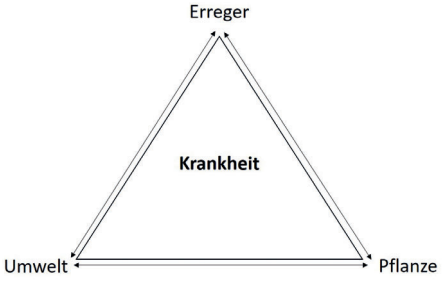
Welchen Einfluss haben Wetterextreme auf die Resistenzzüchtung?

Immer häufiger beobachten wir Auswirkungen des Klimawandels auf die Pflanzenproduktion in Mitteleuropa. Der vergangene heiße und trockene Sommer 2018 zeigte in vielen Regionen Deutschlands eindrücklich, wie anfällig die Landwirtschaft gegenüber klimatischen Veränderungen ist. Welche Auswirkung dies auf die Züchtung von Krankheitsresistenzen hat, zeigt folgende Untersuchung am Modellbeispiel Ramularia-Resistenz bei Sommergerste.

Felix Hoheneder und Prof. Dr. Ralph Hückelhoven, Technische Universität München, Wissenschaftszentrum Weihenstephan

Der Getreideanbau verbuchte 2018 hohe Ertrags- und Qualitätseinbußen, was am Beispiel der Braugerste zu gestiegenen Rohstoffpreisen geführt hat. Landwirte und die Agrarforschung stehen aktuell und in Zukunft vor großen Herausforderungen wie z. B. einer wechselhafteren und extremeren Witterung. Eine Stellschraube zu deren Bewältigung stellt die züchterische Anpassung von Kultursorten an die sich ändernden klimatischen Bedingungen bei einem gleichzeitigen stark variablen Krankheitsdruck durch Pilzkrankheiten dar. Ein gemeinsames Ziel der Forschung und Züchtung ist die Sicherung von Erträgen und ein nachhaltiges Risiko-Management gegenüber pflanzlichen Stressfaktoren in Zeiten des Klimawandels durch angepasste und resistente Sorten. Außerdem muss verstanden werden, wie Wetterextreme sich auf die Entwicklung von Pflanzenkrankheiten auswirken und ob die Züchtungsziele der Klimaanpassung und Krankheitsresistenz gleichzeitig realisierbar sind.

Abb. 1: Epidemiologisches Dreieck: Interaktion von Pflanze, Umwelt und Krankheitserreger



Zusammenhang zwischen Klimawandel und Pilzkrankheiten

Modellhaft für die Entstehung von Pilzkrankheiten steht das Epidemiologische Dreieck (Abb. 1). Aus einem komplexen Zusammenspiel der Umwelt, der angebauten Kultursorte (Genotyp) und den im Feld vorkommenden Schaderregern (Pathogen) ergibt sich ein variabler Krankheitsbefall. Klimafaktoren im Speziellen bedingen hierbei das Ausmaß der Krankheit und beeinflussen Auftreten und Biologie des Schaderregers. Die genauen Regeln dieser Wechselwirkungen sind dabei aber für die meisten Pilzkrankheiten wenig verstanden.

Es wird beobachtet, dass die Ramularia-Sprenkelkrankheit der Gerste (auch RLS für *Ramularia leaf spot*; pilzlicher Erreger: *Ramularia collo-cygni*) stark von Klimafaktoren beeinflusst wird. Die Krankheit steht daher modellhaft für die Erforschung und das Verständnis der Interaktion von Krankheiten mit Umweltbedingungen. An diesem Schnittpunkt fehlen jedoch Daten zur Resistenz gegenüber kombiniertem Klima- und Pathogenstress. So zeigt sich der frühe Befall der Gerste mit Ramularia erst sehr spät durch sichtbare Symptome im Feld. Eine starke Sonneneinstrahlung sowie abiotischer Stress (wie z. B. Trocken- und Hitzestress) tragen zur Ausprägung von sowohl krankheitsbedingten Ramularia- (RLS) als auch den optisch ähnlichen, aber physiologisch bedingten Blattflecken

Sommergerste unter starkem induziertem Trockenstress (rechts) und in der bewässerten Kontrolle (links) in 2018. Der Bestand fällt unter Trockenheit deutlich dünner aus. *Fotos: Hoheneder*

(PLS) während der Kornfüllungs- und Reifephase bei. Diese Entkopplung von Befall, Symptomatik und Epidemie machen die Diagnose und eine gezielte Kontrolle durch eine richtige Terminierung von Pflanzenschutzanwendungen schwierig. Erschwerend kommen multiple Fungizidresistenzen von *Ramularia collo-cygni* gegenüber gängigen Wirkstoffen und das Auslaufen der Zulassung des Ramularia-wirksamen Fungizids Chlorthalonil hinzu. Der alternative Anbau Ramularia-resistenter Sorten ist durch eine wenig verstandene und kaum bearbeitete Ramularia-Resistenz in Gerste erschwert. Die Folgen könnten eine Kontrolllücke und letztlich hohe Ertrags- und Qualitätseinbußen sein.

