Rhizoctonia und anderen Krankheiten zur Verfügung.

Resistenzquelle – Woher kommt die Resistenz in Zuckerrüben?

Die heute zugelassenen oder sich in offiziellen Prüfungen befindlichen Sorten mit Resistenz gegen *Rhizoctonia solani* gehen im Wesentlichen auf amerikanisches Zuchtmaterial zurück. Die amerikanischen Ursprungslinien bieten einen guten Schutz gegen die Späte Rübenfäule, zeigen jedoch eine vergleichsweise schwache Ertragsleistung (Abb. 9), unterdurchschnittliche Qualitätseigenschaften und eine geringe Schossfestigkeit.

Oberstes Ziel der züchterischen Arbeiten ist es daher, durch **Rückkreuzung** der Ursprungslinien mit Elitelinien **Ertrag** und **Qualität** zu **verbessern** sowie die Schossfestigkeit zu erhöhen. Gleichzeitig soll das hohe Resistenzniveau gehalten werden. Parallel wird versucht, u. a. in Wildrüben neue Resistenzquellen zu identifizieren. Diese Arbeiten sind sehr komplex und lassen keine schnellen Fortschritte erwarten. Bis aus Wildrüben sortenreifes Material entwickelt werden kann, vergehen oft viele Jahre züchterischer Arbeit.

Auf jeder Züchtungsstufe muss sichergestellt werden, dass die neuen Linien nicht nur in ihrer Leistung verbessert wurden, sondern dass auch die Resistenz gegenüber *Rhizoctonia solani* in ihrem Erbgut erhalten geblieben ist. Da die Resistenz gegenüber der Späten Rübenfäule durch viele Gene vererbt wird, ist der Züchtungsprozess sehr aufwendig. Die daraus hervorgehenden Linien zeichnen sich dann durch eine geringere Resistenzhöhe aus und bieten bei Starkbefall nicht den vollen Schutz. Um eine hohe Resistenz im Zuchtmaterial zu garantieren, ist eine intensive Resistenzprüfung notwendig. Die KWS führt **Resistenzprüfungen** zur Rhizoctonia-Rübenfäule weltweit in zahlreichen Ländern durch.

Resistenzprüfung – Wie erkennt man Resistenzunterschiede?

Die Resistenzprüfung von Zuchtmaterial und Sorten erfolgt derzeit im Feld unter natürlichen Befallsbedingungen oder nach künstlicher Inokulation. Auch Gewächshaus- und Laborprüfungen werden durchgeführt. Da im Feld die Späte Rübenfäule meist nur nesterweise vorkommt und die Befallsstärke in einzelnen Jahren stark von den Umweltbedingungen beeinflusst wird, helfen Inokulationsmethoden, einen gleichmäßigen Befall herzustellen und die Befallsstärke zu steuern. Demnach sind oft mehrjährige Versuche notwendig, um die besten neuen Sorten zu identifizieren.

Zur Erfassung von Resistenzunterschieden werden unter Befall Zählungen von Pflanzenausfällen sowie **Bonituren** durchgeführt. Dabei werden sowohl die Parzellen bonitiert als auch der **Fäulnisgrad** pro Einzelrübe ermittelt. In einem großen Versuchsfeld müssen oft mehrere Tausend Rüben einzeln in die Hand genommen werden, um die Ausprägung der Resistenz zu bewerten. Die Prüfung des Zuchtmaterials ist damit aufwendig und ein Grund für die hohen Entwicklungskosten neuer Sorten.

Mehrfachtolerante Sorten – Ein Schritt zum Schutz gegen die Späte Rübenfäule

Der Anbau mehrfachtoleranter Sorten ist in Regionen mit Rhizoctonia-Befall ein festes Element zur Bekämpfung der Krankheit. Sorten mit einem hohen Resistenzniveau gegenüber *Rhizoctonia solani* sind vorrangig für **Starkbefallsgebiete** zu empfehlen. In Kombination mit begleitenden pflanzenbaulichen Maßnahmen kann das Befallsrisiko deutlich vermindert werden. Ganz auszuschließen ist ein Befall auch dann nicht. In Jahren mit sehr hohem Befallsdruck kann selbst bei Anbau der Sorte mit dem höchsten Resistenzniveau die Späte Rübenfäule auftreten.

