
Sektion 6 - Ackerbau II

Julius-Kühn-Vorlesung (Vortrag des Julius-Kühn-Preisträgers des Jahres 2012):

Horbach, R.¹⁾; Löschner, E.¹⁾; Hempel, M.¹⁾; Kruse, K.¹⁾; Löhner, M.²⁾; Schaffrath, U.²⁾; Deising, H. B.¹⁾

¹⁾ Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

²⁾ Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen

Pilzlicher Sekundärmetabolismus und Pathogenität

Fungal secondary metabolism and pathogenicity

Pflanzenpathogene produzieren eine Vielzahl sekundärer Metabolite, die es dem Schaderreger ermöglichen, Wirtspflanzen abzutöten, Nahrungskonkurrenten zu inhibieren oder die Abwehrreaktion des Wirtes zu manipulieren. Zahlreiche pilzliche Substanzen mit cytotoxischer Wirkung wurden in den vergangenen Jahrzehnten beschrieben, häufig in Verbindung mit der nekrotrophen Ernährungsstrategie. Es konnten bisher jedoch nur sehr wenige mikrobielle Sekundärmetabolite identifiziert werden, die durch die Bindung an spezifische Zielstrukturen in Pflanzenzellen den Wirtsstoffwechsel modulieren und somit den Weg für eine erfolgreiche Infektion ebnen. Pilzliche Sekundärmetabolite, wie z. B. Polyketide (PK) oder nichtribosomale Peptide (NRP), sind aufgrund ihrer strukturellen Diversität vermutlich weitaus häufiger als Effektoren an der stabilen Etablierung von Wirt-Parasit-Interaktionen beteiligt als bisher bekannt.

Im vorliegenden Projekt steht die biologische Funktion von PK und NRP des hemibiotrophen Maispathogens *Colletotrichum graminicola* im Mittelpunkt der Untersuchungen. Durch gezielte Gendelektionen sollen die an der Synthese dieser Metabolite beteiligten Enzyme identifiziert und deren Bedeutung für den Infektionserfolg untersucht werden. Darüber hinaus sollen Expressionsanalysen der synthesesrelevanten Gene und die stadienspezifische *in planta* Detektion von fungalen Polyketiden zu einem besseren Verständnis der Rolle sekretierter Sekundärmetabolite in den einzelnen Phasen der Maisinfektion führen.

Detaillierte Untersuchungen von Wirt-Parasit-Interaktionen auf molekularer Ebene werden häufig durch den asynchronen Verlauf der Infektion, d. h. durch das gleichzeitige Auftreten von unterschiedlichen Infektionsstadien und -strukturen des Pathogens, erschwert. Analysen vollständiger Pflanzenorgane, die zudem unterschiedliche Zelltypen mit individueller Abwehrreaktion aufweisen, führen zu Resultaten, welche die stadienspezifischen Metabolit- oder Transkriptprofile nicht korrekt wiedergeben. Dies kann zu einer falschen Beurteilung der Bedeutung einzelner Faktoren führen. Ein wesentlicher Bestandteil unserer Arbeit ist daher die Anwendung und Evaluierung technischer Verfahren zur direkten Metabolitanalyse infizierter Pflanzenzellen.

Bei der Laser Ablation Electrospray Ionisation-Massenspektrometrie (LAESI-MS) werden einzelne Pflanzenzellen mittels eines Lasers verdampft, die freigesetzten Substanzen sofort ionisiert und die Inhaltsstoffe anhand ihres Molekulargewichts bzw. Fragmentierungsmusters identifiziert. Mit Hilfe dieser Technik können Metabolite in Pflanzenzellen mit definierten Infektionsstrukturen mit hoher Präzision bestimmt werden, wodurch sich interessante Einblicke in die stadienspezifische Sekretion von pilzlichen Sekundärmetaboliten während der Pathogenese ergeben.

06-3 - Kupfer, S.; Fahlenberg, E.