Im Rahmen des Projektverbundes BayKlimaFit – Strategien zur Anpassung von Kulturpflanzen an den Klimawandel – sollten Werkzeuge, Methoden und grundlegende Erkenntnisse zur Anpassung von Kulturpflanzen an den Klimawandel erarbeitet werden. Verschiedene bayerische Universitäten, Institutionen und Saatzuchtunternehmen haben sich zusammengeschlossen, um einzelne Fragestellungen zur Klimaanpassung von Kulturpflanzen wie Gerste, Mais und Raps zu beantworten. Als ein Teilprojekt beschäftigt sich der Lehrstuhl für Phytopathologie der Technischen Universität München in Freising-Weihenstephan mit dem Krankheitsbefall und der Sortenresistenz von Sommergerste gegenüber pilzlichen Schaderregern, insbesondere Fusarium-Arten (siehe auch http://www.bayklimafit.de/index.php?id=28) und *Ramularia collo-cygni*.

Um im Speziellen den Einfluss von Trockenheit auf verschiedene Sommergerstensorten und den Krankheitsbefall unter Feldbedingungen zu untersuchen, wurde ein bewegliches Rollgewächshaus der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) am Standort Freising genutzt. Insgesamt wurden 59 Sorten und Zuchtlinien in den Jahren 2016 und 2017 getestet und für 2018 auf 15 agronomisch interessante Kandidaten eingegrenzt. Die einzelnen Sorten wuchsen hierzu in vier getrennten Parzellen und ab dem Zeitpunkt des Ährenschiebens wurden nur noch zwei Parzellen bewässert. In den nicht bewässerten Varianten konnte dadurch starker Trockenstress an den Pflanzen ab dem Zeitpunkt des Ährenschiebens erzeugt werden. Die bewässerten Sorten wurden dagegen standorttypisch (20 mm pro Woche) mit Wasser versorgt.

Zur Erfassung des natürlichen Befalls mit *Ramularia collo-cygni* wurde eine späte Bonitur um BBCH 85 durchgeführt. Ergänzend zur Feldbonitur wurden Proben von Fahnenblatt und F-1 genommen und diese mithilfe eines Binokulars auf Ramularia-typische Sporulation untersucht. Anschließend wurde das Blattmaterial fein gemahlen, die pflanzliche und pilzliche Desoxyribonukleinsäure (DNS) extrahiert und mithilfe der Methodik der quantitativen PCR die Menge der pilzlichen DNS in den Blättern spezifisch nachgewiesen. Die DNS des Pilzes dient als Kennziffer des von den sichtbaren Symptomen häufig unabhängigen Pilzbefalls.

Ergebnis des neuen Selektionsansatzes

Die gemittelten Ergebnisse aus den drei Versuchsjahren 2016 bis 2018 zeigen ein stark verändertes Auftreten von Ramularia-Blattflecken unter trockenen Umweltbedingungen. In den trockengestressten Beständen konnte eine insgesamt geringere Symptomatik, Erreger-Sporulation und niedrigere DNS-Gehalte festgestellt werden. Die Mehrheit der Sorten wurde unter Trockenstress kaum befallen, wohingegen die Trockenheit auf einzelne Sorten nur einen geringen Einfluss hatte. Eine generell hohe Differenzierung im Befall konnte dagegen in den bewässerten Parzellen festgestellt werden. Die DNS-Gehalte des Pilzes unterscheiden sich hierbei um das bis zu Zehnfache (Abb. 2). Es besteht somit in einigen im Anbau verwendeten Sorten und dem aktuellen Zuchtmaterial der im Projekt beteiligten bayerischen Züchtungsunternehmen Saatzucht Breun GmbH, Ackermann Saatzucht GmbH und der Saatzucht Streng-Engelen GmbH & Co. KG sowie der LfL ein hohes Potenzial für eine gezielte Ramularia-Resistenzzüchtung.

Der mobile Regenschutz ermöglicht Trockenstress-Experimente.