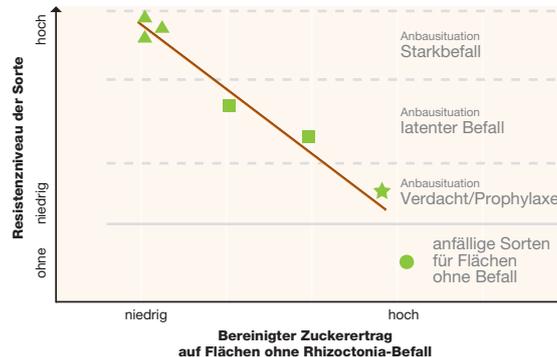


Abb. 9: Rhizoctonia-Resistenz und Bereinigter Zuckerertrag sind auf Flächen ohne Befall negativ korreliert
Quelle: Einschätzung der Sortencharakteristik nach eigenen Versuchen

Grundsätzlich können für die **Sortenwahl** folgende Situationen unterschieden werden:

- ▲ Sorten mit hohem Resistenzniveau sind speziell für **Starkbefallsflächen** gezüchtet.
- Sorten mit mittlerem Resistenzniveau, jedoch mit höherem Ertragsniveau können auf Flächen mit **latentem Rhizoctonia-Befall**, d. h. nur wenige schwach befallene Einzelrüben, eine interessante Alternative sein.
- ★ Sorten zur **Prophylaxe** oder für **Verdachtsflächen**, d. h. Rhizoctonia ist bisher noch nicht aufgetreten, aber es liegen mehrere befallsfördernde Faktoren vor oder Rhizoctonia ist bereits in der Region aufgetreten. Dieser Sortentyp kombiniert ein sehr hohes Ertragspotenzial mit einer geringeren Anfälligkeit gegenüber Rhizoctonia.
- Sorten für **Flächen ohne Rhizoctonia-Befall**: Sorten ohne Resistenzeigenschaften bieten das höchste Ertragspotenzial, aber keinen Schutz gegen Rhizoctonia.

Die **Prophylaxe** ist sowohl bei der Sortenwahl als auch bei begleitenden ackerbaulichen Maßnahmen ein sehr wichtiger Aspekt des nachhaltigen Anbaus. Das gilt insbesondere für Flächen, die zum Beispiel hohen Temperaturen und hoher Bodenfeuchtigkeit sowie einer hohen mechanischen Belastung des Bodens ausgesetzt sind. In Fruchtfolgen, in denen die Zuckerrübe mit anderen Wirtspflanzen für *Rhizoctonia solani* steht (Mais, Futterrüben, Gräser), ist es sinnvoll, Sorten mit geringerer Anfälligkeit gegenüber *Rhizoctonia solani* zu wählen. Die unsachgemäße Einarbeitung großer Mengen organischen Materials fördert den Befall. Besondere Sorgfalt ist bei der Einarbeitung der Erntereste von Körnermais geboten, wenn dieser Arbeitsgang spät im Jahr unter kalten und evtl. nassen Bodenbedingungen erfolgt. Durch den Anbau früher abreifender Sorten kann das Bearbeitungsfenster deutlich verlängert werden. Für eine gleichmäßige Rotte ist das vorherige Mulchen des Maisstrohs erforderlich. Beim Maisanbau als Substrat für Biogasanlagen müssen dagegen deutlich geringere Strohmenngen in den Boden eingearbeitet werden.

Zusammenfassung und Ausblick

Rhizoctonia solani als Erreger der Späten Rübenfäule hat über die vergangenen 20 Jahre in den europäischen Anbaugebieten an Bedeutung gewonnen.

- Strukturschäden, insbesondere **Verdichtungen**, sowie hohe **Bodenfeuchtigkeit** fördern den Befall.
- Der Befall zeigt sich evtl. bereits zum Reihenschluss, deutlich im Spätsommer und Herbst. In Befallsnestern welken die Rüben und zeigen deutlichen Minderwuchs.
- Am Rübenkörper entstehen graubraune bis schwarze **Faulstellen** und **Risse**, im stark fortgeschrittenen Stadium liegen die welken Blätter sternförmig auf dem Boden.
- Durch **pflanzenbauliche Maßnahmen** zur Förderung der Bodenfruchtbarkeit kann der Krankheit vorgebeugt werden:
 - Vermeidung von Bodenverdichtungen und Strukturschäden (keine Befahrung und Bearbeitung der Böden in überfeuchtem Zustand, Niederdruckbereifung etc.)
 - Mulchen von Ernteresten
 - Sorgfältige Einarbeitung von organischem Material
 - Zwischenfruchtanbau
 - Vielseitige Fruchtfolge
 - Ausgewogener Nährstoffeinsatz

Achtung!

Trotz des verstärkten Auftretens der Krankheit in den letzten Jahren handelt es sich bei faulenden, braun bis schwarz gefärbten Rüben nicht zwangsläufig um einen Befall mit *Rhizoctonia solani*. Es bestehen Verwechslungsmöglichkeiten mit anderen den Rübenkörper befallenden Fäulen. Eine sichere Diagnose der Späten Rübenfäule kann nur durch Nachweismethoden im Labor erfolgen!

Rotfäule

Helicobasidium brebissonii – *Rhizoctonia violacea*

Verbreitung und wirtschaftliche Bedeutung

Als Ursache der Rotfäule bei Zuckerrüben gilt die Infektion mit dem Pilz *Helicobasidium brebissonii*. Die Rotfäule ist auch unter dem Namen *Rhizoctonia violacea* bekannt, entsprechend der Myzelform des verursachenden Pilzes. *Helicobasidium brebissonii* ist in den Ackerböden Europas und Nordamerikas verbreitet. Rotfäule tritt in England, Frankreich und Spanien regelmäßig auf. Daneben sind in den USA bestimmte Anbauregionen betroffen.

