



Formular für Schlussbericht Forschungsprojekt¹

Projekttitel max. 100 Zeichen	Biologische Aprikosen produzieren - ABBIO
Schlagwörter min. 3 bis max. 5 Stichworte	Moniliose, Sortenanfälligkeit, Beobachtungsnetz, QTL, SAM
Autor/in Name(n) / Adresse(n)	Danilo Christen, Dr. , Agroscope Conthey, Route des Eterpys 18, 1964 Conthey, E-Mail: danilo.christen@agroscope.admin.ch , Tel. +41 58 481 35 14 Flore Lebleu , Forschungsinstitut für biologischen Landbau FiBL, Antenne romande du FiBL, 1001 Lausanne, E-Mail: flore.lebleu@fibl.org , Tel.: +41 21 619 44 77 Jorge Del Cueto, Agnieszka Kosinska-Cagnazzo (Agroscope), Patrick Stefani, Thomas Oberhaensli (FiBL), Julien Héritier (Mediplant)
Begleitung beim BLW Name(n) / Bereich(e)	Markus Lötscher, Dr.
Projektdauer Start- / Enddatum, effektiv	01.09.2016 - 31.08.2019 (verlängert am 31.10.2019)
Gesamtkosten in CHF, effektiv	CHF 1'215'000.-
Beitrag BLW in CHF / in % der Gesamtkosten	CHF 900'000.-
Weitere Mittel in CHF / Institution(en)	CHF 312'000.-

¹ Die folgenden Angaben bis und mit Zusammenfassung werden nach der Genehmigung des Abschlussberichts im Informationssystem ARAMIS (<http://www.aramis.admin.ch/>) erfasst (finanzielle Angaben sind nicht öffentlich).

Zusammenfassung

Die von *Monilia laxa* verursachte Blüten- und *Zweigmonilia* ist eines der Hauptprobleme, das die Entwicklung der ökologischen Aprikosenproduktion beeinträchtigt. Es wurden verschiedene Möglichkeiten zum Umgang mit der Krankheit untersucht: Schutz vor dem Krankheitserreger, Anfälligkeit der Sorten und Sortenentwicklung.

Die Wirksamkeit verschiedener Substanzen wurde sowohl im Obstgarten als auch in-vitro getestet. Als Alternativen zu Kupfer wurden natürliche Substanzen und alternative Kupfermischungen verwendet, die das Auftreten der Krankheit verringern, **aber nur teilweise wirksam sind.**

Zwischen den einzelnen Sorten sind Unterschiede in der Anfälligkeit zu beobachten. Dennoch scheint *Monilia* **nicht der einzige Faktor zu sein, der berücksichtigt werden muss, um die Rentabilität des Anbaus im Bioanbau zu gewährleisten.**

In der Schweiz und in Frankreich wird ein Beobachtungsnetz aufgebaut. Es wurden allgemeine Kriterien diskutiert, um die Durchführbarkeit der beobachteten Sorten im ökologischen Landbau **unabhängig vom Ort und den jährlichen Klimabedingungen** angemessen zu bewerten.

Eine große phänotypische Variabilität wurde durch Tests an der biparentalen Population "Bakour (tolerant) x Bergeron (anfällig)" festgestellt. Es wurden große Unterschiede zwischen dem Gehalt an phenolischen Verbindungen in den Phloems der verschiedenen Genotypen festgestellt. **QTLs, die mit der Monilia-Toleranz zusammenhängen, wurden durch verschiedene Bewertungen identifiziert.**

Die Ergebnisse des Projekts wurden in mündlichen und schriftlichen Mitteilungen auf nationaler und internationaler Ebene veröffentlicht.

Der/Die Autor/in bestätigt, dass alle Angaben im vorliegenden Formular korrekt sind und dass die wissenschaftliche Integrität im abgeschlossenen Forschungsprojekt gewährleistet wurde².

Ort/Datum:

Unterschrift(en)

31.10.2019



² Das BLW versteht unter der wissenschaftlichen Integrität in Übereinstimmung mit den Akademien der Wissenschaften Schweiz und dem Schweizerischen Nationalfonds die Selbstverpflichtung der Forschenden, sich an die Regeln der guten wissenschaftlichen Praxis zu halten. Wir verweisen in diesem Zusammenhang auf die [Grundsätze und Verfahrensregeln der Akademien der Wissenschaften Schweiz](#).

Problematik und Situation

Der ökologische Anbau von Aprikosen ist derzeit nicht rentabel. Das Haupthindernis für eine nachhaltige Rentabilität ist die Moniliose, eine der wichtigsten Krankheiten der Aprikosenbäume. Je nach Region und klimatischen Bedingungen können sich die Symptome unterschiedlich äußern, wie z. B. das Absterben von Ästen. Behandlungen im biologischen Anbau sind oft nicht wirksam. Derzeit sind keine Quellen für eine vollständige Resistenz bekannt, dennoch können einige Sorten interessante Toleranzniveaus aufweisen.

Die Blütenmonilia ist eine der wichtigsten Krankheiten bei Aprikosen, vor allem im biologischen Anbau, wo die Produktion je nach Jahr völlig gefährdet sein kann (Warlop 2003). Sie wird durch die Pilze *Monilia laxa* und *M. fructigena* verursacht, die sich bei den relativ niedrigen Temperaturen im Februar (ab 10 °C und hoher relativer Luftfeuchtigkeit) entwickeln und somit die Blüten bereits im Stadium der roten Knospen befallen können. Die Konidien werden durch Wind und Regen verbreitet und gelangen durch eine Verletzung oder durch den Kontakt mit bereits befallenen Früchten in die Blüte und die Frucht. Die Blüte vertrocknet und bleibt am Zweig hängen. Der Erreger kann den Zweig hinaufwandern und so andere oberirdische Teile der Pflanze infizieren. An den befallenen Ästen entwickeln sich Nekrosen und Schanker, die den Saftfluss behindern, wodurch der Ast vertrocknet. Bei Aprikosenbäumen sind in der Nähe dieser Krebsse sehr häufig gummiartige Ausscheidungen zu beobachten. Die Sporen, die sich auf den Blüten oder Schankern entwickeln, können später in der Saison gesunde Früchte infizieren. Die faulen, nicht geernteten Früchte trocknen am Baum und mumifizieren. Die Pilze überwintern auf diesen Mumien und auf den vertrockneten Schankern, Zweigen und Blüten, was die Infektionsquelle für das nächste Jahr darstellt (Siegfried et al. 2011). Je nach Region und klimatischen Bedingungen können sich die Symptome auf unterschiedliche Weise äußern (Holb 2008). In der Schweiz wurden beispielsweise noch nie Sporen auf dem Receptaculum der Blüten beobachtet. (Tamm et al. 1995). Auch das Ausmaß der Symptome unterscheidet sich von Jahr zu Jahr. Außerdem sind die Blütezeiten der verschiedenen Sorten versetzt, so dass die Wetterbedingungen auf der Blüte sehr unterschiedlich sein können, was einen breit angelegten Sortenvergleich sehr schwierig macht, insbesondere ohne künstliche Inokulation. Außerdem wurde eine unterschiedliche Empfindlichkeit in Abhängigkeit vom Alter der Zweige nachgewiesen (Christen et al., 2012), so dass sicherlich mehrere Abwehrmechanismen der Pflanze gegen Moniliose vorhanden sind. Derzeit gibt es keine Aprikosensorte, die in der Schweiz kommerziell angebaut wird, die gegen Blütenmonilia resistent ist. Es wurden jedoch verschiedene Toleranzniveaus beobachtet. Einige Sorten wie 'Ivonne Liverani', 'Amabile', 'Vecchioni', 'Vivagold' oder 'Baneasa' werden als resistent beschrieben (Egea et al. 1991; Pascal et al. 1994; Trandafirescu und Teodorescu 2006; Nicotra et al. 2006; Bassi et al. 2006; Paveaud et al. 2009), aber leider entsprechen diese Sorten nicht mehr den Kriterien einer modernen Produktion und werden weltweit nicht mehr in großem Umfang produziert. Tests zur Klassifizierung der Sortenanfälligkeit wurden bereits durchgeführt, allerdings hauptsächlich an Früchten (Wade und Cruickshank 1992; Pascal et al. 1994; Mari et al. 2003; Walter et al. 2004; Nicotra et al. 2006). Eine Methode zur Bewertung von Zweigen, die auf einer künstlichen Inokulation mit Myzel basiert, das in eine Rindenkerbe appliziert wird, wurde bereits vor langer Zeit entwickelt (Cossa-Raynaud 1969; Nicotra et al. 2006; Trandafirescu und Teodorescu 2006). Diese Methode ist jedoch sehr zeitaufwendig und berichtet nicht über Infektionen durch die Blüten. Außerdem wurde sie an abgeschnittenen Zweigen oder an Pflanzen in Töpfen durchgeführt, um die Feuchtigkeitsbedingungen kontrollieren zu können, so dass sie die Infektionsbedingungen in Obstgärten nicht wirklich repräsentiert. Vor kurzem wurde eine Methode zur Bewertung der Anfälligkeit von Sorten für Monilia in Obstplantagen entwickelt (Christen et al., 2012), die eine regelmäßige jährliche Infektion durch eine künstliche Inokulation mit *M. laxa* ermöglicht. Diese Methode hat signifikante Unterschiede in der Sortenanfälligkeit für Monilia aufgezeigt und könnte als phänotypischer Test zur Identifizierung von QTLs für die Monilia-Toleranz dienen.

Methoden

Das Projekt ist in 4 Achsen organisiert, die Folgendes umfassen: (1) Schutz vor dem Krankheitserreger, (2) Sortentoleranz, (3) Sortenentwicklung, (4) Wissenstransfer.

Achse A1: Schutz vor dem Krankheitserreger

Um die Wirksamkeit verschiedener Wirkstoffe gegen *Monilia laxa* zu testen, werden Versuche im Obstgarten und In-vitro-Versuche durchgeführt.

Schwerpunkt A2.1: Wenig anfällige Sorten

Zwischen 2011 und 2016 wurde auf dem Gelände von Agroscope Conthey eine Sortenbeobachtungsparzelle implementiert. Sie umfasst rund 90 Sorten. Zwischen 2017 und 2019 werden auf dieser Parzelle keine Fungizidbehandlungen durchgeführt. Um das Infektionspotenzial zu erhöhen, werden zu Beginn der Saison Mumien von *Monilia laxa* in die Baumkronen gehängt und mithilfe von Sprinkleranlagen künstliche Infektionen hervorgerufen. Die Anfälligkeit der Sorten wird anhand der beiden Methoden Agroscope (Gewicht der monilisierten Organe / Astquerschnitt) und visuelle Bewertung (Skala von 1 - wenig Schaden bis 10 - Absterben des Baumes) beurteilt.

Schwerpunkt A2.2: Beobachtungsnetzwerk

Mit engen Beziehungen zu landwirtschaftlichen Forschungsinstituten in Frankreich soll in diesem Schwerpunkt der regionale Einfluss auf identische Sorten an verschiedenen Standorten in der Schweiz und in Frankreich beobachtet werden.

Achse A3: Sortenentwicklung

Dieser Teil wird in Form von phänotypischen Tests unter kontrollierten Bedingungen an einer biparentalen Population aus der Kreuzung der Sorten Bergeron (anfällig für *Monilia*) x Bakour (tolerant) behandelt, um Phenole mit HPLC-MS zu messen und QTLs (Quantitative trait loci) zu finden, die mit der Resistenz gegen *Monilia* verbunden sind.

Schwerpunkt A4: Wissenstransfer

Jährliche Berichte und Treffen sind vorgesehen.

Es wird erwartet, dass technische Kommunikationen des Projekts über verschiedene Kommunikationskanäle der "grüne Presse".

Forschungsfragen

Die Hauptfrage, die das Projekt zu beantworten versucht, lautet: Welche Strategien gibt es für den Umgang mit *Monilia*, um eine sichere Produktion von Aprikosen im ökologischen Anbau zu ermöglichen?

Nach den verschiedenen zuvor genannten Forschungsschwerpunkten werden sekundäre Fragen apparatiert:

- Mit welchen Pflanzenschutzstrategien lassen sich Infektionen mit dem Pilz *Monilia laxa* kontrollieren? Gibt es Alternativen zu Kupfer?
- Ist es möglich, innerhalb eines Sortenpools einen Grad der Anfälligkeit für *Monilia* zu ermitteln?
- Gibt es Unterschiede in der Ausprägung der Krankheit und der Anfälligkeit in den verschiedenen Anbauregionen?
- Welche genetischen Regionen sind für die Resistenz gegen *M. laxa* verantwortlich?
- Welche Rolle spielen Phenole bei der Resistenz von Aprikosenbäumen gegen den Pilz?

Ergebnisse - Achse A1: Schutz vor dem Krankheitserreger

1.1 Tests im Obstgarten

Während der dreijährigen Projektlaufzeit wurden verschiedene Wirkstoffe an drei Versuchsstandorten getestet: ein Obstgarten der Sorte Bergeron auf dem Gelände von Agroscope Conthey (VS), der 2013 gepflanzt wurde; ein Obstgarten der Sorte Bergeval in Vétroz (VS), der 2008 gepflanzt wurde; ein Obstgarten der Sorten Goldrich und Berga-rouge in Olsberg (AG), der 2014 gepflanzt wurde.

Um das Infektionspotenzial auf der Parzelle in Conthey zu erhöhen, wurden zu Beginn der Saison Mumien von *Monilia laxa* in die Baumkronen gehängt und künstliche Infektionen mit Hilfe von Sprinkleranlagen hervorgerufen.

Der Obstgarten in Vétroz wies historisch gesehen ein hohes Infektionspotenzial auf.

Ergebnisse

Die Tabelle in Abbildung 1 fasst die Ergebnisse der Wirksamkeit im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle der getesteten Substanzen zusammen, die am signifikantesten waren und das beste Potenzial zeigten.

Amylo-X ist ein mikrobiologisches Fungizid auf der Basis von *Bacillus amyloliquefaciens* sp, einem natürlichen Antagonisten vieler pathogener Pilze und Bakterien.

Airone ist ein Fungizid, das aus 280 g/kg Kupfer in Form von Kupferhydroxid und Kupferoxychlorid zu gleichen Teilen besteht.