Landesamt für Ländliche Entwicklung, Landwirtschaft und Flurneuordnung

Auftreten von Blattkrankheiten in Triticale (*Triticosecale* Wittmack) und deren effektive Kontrolle durch gezielte auf die Krankheiten abgestimmte Fungizidmaßnahmen – Auswertung der Ringversuche der Bundesländer Brandenburg, Sachsen-Anhalt und Thüringen von 2004 bis 2011

Mit der breiten Markteinführung leistungsfähiger Sorten und einer entsprechenden Anbauausdehnung konnte eine kontinuierliche Ausbreitung von Pilzkrankheiten in den Feldbeständen ab Mitte der neunziger Jahre beobachtet werden. Sowohl das Krankheitsspektrum als auch die Befallshäufigkeit und -stärke haben in den letzten Jahren deutlich zugenommen. Jährliche Schwankungen im Auftreten der Krankheiten können mit der Witterung sowie vor allem mit der Sortenanfälligkeit erklärt werden. Neben dem Echten Mehltau (*Blumeria graminis*) beeinflussen insbesondere die Rostarten, wie Gelbrost (*Puccinia striiformis*) und Braunrost (*Puccinia recondita*) den Ertrag. Es werden die effektivsten Fungizidvarianten gegen die einzelnen Pathogene bzw. gegen

mehrere Pathogene vorgestellt. Zur Auswertung kommen über 40 Ringversuche der Bundesländer Brandenburg, Sachsen-Anhalt und Thüringen.

Entsprechend dem unterschiedlichen Auftreten der Blattkrankheiten wurden unterschiedliche Fungizidvarianten geprüft. Die Fungizideffekte schwankten auf den Versuchsstandorten von etwa 2,5 dt/ha im Trockenjahr 2003 und 9 dt/ha in 2004. Im Durchschnitt konnte durch die Fungizidmaßnahmen ein Mehrertrag von 5,6 dt/ha erzielt werden. Analog den anderen Wintergetreidearten haben auch in Triticale die Rostkrankheiten den größten Einfluss auf den Ertrag. Insbesondere kann bei den Sorten mit einer hohen Rostanfälligkeit nicht auf eine Fungizidmaßnahme verzichtet werden.

Neben den in der Vergangenheit getesteten Azol- und Azol-Strobilurinvarianten wurden in den letzten Jahren auch Fungizidvarianten auf der Basis der neuen Carboxamidwirkstoffe geprüft. Diese Varianten können, wie die Azol-Strobilurin-Mischungen, sowohl die Rostkrankheiten als auch *Septoria tritici* und je nach dem Azolwirkstoff in der Kombination auch *Blumeria graminis* kontrollieren. Nur bei starken Mehltaubefallsituationen, wenn der Mehltau auch auf dem Fahnenblatt hohe Deckungsgrade erreicht, erzielen die speziellen Mehltaupräparate, wie Talius oder Vegas deutlich höhere Wirkungsgrade.

06-4 - Eikenberg, I.¹⁾; Hempel, J.²⁾; von Tiedemann, A.¹⁾

¹⁾ Georg-August-Universität Göttingen

²⁾ Syngenta Crop Protection AG

Untersuchungen zur Pathogenität und Ertragsrelevanz europäischer *Rhizoctonia*-Isolate im Winterweizen

Investigations on pathogenicity and yield relevance of European Rhizoctonia-isolates in winter wheat

Die weltweit stagnierenden Winterweizenerträge rücken die Wurzel- und Fußgesundheit vom Getreide zunehmend in das Interesse der Forschung. Neben den bekannteren Pathogenen wie dem Erreger des Halmbruchs, Fusariosen oder der Schwarzbeinigkeit kommt auch den Erregern des Spitzen Augenflecks, *Rhizoctonia* spp., eventuelle Bedeutung zu. Aufgrund dessen wurden Untersuchungen im Feld, Gewächshaus und Labor zur Pathogenität und Ertragsrelevanz dieser Pathogengruppe vorgenommen.

In Laborversuchen wurde ein Isolate-Set aus verschiedenen *Rhizoctonia* Anastomosegruppen (AG) auf ihre Pathogenität am Weizen geprüft. Im Testsystem zeigten Isolate der Anastomosegruppen 1-IB, 4 HG-II, 5, 11 und D eine Schädigung am Weizen. Zur Prüfung der Praxisrelevanz, wie sie unter *Rhizoctonia*-Befallsdruck im Feld auftreten könnte, wurde in einem teilrandomisierten Parzellenfeldversuch *Rhizoctonia solani* AG-5 und *R. cerealis* AG-D zur künstlichen Inokulation eingesetzt.