In Deutschland zeigte sich in der jüngeren Vergangenheit an Standorten im Westen und Norden Rotfäule an Zuckerrüben - in Österreich ist sie bis jetzt kaum aufgetreten. Der Befall beschränkte sich dabei auf einzelne Nester, die räumliche Ausbreitung im Feld blieb meist eher gering. Die Rotfäule kann durchaus wirtschaftliche Verluste verursachen, da der Zuckergehalt der befallenen Rüben um bis zu 5 % abnimmt, die qualitätsmindernden Inhaltsstoffe Kalium und Natrium dagegen deutlich ansteigen. Im Vergleich zur Späten Rübenfäule *Rhizoctonia solani* verursacht Rotfäule jedoch meist deutlich geringere Schäden.



Abb. 10: Von *Helicobasidium brebissonii* befallene Stellen sind mit einem rot bis dunkelviolettfärbten Myzel überzogen

Symptome und Diagnose

Ähnlich wie die Späte Rübenfäule tritt die Rotfäule der Zuckerrübe in kleinen **Nestern** auf. Die Rotfäule lässt sich aber auch an Einzelpflanzen beobachten. Im Feld kommt es selten zu einem flächigen Befall. In Einzelfällen können die betroffenen Rüben Welkesymptome zeigen.

Die deutlichsten Symptome sind am Rübenkörper zu beobachten. Daher wird der Befall mit Rotfäule in der Regel erst nach der Rodung bemerkt. Der Rübenkörper wird von einem **rot bis dunkelviolett gefärbten Pilzmyzel** überwachsen (Abb. 10). Dieses gibt der Rotfäule ihren Namen. Der Pilzbelag ist im oberen und mittleren Bereich des Rübenkörpers ausgeprägter als an der Wurzelspitze. Der Pilz besiedelt die Rübe nur oberflächlich und bewirkt eine **flache Fäule** am Rübenkörper. Durch das Aufschneiden der Rübe wird der Befall des äußeren Gewebes sichtbar. Zur Ernte kann an rotfaulen Rüben manchmal auch eine tiefe Fäule beobachtet werden (Abb. 11). Diese wird jedoch von Sekundärerregern verursacht, die in die geschwächte Rübe eindringen. Befallene Rüben zeichnen sich durch einen **erhöhten Erdanhang** aus (Abb. 12).

Bei der Diagnose ist es wichtig, den Erdanhang von den verdächtigen Rüben zu entfernen. In Abhängigkeit vom Zeitpunkt der Ernte zeigen die befallenen Rüben einen mehr oder weniger ausgedehnten, anfangs roten, später dunkelvioletten Pilzbelag. Da die beschriebenen Symptome sehr typisch sind, besteht nur geringe Verwechslungsgefahr.



Abb. 11: Im Querschnitt wird der Befall des äußeren Rübengewebes sichtbar



Abb. 12: Die Rotfäule bewirkt einen starken Erdanhang. Darunter verbirgt sich eine flache Fäule im mittleren und unteren Bereich des Rübenkörpers
Quelle: Nordzucker

Erreger und Wirtspflanzen

Auslöser der Rotfäule ist der Pilz *Helicobasidium brebissonii* aus der Familie der *Auriculariaceae* (Ohrklappenpilzartige) mit der Myzelform *Rhizoctonia violacea*. Der Pilz überdauert als Myzelgeflecht auf Pflanzenresten oder in Form von Sklerotien. Diese Dauerorgane bleiben im Boden über mehrere Jahre lebensfähig. Das Myzel des Pilzes keimt bei **Bodentemperaturen** ab 13 °C aus, das Optimum liegt bei **22–25 °C**. *Helicobasidium brebissonii* wächst aktiv auf die Wirtspflanzen zu, besiedelt sie und bildet Infektionskissen, über die er aktiv in das pflanzliche Gewebe eindringt.

Helicobasidium brebissonii hat einen großen **Wirtspflanzenkreis**:

- Viele Kulturpflanzen (z. B. Karotten, Kartoffeln, Klee, Luzerne, Petersilie, Raps, Schwarzwurzeln, Sellerie, Spargel)
- Verschiedene Unkräuter (z. B. Ackerdistel, Brennessel, Hirtentäschelkraut, Schafgarbe, Vogelmiere)

Befallsfördernde Faktoren

Rotfäule tritt sowohl auf sandigen als auch auf humosen und kalkhaltigen Böden auf. Gefördert wird die Rotfäule **durch hohe Bodentemperaturen**, durch Bodenverdichtungen und eine insgesamt **schlechte Bodenstruktur**. Ein aufeinanderfolgender Anbau von **Wirtspflanzen** kann das Befallsrisiko erhöhen.