Curatio ist ein Fungizid auf der Basis von Calciumpolysulfid (Schwefelkalk) mit vorbeugender und heilender Wirkung gegen verschiedene Pilzkrankheiten. Der sehr hohe pH-Wert der Spritzbrühe (pH~10,5) in Verbindung mit den Schwefelmolekülen wirkt unspezifisch gegen die Krankheitserreger.

F-aa ist ein 250 g/l Pflanzenextrakt aus einem Polypeptid, das aus Lupinensamen gewonnen wird.

Oreganoöl ist ein Pflanzenextrakt aus Oreganoblättern.

Netzschwefel Stulln ist ein zu 80% mikronisierter Schwefel mit fungizider Wirkung durch Sporenhemmung.

Vitisan ist ein Präparat auf der Basis von Kaliumbicarbonat (99,6%) mit kontaktfungiziden Eigenschaften. Die gelösten Bicarbonatmoleküle interagieren auf der Pflanzenoberfläche, indem sie den pH-Wert und den osmotischen Druck verändern: Keimende Sporen und Hyphen, die mit Vitisan in Kontakt kommen, vertrocknen und platzen.

Die Bewertungen wurden mit zwei Methoden durchgeführt:

1. Agroscope (A): Monilié-Gewicht / Querschnitt Ast (g/cm²)
2. Visuelle Bewertung (V) (Noten 1-10)

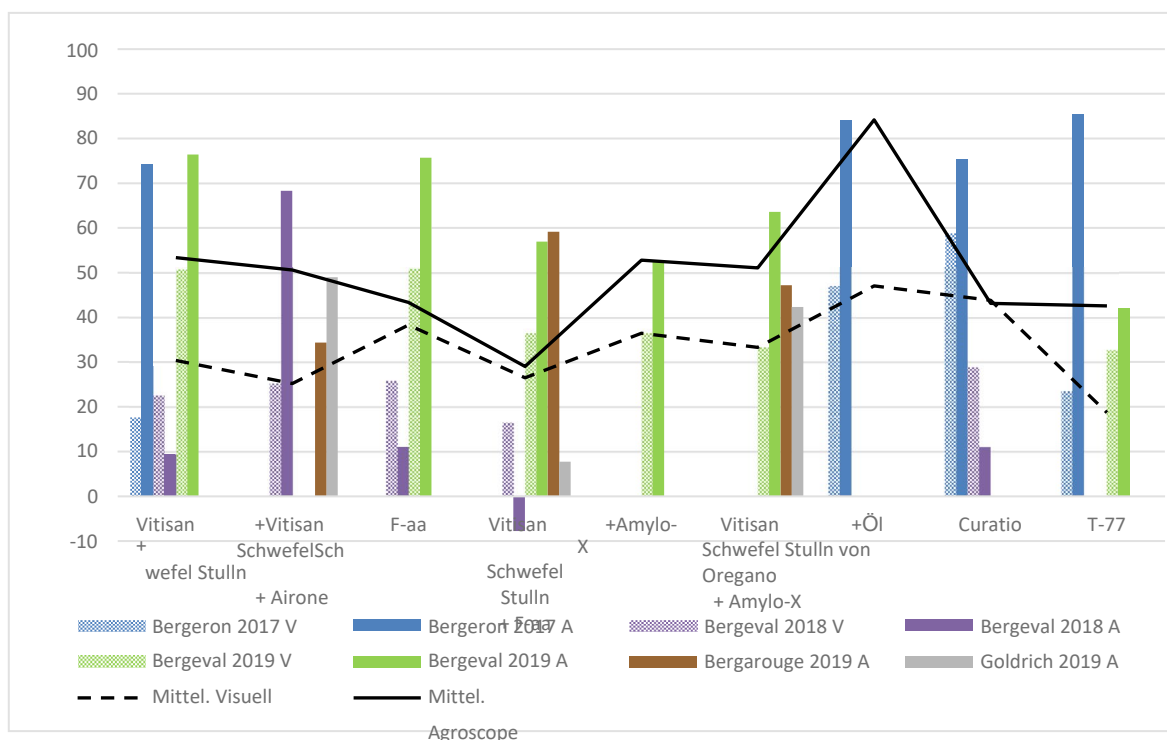


Abb. 1: Wirksamkeiten verschiedener Produkte und Mischungen im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle (%)

Oreganoöl hat nur ein Versuchsjahr und nur auf einer Parzelle mit geringem Druck, aber dieser Wirkstoff erzielt die beste Wirksamkeit. Amylo-X bietet ebenfalls eine gute Kontrolle der Krankheit, hat aber ebenfalls nur Ergebnisse aus einem Versuchsjahr.

Die Mischung Vitisan + Schwefel erreicht ebenfalls relativ gute Wirkungsgrade und scheint der Mischung Vitisan + Schwefel + Kupfer gleichwertig zu sein.

1.2 In-vitro-Tests

Verschiedene biologische Fungizide (Abb. 2) wurden in der empfohlenen Konzentration in Petrischalen getestet, die ein spezielles Medium (V8-Agar) enthielten, in das drei umgekehrte Mycelpfropfen von *Monilia laxa* gegeben wurden. Die Platten wurden 72 Stunden lang bei 23°C inkubiert und das Mycelwachstum wurde gemessen. Es wurden drei Wiederholungen pro Produkt kontrolliert. Ziel war es, die Wirksamkeit der verschiedenen Produkte gegen *M. laxa* in-vitro zu testen und, wenn möglich, einen Zusammenhang mit den Tests im Obstgarten herzustellen.

Produkt	Aktiver Stoff	Empfohlene Dosis %.
Airone WG	Kupferhaltiges Fungizid 280 g/kg Cu	0.2
Amilo-X	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	0.16
Armcarb	85 %Kaliumbicarbonat	0.3
Blossom	<i>Aureobasidium pullulans</i>	0.09
Chorus	Cyprodinil	0.05
Curatio	Sulfo-Kalk-Brei	1.6
Oregano-Öl	Pflanzenextrakt aus Oreganoblättern	4
Lupine	Pflanzenextrakt aus Lupinen	0.18
Myco-Sin	Schwefelsaure Tonerde	0.5
Schwefel Stulln	Mikronisierter Schwefel	0.2
Vitisan	Kaliumbicarbonat	0.3

Abb. 2: Für den In-vitro-Test verwendete Fungizidprodukte

1X Konzentration (Abb. 3): Amylo-X, Oreganoöl, Chorus (chemisches Produkt) und die Mischungen Viti- san+Schwefel+Amylo-X sind die Modalitäten, bei denen kein Myzelwachstum beobachtet wurde. Eine Inhibition von mehr als 50% wurde bei den folgenden Produkten festgestellt, in der Reihenfolge vom höchsten bis zum niedrigsten Wirkungsgrad: Curatio, Vitisan+Schwefel+Lupine, Blossom, Vitisan+Schwefel+Blossom, Vitisan+Schwefel, Lupine und Schwefel. Bei Armcarb, Vitisan, Myco-sin, Airone und der Mischung Vitisan+Schwefel+Airone wurde keine oder nur eine minimale Hemmung des Myceliumwachstums beobachtet.

Ergebnisse

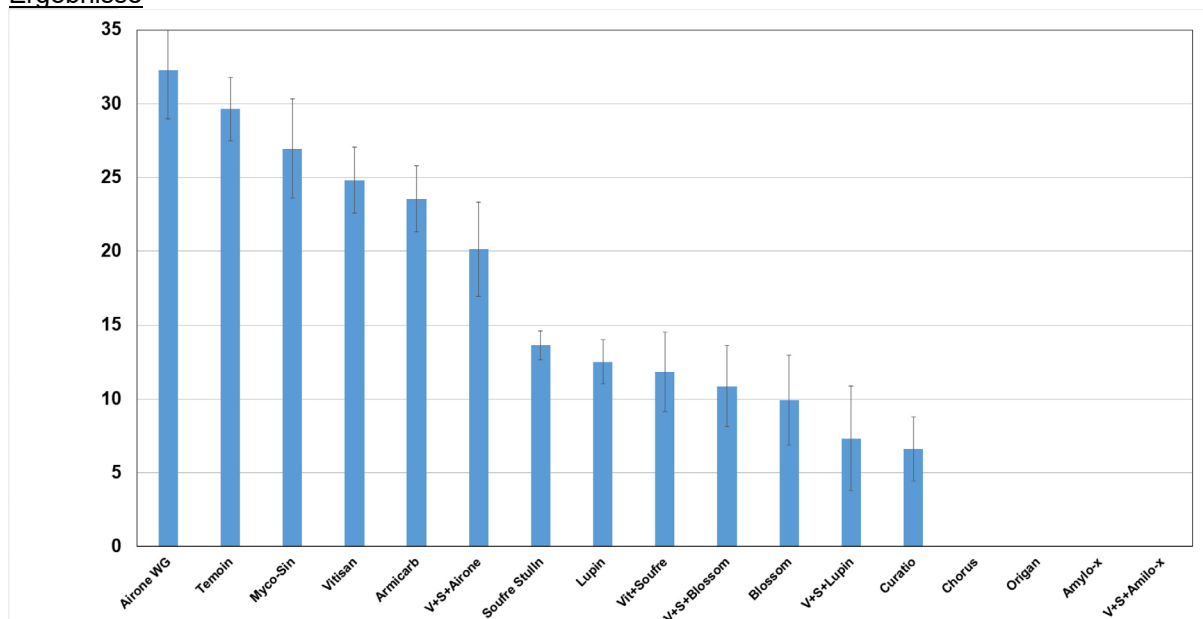


Abb. 3: Wachstum des Myceliumdurchmessers von *M. laxa* (in mm) nach In-vitro-Anwendung der verschiedenen Fungizide. Empfohlene Konzentration (1X)

Im Allgemeinen zeigte sich eine gute Korrelation zwischen den beiden Testmethoden für Wirkstoffe (Abb. 4). Vor allem für die Bewertungen, die im Jahr 2017 für Bergeron und in den Jahren 2018 und 2019 für Bergeval beobachtet wurden. Die Korrelationen zwischen den visuellen Bewertungen und dem In-vitro-Test waren im Vergleich zu den Bewertungen nach der Methodik von Agroscope immer höher.

Korrelationen Obstplantagen- und In-vitro-Tests

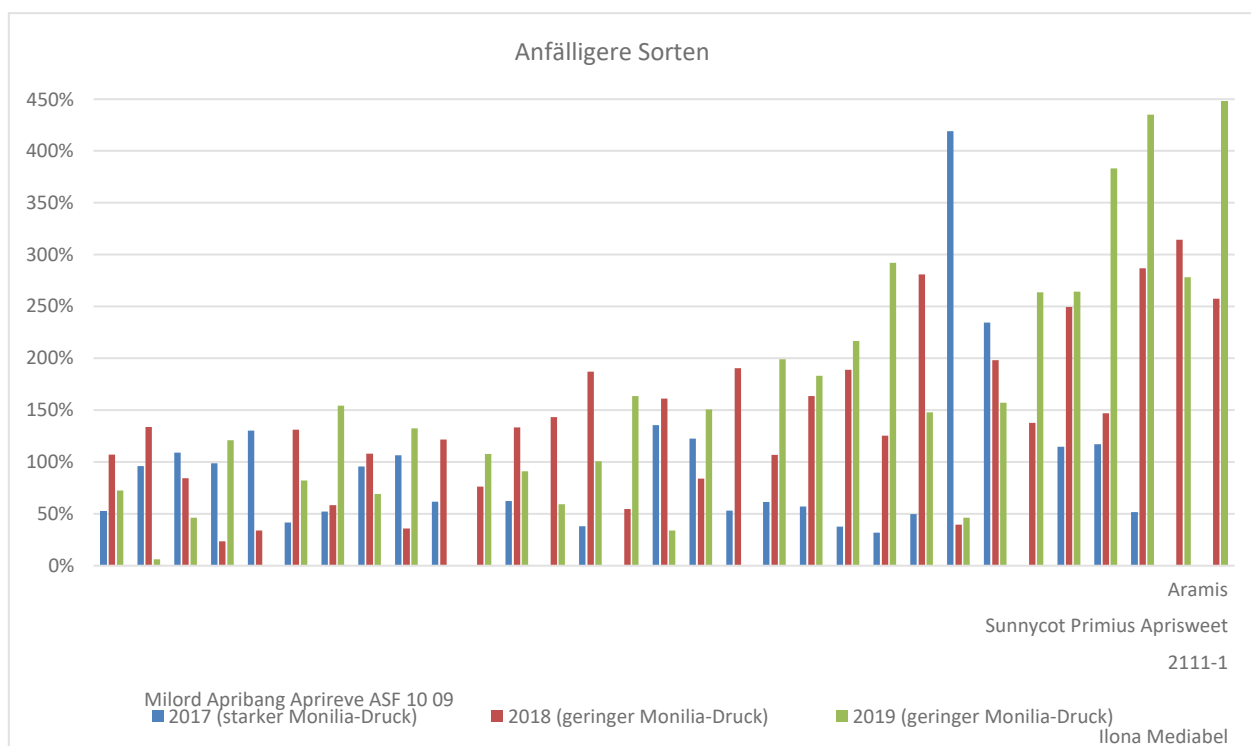
Feldbewertungen	In Vitro-Test
Visuelle Bewertung 2017 Bergeron	0.895
Evaluation Agroscope 2017 Bergeron	0.825
Visuelle Bewertung 2018 Bergeron	0.450
Evaluation Agroscope 2018 Bergeron	0.364
Visuelle Bewertung 2018 Bergeval	0.732
Evaluation Agroscope 2018 Bergeval	0.180
Visuelle Bewertung 2019 Bergeron	0.180
Evaluation Agroscope 2019 Bergeron	-0.550
Visuelle Bewertung 2019 Bergeval	0.600
Evaluation Agroscope 2019 Bergeval	0.660

Abb. 4: Korrelationen (R^2) zwischen den verschiedenen Bewertungen, die in den Jahren 2017, 2018 und 2019 im Feld und im In-vitro-Test durchgeführt wurden.