Eine Einstufung der Ramularia-Resistenz durch die Summierung von vergebenen Rängen für die einzelnen untersuchten Parameter zeigt, dass sich speziell die Sorten bzw. Zuchtlinien IPZ 24727, Grace, Umbrella und 13/594/74 besonders gut gegen die Ramularia-Sprenkelkrankheit behaupten konnten (Abb. 3; geringe Rangsummen von drei Versuchsjahren). Dieser

Abb. 2: Absolute DNS-Gehalte unter Trockenstress und in den bewässerten Kontrollen über drei Versuchsjahre (Mittelwerte, 2016 bis 2018)

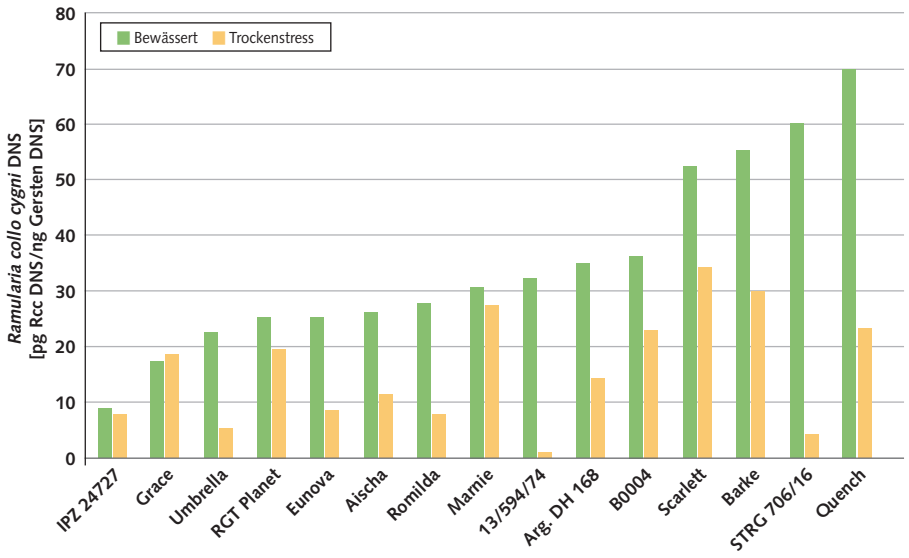
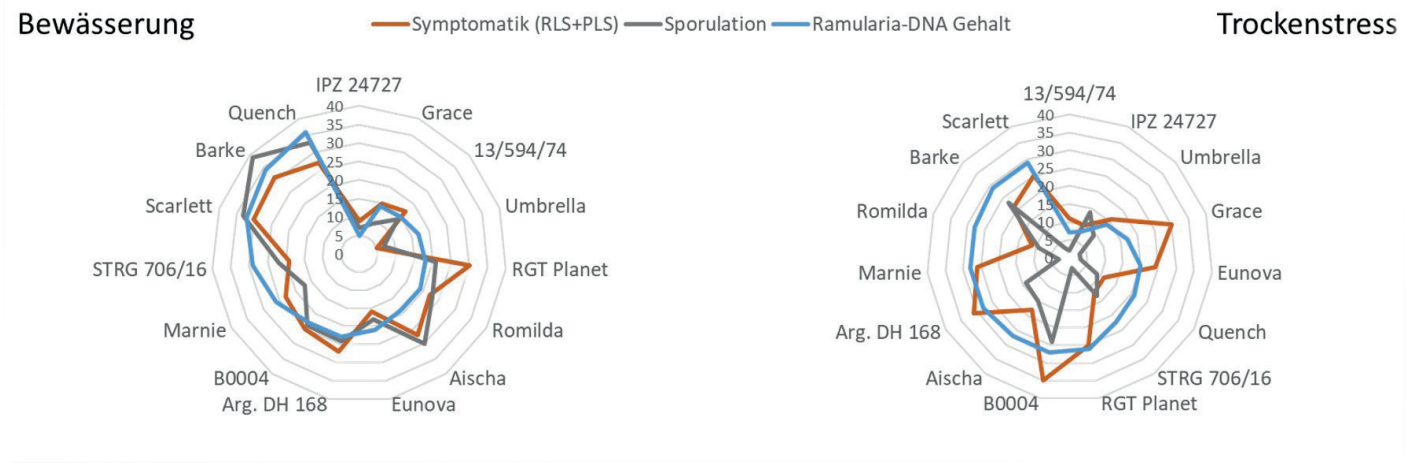


Abb. 3: Sorten-Einstufung nach Ramularia-Resistenz mit und ohne Trockenstress



Untersuchte Parameter: Symptomatik, Sporulation und DNS-Gehalt; Niedrige Rangsumme = hohe Resistenz; Hohe Rangsumme = niedrige Resistenz

Effekt war sowohl mit als auch ohne Trockenstress sichtbar. Dem gegenüber stehen insbesondere die Sorten Barke und Scarlett mit einer an diesem Standort höheren Ramularia-Anfälligkeit. Somit besteht trotz der bisher geringen züchterischen Bearbeitung der Ramularia-Resistenz eine gute und differenzierende genetische Grundlage für eine weiterführende Resistenzzüchtung mit dem untersuchten Material. Gleichzeitig heben sich Genotypen hervor, welche sich zudem durch eine gute klimatische Anpassung für Trockenstandorte mit einem erhöhten Ramularia-Druck gut eignen. Zu nennen sind hierbei die Sorten Grace und Umbrella mit guten agronomischen Eigenschaften auch unter Trockenheit.