Bislang sind nicht alle Mechanismen bekannt, die zu einem Befall mit Rotfäule führen. Der Pilz kann im Boden mehrere Jahre überdauern, tritt aber nur sporadisch auf. Es ist davon auszugehen, dass erst ein Zusammenspiel verschiedener Umweltfaktoren den Befall der Zuckerrübe mit Rotfäule ermöglicht. Daher ist selbst auf Flächen, die schon einmal Befall gezeigt

haben, kaum vorhersagbar, ob und wann Rotfäule wieder auftreten wird. Da die Krankheit spät im Jahr auftritt, ist ihr Schädigungspotenzial begrenzt. Zu beachten ist, dass Rotfäule in der Rübenmiete nicht stagniert, sondern eine Mietenfäule auslösen kann.

Maßnahmen zur Schadensminimierung

Durch pflanzenbauliche Maßnahmen kann dem Auftreten der Rotfäule vorgebeugt werden:

- **Vermeidung von Strukturschäden** bei Bodenbearbeitung und Ernte
- Verbesserung der Bodenstruktur durch Zwischenfruchtanbau
- Begrenzung des Anteils an **Wirtspflanzen** in der **Fruchtfolge**
- Kein Anbau von Wirtspflanzen unmittelbar vor Zuckerrüben
- Strikte **Unkrautkontrolle**
- Separieren fauler Zuckerrüben
- **Frühe Ernte** und zeitnahe Lieferung an die Zuckerfabrik

Sortenwahl

Rotfäule wird erst in den letzten Jahren etwas vermehrt beobachtet. Sorten mit einer erhöhten Widerstandskraft gegenüber Rotfäule stehen derzeit noch nicht zur Verfügung. In der Züchtung wird daran gearbeitet, geeignete Genotypen für Flächen mit Rotfäule-Befallsrisiko zu identifizieren.

Achtung!

Zuckerrüben, die eine Resistenz gegenüber der Späten Rübenfäule *Rhizoctonia solani* aufweisen, haben nicht automatisch auch eine Resistenz gegenüber der Rotfäule *Rhizoctonia violacea*!

Wenn nur von „Rhizoctonia“ gesprochen wird, ist meist *Rhizoctonia solani*, die Späte Rübenfäule, gemeint.

Gürtelschorf

Actinobakterien/ *Aphanomyces cochlioides*

Verbreitung und wirtschaftliche Bedeutung

Der Gürtelschorf bei Zuckerrüben entsteht nur unter sehr speziellen Umweltbedingungen. Die Krankheit entwickelt sich im Sommer bei lang anhaltend feuchter Witterung auf verdichteten Ackerböden. In allen deutschen und österreichischen Zuckerrübenanbaugebieten können immer wieder Fälle von Gürtelschorf beobachtet werden. Als Auslöser der Krankheit gelten Actinobakterien (auch als *Actinomyces* bezeichnet) bzw. der Pilz *Aphanomyces cochlioides*. Häufig befallen andere Bakterien und Pilze die geschwächten Zuckerrüben. Vor allem diese Sekundärbesiedlung löst Fäulnis aus und mindert den Ertrag und die Qualität. Der Schaden durch Gürtelschorf ist selten wirtschaftlich bedeutsam.

Symptome und Diagnose

Als typisches Schadbild zeigt die Rübe einen **schorfigen Belag**. Dieser beginnt am Rübenkopf und setzt sich unterhalb der Bodenoberfläche fort. Der Schorf kann partiell auftreten oder sich gürtelartig um den ganzen Rübenkörper ziehen. In vielen Fällen bleibt es bei einem leichten oberflächlichen Befall, der lediglich durch die schorfige Oberfläche erkennbar wird. Bei starkem Befall bilden sich flache bis tiefe senkrechte Furchen. Vor allem unterhalb des Gürtels, in der Mitte des Rübenkörpers, kommt es zu **Einschnürungen** (Abb. 13 und Abb. 14). Diese können unterschiedlich tief ausfallen. Die Krankheit dringt langsam in die Rübe vor. Meist wird nur die Oberfläche geschädigt und das darunterliegende Gewebe bleibt weiß und gesund. Gürtelschorf verursacht eine schorfige, trockene Oberfläche.

Fäulnis kann sich durch einen Sekundärbefall mit Bakterien oder anderen Pilzen ausbreiten und den Rübenkörper schädigen. Gürtelschorf kann nicht am Blatt erkannt werden, sogar bei sehr starker Fäule bleibt der Blattapparat grün (Abb. 15). Bei stärkerem Befall sind am Rübenkörper in Höhe der Bodenoberfläche Einschnürungen erkennbar. Sehr stark befallene Einzelpflanzen können im Herbst mit dem Fuß umgetreten werden und werden deshalb auch als „Fußballrüben“ bezeichnet. Bei der Ernte neigen die eingeschnürten Rüben zum Abbrechen. Die Rübe muss für eine sichere Diagnose aus dem Boden gezogen werden.