1.3 Praktiken von Bio-Bauern

Eine Umfrage unter einigen Bio-Aprikosenbauern am Ende des Projekts ergab, dass Schwefel+Kupfer die Standardmethode zur Bekämpfung von Monilia ist. Kupfer wird in geringen bis sehr geringen Dosen eingesetzt (zwischen 28g und 250g Kupfermetall pro Hektar und Behandlung). Nach Meinung der Praktiker stellt diese Mischung die beste Behandlung mit einem guten Preis-Leistungs-Verhältnis dar. Kaliumbicarbonat (Armcarb oder Vitisan) wird manchmal bei bestimmten Behandlungen zu Schwefel und Kupfer hinzugefügt, um die Wirksamkeit der vorherigen Mischung zu verbessern. Neue Strategien werden von Obstbauern in der Umstellungsphase angewandt. Dazu gehören Oreganoöl, andere Pflanzen- und Algenextrakte sowie Biostimulanzen mit engen Interventionsintervallen. Diese Strategien stellten die erst seit kurzem ökologisch wirtschaftenden Landwirte zufrieden.

Die Grafik in Abbildung 5 stellt die Anfälligkeitsniveaus der Sorten auf der Beobachtungsparzelle im Vergleich zum jährlichen Mittelwert der Anfälligkeit von 2017 bis 2019 zusammen. Um die Legitimität der Ergebnisse zu gewährleisten, wurden in dieser Grafik nur Sorten berücksichtigt, die seit mindestens vier Jahren gepflanzt wurden und mindestens zwei Jahre lang getestet wurden.



Es gibt Anfälligkeitsgrade zwischen den Sorten und einige Sorten zeigen gute Toleranzen gegenüber *Monilia laxa*. Dennoch sind die Schwankungen je nach Jahresbedingungen trotz künstlicher Infektionen bemerkenswert.

An derselben Sortenparzelle wurden 2018 und 2019 weitere Beobachtungen durchgeführt. Neben der visuellen Bewertung von Monilia wurden (auf 10) der Fruchtansatz, die Anfälligkeit für Bakteriose, die Anfälligkeit für Schrotschuss und die Anfälligkeit für Blattläuse bewertet.

Abbildung 6 stellt die Korrelation zwischen den Durchschnittsnoten (2018-2019) der visuellen Bewertungen der Anfälligkeit für Monilia und des Fruchtansatzes der Sorten auf der Beobachtungsparzelle dar. Es ist zu erkennen, dass die Korrelation zwischen diesen Daten sehr gering ist. Daraus lässt sich schließen, dass die Anfälligkeit für Monilia und die durch die Krankheit verursachten Schäden nicht immer zu den erwarteten Ernteverlusten führen.

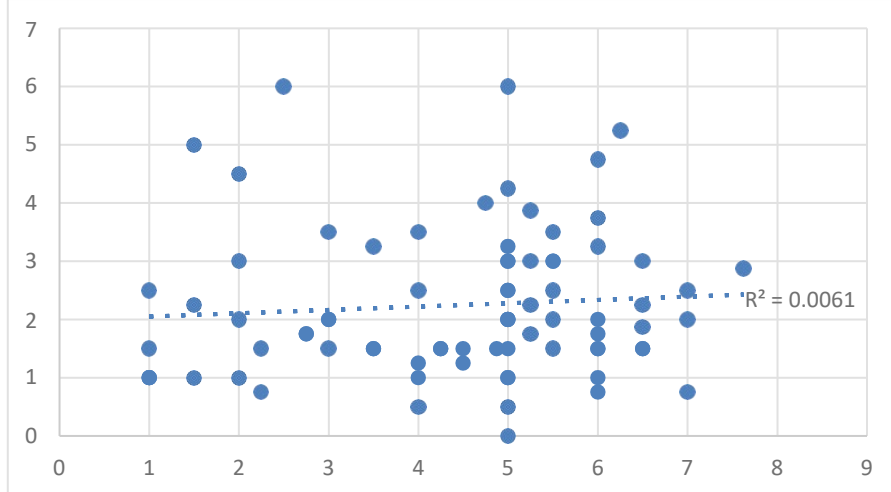


Abb. 6: Trendkurve zwischen den visuell bewerteten Durchschnittsnoten für Monilia-Anfälligkeit und Fruchtbehang

Um noch weiter zu gehen, konnte ein multikriterieller Index aus den visuellen Bewertungen der verschiedenen Anfälligkeiten (Monilia, Bakteriose, Schrotschuss und Blattläuse) berechnet werden. Um die Koeffizienten zu glätten, wurde dieser Index auf die Jahresdurchschnittswerte normalisiert. Wie Abbildung 7 zeigt, korreliert der Koeffizient diesmal gut mit dem Fruchtansatz der Sorten.

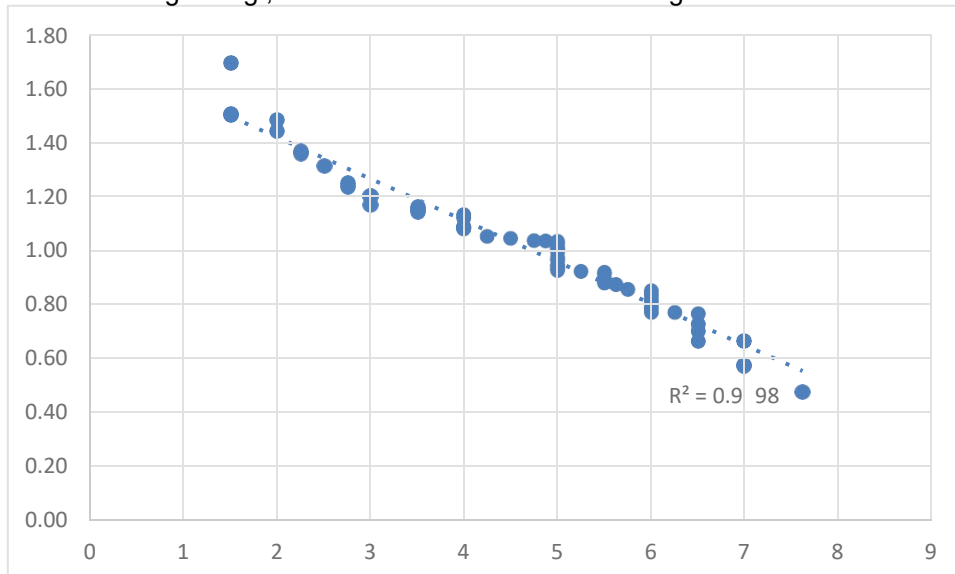


Abb. 7: Trendkurve zwischen den Durchschnittswerten der normalisierten Indizes und den Durchschnittsnoten der Fruchtbelastungsbewertungen.

Daher kann man in Abbildung 8 ein Diagramm der Sorten, die nach dem multikriteriellen Index mehr oder weniger für den bio-logischen Anbau geeignet sind, verdeutlichen.

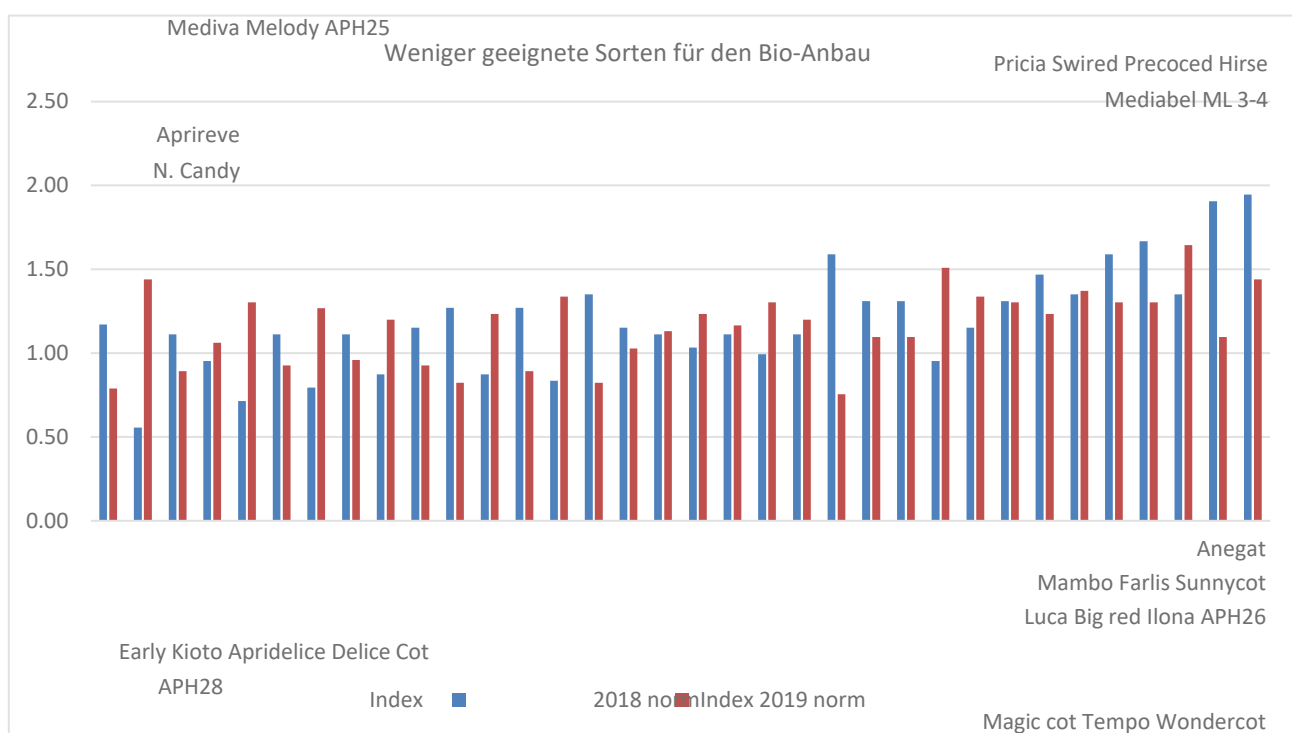
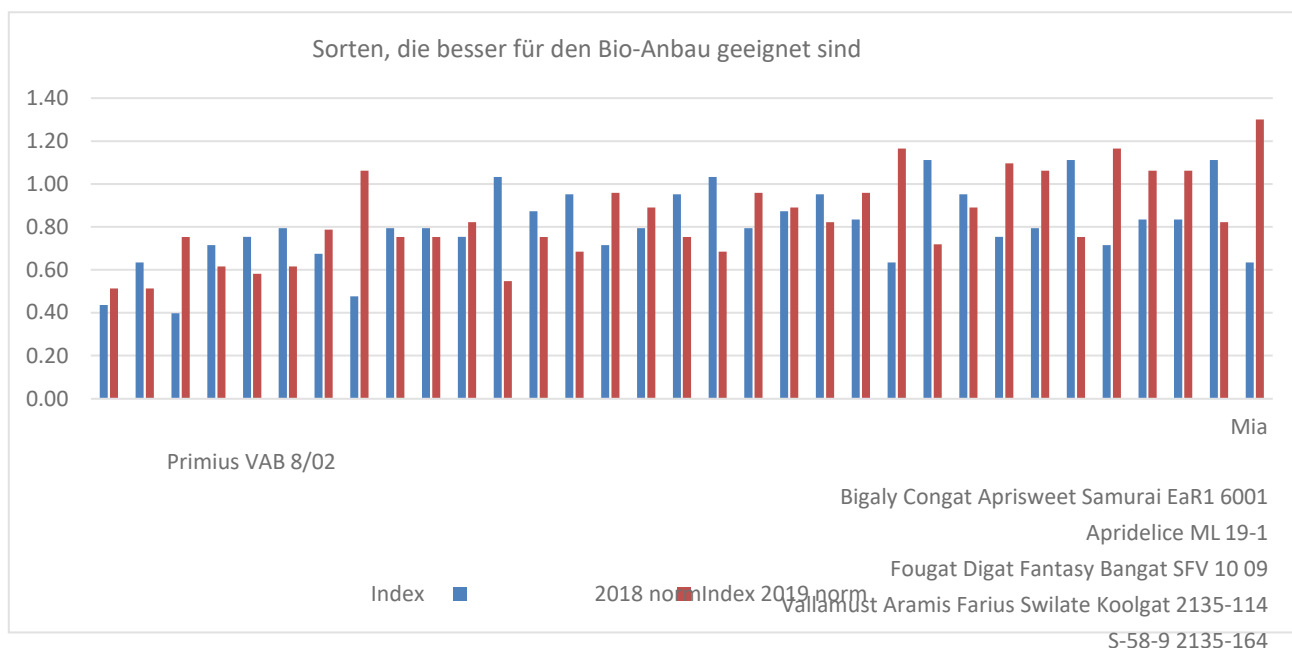


Abb. 8: Klassifizierung von Sorten anhand eines multikriteriellen Anfälligkeitsindexes

Im Vergleich zur vorherigen Grafik in Abbildung 5 ist zu erkennen, dass einige Sorten, die bereits eine geringe Anfälligkeit für Monilia aufwiesen, ihr Potenzial für den ökologischen Anbau allgemeiner bestätigen, wie Mia, VAB 8/02, Bigaly Congat, Ear1 6001, ML 19-1 oder Digat.

Anderer Sorten, die eine geringe Toleranz gegenüber Monilia zeigten, haben schließlich ein relativ hohes Potenzial für den ökologischen Landbau, wenn alle bewerteten Kriterien zusammengefasst werden, wie Primus, Aprisweet oder Samouraï.

Andererseits behalten Sorten, die eine geringe Toleranz gegenüber Monilia aufwiesen, ihre geringe Eignung für den ökologischen Anbau bei, wie Ninja, Talisman, Sherpa, Tsunami oder Flash cot.

Ergebnisse - Schwerpunkt A2.2. Beobachtungsnetzwerk

Das Beobachtungsnetz besteht aus sechs Standorten. Drei Parzellen in der Schweiz auf den Gütern Agroscope Conthey (VS), FiBL Frick (AG) und des Office Cantonal en Arboriculture des Kantons Wallis. Die drei Parzellen in Frankreich befinden sich in den östlichen Pyrenäen, in Saint-Gilles (Cot International) und beim GRAB in Gothenon. Dreizehn Sorten bilden das Sortenpanel des Netzes: Apribang, Bakour, Bergarouge, Bergeron, Farely, Flopria, Harogem, Lilly Cot, Lisa, Mia, Orangerubis, Précoce de Millet, Samourai. Diese Sorten wurden auf verschiedene Unterlagen (Myrobolan, Wawit, Wawit - intermédiaire RC und Montclar) und in unterschiedlichen Höhen (zwischen 20 und 70 cm) gepfropft, je nach den Bedürfnissen und Besonderheiten der verschiedenen ausgewählten Standorte. Auf der Parzelle in Frick wurden verschiedene Modalitäten für die Veredelung und den Schutz vor Witterungseinflüssen angewandt, die in der Tabelle in Abbildung 9 aufgeführt sind.

