

Züchtung krankheitsresistenter Apfelsorten

Kellerhals, M., Patocchi, A., Szalatnay, D., Hunziker, K., Frey, J. und Duffy, B.¹

Keywords: apple breeding, marker-assisted selection, fire blight, disease resistance

Abstract

*Breeding high quality apples combined with excellent agronomic features promotes sustainable production systems. This approach includes durable genetic disease resistance against scab (*Venturia inaequalis*), powdery mildew (*Podosphaera leucotricha*) and fire blight (*Erwinia amylovora*). Glasshouse screening of advanced selections and traditional cultivars with a shoot inoculation test for fire blight resistance highlighted considerable differences. We report on approaches for breeding new high quality scab and mildew resistant and fire blight tolerant varieties including marker-assisted selection (MAS) and on promising advanced selections.*

Einleitung

Die Züchtung neuer Apfelsorten durch Agroscope Changins-Wädenswil (ACW) ist auf die Ziele Fruchtqualität, Produktivität und dauerhafte Resistenz gegen Krankheiten ausgerichtet. Diese Zuchtziele sind auch für den ökologischen Obstbau von grosser Wichtigkeit. Um dauerhafte Krankheitsresistenz zu erzielen, werden verschiedene Resistenzen gegen die gleiche Krankheit kombiniert. Dazu werden molekulare Marker eingesetzt. Die marker-gestützte Selektion (MAS) erleichtert und beschleunigt die Züchtung neuer Sorten. Gewisse Merkmale werden durch Hauptgene bestimmt, andere durch die additive Wirkung verschiedener Gene (QTL's, Quantitative Trait Loci). Heute sind Marker verfügbar, welche mit den Schorf-Resistenzgenen *Vf*, *Vh2*, *Vh4*, *Vbj* und anderen verknüpft sind (siehe Gessler et al. 2006) und der *PI1*, *PI2*, *PI4* und *Plw* Mehltausresistenz (Markussen et al. 1995; Seglias and Gessler 1997; James and Evans 2004). Um feuerbrandtolerante Apfelsorten zu züchten, wird die genetische Variation im Zuchtmaterial sowie in den schweizerischen und ausländischen Genressourcen, darunter auch Wildarten, genutzt.

Der Feuerbrand erreichte 2007 in der Schweiz das Ausmass einer Epidemie (Duffy et al, 2007). Die Anwendung von Antibiotika ist in Europa kein erwünschter und nachhaltiger Bekämpfungsansatz und kommt im ökologischen Anbau nicht in Frage. Eine alternative Möglichkeit ist die Züchtung feuerbrandtoleranter Sorten. Dabei kann die genetische Variation bei den Genressourcen und im Zuchtmaterial auch mit Hilfe von molekularen Markern nachgewiesen und genutzt werden. Beim Feuerbrand wurden bisher kaum Hauptresistenzgene gefunden. Allerdings vermuten Peil et al, 2007 ein Hauptgen für Feuerbrandresistenz beim Wildapfel *Malus robusta* 5.

In der Nachkommenschaft von Discovery x Fiesta wurden QTLs für Feuerbrandtoleranz kartiert. Molekulare Marker wurden entwickelt, welche mit dem Haupt-QTL auf Kopplungsgruppe 7 von Fiesta verknüpft sind (Khan et al., 2006).

Material und Methoden

Das Feuerbrandscreening für die fortgeschrittenen Zuchtnummern und die genetischen Ressourcen erfolgte im Quarantänegewächshaus von ACW. Die Reiser

¹ Agroscope Changins-Wädenswil, P.O. Box, 8820 Wädenswil, Switzerland, markus.kellerhals@acw.admin.ch, www.acw.admin.ch

der geprüften Sorten und Zuchtnummern wurden auf die Veredlungsunterlage M9 veredelt. Die Bäume wurden früh im Frühjahr in spezielle Plastiktöpfe von Stuewe & Sons (Corvallis, US) mit einer Länge von 35.5 cm and einem Durchmesser von 7 cm gepflanzt und vor der Inokulation mehrere Wochen im Gewächshaus angezogen. Pro Sorte wurden normalerweise 10 Pflanzen inokuliert. Dazu wurde am Ende der 15-30 cm langen Triebe mit einer Spritze eine *E. amylovora*-Lösung von 10^5 cfu/ml des Stammes FAW 611 eingespritzt. Die Ausbreitung der Symptome wurde in wöchentlichen Abständen während drei Wochen erhoben. Die Länge der Befallsläsion im Verhältnis zur gesamten Trieb länge wurde ermittelt.