Abb. 13: Charakteristisch für Gürtelschorf ist die tiefe Einschnürung des Rübenkörpers



Abb. 14: Auf befallenen Flächen sind häufig mehrere Stadien der Krankheit vorzufinden



Abb. 15: Abgefallener Rübenkopf – bemerkenswert ist der grüne intakte Blattapparat

Erreger und Wirtspflanzen

Actinobakterien gelten seit Langem als Erreger von Gürtelschorf. Sie gehören zur Gruppe der Strahlenpilze. Jüngere Untersuchungen sehen dagegen den Pilz *Aphanomyces cochlioides* als Auslöser der Krankheit. Von *Aphanomyces* ist bereits lange Zeit bekannt, dass er am Wurzelbrand des Zuckerrübenkeimlings beteiligt ist. Sowohl Actinobakterien als auch *Aphanomyces* kommen nahezu weltweit und in fast allen Rübenanbauregionen vor. Gürtelschorf tritt bei bestimmter Witterung im Zusammenspiel mit schlechter Bodenstruktur auf. Zu den Wirtspflanzen des Gürtelschorferregers gehören vor allem Pflanzen, die unterirdische Speicherorgane besitzen, wie z. B. Kartoffeln und Karotten.

Befallsfördernde Faktoren

Gürtelschorf ist nach aktuellem Wissensstand kaum in der Lage, aus eigener Kraft in gesundes Rübengewebe einzudringen. Er ist zum Befall der Rüben auf Eintrittspforten angewiesen. Solche Eintrittspforten können durch mechanische Beschädigungen entstehen. Auch Wachstumsrisse, die in Phasen von starkem Rübenwachstum auftreten, kann der Erreger nutzen. In Kombination mit **hohen Temperaturen**, **hohen Niederschlagsmengen** und dem damit verbundenen **Luftmangel im Boden** kann es dann zu einem Befall mit Gürtelschorf kommen. Verdichtete Böden mit **niedrigem pH-Wert** und **schlechter Wasserführung** fördern den Befall ebenfalls. Insbesondere Standorte mit starken Sommerniederschlägen und schlechter Bodenstruktur und Kalkversorgung sind gefährdet. Eine standortgerechte Kalkversorgung in Verbindung mit einer stabilen Bodenstruktur wirkt auch bei nassen Bedingungen befallsmindernd.

Maßnahmen zur Schadensminimierung

Gürtelschorf kann nicht direkt bekämpft werden. Indirekte Maßnahmen zur Verbesserung der Bodenstruktur und zur Verbesserung der Gefügestabilität wirken sich positiv aus, wenn es gelingt, **Verschlämmungen** und **Stauässe** zu **vermeiden** und die **Durchlüftung** der Böden zu **fördern**. Bei der Saatbettbereitung zu Zuckerrüben sollten oberflächliche Verdichtungen durch zu feuchtes Bearbeiten vermieden werden. Verschlämmungsgefährdete Böden sollten nicht zu fein hergerichtet werden. Der Kalkzustand und der pH-Wert des Bodens sollten über regelmäßige Bodenproben kontrolliert werden und im optimalen Bereich gehalten werden. Generell wird durch gleichmäßig günstige Wachstumsbedingungen für die Rüben die Gefahr des Befalls mit Gürtelschorf vermindert.

Sortenwahl

Die Sortenwahl kann zukünftig eine Option sein. Grundsätzlich scheint es bei Zuckerrüben eine Variabilität in der Anfälligkeit gegenüber Gürtelschorf zu geben. Ob die beobachtete Variabilität zur Züchtung neuer, gegenüber dem Schaderreger toleranter bzw. resistenter Sorten genutzt werden kann, ist ungewiss. Eine direkte züchterische Bearbeitung ist schwierig, da viele Aspekte des Gürtelschorfbefalls bislang nicht erforscht sind. Aktuell ist von keiner marktgängigen Sorte eine geringere Anfälligkeit gegenüber Gürtelschorf bekannt. KWS führt auf speziellen Selektionsfeldern eine gezielte Prüfung des Züchtungsmaterials durch, um auch hier einen Beitrag zur Vorbeugung zu leisten.

Was mindert den Befall?

- Gut strukturierte und durchlüftete Böden
- Gute Kalkversorgung und standortoptimaler pH-Wert
- Ausreichende Humusversorgung

Rübenkopffälchen *Ditylenchus dipsaci*

Verbreitung und wirtschaftliche Bedeutung

Das Rübenkopffälchen (*Ditylenchus dipsaci*) verursacht nur in wenigen Regionen Schäden von wirtschaftlicher Bedeutung, obwohl es in den meisten Rübenanbaugebieten Europas punktuell zu finden ist. In Deutschland ist seit einigen Jahren vor allem im **Rheinland** ein verstärkter Befall zu beobachten. Daneben sind in jüngster Zeit Schäden in der **Westschweiz** aufgetreten. In Österreich ist noch kein Fall bekannt. Bei starkem Befall kann es zu Einbußen im Rübenantrag bis zu 50 % kommen und der Zuckergehalt kann um 1,5 % abnehmen. Zusätzlich erschweren Veränderungen am Rübenkörper die maschinelle Ernte.