Modalität	Sorten		
Regenschutz die ganze Saison über	Goldrich	Early Blush	Mia
Unterlage: Wawit	ACW 4527	Frühe Hirse	Vallamuss
Zwischenpfropf: Reine-Claude	Flopria	Lilly Cot	Schwindel
Höhe der Veredelung: 60-70 cm	Harogem	Orangerubis	Ladycot
6 Bäume pro Sorte	Lisa	Samurai	Bergeron
Schutz vor saisonalem Regen	Orangerubis	Lilly Cot	Apribang
Unterlage: Wawit	Farely	Wondercot	Mia
Pfropfhöhe: 20 cm & 60-70 cm	Flopria	Samurai	Bergarouge
2 Bäume pro Sorte und Pfropfhöhe	Harogem	Lisa	Bergeron
Ohne Regenschutz	Apribang	Lady Cot	Mia
Unterlage: Wawit	Wondercot	Samurai	Bergarouge
Höhe der Veredelung: 60-70 cm	Orangerubis	Lisa	Bergeron
4 Bäume pro Sorte	Farely	Flopria	Harogem

Abb. 9: Modalitäten und Sorten der Sortenbeobachtungsparzelle in Frick

Es wurden verschiedene Kriterien festgelegt, um das Verhalten der 13 Sorten an den verschiedenen Standorten zu bewerten. Sie sind in der Tabelle in Abbildung 10 aufgeführt. Aufgrund der Jugendlichkeit der Bäume auf den meisten neu gepflanzten Parzellen konnte nur das Verhalten der Sorten auf der Parzelle in Conthey bewertet werden.

	Maßnahme	Frequenz	Einheit
Wetter	Temperatur (Minimum, Maximum, Durchschnitt)	Täglich	°C
	Niederschlag (gesamt)	Täglich	mm
	Relative Luftfeuchtigkeit (Durchschnitt)	Täglich	%
	Wind (durchschnittlich)	Täglich	m/s
Sorten	Phänologie (Unterscheidung von 1- und 2-jährigem Holz, falls erforderlich)	Wöchentlich (Minimum)	BBCH
	Blühendes	Zweiwöchentlich	1-9
	Moniliose-Infektion	Zweijährlich	1-9
	Bakteriose-Infektion	Zweijährlich	1-9
	Infektion Siebbeinkrankheit	Zweijährlich	1-9
	ESFY-Infektion	Zweijährlich	1-9
	Blattlausbefall	Zweijährlich	1-9
	Physiologischer Zustand (Chlorose,...)	Zweijährlich	1-9
	Fruchtansatzrate	Zweijährlich	1-9
	Ernte	Jährlich	kg/Baum
	Verteilung der Kaliber	Jährlich	%
	Anteil 1. Wahl	Jährlich	%
	Bemerkungen zu den Früchten (Cracking, Monilia, Fäulnis, Stiche,...)	Jährlich	

Abb. 10: Kriterien für die Beurteilung des Standorts und des Verhaltens der Sorten innerhalb des Beobachtungsnetzes

Ergebnisse - Achse A3: Sortenentwicklung

3.1. Phänotypische Tests unter kontrollierten Bedingungen

In den Jahren 2017, 2018 und 2019 wurden verschiedene Methoden zur Bewertung von *Monilia laxa* an Zweigen und Blüten durchgeführt, um Unterschiede zwischen den 190 Genotypen der biparentalen Population aus der Kreuzung Bergeron (anfällige Sorte) x Bakour (tolerante Sorte) festzustellen, die auf einer INRA-Fläche in Gotheron (Saint-Marcel-lès-Valence, Frankreich) angepflanzt wurden.

3.1.1. Test 1: Inokulation auf Blüten

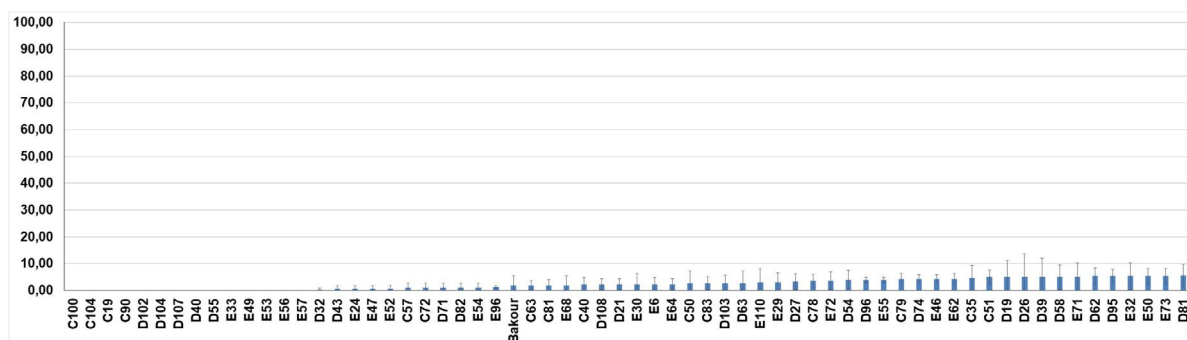
Für den Test 2017 wurden die offenen Blüten der Zwei-Eltern-Population unter kontrollierten Bedingungen (23°C Tag / 16°C Nacht, 95% r.F.) künstlich mit Sporen von *M. laxa* besprüht. Nekrotische Blütenblätter wurden nach 48 Stunden als Symptom einer Monilia-Infektion beobachtet. Es wurden nur wenige Unterschiede zwischen den Genotypen festgestellt, insbesondere gab es keine Unterschiede zwischen Bakour und Bergeron. Daraus wurde abgeleitet, dass die nekrotischen Symptome auf den Blütenblättern nicht mit der Anfälligkeit der Sorte korreliert waren. Außerdem wurde bei diesem Versuch festgestellt, dass die Infektion durch die Blüte eindringt und sich dann im Zweig ausbreitet. In einigen Fällen blieb die Infektion jedoch an der Blüte stehen und erreichte nicht den Zweig.

Im Jahr 2018 wurde an derselben Population ein Stempel-Test durchgeführt. Wenn die Blüte das Stadium F (offene Blüte) erreicht hatte, wurden die Stempel unter kontrollierten Bedingungen (23 °C Tag / 16 °C Nacht, 70 % relative Luftfeuchtigkeit) künstlich mit einem Tropfen Sporen von *M. laxa* (in einer Konzentration von 10^5 Sporen/ml) inokuliert. Die Infektion wurde dann anhand der Länge des nekrotischen Teils jedes Astes 4, 8 und 15 Tage nach der Inokulation gemessen. Ziel dieses Tests war es, den Eintrittsmechanismus von Monilia in die Blüte und den Zweig zu untersuchen. Der Prozentsatz der Infektionen war jedoch gering und oft fielen die Blüten einige Tage nach der Inokulation ab. Dadurch hatte der Pilz nicht immer genug Zeit, um den Ast zu erreichen.

3.1.2. Test 2: Inokulation auf Ästen

Bei der Inokulationsmethode wurde ein Rundling des *M. laxa*-Myzels nach dem Durchtrennen der Rinde auf den Ast gelegt, mit Papier und Plastikfolie abgedeckt und unter kontrollierten Bedingungen (20°C, 80% relative Luftfeuchtigkeit und Dunkelheit) aufgestellt. Die Länge der Infektion (nekrotischer Teil) wurde 4, 8 und 15 Tage nach der Inokulation (dpi) an drei Ästen pro Genotyp und Zeitraum gemessen. Zusätzlich wurden negative Tests (Äste ohne Inokulation) zu den Zeitpunkten 0, 4, 8 und 15 dpi durchgeführt. Das Ziel dieses Tests war es, Unterschiede zwischen den Genotypen festzustellen, um eine Segregation innerhalb der Population zu erzeugen.

Es wurden große Unterschiede zwischen den Infektionsniveaus in den Zweigen der Zweielternpopulationen festgestellt, mit Infektionsbereichen zwischen 0 und 40 mm nach 4 Tagen, 0 und 100 mm nach 8 Tagen und 0 und 200 mm nach 15 Tagen. Der Test 8 Tage nach der Inokulation war am aussagekräftigsten, er wies die meisten Unterschiede auf. Aus diesem Grund wurde 2019 nur dieser Test bei 8 dpi wiederholt (Abbildung 11).



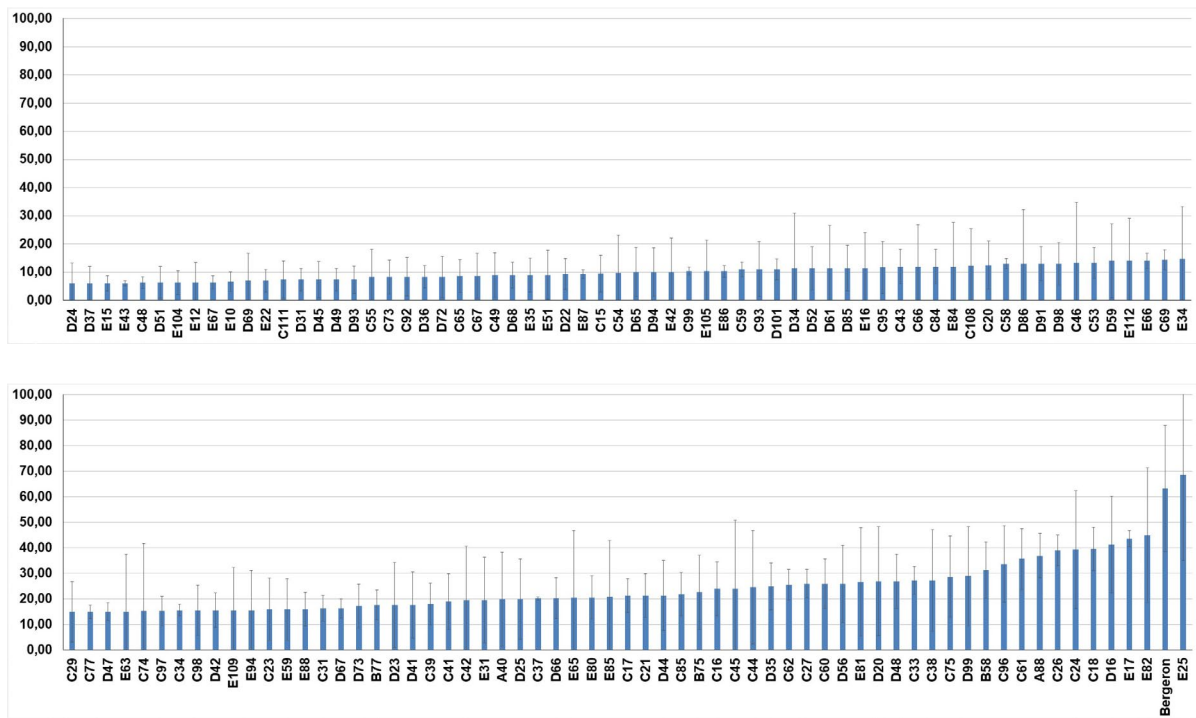


Abb. 11: Infektionslänge (in mm) in den Ästen einer bi-parentalen Population 8 Tage nach der Infektion mit *M. laxa* Mycelium unter kontrollierten Bedingungen.

Gemäß Abbildung 11 wurden große Unterschiede zwischen den Infektionsgraden der Äste der Zweielternpopulation festgestellt, wobei die Spanne zwischen 0 und 70 mm Nekrosenlänge 8 Tage nach der Infektion betrug. Interessant war es auch, Genotypen zu finden, bei denen keine Infektionen oder Nekrosen in den Ästen beobachtet wurden. Die verschiedenen Genotypen können sich also durchaus unterscheiden und es kann eine Segregation innerhalb dieser Population mit zwei Elternteilen festgestellt werden. Außerdem sind die beiden Elternteile innerhalb ihrer Nachkommen gut unterscheidbar: Bergeron ist einer der anfälligsten Genotypen und Bakour einer der tolerantesten.

3.1.3. Test 3: Inokulation auf Früchten

Verschiedene internationale Sorten, die auf den Parzellen des Kantons Wallis (OCA-VS) und von Agroscope in Conthey angepflanzt wurden, wurden unter kontrollierten Bedingungen (22°C, 80% RH, Dunkelheit) mit *Monilia fructicola* geimpft. Hierzu wurden pro Sorte zehn reife Früchte gewaschen und anschließend 4 mm ins Fruchtfleisch geschnitten. Anschließend wurde eine Verdünnung von Sporen des Pilzes hergestellt und in die Wunde geimpft. Nach 63 h wurde der Durchmesser der Infektion auf der Frucht gemessen.

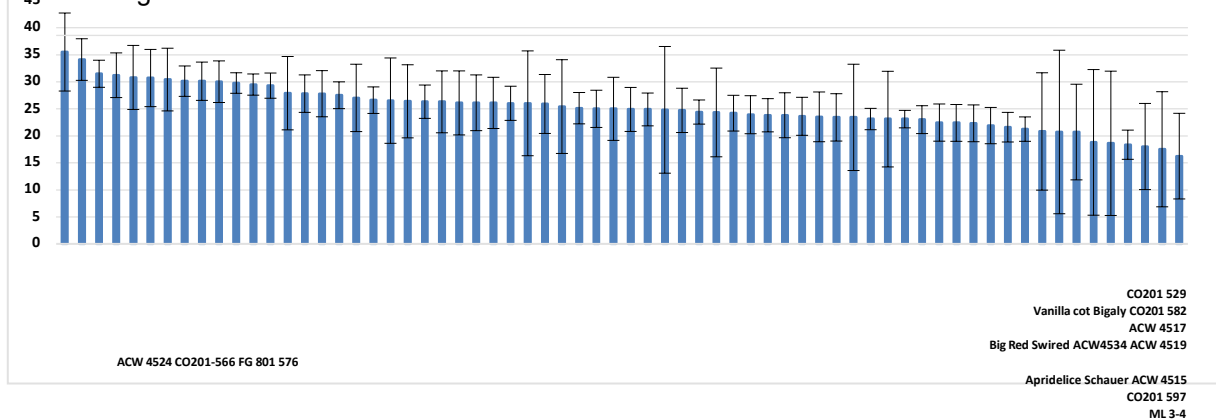


Abb. 12: Durchmesser der Infektion auf der Frucht (in mm) unter kontrollierten Bedingungen.