In einem Gewächshausversuch wurden die Winterweizensorten 'Hermann', 'Inspiration', 'Mulan' und 'Toras' als Sorten mit früher Symptomentwicklung identifiziert und daher im Feldversuch eingesetzt. Neben der Variante inokuliert/nicht-inokuliert wurden die Faktoren Winterweizensorte und Aussaattermin (28.09.2011, 21.10.2011) geprüft.

Der dreifaktorielle Feldversuch umfasste insgesamt 4 Sorten * 2 Aussaattermine * 2 Varianten (inokuliert/nicht-inokuliert) in 4 Wiederholungen. Ziel war es, durch regelmäßige Bonituren die Entwicklung des Erregers und die Symptomentwicklung im Bestand zu erfassen. Dazu wurden 5 Bonituren durchgeführt: Bestockung (BBCH 25), Schossen (BBCH 35), Ährenschieben (BBCH 55) und Milchreife (BBCH 75). Erfasst wurden die Befallshäufigkeit und die Befallsstärke. Zur Probenentnahme wurden ca. 65 Pflanzen vollständig aus jeder Parzelle entnommen. Als Maß für die Befallsstärke wurde die Anzahl der Augenflecken an Koleoptile und Halmbasis ausgezählt. Zusätzlich war die Erfassung des Ertrags vorgesehen (Ähren pro Pflanze, Tausendkorngewicht). Es konnte festgestellt werden, dass früh im Herbst ausgesäter Weizen signifikant höhere Befallshäufigkeiten (39 bis 60 %) als spät ausgesäter Weizen (8 bis 14 %) aufwies, was vermutlich mit den warmen Witterungsbedingungen zu Saisonbeginn zu tun hat. Die Kahlfröstepisode im Januar/Februar 2012 mit Temperaturen von bis zu -25 °C bot diesem Feldversuch die Möglichkeit, *Rhizoctonia* in Zusammenhang mit Winterhärte beim Weizen zu untersuchen. In früh gesättem Weizen wurde nach Auszählung der grünen Triebe pro 0,25 m² im März 2012 eine signifikante Reduktion in den wenig Frost resistenten Sorten 'Mulan', 'Hermann' und 'Inspiration' gegenüber den Kontrollen festgestellt. Bei diesen drei Sorten war der Auswinterungsschaden nach Inokulation der Parzelle mit *Rhizoctonia* signifikant erhöht. Die als relativ winterhart beschriebene Sorte 'Toras' zeigte hingegen im Vergleich zur nicht-inokulierten Kontrolle trotz einer Befallshäufigkeit von 56 % in den inokulierten Parzellen keinen signifikanten Verlust an grünen Trieben. Diese ersten Daten deuten darauf hin, dass *Rhizoctonia* den Weizen für Froststress schwächen kann, wenn es wenig winterharte Winterweizensorten betrifft, während sehr winterharte Winterweizensorten diesen Effekt nicht zeigen.

06-5 - Schlatter, C.; Mittermeier, L.

Syngenta Crop Protection AG

Gesunde Wurzeln: Ein Schlüssel für eine bessere Pflanzenperformance

Root Health: key for improved crop productivity

Das stetige Wachstum der Weltbevölkerung und die damit steigende Nachfrage nach Nahrungsmitteln übt einen grossen Druck auf die Landwirtschaft aus. Neue Forschungsansätze zur nachhaltigen Produktivitätssteigerung von Nutzpflanzen sind daher oberste Priorität, wie am Beispiel der Wurzelgesundheit ersichtlich wird. Die Fähigkeit der Wurzeln, Wasser und Nährstoffe effizienter zu nutzen, ist ein weiterer Schlüssel zu Verbesserung der Produktivität von Nutzpflanzen. Wir werden Ihnen neue Entwicklungen in der Forschung zur Wurzelgesundheit näherbringen und im Anschluss die Vorteile von gesunden Wurzeln für die Produktivität von Nutzpflanzen diskutieren:

- Überblick über die Hauptfaktoren (wie z. B. biotischer und abiotischer Stress, Genetik, Saatgutbehandlung), welche die Gesundheit und Qualität der Wurzeln beeinflussen können
- Neue Methoden, um die Gesundheit der Wurzeln zu charakterisieren und zu visualisieren
- Vorteile für die Landwirtschaft (Feldresultate unter unterschiedlichen Bedingungen)
- Nächste Schritte, um die Kenntnisse über Wurzelgesundheit zu erweitern; sowie die Verbindung zwischen Wurzelgesundheit und Produktivitätssteigerung besser zu verstehen.

Als innovative neue Lösung bietet sich ein neuer Wirkungsmechanismus in der Saatgutbehandlung an. Dadurch kann ein lang anhaltender Schutz für das gesamte Wurzelsystem während den kritischen Entwicklungsstadien der Pflanze erreicht werden. Durch optimierte Wurzeleistung können Wasser und Nährstoffe besser aufgenommen werden und das Pflanzenwachstum unter verschiedenen Umweltbedingungen optimiert werden.

06-6 - Zamani-Noor, N.¹; Koopmann, B.²; Kössler, P.²; Karlovsky, P.²; von Tiedemann, A.²

¹) Julius Kühn-Institut, Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen

²) Georg-August-Universität Göttingen

Time course studies on *Ramularia* leaf spot formation, fungal biomass production and accumulation of the phytotoxin rubbellin in a *Ramularia* field resistance screening of spring barley

Ramularia collo-cygni (Rcc) has gained increasing importance as the causal agent of a novel leaf spot disease in barley, *Ramularia* leaf spot. Necrotic spots with a yellow halo are massively formed, when the crop has passed the flowering stage. Rcc produces phytotoxins (rubellins) which are believed to cause complete browning of leaves, which die off within as few as 12 days. In the field screening in 2010, ten spring barley cultivars were evaluated for resistance under natural Rcc infection conditions. Different cultivars displayed significant differences in their response to Rcc infection. Additionally, by using qPCR, fungal DNA was detected in all barley genotypes. At early growth stages (61-65) before symptoms appearance, the amount of fungal DNA in the most susceptible cultivar ('Barke') was five times higher than in the most resistant cultivar ('IPZ 24727'). A strong correlation ($p = 0.001$, $r_s = 0.851$) was observed between the visual disease symptoms and Rcc DNA in F-1 leaves at GS 73-75. Furthermore, the accumulation of the rubellin D was analysed using a new HPLC detection technique with a fluorescence detector. Results indicated the presence of rubellin D in all samples in the early growth stages (61-65). Levels of Rcc phytotoxins in the infected leaf tissue correlated strongly ($p = 0.000$, $r_s = 0.966$) with visual disease symptoms at GS 73-75. These results demonstrate that different reliable methods can be used for the selection of resistant plants between different barley genotypes that are considered to be equally resistant based on visual disease assessment.

06-7 - Jung, J.; Tschöpe, B.; Kleinhenz, B.

Zentralstelle der Länder für EDV-gestützte Entscheidungshilfen und Programme im Pflanzenschutz (ZEPP)

Untersuchungen zum Einfluss der Bodenfeuchte auf das Erstaufreten von *Phytophthora infestans* im Freiland

Analysis of correlation between soil moisture and late blight occurrence in field

Im Rahmen eines dreijährigen, von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) geförderten Projektes wurde der Einfluss der Bodenfeuchte auf das Auftreten von *Phytophthora infestans* im Feld genauer untersucht. ADLER (2000) schlussfolgerte, dass latent mit Braunfäule befallene Pflanzknollen eine größere Bedeutung für den sichtbaren Primärbefall haben als früher, was ein früheres Auftreten der Krankheit in Form von massivem Stängelbefall, vor allem in Jahren mit nasser Frühjahrswitterung, bedingt. BÄBLER (2005) kam bei weiteren Untersuchungen zum Einfluss der Bodenart und Bodenfeuchte auf den Primärbefall der Kartoffeln mit *P. infestans* zu dem Schluss, dass eine deutliche Beziehung zwischen Bodenart und Bodenfeuchte auf den latenten Befall der Kartoffelstängel mit *P. infestans* besteht und daher ein "Bodenmodul" für die Prognosemodelle dringend notwendig sei. Das Ziel dieser Arbeit war daher die Integration eines Bodenmoduls in das Prognosemodell SIMBLIGHT1 zur Terminierung des Spritzstarts gegen *P. infestans*.