Symptome und Diagnose

An jungen Zuckerrübenpflanzen zeigt sich der Befall durch Missbildungen (Kräuselungen, Verdrehungen, blasige Verdickungen) an den Herzblättern und teilweise durch Anschwellen des Hypokotyls. Im Verlauf des Sommers – ab etwa August – bilden sich **schorffartige Flecken** in der Kopfreion, die sich später schwarz färben und in das Rübenfleisch übergehen. **Sekundärinfektionen** mit Pilzen und Bakterien verursachen an den befallenen Stellen Fäulnis und es kommt zum Schadbild der **Rübenkopffäule** (Abb. 16). Bei hoher Feuchtigkeit werden auf der Rübe weiße Pusteln sichtbar (Abb. 17). Im Zuge eines schweren Befalls kann der Rübenkopf sogar vollständig abfaulen (Abb. 18). Der Befall wird meist erst bei der Ernte bemerkt, da die Blätter nicht geschädigt werden und selbst bei Trockenheit kaum Welkeerscheinungen auftreten.



Abb. 16: Ditylenchus setzt am Rübenkopf an und kann dort tiefe Faulstellen verursachen



Abb. 17: Bei feuchter Witterung treten weiße Pusteln am Rübenkopf auf



Abb. 18: Im Endstadium ist das Rübengewebe vollständig von Fäulnis zersetzt

Erreger und Wirtspflanzen

Beim Rübenkopfälchen handelt es sich um einen **frei lebenden Nematoden** (Fadenwurm). Das Rübenkopfälchen ist nur 1,0–1,6 mm groß und gehört zur Gruppe der Stock- und Stängelälchen. An Verletzungen des Hypokotyls oder über Spaltöffnungen der Blätter dringen die Rübenkopfälchen im späten Frühjahr in die Rübe ein. Für einen Befall ist ausreichend Wasser nötig. Die Vermehrung ist im Frühjahr sehr stark, nimmt im Sommer ab und steigt im September wieder an. Das Älchen ist nur im Grenzbereich von gesundem und verbräuntem Gewebe zu finden. Sein **Wirtspflanzenkreis** ist sehr groß:

- Viele Kulturpflanzen, z. B. Bohnen, Hafer, Mais, Karotten, Kartoffeln, Klee, Luzerne, Roggen, Senf, Tabak und Zwiebeln
- Verschiedene Zierpflanzen
- Unkräuter und Gräser, z. B. Taubnessel, Vogelmiere, Melde, Knöterich, Klettenlabkraut, Flughafer, Quecke

Bei Leguminosen (z. B. Erbsen und Bohnen) kommt hinzu, dass das Rübenkopfälchen auch die Samen befallen kann und damit eine Übertragung in die nächste Pflanzengeneration möglich ist. Von einem befruchteten Weibchen können bis zu 500 Eier abgelegt werden. Innerhalb von 3 bis 4 Wochen entwickelt sich die neue Generation bis zur Geschlechtsreife. Erwachsene Tiere haben eine Lebenserwartung von 45 bis 73 Tagen. Es sind jährlich 4–5 Generationen möglich. Im Herbst wandern die Älchen in den Boden und überwintern in unterschiedlichen Entwicklungsstadien.

Befallsfördernde Faktoren

Niedrige Temperaturen im Mai und Juni sowie **feuchte Bodenbedingungen** begünstigen den Befall. Bevorzugt werden die noch kleinen Pflanzen befallen. Rübenkopffälchen sind schon zwischen 1 °C und 5 °C Bodentemperatur aktiv, entwickeln sich jedoch bei 15 °C optimal. Die Nematoden können in Trockenstarre entweder an Samen bzw. ganz ohne Wirtspflanzen über Jahre im Boden oder in Pflanzenresten überdauern.

Maßnahmen zur Schadensminimierung

Gegen das Rübenkopffälchen stehen keine chemischen Bekämpfungsmaßnahmen zur Verfügung. Zu den vorbeugenden pflanzenbaulichen Maßnahmen zählen:

- Vierjährige **Fruchtfolgen** und die Vermeidung des Anbaus von Wirtspflanzen
- **Ölrettich** als Zwischenfrucht (Nichtwirtspflanze) lässt geringere Schäden in der Folgekultur erwarten; Senf ist unbedingt zu vermeiden
- Gezielte **Unkrautbekämpfung**; insbesondere bei den Unkräutern, die zu den Wirtspflanzen zählen
- Allgemeine **pflanzenbauliche Maßnahmen** zur Förderung des Rübenwachstums (z. B. gute Bodenstruktur, ausreichende Nährstoffversorgung)
- Keine zu frühen Saaten, da die jungen Rübenpflanzen sonst bei kühler und feuchter Witterung zu lange in einem empfindlichen Stadium verharren und befallen werden können. In Versuchen erbrachte eine um 2 Wochen **spätere Aussaat** eine Halbierung der späteren Fäulnis am Rübenkörper
- Möglichst **frühes Roden** befallener Flächen
- Keine bzw. nur **kurze Mietenlagerung** befallener Rüben, da Fäule weiter fortschreitet

Sortenwahl

Derzeit werden die marktgängigen Sorten auf ihre Anfälligkeit gegenüber *Ditylenchus dipsaci* getestet. Hier wird eine nutzbare Variation bei den Sorten gefunden. Es gibt daher mittlerweile **Sortenempfehlungen** mit weniger anfälligen Sorten für Befallsstandorte.