Zwischen den untersuchten Sorten wurden Unterschiede im Infektionsdurchmesser festgestellt (Abb.12), die zwischen 15 und 35 mm schwankten. Die anfälligsten Sorten waren Vanilla cot Bigaly oder Swired, während die tolerantesten Sorten Early Kioto, Medalis oder Lido waren. Die Unterschiede zwischen den Sorten blieben jedoch gering.

3.2. Phenolmessung und qPCR

Ausgehend vom Test der Inokulation eines Pfropfens mit *M. laxa*-Myzel auf dem Ast innerhalb einer zweigeteilten Population unter kontrollierten Bedingungen wurden 3 cm lange Proben von infizierten Ästen entnommen und bei -80°C gelagert. Es wurden auch Proben vor der Inokulation (0 dpi) entnommen. Insgesamt wurden drei Wiederholungen pro Genotyp der bi-parentalen Population von 190 Nachkommen, pro Modalität und Kontrollzeit geerntet. Nach der Zerkleinerung und Extraktion am FiBL in Frick wurde das Gewebe für zwei verschiedene Experimente verwendet. Zum einen wurde die Hälfte des Materials für ein qPCR-Experiment zur Messung der Sporenkonzentrationen von *Monilia laxa* nach der Infektion (einschließlich Negativkontrollen ohne Infektion) verwendet. Andererseits wurde der Rest des Pflanzenmaterials in einer HPCL-MS zur Messung der Phenolmenge verwendet. Ziel dieser Analysen war es, eine Beziehung zwischen dem Eintritt des Pilzes in die Pflanze und dem Phenolgehalt herzustellen.

In der HPLC war das Phenolmuster für das Gewebe aller Sorten ohne Infektion und vor der Infektion ähnlich. Zwei Wochen nach der Infektion hingegen war der größte Teil der löslichen Phenole bei den anfälligsten Sorten wie Bergeron (Abb. 13) verschwunden, nicht jedoch bei den toleranten Sorten wie Bakour (Abb. 14). Die HPLC-Methode zeigt, wie wichtig die Fähigkeit einer Sorte ist, bei einer Kontamination einen hohen Polyphenolgehalt aufrechtzuerhalten. Tatsächlich weist die tolerante Sorte Bakour nach einer Kontamination keine Abnahme der Polyphenole auf, im Gegensatz zu der anfälligen Sorte Bergeron, die nach einer Infektion fast alle Polyphenole verliert. Daher scheint es möglich zu sein, durch Beobachtung des chromatographischen Profils vor und nach der Infektion beurteilen zu können, ob ein Genotyp gegenüber einem Pathogen resistent sein wird oder nicht. Leider erhielten wir bei der Analyse der späteren Jahre nicht die gleichen Ergebnisse. Daher ist dieser Trend nicht ganz klar.

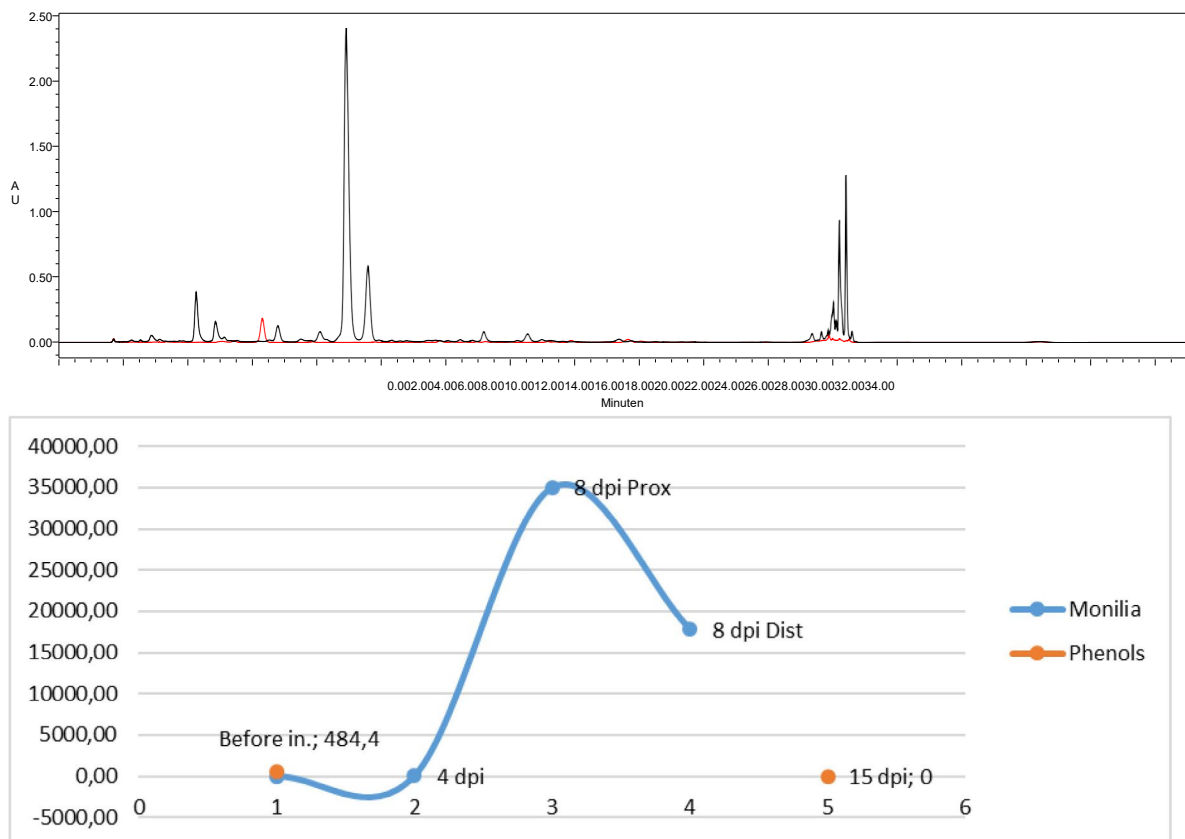


Abb. 13: Profil des Bergeron. Oben: HPLC-Analyse der Äste vor (schwarz) und nach der Infektion (rot). Unten: Analyse der Monilia-Konzentration (blau) mittels qPCR vor und nach der Infektion (4 und 8 Tage) im Vergleich zum Phenolgehalt (orange).

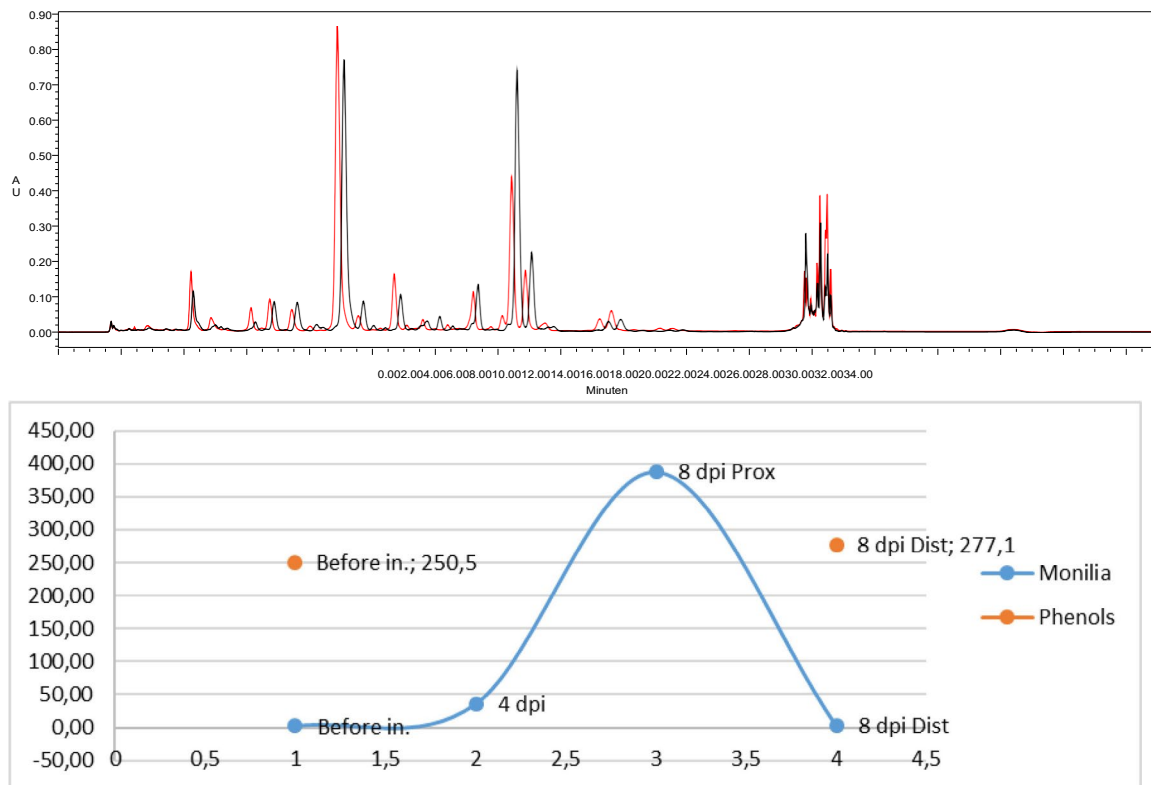


Abb. 14: Profil des Bakour. Oben: HPLC-Analyse der Äste vor (schwarz) und nach der Infektion (rot). Unten: Analyse der Monilia-Konzentration (blau) mittels qPCR vor und nach der Infektion (4 und 8 Tage) im Vergleich zum Phenolgehalt (orange).

Die Analyse der Phenole in den ersten beiden Jahren des Projekts (2017, 2018) zeigte, dass Chlorogensäure eine dominante Verbindung des Phloems war. Mit der Methode der Flüssigchromatographie mit UV-Detektion wurde die Konzentration aller phenolischen Verbindungen in den Phloem-Extrakten der Aprikose bestimmt, um diskriminierende Komponenten zu finden und eine QTL-Detektion durchzuführen. Das typische Chromatogramm eines Phloem-Extrakts ist in Abbildung 15 dargestellt. Die Identifizierung der phenolischen Verbindungen wurde mit Hilfe der HPLC-MS-Analyse bestätigt (Abb. 16).

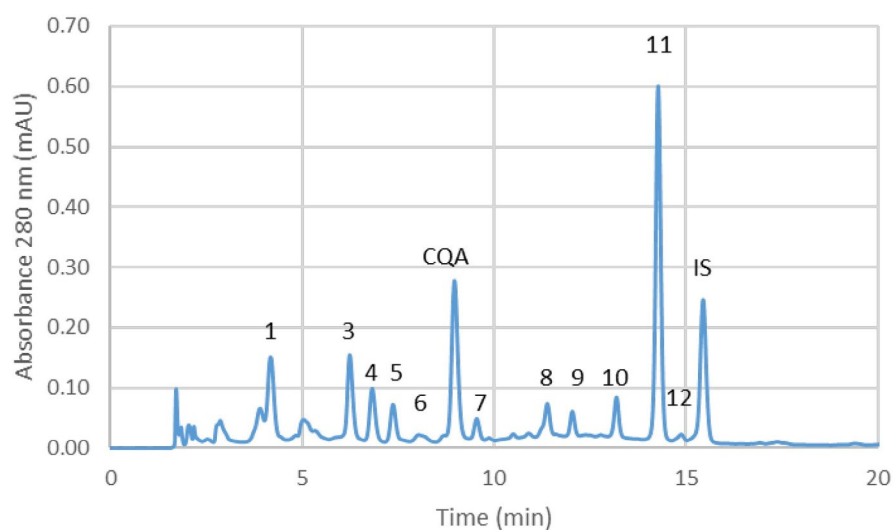


Abb. 15: Typisches Chromatogramm eines Phloem-Extrakts (zur Identifizierung von Peaks siehe Abb. 16 unten).

Pic	TR (min)	Name der Verbindung	Quantifiziert als
pic 1	4.36	Procyanidin	(+/-)-Catechin
pic 2	5.07	Chlorogensäure Derivat 1	Chlorogensäure
pic 3	6.61	Catechin	(+/-)-Catechin
pic 4	7.09	Scopoline	Scopoletin
pic 5	7.71	Hydroxyacetophenon-Derivat	Trihydroxyacetophenon
pic 6	8.52	Epicatechin	(+/-)-Catechin
AQA	9.40	Chlorogensäure	Chlorogensäure
pic 7	9.88	Chlorogensäure Derivat 2	Chlorogensäure
pic 8	11.74	Procyanidin	(+/-)-Catechin
pic 9	12.32	Nicht identifiziert	Trihydroxyacetophenon
pic 10	13.49	Nicht identifiziert	Trihydroxyacetophenon
pic 11	14.64	2,6 Dihydroxy-4 -methoxyacetophenonhexosid	Trihydroxyacetophenon
pic 12	15.26	Scopoletin	Scopoletin

Abb. 16: Phenolische Verbindungen im Phloem-Extrakt von Aprikosenbäumen.

Es wurden große Unterschiede zwischen den Gehalten an phenolischen Verbindungen in den Phloemen verschiedener Genotypen der zweigeteilten Population vor und nach der Infektion festgestellt.

Gehalte an phenolischen Verbindungen und visuelle Bewertung

Es konnte keine Korrelation zwischen der visuellen Bewertung (INRA-Feldmethode, die über mehrere Jahre durchgeführt wurde) und dem Gehalt an phenolischen Verbindungen vor oder nach der Infektion festgestellt werden. Dennoch wurden gewisse Tendenzen bei der Kategorisierung der Nachkommen anhand der visuellen Bewertungen wahrgenommen (Abb. 17). Die Analyse des Phloems ohne Infektion nach 8 Tagen ergab einen höheren Gehalt an 2,6 Dihydroxy-4-methoxyacetophenonhexosid und einer nicht identifizierten Verbindung 2 bei resistenten Nachkommen und einen niedrigeren Gehalt an 2,6 Dihydroxy-4-methoxyacetophenonhexosid bei anfälligen Nachkommen (Abb. 18).