Eine molekulare Analyse auf die Feuerbrandmarker AE 10-375 und GE 8019, welche den Fiesta LG7 QTL umgeben, erfolgte bei möglichen Elternsorten für die Kreuzungen 2008 und bei ausgewählten Nachkommenschaften nach Kellerhals et al, 2008.

Ergebnisse und Diskussion:

Feuerbrandscreening im Gewächshaus

Das Gewächshauscreening der fortgeschrittenen Zuchtnummern mit dem Triebinfektionstest für Feuerbrandtoleranz ergab starke Befallsunterschiede (Abb. 1).

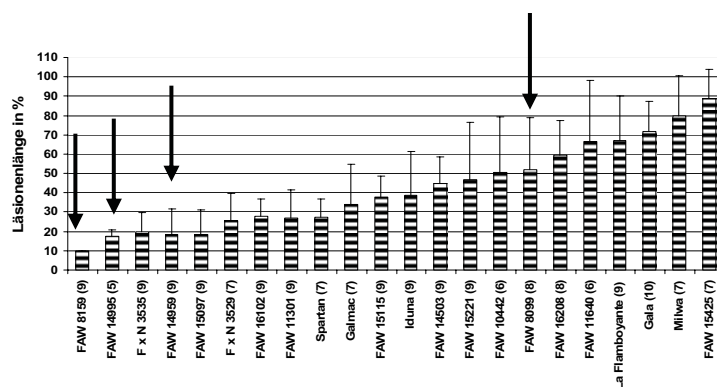


Abbildung 1: Feuerbrand-Gewächshaustest mit fortgeschrittenen Zuchtnummern und Sorten. Bewertung drei Wochen nach der Inokulation. Mit Pfeilen sind Sorten markiert, welche die Feuerbrandmarker AE und GE aufweisen. Anzahl Pflanzen in Klammern, die Striche stellen die Standardabweichung dar.

Neuzüchtungen mit Tafelfruchtqualität wie FAW 14995 und FAW 14959 zeigten eine sehr geringe Anfälligkeit gegen Feuerbrand. Sie sind vielversprechend als Elternsorten und als mögliche neue Sorten. Die Ergebnisse der Feuerbrandtestung 2008 von alten Sorten, welche meist als Hochstämme für Apfelsaft und Apfelwein verwendet werden, zeigten eine grosse Variation in der Toleranz bzw. Anfälligkeit (Abb. 2). Gewisse Sorten wie Ohio Reinette und Schneiderapfel zeigten eine beachtliche Resistenz, während andere hoch anfällig waren. Gala diente als anfällige Referenzsorte.

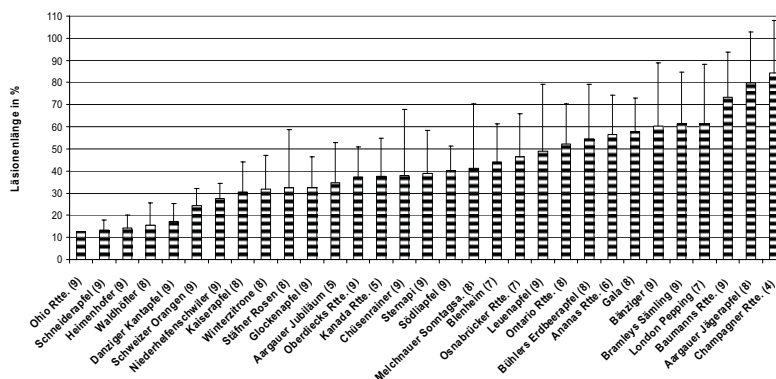


Abbildung 2: Feuerbrand-Gewächshaustest mit alten Hochstammsorten. Bewertung drei Wochen nach der Inokulation. Anzahl Pflanzen in Klammern, die Striche stellen die Standardabweichung dar.

Molekulare Analyse

Bei der Analyse von 38 möglichen Elternsorten und fortgeschrittenen Zuchtnummern wiesen 7 Sorten die beiden SCAR-Feuerbrandmarker AE 10-375 und GE 8019 auf. Diese Pflanzen sollten das QTL-Allel enthalten, das auf der Kopplungsgruppe 7 von 'Fiesta' gefunden wurde und erhöhte Resistenz gegen Feuerbrand bewirkt.