Achtung!

Senf sollte keinesfalls als Zwischenfrucht angebaut werden, da er ebenfalls eine Wirtspflanze für das Rübenkopffälchen ist. Das gilt auch für Nematoden-resistenten Senf!

Nematoden-tolerante Sorten sind tolerant gegenüber den Zystenälchen *Heterodera schachtii* und nicht automatisch auch gegenüber den frei lebenden Nematoden *Ditylenchus dipsaci*.

Herz- und Trockenfäule

Bor-Mangel

Verbreitung und wirtschaftliche Bedeutung

Bor-Mangel ist der Auslöser der Herz- und Trockenfäule bei Zuckerrüben. Der Mikronährstoff Bor hat wichtige Funktionen im **Stoffwechsel** von Pflanzen, bspw. beim Transport von Kohlenhydraten und bei der Nährstoff- und Wasseraufnahme. Bor ist am Aufbau der Zellwände, der Leitbahnen und des Kambiums von Zuckerrüben beteiligt. Der Mikronährstoff Bor hat für Ertrag und Qualität der Zuckerrübe große Bedeutung. Im Vergleich zu anderen Kulturpflanzen haben Rüben einen sehr **hohen Bor-Bedarf** (300–400 g Bor/ha).

Zahlreiche Bodenuntersuchungen zeigen, dass ein Großteil der Böden in Rübenanbaugebieten eine niedrige bis mittlere Versorgung mit Bor aufweist. Auf Sandböden, flachgründigen Standorten oder Böden mit niedrigem Humusgehalt ist die Wahrscheinlichkeit höher, dass es zu einer Mangelsituation kommt, als auf tiefgründigen mittleren bis schweren Böden. Häufig lässt erst **Trockenheit** den Bor-Mangel sichtbar werden. Ein Bor-Mangel kann aber auch durch **Auswaschung**, z. B. nach übermäßiger Bewässerung oder durch häufigen Starkregen, hervorgerufen werden.

Symptome und Diagnose

Bor ist, im Gegensatz zu Stickstoff, in der Pflanze nicht mobil. Es kann daher nicht aus älterem in jüngeres Pflanzengewebe verlagert werden. Bor-Mangel zeigt sich folglich zuerst an den jüngsten Blättern. An den älteren Blättern vergilben die Ränder, wellen sich, werden spröde und rissig. An der Oberseite der Blattstiele

werden **Verschorfungen** und **Risse** sichtbar (Abb. 19). Die äußeren Blätter werden nach und nach gelb, dann braun, verkümmern und sterben ab (Abb. 20). Die jüngsten Blätter verkümmern, werden innerhalb kurzer Zeit schwarz und sterben ab. Die unter diesen Blättern beginnende **Herzfäule** kann bis tief in den Rübenkopf eindringen (Abb. 21). Der Rübenkopf reißt auf und verfärbt sich schwarz. Eine dunkelbraune Verfärbung der Gefäßbündelringe wird sichtbar. Fortschreitender Bor-Mangel führt zur **Trockenfäule** des gesamten Rübenkörpers. Feuchtwarme Witterung fördert einen Neuaustrieb von Blättern und kann dem Fäulnisprozess entgegenwirken. Bor-Mangel kann sich beim Blick in den Bestand an der hellgrünen Färbung des Blattapparates der Rübe zeigen (Abb. 22).



Abb. 19: Typisch ist Schorf an den Oberseiten der Blattstiele



Abb. 20: Bei schwerem Bor-Mangel werden die Herzblätter braun und sterben ab



Abb. 21: Die Herzfäule kann tief in den Rübenkörper eindringen



Abb. 22: Hellgrüne Blätter deuten auf Bor-Mangel im Rübenbestand hin

Es besteht die Verwechslungsmöglichkeit mit Falschem Mehltau (*Peronospora farinosa*) wegen der schwarzen Herzblätter. Jedoch tritt bei Bor-Mangel kein mehlig-weißgrauer Pilzbelag auf der Blattunterseite auf. Die gelbe Verfärbung der älteren Blätter kann mit der virösen Vergilbung verwechselt werden. Bei einer Vergilbung sind hingegen die Herzblätter grün.

Welche Ursachen hat Bor-Mangel?