Abkürzung	Kategorie	Strand	Anzahl der Nachkommen
R	widerstandsfähig	<=20	21
MR	mäßig widerstandsfähig	(20-30>	48
INT	Intermediär	(30-40>	52
MS	mäßig empfindlich	(40-50>	45
S	anfällig	>50	18

Abb. 17: Bevölkerung mit zwei Elternteilen, die anhand der visuellen Bewertungen in Kategorien eingeteilt wurden

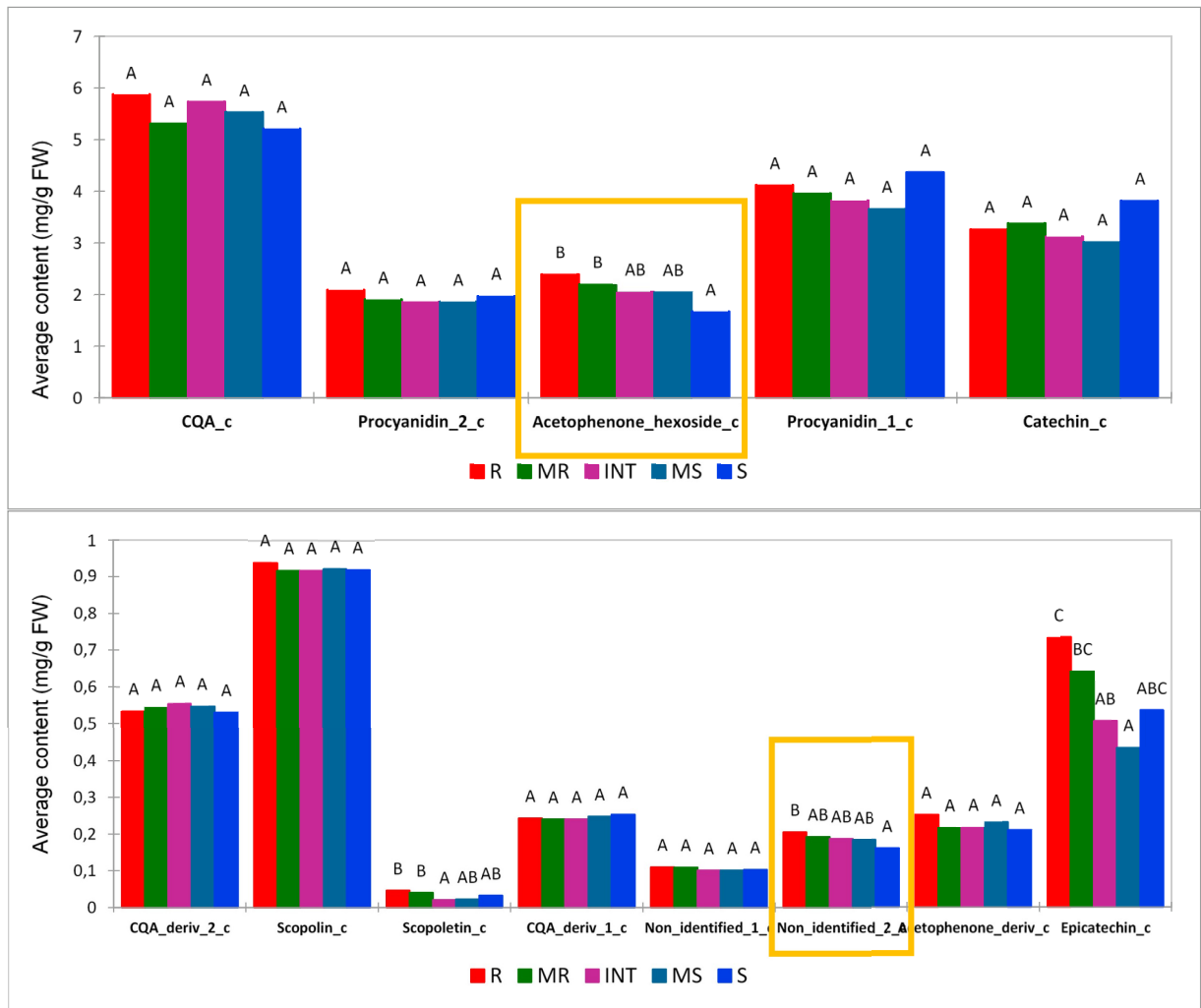
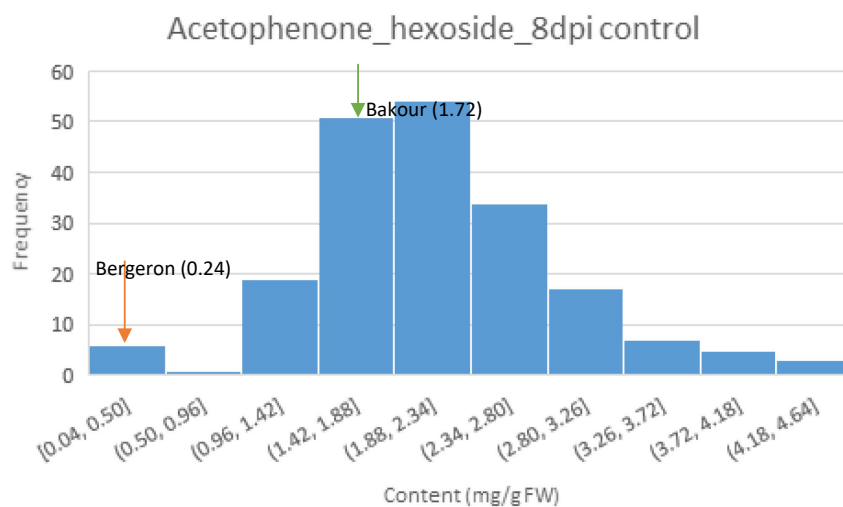


Fig. 18: Teneur moyenne en composés phénoliques dans le phloème sans infectio bei 8dpi ($p < 0.05$)

Les graphiques suivants (Fig. 19) montrent les teneurs en 2,6 dihydroxy 4-Methoxyacetophenon n hexoside et en composé non identifié dans le phloème de Bakour et Bergeron im Vergleich zur biparentale. Bergeron, variété sensible, suit la tendance prévue et présente Bevölkerung nte einen sehr geringen Gehalt an ces composants, alors que Bakour se situe au milieu de la population.



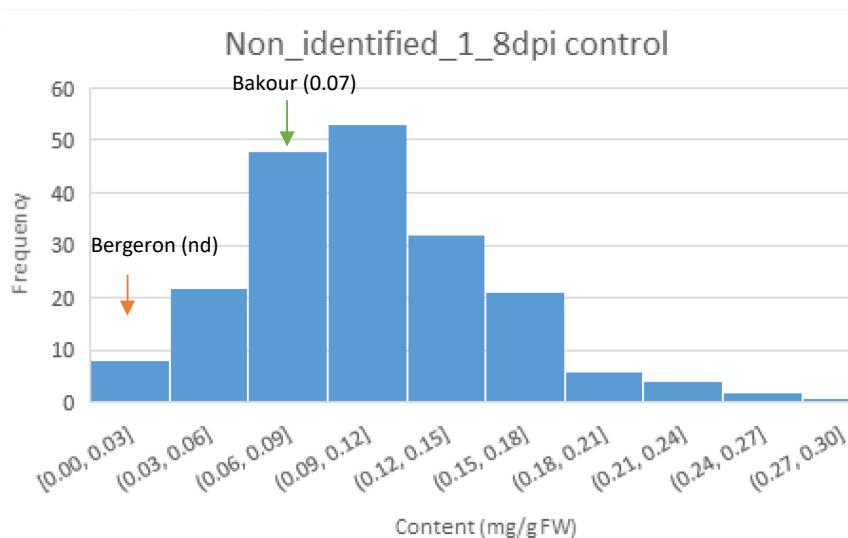


Fig. 19: Histogrammes des teneurs en 2,6 dihydroxy 4-méthoxy acétophénone hexoside et en composé non identifié dans le phloème sans infection de la population biparentale.

Teneurs en composés phénoliques et longueur des nécroses après infection

Une assez faible corrélation négative a été établie entre la teneur en scopoline dans le phloème après infection et la longueur de nécrose $R = -0.585$. La corrélation est plus forte lorsqu'un ratio des teneurs en scopoline après et avant infection est pris en compte $R = -0.664$. Le ratio des teneurs en dérivés d'hydroxyacétophenones est aussi négativement corrélé avec la longueur de nécrose $R = -0.545$ et $R = -0.475$. En général, la teneur en scopoline était plus élevée avant infection et la teneur de son aglycone – scopolétine après infection.

3.3. Quantitative trait loci (QTL) lié avec la résistance à Monilia et phénols

Les résultats de certains tests ou évaluations réalisés au cours du projet les 3 dernières années (tests phénotypiques sous conditions contrôlées sur les branches, l'évaluation visuelle réalisée par INRA et ~~Gehalte an phenolischen Verbindungen~~) werden in einem genetischen Programm namens Win4 dows QTL Ici Mapping (https://www.ici.fr/ici/qtl) zur Identifizierung von QTLs (Quantitative Trait Locus) zu identifizieren, die mit der Resistenz gegen die Monilia-Infektion und die Produktion von Phenolen verbunden sind. Zu diesem Zweck entwickelte das INRA-Team ein Programm zur Identifizierung von QTLs, die mit der Resistenz gegen die Monilia-Infektion und die Produktion von Phenolen verbunden sind. Die Bewertung der Qualität der Produkte.

"Ein LOD-Score von über 2,5 wird in jedem Diagramm als horizontale Linie dargestellt und bezeichnet den Mindestwert, ab dem der QTL signifikant ist. Je höher der LOD-Score, desto größer ist die Bedeutung des QTL.

Ergebnisse

Bei Bakour (Abb. 20, 21, 22 und 23) wurden die wichtigsten QTLs in Chromosom 1 (Chlorogensäuregehalt 2019, Scopoletingehalt 2019), Chromosom 3 (visuelle Bewertung 2011, Monilia-Konzentration 2018) und in Chromosom 4 (Nekrosenlänge 2018, Teneur an Hydroxyacétophenon-Derivat 2019) nachgewiesen.

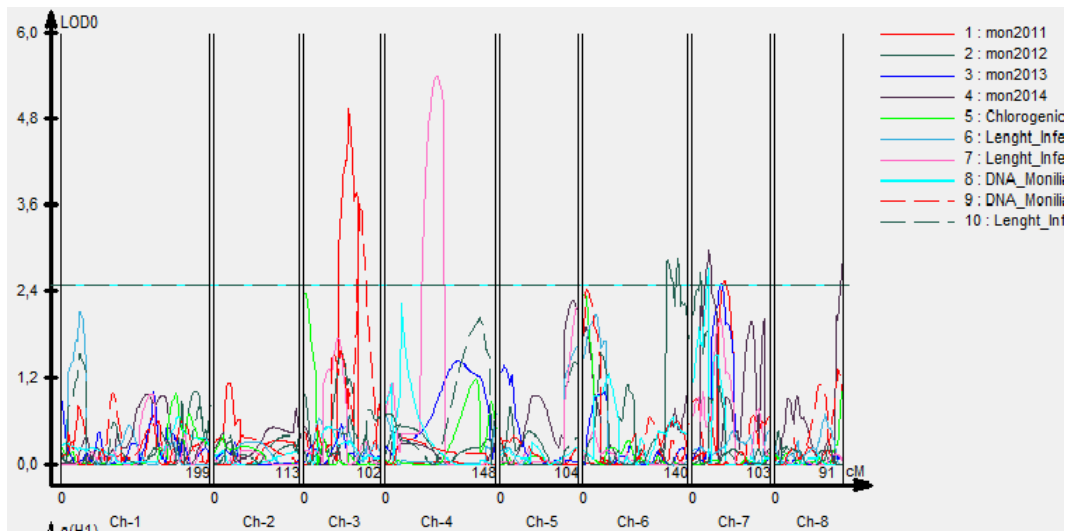


Abb. 20: QTL in Verbindung mit Bakour. Legende: 1,2,3,4) Visuelle Bewertung durch INRA in den Jahren 2011,2012,2013 und 2014. 6,7,10) Länge der Nekrose am Ast 8 Tage nach der Infektion in den Jahren 2017, 2018 und 2019. 5) Chlorogensäuregehalt im Ast 8 Tage nach Infektion im Jahr 2018. 8,9) Monilia-Konzentration im Zweig 8 Tage nach der Infektion im Jahr 2018. Ch-1 bis Ch-8: Chromosomen.

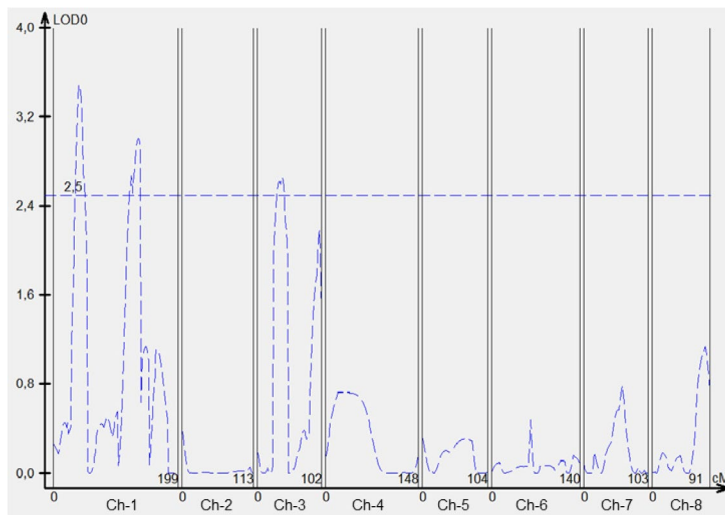


Abb. 21: QTLs in Verbindung mit Bakour. Chlorogensäuregehalt im Ast 8 Tage nach Infektion im Jahr 2019. Ch-1 bis Ch-8: Chromosomen.