Neben Elternsorten wurden auch Nachkommenschaften auf die An- oder Abwesenheit des oben erwähnten Feuerbrand-QTL's geprüft. Bei der Kreuzung Enterprise x FAW 11546 wiesen 58 von 102 Pflanzen die beiden Marker AE und GE auf. Die Elternsorte Enterprise weist beide Marker in heterozygotem Zustand auf und FAW 11546 weist nur den GE-Marker auf. Die gleiche Aufspaltung von nahezu 50:50 wurde bei Nachkommen der Kreuzung FAW 11567 (*Vh2*, *Vh4*, AE-, GE+) x FAW 12556 (*Vf*, *Pl_D*, AE+, GE+) gefunden, wo 13 von 29 Pflanzen beide Marker AE und GE aufwiesen. Nur eine einzige Pflanze wies die kombinierte Resistenz von *Vf*, *Vh2*, *Vh4*, *Pl_D* und AE+GE auf. *Vf*, *Vh2* und *Vh4* bewirken Schorfresistenz und *Pl_D* Mehlttauresistenz. In der Selektion werden Pflanzen mit kombinierter Resistenz bevorzugt.

In Tabelle 1 sind die Fortschritte dargestellt, die ACW bei der Züchtung von Sorten mit mehrfacher Schorfresistenz kombiniert mit Mehlttauresistenz erzielt hat. Bei den Zuchtnummern FAW 16102 und FAW 16208 zeigte die molekulare Analyse, dass zusätzlich zu den erwarteten Schorfresistenzgenen *Vf* und *Vh2* auch *Vh4* vorhanden war.. Zusätzlich enthalten die Selektionen FAW 16102 und 16208 die *PI1*- bzw. *PI2*-Mehlttauresistenz. Die Selektion FAW 16254 dagegen enthielt nicht die erwartete *PI1*-Resistenz. Die Fruchtqualität dieser Selektionen ist recht gut. Die Prüfung der Frucht- und Baumeigenschaften wird weiter geführt, um die Neuzüchtungen zu finden, welche gesamthaft die besten Eigenschaften aufweisen.

Tabelle 1: Molekulare Analyse von Zuchtnummern mit Mehrfachresistenz gegen Schorf mit mindestens 2 Genen (Vf, Vh2, Vh4) und einer Mehlttauresistenz (PI1 oder PI2). Für den Nachweis von Vh2 wurden 2 Marker eingesetzt.

Zucht- nummer	Kreuzung	Erwartete Gene	Marker für						Fruchtqualität
			Vf	Vh2(1)	Vh2 (2)	Vh4	PI1	PI2	
16208	FAW 8259 x FAW 11561	Vf, Vh2, PI2	+	+	+	+	-	+	mittel
16254	Ariwa x Reka	Vf, Vh2, PI1	+	+	+	-	-	-	gut
16102	Ariwa x Regia	Vf, Vh4, PI1	+	+	+	+	+	-	gut

+ = Marker anwesend, - = Marker abwesend.

Schlussfolgerungen:

Die Voraussetzungen sind gut, neue Apfelsorten mit dauerhafter Krankheitsresistenz und hoher Fruchtqualität effizienter als früher zu züchten. Die Kombination verschiedener Resistenzfaktoren gegen die gleiche Krankheit und die zusätzliche Kombination von Schorf-, Mehltau- und Feuerbrandresistenz in der gleichen Pflanze sind nachhaltige Strategien mit grosser Bedeutung für den ökologischen Obstbau.

Literatur

- Duffy, B., Vogelsanger J., Schoch B. and Holliger E., (2007): Swiss situation and the 2007 fire blight epidemic. 11th International Workshop on Fire Blight, Paper p101.
- Gessler C., Patocchi A., Sansavini S., Tartarini S. & L. Gianfranceschi (2006). Venturia inaequalis resistance in apple. *Critical Reviews in Plant Sciences* 25: 473-503.
- James C.M. & Evans K. (2004). Identification of Molecular Markers linked to the Mildew Resistance Genes PI-d and PI-w in Apple. *Acta Horticulturae* 663: 123-128.
- Kellerhals M., Spuhler M., Duffy B., Patocchi A., Frey J.E., (2008). Selection efficiency in apple breeding. *Acta hort.* (Eucarpia Zaragoza), in press.
- Khan M.A., Duffy B., Durel C.E., Gessler C. & Patocchi A. (2006). QTL mapping of fire blight resistance in apple. *Mol. Breed.* 17: 299-306.
- Markussen T., Krüger J., Schmidt H. & Dunemann F. (1995). Identification of PCR-based markers linked to the powdery mildew resistance gene PI1 from *Malus robusta* in cultivated apple. *Plant Breed.* 114: 530-534.
- Peil, A., Garcia-Libreros, T., Richter, K., Trognitz, F.C., Trognitz, B., Hanke, M.V. & H. Flachowsky (2007). Strong evidence for a fire blight resistance gene of *Malus robusta* located on linkage group 3. *Plant Breeding* 126: 470-475.
- Seglias N.P., & Gessler C. (1997). Genetics of apple powdery mildew resistance derived from *Malus zumi* (PI2). *IOBC/WPRS BULL.* 20(9): 195-208.