- Niedrige Bodenversorgung mit Bor
- Ausreichende Bodenversorgung bei verringerter Bor-Verfügbarkeit durch Trockenheit oder extreme Bodenfeuchte

Maßnahmen zur Schadensminimierung

Schon latenter Bor-Mangel, der noch nicht anhand der beschriebenen Symptome erkennbar ist, führt zu Einbußen in Ertrag und Qualität. Grundsätzlich ist eine **Bor-Düngung über Boden und Blatt möglich**. Je früher in der Vegetationszeit eine Bor-Mangel-situation auftritt, desto höher sind die zu erwartenden Mindererträge. Da Bor für die Blattbildung benötigt wird, ist eine Bor-Düngung bereits ab dem 6-Blatt-Stadium empfehlenswert. Die Bor-Düngung ist **mit Herbizidbehandlungen kombinierbar**. Bor sollte in jedem Fall vor Reihenschluss gedüngt werden. Die Kombination mit der Fungizidbehandlung gegen Blattkrankheiten wird nicht empfohlen, da diese zur Deckung des Bor-Bedarfs zu spät im Jahr erfolgt. In den meisten Fällen wird eine Bor-Düngung mit **wasserlöslichen Düngemitteln** über das Blatt durchgeführt. Um die Höhe des Bor-Bedarfs zu ermitteln, empfiehlt sich, die Grundnährstoffuntersuchung im Frühjahr auf den Mikronährstoff Bor zu erweitern. In Betrieben mit regelmäßiger organischer Düngung tritt Bor-Mangel tendenziell seltener auf.

Wichtige Fachbegriffe

Anastomose:

Fähigkeit zweier nebeneinander liegender Hyphen eines Pilzes, durch Fusion eine Verbindung einzugehen und Zellkerne auszutauschen

Anastomosegruppe:

Einteilung des Pilzes *Rhizoctonia solani* in Rassen aufgrund seiner Wirtspflanzenspezifität; gibt Auskunft über die genetische Verwandtschaft

Antagonist:

Gegenspieler; Organismus, der der Entwicklung eines Schad-erregers entgegenwirkt, z. B. in der biologischen Bekämpfung

ELISA-Test:

Enzyme-Linked Immunosorbent Assay; Laborverfahren zum Nachweis von Krankheitserregern (Pilze, Viren, Bakterien etc.); ermöglicht die Diagnose von nahezu allen Infektionskrankheiten des Menschen, der Tiere und der Pflanzen

Epidemiologie:

Wissenschaft, die sich mit dem Auftreten und der Ausbreitung von übertragbaren und nicht übertragbaren Krankheiten und deren biologischen, ökologischen und anbautechnischen Determinanten befasst. Wird oft beschränkt auf die Dynamik von Erregerpopulationen in Wirtspopulationen

Hyphen:

Einzelne Pilzfäden; Gesamtheit aller Hyphen wird als Myzel bezeichnet

Inokulum:

Vermehrungseinheiten eines Krankheitserregers; verursachen, wenn sie mit ihrem Wirt zusammentreffen, unter geeigneten Umweltbedingungen eine Infektion

Kompatibilitätstest:

Prüfung auf Verträglichkeit; mit dem Begriff werden u. a. Wirt-Parasit-Beziehungen charakterisiert; nur bei Kompatibilität entwickelt sich die Krankheit. Verfahren zur Bestimmung der Anastomosegruppe

Lentizellen:

Korkzellen; unbewegliche, starre Poren in der äußeren Zellschicht von Pflanzengewebe

Myzel:

Pilzgeflecht; Gesamtheit aller Hyphen

PCR:

Polymerase Chain Reaction = Polymerase-Kettenreaktion; eine Labormethode, um die Erbsubstanz DNA *in vitro* zu vervielfältigen. Dazu wird ein Enzym verwendet, die DNA-Polymerase. Der Begriff „Kettenreaktion“ beschreibt in diesem Zusammenhang die Tatsache, dass die Produkte vorheriger Zyklen als Ausgangsstoffe für den nächsten Zyklus dienen und somit eine exponentielle Vervielfältigung ermöglichen

Resistenz:

Befähigung eines Organismus, den Angriff eines potenziellen Schaderregers bis zu einem bestimmten Grad abzuwehren oder seiner Wirkung zu widerstehen

Rhizosphäre:

Bodenschicht, die von den Wurzelsystemen der Pflanzen durchwuchert wird; u. a. gekennzeichnet durch hohe Dichte an Mikroorganismen

Saprophytisches Potenzial:

Fähigkeit eines Erregers, in Abwesenheit einer geeigneten Wirtspflanze an abgestorbener organischer Substanz zu überdauern.

Sklerotium:

Bei einigen Pilzen auftretende Dauerform, die Kälte und Trockenheit widersteht. Der Pilz kann lange Zeit in diesem Ruhezustand verharren und beginnt erst bei günstigen Bedingungen wieder zu wachsen

Ihr KWS Ansprechpartner vor Ort

Dipl.-Ing. Michael Jungmeier
Beratungsstellenleiter Zuckerrübe
KWS Austria Saat GmbH
Jägerweg 4
A - 4062 Kirchberg/Thening
Tel.: +43 72 21 / 6 33 35
Fax: +43 72 21 / 6 33 35
Mobil: +43 6 99 / 18 15 03 56
E-Mail: michael.jungmeier@kws.com