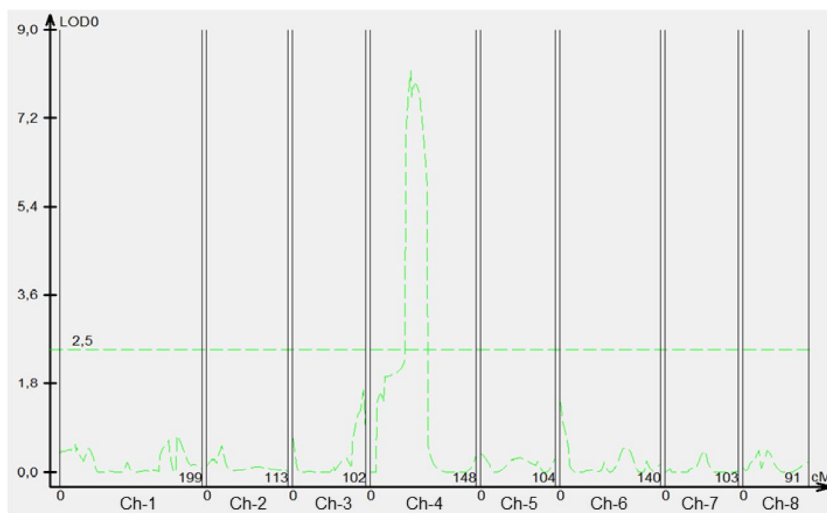


Abb. 22: QTL in Verbindung mit Bakour. Gehalt an Hydroxyacetophenon-Derivat im Ast 8 Tage nach Infektion im Jahr 2019. Ch-1 bis Ch-8: Chromosomen.

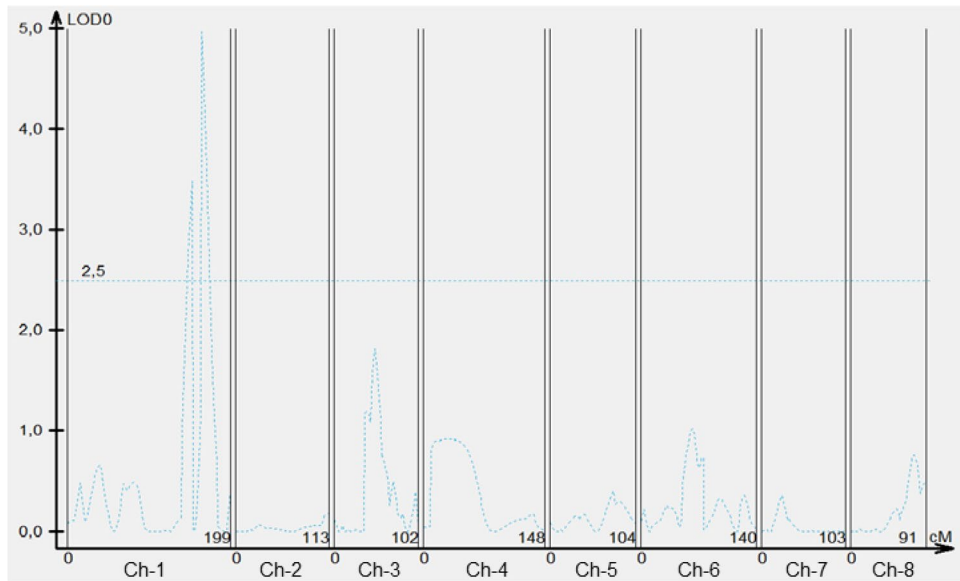


Abb. 23: QTLs in Verbindung mit Bakour. Scopoletin-Gehalt im Ast 8 Tage nach Infektion im Jahr 2019. Ch-1 bis Ch-8: Chromosomen.

Bei Bergeron (Abb. 24,25 und 26) wurden die größten QTLs in Chromosom 1 (visuelle Bewertung 2011 und 2012), Chromosom 4 (Monilia-Konzentration 2018), Chromosom 5 (visuelle Bewertung 2011, Gehalt an nicht identifizierter Verbindung (quantifiziert als Trihydroxyacetophenon) 2019) und in Chromosom 6 (Monilia-Konzentration 2018, Gehalt an Chlorogensäurederivat 2 2019) gefunden. Besondere Aufmerksamkeit gilt den QTLs in Chromosom 1 (visuelle Bewertungen von INRA), dem höchsten in unserer Studie beobachteten Wert.

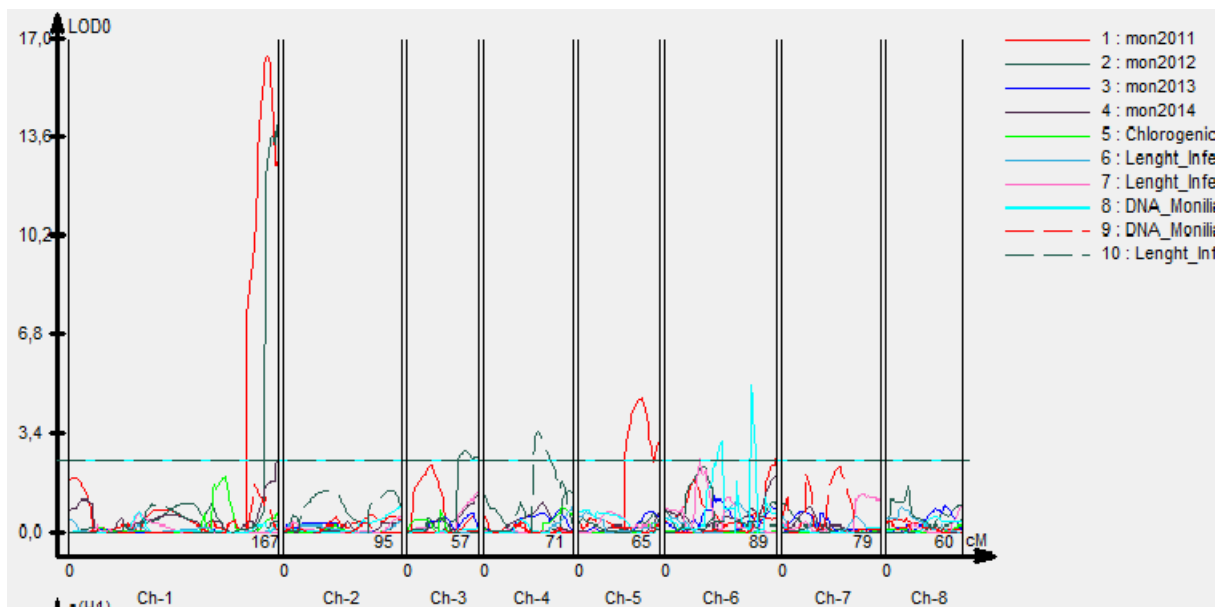


Abb. 24: QTL in Verbindung mit Bergeron. Legende: 1,2,3,4) Visuelle Bewertung durch INRA in den Jahren 2011,2012,2013 und 2014. 6,7,10) Länge der Nekrose im Ast 8 Tage nach der Infektion in den Jahren 2017, 2018 und 2019. 5) Chlorogensäuregehalt im Ast 8 Tage nach der Infektion im Jahr 2018. 8,9) Monilia-Konzentration im Zweig 8 Tage nach der Infektion im Jahr 2018. Ch-1 bis Ch-8: Chromosomen.

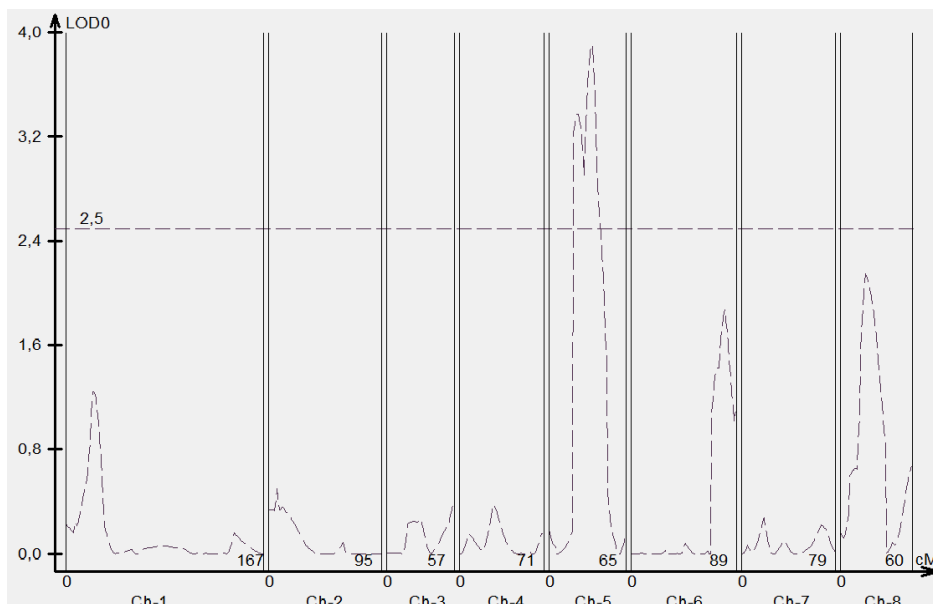


Abb. 25: QTL in Verbindung mit Bergeron. Gehalt an nicht identifizierter Verbindung (quantifiziert als Trihydroxyacetophenon) im Zweig 8 Tage nach Infektion im Jahr 2019. Ch-1 bis Ch-8: Chromosomen.

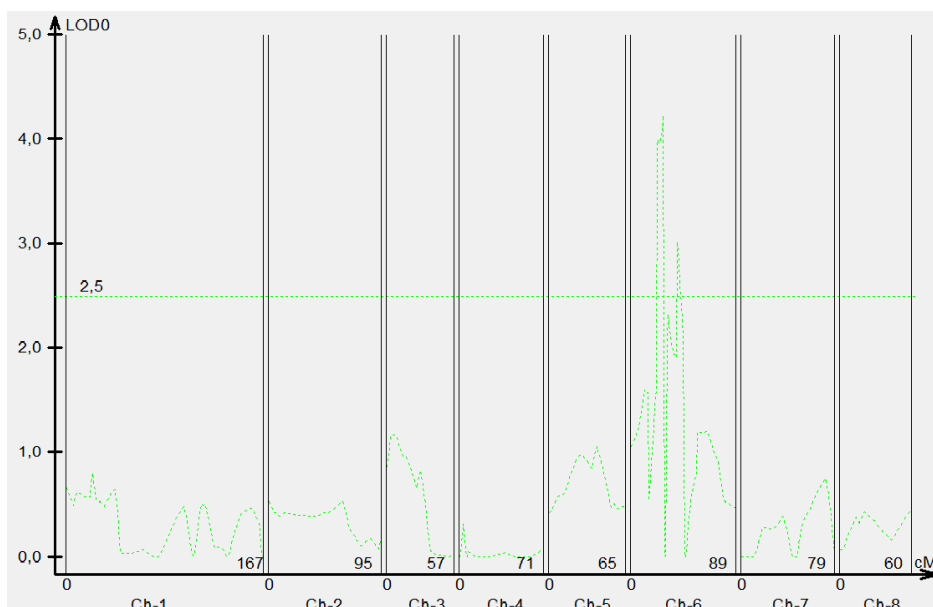


Abb. 26: QTLs in Verbindung mit Bergeron. Gehalt an Chlorogensäurederivat 2 im Zweig 8 Tage nach Infektion im Jahr 2019. Ch-1 bis Ch-8: Chromosomen

Ergebnisse - Schwerpunkt A4: Wissenstransfer

Fachartikel zur Vorstellung des Projekts und seiner ersten Ergebnisse wurden auf der Website Bioaktuell.ch, über die Zeitung Bioaktuell und verschiedene landwirtschaftliche Zeitungen wie L'Agri veröffentlicht.

Jedes Jahr wurde der Jahresbericht an die Partner verteilt und die verschiedenen Partner wurden zum Jahrestreffen eingeladen.

Im Juli 2019 wurde eine Posterpräsentation der Ergebnisse organisiert. Laurent Brun vom INRA stellte außerdem die günstigen Klimafaktoren und anfälligen phänologischen Stadien für Blüten- und Zweigmonilia vor.

Die Poster "Evaluation of *Monilinia fructicola* on apricot fruits", "Different methods of evaluation of *Monilinia laxa* on apricot flowers and branches", "Sensibilities against *Monilia laxa* of different varieties of apricot" wurden auch auf dem "XVII International Symposium on Apricot Breeding and Culture" in Malatya, Türkei, ausgestellt und kommentiert.

Diskussionen

Achse A1: Schutz vor dem Krankheitserreger

Die Behandlung von Monilia mit Schutzmitteln stößt aufgrund der unvollständigen Wirksamkeit der getesteten Produkte an ihre Grenzen.

Andererseits mussten einige Produkte, die von Interesse waren, aus Gründen, die bei den Partnerfirmen liegen, in ihrem Erprobungsprozess gestoppt werden. Die Produkte auf der Basis von *Bacillus amyloliquefaciens* sp, Lupinen und Oreganoöl haben jedoch ein interessantes Potenzial und verdienen es, erneut getestet zu werden.

Trotz der Versuche, künstliche Infektionen durchzuführen, sind die Unterschiede im Krankheitsdruck zwischen den Jahren und Parzellen weiterhin groß.

Angesichts der guten Korrelation der Methoden zur Bewertung von Fungiziden gegen *Monilia laxa* könnte die In-vitro-Testtechnik als Pretest eingesetzt werden, um Zeit für die Versuche im Obstgarten zu sparen. Dieser Pretest könnte auch für andere Krankheitserreger angepasst werden.

Schlussfolgerungen: Es gibt keine Wirkstoffe oder Mischungen natürlichen Ursprungs, die vollständig gegen *Monilia laxa* wirksam sind. Durch die Verwendung des In-vitro-Pretests kann Versuchszeit gespart werden, um die interessantesten Substanzen gezielter einzusetzen. **Ausblick:** Eine Mischung aus anderen Wirkstoffen muss noch getestet werden, um *Monilia* an Blüten wirksam zu bekämpfen. Alternativen zu Kupfer auf pflanzlicher und mikrobieller Basis werden sich als vielversprechend. Der für *Monilia* entwickelte Pretest könnte auf andere Krankheitserreger ausgeweitet werden.