In Freilandversuchen wurde in unterschiedlich bewässerten Feldparzellen die unterirdische Übertragung von Sporen des Pilzes *P. infestans* aus künstlich infizierten Knollen auf gesunde Nachbarpflanzen untersucht. Es konnten Bodenfeuchtebereiche definiert werden, in denen es aufgrund ihrer Porengrößenklasse bzw. des vorhandenen frei verfügbaren Wassers zur Übertragung von Zoosporen des Pilzes über das Bodenmedium kommen könnte. In allen drei Versuchsjahren wurden durch die Bewässerungsintervalle optimale Bedingungen zur Zoosporenfreisetzung sowie zum Zoosporentransport durch die Bodenporen geschaffen. Die Versuchspflanzen wurden ab Auflauf auf visuellen Erstbefall und zu einem Termin hinsichtlich latenter Infektionen untersucht. In keinem der drei Jahre konnte ein visueller Stängelbefall bonitiert werden. Allerdings zeigten im Jahr 2010 13 % der entnommenen Stängelproben ein positives Ergebnis beim PCR-Nachweis auf *P. infestans*. Mit einem Bestimmtheitsmaß von 0,78 konnte eine positive Korrelation zwischen dem Anteil latent befallener Stängel und der Anzahl der Tage, welche zur Übertragung von Sporen durch den Boden geeignet waren, erkannt werden. Die Korrelation war signifikant im Korrelationstest nach PEARSON ($\alpha = 0,05$). Damit lässt sich bestätigen, dass eine Übertragung von Sporen aus latent befallenen Mutterknollen auf benachbarte Knollen möglich ist. Allerdings müssen im Vorfeld zusätzlich Bedingungen zur Sporangienbildung an der äußeren Schale der Knolle existieren, wobei die Bodenfeuchte im Bereich der Feldkapazität liegen sollte. Für eine erfolgreiche unterirdische Infektion muss ein optimal terminierter Wechsel zwischen den Bedingungen zur Sporangienbildung und zur Zoosporenfreisetzung bzw. -übertragung vorliegen. Zudem zeigte sich, dass latenter Befall keine direkten Auswirkungen auf das Auftreten des tatsächlichen visuellen Befalls haben muss, denn trotz einem Anteil von 13 % latent befallener Stängel in 2010 kam es zu keinem Ausbruch der Krankheit. Der Zeitpunkt des Ausbruchs der Krankheit scheint von anderen Faktoren geprägt zu sein. Hierzu gibt es bisher wenige eindeutige wissenschaftliche Erkenntnisse. In dieser Richtung besteht daher weiterer Forschungsbedarf.

Die Bodenfeuchte scheint zumindest eher eine Rolle für die Stärke der Ausbreitung und damit für den prozentualen Anteil latent infizierter Stängel, als für den Termin des Erstaufretens zu spielen. Diese Theorie bestätigte sich in der Auswertung von Felderhebungsdaten, wobei ein Datensatz von 510 Monitoring-Standorten der Jahre 2006 bis 2010 mit Bonituren zum Erstaufreten von *P. infestans* und Beobachtungen zum Auftreten von Stau-nässe zur Analyse zur Verfügung stand. Im Post-Hoc-Test nach Tukey mit einem Konfidenzintervall von 95 % wurden die Monitoring-Daten auf signifikante Unterschiede im Termin des Erstaufretens von *P. infestans* im Feld in Bezug zur aufgetretenen Stau-nässe untersucht. Signifikante Unterschiede zwischen einer lang andauernden hohen Bodenfeuchte und einem früheren visuellen Erstaufreten von *P. infestans* konnten nicht festgestellt werden. Die erarbeiteten Ergebnisse ließen die Integration eines Bodenmoduls in SIMBLIGHT1 nicht sinnvoll erscheinen.