In Bezug auf die Epidemiologie des Erregers zeigte sich, dass sich die erhobenen Krankheitsdaten zum DNS-Gehalt, Symptomatik und Sporulation unter Bewässerung weitgehend decken. Die vergebenen Ränge liegen für die drei Parameter in einem ähnlichen Bereich (Abb. 3). In den trockenen Varianten verhalten sich die Gersten hingegen unterschiedlicher in Bezug auf die drei Diagnosewerkzeuge. Der Erreger *Ramularia collo-cygni* reagiert somit sehr variabel unter Trockenstress mit einem stark veränderlichen Befallsmuster. Insbesondere die Sporulation wurde in mehreren Sorten völlig unterdrückt, sodass sich diese die niedrigsten Ränge teilen (Abb. 3).

Der stärkere Befall in den bewässerten Varianten hängt möglicherweise stark mit der höheren und für die Infektion, Krankheitsentwicklung und Verbreitung wichtigen Blattfeuchte zusammen. Alternativ hat die schnelle Abreife der trockengestressten Gersten die Krankheitsentwicklung unterbrochen. Es kann also davon ausgegangen werden, dass *Ramularia collo-cygni* unter permanent trockenen Bedingungen weniger stark auftritt. Darüber hinaus zeigen die erhobenen Krankheitsdaten, wie variabel die Pflanze-Pathogen-Interaktion auf künstlich trockene Bedingungen in den einzelnen Sorten reagiert (Abb. 2). Wahrscheinlich kann es aber auch in einem trockenen Sommer zu starken Infektionen kommen, wenn die Kombination aus einzelnen Regenereignissen und nächtlichem Tau trotzdem gute Infektionsbedingungen bietet. Sehr hohe Ramularia-Befallswerte aus einem parallelen Feldversuch am Standort Freising in 2018 legen diesen Schluss nahe, da hier einzelne Regenereignisse die trocken-heiße Reifeperiode der Braugerste unterbrochen haben.

Fazit

Um der Anfälligkeit der Landwirtschaft gegenüber dem Klimawandel zu begegnen, wird eine Anpassung von Sorten gegenüber extremeren Umweltbedingungen und einem sich wandelndem Krankheitsdruck zunehmend wichtiger.

Im Rahmen des Projekts BayKlimaFit wurden in den Jahren 2016 bis 2018 aus einem Braugerstensortiment zum Teil klimaangepasster Genotypen gleichzeitig krankheitsresistente Sorten und Zuchtlinien selektiert. Gleichzeitig zeigte der Versuch erstmalig, wie sich der natürliche Befall von *Ramularia collo-cygni* unter gezieltem Trockenstress in einem größeren Genotypensortiment verhält.

Die Ergebnisse zeigen innerhalb des getesteten Sortiments starke Unterschiede in der Resistenz gegenüber *Ramularia collo-cygni* sowohl unter kontrolliert feuchten als auch unter extremen Trockenstressbedingungen. Die Ergebnisse schlagen vor, dass insbesondere die Sorten Grace und Umbrella mit guten agronomischen Eigenschaften unter Trockenstress und einer guten Ramularia-Resistenz für trockene Standorte empfohlen werden können.

Die Ergebnisse aus dem Projekt liefern wichtige Informationen und Methoden für die Züchtung klimaangepasster und stressresistenter Sommergerstensorten. Die gewonnenen Erkenntnisse geben zudem einen neuen Einblick in die Entwicklung der Ramularia-Sprenkelkrankheit unter sich verändernden klimatischen Bedingungen. Zudem konnten Braugersten mit einer guten Ramularia-Resistenz gefunden werden, die sofort für den Anbau und die weitergehende Sortenzüchtung zur Verfügung stehen. <<

Das Projekt wurde finanziell vom Bayerischen Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz im Rahmen des Projektverbunds „BayKlimaFit – Strategien zur Anpassung von Kulturpflanzen an den Klimawandel“ unterstützt.

Felix Hoheneder
Technische Universität München
Freising-Weihenstephan
felix.hoheneder@tum.de