Schwerpunkt A2.1: Wenig anfällige Sorten
Trotz der Schwankungen aufgrund der Jahresbedingungen und der nur in den drei Jahren des Projekts aufgezeichneten Ergebnisse wurden Sorten mit Potenzial für eine Toleranz gegenüber *Monilia laxa* hervorgehoben. Eine Liste empfohlener Sorten für den ökologischen Aprikosenanbau wurde 2019 veröffentlicht und wird für 2020 erneuert. Aus den Ergebnissen der multikriteriellen Beobachtung geht klar hervor, dass *Monilia* nicht der einzige Faktor ist, der bei der Beurteilung der Anpassungsfähigkeit einer Sorte an den ökologischen Anbau berücksichtigt werden muss.

Schlussfolgerungen: Zwischen den Sorten bestehen unterschiedliche Niveaus der Anfälligkeit für *Monilia laxa*, aber Schwankungen je nach Jahresbedingungen bleiben bestehen. Eine Liste mit empfohlenen Sorten für den ökologischen Anbau wurde veröffentlicht.

Ausblick: Die Anfälligkeit für *Monilia* ist nicht der einzige Faktor, der berücksichtigt werden muss, um die Legitimität einer Sorte für den Bio-Anbau und die Rentabilität eines Bio-Aprikosenanbaus zu gewährleisten.

Schwerpunkt A2.2: Beobachtungsnetzwerk
Abgesehen von der Parzelle in Conthey und in Anbetracht der Jugend der anderen Pflanzungen konnten nur wenige Bewertungen an den Beobachtungsstandorten durchgeführt werden. Dennoch wurden erweiterte Kriterien für die Bewertung der Sorten und Standorte des Netzwerks diskutiert. Sie werden es in Zukunft ermöglichen, das Verhalten der Sorten unter den Bedingungen der verschiedenen Regionen allgemeiner zu analysieren und die Anpassungsfähigkeit der Sorten an den ökologischen Landbau besser zu beurteilen.

Schlussfolgerungen: Sechs Parzellen, die zum Beobachtungsnetz gehörten, wurden in verschiedenen Regionen Frankreichs und der Schweiz angepflanzt. Allgemeine Kriterien für die Beurteilung des Verhaltens von Sorten wurden erörtert.

Ausblick: Die Zusammenarbeit mit dem INRA Gotheron ermöglichte es, den Einfluss der Klimafaktoren, die günstigen Bedingungen und die krankheitsanfälligen Stadien der Aprikosenbäume zu präzisieren. Eine Validierung dieser Einflussfaktoren ist für andere Klimaregionen, die sich von Gotheron unterscheiden, erforderlich.

Achse A3: Sortenentwicklung

Der von INRA entwickelte phänotypische Test zur Bewertung der Anfälligkeit von Genotypen für *Monilia* bei einer Aprikosenpopulation mit zwei Elternteilen basiert auf einer visuellen Bewertung des gesamten Baumes mit einer natürlichen Infektion. Um sich von klimatischen und regionalen Einflüssen emanzipieren zu können, wurden einige Methoden, die auf einer künstlichen Inokulation basieren, bewertet und mit der INRA-Methode verglichen. Obwohl diese Methoden eine Segregation in der Population zeigen, konnte keine Korrelation mit der INRA-Methode nachgewiesen werden. Der Asttest scheint vielversprechend zu sein, wobei die Eltern Bakour und Bergeron an den Extremen liegen.

Die Nekrosen auf den Blütenblättern (Blumentests) zeigten jedoch keine gute Segregation zwischen den Genotypen. Dies deutet darauf hin, dass die Nekrosen auf den Blütenblättern im Gegensatz zu anderen Studien (Lee und Bostock, 2006) kein guter Faktor für die Bewertung der Anfälligkeit für *Monilia* sind. Laut dem 2017 durchgeführten Test waren die Sporen auf den gesamten Zweig und alle Blüten gesprüht worden, ohne dass es einen bestimmten Inokulationspunkt gab (Tamm et al, 1995). Um einen einzigen Eintrittspunkt für die Sporen zu haben, wurden 2018 alle Blüten bis auf eine vom Blütenzweig entfernt. Der Prozentsatz der Infektionen war jedoch gering und oft fielen die Blüten einige Tage nach der Inokulation ab, was zu der Annahme führte, dass auch andere Teile der Blüte Sporeneingänge darstellen können oder dass eine breite Infektion über mehrere Blüten notwendig ist, um eine ausreichende und nachweisbare Infektion zu erhalten.

In Bezug auf den Fruchttest wurden Unterschiede zwischen den Sorten mit der Inokulation von *M. fructicola*. Die Unterschiede waren jedoch geringer als erwartet. Diese geringen Unterschiede bei den Fruchtfektionen zwischen den Sorten lassen vermuten, dass die Fruchtmonilia-Toleranz nicht mit der Blütenmonilia-Toleranz korreliert, wo die Vielfalt größer ist.

Im Vergleich zum Test mit der Inokulation eines Pfropfens mit *Monilia laxa*-Myzel auf einem Ast wurden große Unterschiede zwischen den Infektionsniveaus festgestellt, so dass eine Segregation in dieser Population mit zwei Elternteilen festgestellt werden konnte. Diese Ergebnisse stimmen mit denen aus den Jahren 2017, 2018 und 2019 überein, in denen 8 Tage nach der Inokulation in derselben Population mit einer ähnlichen Methodik eine gute Segregation beobachtet wurde. Diese Tatsache verstärkt die Phänotypisierung, um einen guten QTL zu erhalten, um die genetischen Regionen zu finden, die für die Resistenz gegen *M. laxa* verantwortlich sind.

Neu entwickelte Extraktionsmethoden ermöglichten den gleichzeitigen Nachweis von *Monilia laxa*-DNA und Pflanzenphenolen in derselben Probe von Phloem, Blütenstempel oder Receptaculumgewebe. Das Phloemgewebe, das 8 Tage nach der Infektion beprobt wurde, zeigte die größten Unterschiede zwischen anfälligen (Bergeron) und robusten (Bakour) Sorten in der Konzentration von *Monilia laxa*; dies könnte daher einen guten phänotypischen Marker darstellen. Die mittels qPCR gemessene *Monilia*-Konzentration in den Ästen scheint eine interessante Methode zu sein, um einen konstitutiven Resistenzmechanismus mit einer Barriere für die Ausbreitung der Sporen innerhalb des Phloems nachzuweisen.

Die HPLC-Methode zeigt, wie wichtig die Fähigkeit einer Sorte ist, einen hohen Polyphenolgehalt während einer Kontamination aufrechtzuerhalten. Die tolerante Sorte Bakour weist nach einer Kontamination keine Abnahme der Polyphenole auf, was bei der anfälligen Sorte Bergeron nicht der Fall ist, die nach einer Kontamination fast alle ihre Polyphenole verliert. Daher scheint es möglich zu sein, anhand des chromatographischen Profils vor und nach der Kontamination zu beurteilen, ob ein Genotyp gegen eine Kontamination resistent ist oder nicht.

Die Identifizierung der phenolischen Verbindungen wurde mit Hilfe von HPLC-MS-Analysen bestätigt. Es wurden große Unterschiede zwischen den Gehalten an phenolischen Verbindungen in den Phloemen der verschiedenen Genotypen der zweigeteilten Population vor und nach der Infektion festgestellt.

Phenolische Verbindungen gehören zur Gruppe der Sekundärmetaboliten. Polyphenole und ihre Derivate haben eine Vielzahl von Funktionen in der Beziehung zwischen Pflanze und Umwelt. Pflanzen produzieren Sekundärmetaboliten, von denen viele eine antifungale Wirkung haben. Einige dieser Verbindungen sind konstitutiv und kommen auch in gesunden Pflanzen vor. Einige phenolische Verbindungen werden in gebundener und inaktiver Form in den Pflanzenzellen gespeichert, aber aktiviert.

als Reaktion auf Gewebeschäden oder einen Angriff von Krankheitserregern (War, Paulraj, Ahmad, Bu- hroo, Hussain, Ignacimuthu, et al., 2012). Zu den bekannten Beispielen gehören Phenole und Phenolglykoside. Einige Verbindungen gehören zur Klasse der Phytoalexine (z. B. Scopoletin, Resveratrol). Pathogenbefall, Temperatur oder UVC können die Syn- these dieser phenolischen Verbindungen initiieren.

In Bezug auf QTLs (Regionen im Genom, die mit einem quantitativen Merkmal assoziiert sind) wurden interessante Regionen in Chromosom 1 bei Bakour und Bergeron, in Chromosom 3 bei Bakour und in Chromosom 4 bei Bakour und Bergeron, in Chromosom 5 bei Bergeron und in Chromosom 6 ebenfalls bei Bergeron gefunden. Die stärksten QTLs wurden in Chromosom 1 gefunden (visuelle Eva- luierungen bei INRA). Diese Regionen sind potenzielle Kandidaten für Krankheitsresistenz. Der nächste Schritt besteht darin, die Region dieser QTLs mit SNP-Markern (Single-Nucleotide- Polymorphism, d. h. die Variation eines einzigen Basenpaars im Genom zwischen zwei Individuen derselben Art) zu sättigen, um diese Regionen zu verkürzen und auch um Kandidatengene in derselben Region zu finden. Es gibt bereits QTLs, die von mehreren Forschungszentren entwickelt wurden, z. B. vom INRA in Frankreich (Sharka, Lambert et al. 2007; Blattläuse, Lambert et al. 2011; Monilia, in Veröffentlichung), von Agroscope in der Schweiz (*Xanthomonas*, Socquet-Juglard et al. 2012), von CEBAS-CSIC in Spanien (frühe Blüte, Campoy et al. 2011) oder anderen Instituten (Anforderungen an die Winterkälte, Olukolu et al. 2009; Selbstfruchtbarkeit, Vilanova et al. 2003).

Das Ziel ist es, diese verschiedenen QTL-bezogenen Marker in verschiedenen Aprikosenpopulationen zu validieren. Dies wird darauf hinweisen, welche Marker für das systematische SAM-Screening im Aprikosenzuchtprogramm verwendet werden könnten.

Schlussfolgerungen: Mindestens zwei phenolische Verbindungen (Acetophenon und Scopolin), die mit der Infektion durch *Monilia laxa* in Verbindung stehen, wurden nachgewiesen. Chlorogen- säure bestätigte die ersten

vielfersprechenden Ergebnisse nicht, was möglicherweise auf die Entfernung der Blüten während der Experimente 2018 und 2019 zurückzuführen ist.

Es wurden neue phänotypische Tests entwickelt und QTLs in Regionen gefunden, die sich von den durch visuelle Bewertung ermittelten unterscheiden (Arbeiten des INRA Avignon).

Ausblick: Die Verwendung der beiden phenolischen Verbindungen von Interesse als biochemische Marker muss noch validiert werden. Die enge Zusammenarbeit mit dem INRA Avignon ermöglichte es die molekularen Marker auf den Genkarten zu verdichten und komplementäre Genomregionen, die für die *Monilia*-Toleranz verantwortlich sind, zusammenzulegen. Die Verwendung von molekularen Markern für die Selektion muss noch validiert werden.

Vilanova S, Romero G, Abbott AG, Liacer G, Badenes ML (2003) An apricot F2 progeny linkage map based on SSR and AFLP markers, mapping PPV resistance and self-incompatibility traits. Theor Appl Genet 107:239-247.
War, A. R., Paulraj, M. G., Ahmad, T., Buhroo, A. A., Hussain, B., Ignacimuthu, S., & Sharma, H. C. (2012). Mechanisms of plant defence against insect herbivores. *Plant signaling & behavior*, 7(10), 1306-1320.

Hervorhebung der Ergebnisse

Die Ergebnisse des Projekts wurden bei einer Auswertungsveranstaltung Anfang Juli 2019 in Form von Postern präsentiert. Bei dieser Veranstaltung waren etwa 60 Erzeuger und Berater anwesend. Diese Poster wurden auch auf dem "XVII International Symposium on Apricot Breeding and Culture" in Malatya in der Türkei ausgestellt und kommentiert. Bei dieser Veranstaltung waren rund 100 internationale Forscher und Berater anwesend.

Auf der internationalen Fachmesse Tech&Bio in Valence, Frankreich, wurde eine Präsentation von wenig anfälligen Sorten durchgeführt.

Bei einem nächsten Treffen der Projektpartner im Dezember 2019 werden die Endergebnisse vorgestellt.

Eine erste Liste mit empfohlenen Sorten für den ökologischen Anbau wurde 2019 herausgegeben, sie wird 2020 erneuert.

Mehrere Artikel über das Projekt und seine Ergebnisse erschienen in der grünen Presse in der Romandie und der Deutschschweiz, in der Zeitung von BioSuisse und FiBL Bioactualités und auf der Website www.bioactualites.ch. Auf der Website www.bioactualites.ch wurde ebenfalls eine Seite über den biologischen Aprikosenanbau eingerichtet.

Eine Abschlusssitzung des Projekts ist für Anfang Dezember 2019 geplant.

Die Veröffentlichung von mindestens drei wissenschaftlichen Artikeln ist geplant. Die Experimente im Zusammenhang mit diesen Artikeln sind abgeschlossen, sie befinden sich in der Phase der Analyse der Ergebnisse und des Schreibens :

Artikel 1: "Organic substance against *Monilinia laxa* on apricot - in-vitro and on-farm experiments" (Organische Substanz gegen *Monilinia laxa* auf Aprikosen - In-vitro- und On-Farm-Experimente).

Artikel 2: "Identification of QTLs for *Monilinia laxa* resistance in apricot" (Identifizierung von QTLs für *Monilinia laxa*-Resistenz in Aprikosen).

Artikel 3: "The role of phenolic phloem compounds in the resistance of apricot trees to Monilia" (Die Rolle von Phenol-Phloem-Verbindungen in der Resistenz von Aprikosenbäumen gegen Monilia).

Schlussfolgerungen: Es wurden verschiedene mündliche und schriftliche Offenlegungen vor verschiedenen Praktiker- und Forschungsöffentlichkeiten auf nationaler und internationaler Ebene durchgeführt (Poster und Präsentationen sind auf Anfrage erhältlich).

Ausblick: Wissenschaftliche Artikel sind in Arbeit.