06-8 - Benker, M.

Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen

Maleinsäurehydrazid – Neues Verfahren zur Keimhemmung in Kartoffeln

Maleic hydrazide - New method for potato sprout control

Die Verhinderung der Keimung ist eine unumgängliche Maßnahme zur Qualitätssicherung im Kartoffelanbau. Die meisten in Deutschland zugelassenen Keimhemmungsmittel basieren auf eine Behandlung der Knollen im Lager. Mit dem Wachstumsregler ITCAN (Wirkstoff: Maleinsäurehydrazid) wurde 2010 in Deutschland ein neues Verfahren zur Keimhemmung im Feld eingeführt. ITCAN wird mindestens 3 bis 4 Wochen vor der Ernte als Spritz-

applikation einmalig mit 5 kg/ha oder im Splittingverfahren mit 2 x 2,5 kg/ha im Abstand von 8 bis 10 Tagen in die Kartoffelbestände ausgebracht. Damit ITCAN wirken kann, muss der Wirkstoff über den Blattapparat aufgenommen und mit dem Saftstrom in die Knollen transportiert werden, dafür müssen die Kartoffelpflanzen noch mindestens 8 bis 10 Tage lang grünes, wüchsiges Laub aufweisen. Diese Zeit benötigt der Wirkstoff, um über den Saftstrom in die Knollen zu gelangen. Wenn jedoch der Saftstrom behindert wird, z. B. wenn auf Grund von hohen Temperaturen die Bestände „stehen“ oder die Pflanzen schon stark liegen, wie in 2010, kann ITCAN keine volle Wirksamkeit entfalten. Im Gegensatz dazu herrschten 2011 wüchsige Bedingungen vor, wodurch viel Wirkstoff in die Knollen eingelagert und gute Wirkungsgrade erzielt wurden. Da größere Knollen stoffwechselaktiver sind als kleine, wurden in den größeren Knollen höhere Wirkstoffgehalte gefunden. Je höher die Gehalte, desto besser war die keimhemmende Wirkung, dies konnte durch Auspflanzversuche bestätigt werden. Das bedeutete aber auch, dass die im Feld verbleibenden, kleinen Kartoffeln, die im Folgejahr Probleme in Form von Durchwuchs verursachen können, scheinbar nicht ausreichend bekämpft werden.

Maleinsäurehydrazid wird aber nicht nur zur Keimhemmung und Durchwuchsbekämpfung eingesetzt. Im Jahr 2010 spielten Zwiewuchsprobleme in Kartoffeln eine ganz besondere Rolle. Die hohen Temperaturen im Sommer lösten Stress aus, der den Hormonhaushalt der Kartoffelpflanzen durcheinander brachte, wodurch in vielen Beständen die Keimruhe der Kartoffelknollen schon im Feld gebrochen wurde. In Nordrhein-Westfalen trat dieses Zweitwachstum Anfang/Mitte Juli 2010 massiv auf und führte sortenabhängig in zahlreichen Beständen zu Symptomen an den Augen in Form von Knollen-, Kindel-, Ketten- oder Sprossbildung sowie zum Zwiewuchs (= Hantelbildung oder Puppigkeit), bei dem neues Gewebe am Kronenende gebildet wird. Dieses Zweitwachstum kann zu hohen Qualitätsverlusten führen. In den durchgeführten Feldversuchen zeigte sich, dass mit Maleinsäurehydrazid bei optimalem Einsatzzeitpunkt, in Abhängigkeit von der Aufwandmenge, das Zweitwachstum erfolgreich reduziert werden kann.

Zusammenfassend bleibt festzustellen, dass mit dem Wirkstoff Maleinsäurehydrazid für Kartoffeln ein neues, wirksames Verfahren zur Keimhemmung, zur Begrenzung von Zwiewuchs sowie zur Bekämpfung von Durchwuchskartoffeln im Folgejahr zur Verfügung steht.