

Entwicklung von *Phytophthora*-resistentem Zuchtmaterial für den ökologischen Landbau

Sieber, K.¹, Forster, G., Schwarzfischer, A. und Kellermann, A.

Kartoffelzüchtung, Krautfäuleresistenz, ökologischer Landbau, partizipative Züchtung

Abstract

*Under organic farming conditions late blight, caused by *Phytophthora infestans*, poses one of the highest production risks. Extensive plant breeding activities are needed to offer varieties which show higher resistance to this potato disease. For organic farming cultivars are required to thrive under reduced pest management and increased mechanical stress. To meet these demands the German Federal Ministry of Food and Agriculture has promoted a joint research project funded through the "Federal Organic Farming Scheme and other forms of sustainable agriculture" (BÖLN). The project brings together the German expertise in potato breeding: the Julius Kühn-Institut (JKI), the Leibniz-Institut für Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung (IPK), the Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) and German potato breeding companies. A variety of modern and historic cultivars from potato breeders and the IPK Genbank, respectively, were used to combine quality traits with the late blight resistance of JKI breeding clones and other selected clones. Phenotypic results from a variety trial were used to choose suitable breeding partners. Where possible, the progeny were preselected using genetic markers for virus, nematode and late blight resistance. Central aspect of the project was to select clones in field trials under organic farming conditions. Since 2012 scientists and organic farmers have been choosing jointly from more than 2000 individuals per year to establish a late blight breeding pool for organic farming.*

Einleitung und Zielsetzung

Das im „Bundesprogramm Ökologischer Landbau und andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft“ geförderte Züchtungsprojekt soll Kartoffelzuchtmaterial schaffen, das gut ausgeprägte Widerstandsfähigkeit gegen Krautfäule mit weiteren Resistenz- und Qualitätseigenschaften vereint und speziell für den ökologischen Landbau geeignet ist. Um dieses Ziel zu verwirklichen haben sich die drei in der Kartoffelzüchtung führenden deutschen Forschungsinstitute zusammengeschlossen: das Leibniz-Institut für Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung (IPK), das Julius Kühn-Institut für Kulturpflanzen (JKI) sowie die Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL). Das Projekt wird durchgeführt in Zusammenarbeit mit drei Bioverbänden (Naturland e.V., Bioland Beratung GmbH, Ökoring Niedersachsen e.V.), den Kartoffelzüchtern der Gemeinschaft zur Förderung der privaten deutschen Pflanzenzüchtung e.V. (GFP) und drei kartoffelanbauenden Biobetrieben (Biolandhof Huber, Kreis Landsberg am Lech (LL); Rinderhof Kainz, Landkreis Neuburg-Schrobenhausen (ND); Biobetrieb Vinnen, Landkreis Uelzen (UE)). Die Biobetriebe stellen und bewirtschaften die Flächen für Feldversuche und Zuchtgärten. Darüber hinaus beteiligen sie sich aktiv bei der Selektion neuer Stämme.

¹ Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Am Gereuth 2, 85354 Freising

Methoden

Feldversuch

Zur Bewertung des Ausgangsmaterials wurden in einem Feldversuch 150 Kartoffelsorten und Zuchtstämme in drei aufeinanderfolgenden Jahren geprüft. Die Prüfung wurde auf drei ökologisch geführten Anbauflächen in je zwei Wiederholungen durchgeführt. Ein paralleler Anbau des Sortiments unter Fungizidschutz diente zur Feststellung der Reifezeit. Neben aktuellen Sorten deutscher Kartoffelzüchter und Zuchtklonen der LfL, wurden zehn historische Sorten aus der Genbank des IPK und 23 Pre-breeding Stämme des JKI näher untersucht. Hierbei wurde durch wiederholte Bonituren die Anfälligkeit gegenüber *P. infestans* unter natürlichem Befallsdruck ermittelt. Zudem wurden Eigenschaften wie Auflaufgeschwindigkeit, Jugendentwicklung, Knollenansatz, Ertrag, Sortierung und Stärkegehalt erhoben. Eine Speisewertprüfung ergab Aufschluss über die qualitativen Eigenschaften der Prüfglieder.

Neuzüchtung

Die Testergebnisse wurden zur Auswahl geeigneter Kreuzungseltern herangezogen. Kreuzungen wurden am JKI und der LfL durchgeführt. Hier erfolgten auch die Aufzucht der Samen und die Produktion der Sämlingsknollen. Auf den zwei Ökobetrieben in Bayern wurden jährlich je circa 1000 Sämlingsknollen ausgebracht. Die Ökolandwirte beteiligten sich an der Bewertung und Selektion der Klone, die für den erneuten Anbau im Folgejahr bestimmt waren. Am Feld vermehrtes Knollenmaterial wurde in den darauffolgenden Jahren zu weiteren Prüfungen wie Speise-, Verarbeitungs- und Blattinfektionstests an Augenstecklingen herangezogen.

Durch Bewertung der Nachkommenschaften wurde die Kreuzungseignung der Eltern festgestellt. Die gewonnenen Kenntnisse wurden in neuen Eltern-Kombinationen umgesetzt und damit der Kreuzungs- und Prüfaufwand effizient gestaltet.

Marker-gestützte Selektion

Um Resistenzen im Zuchtmaterial zu pyramidisieren, kamen genetische Marker für Virus PVY (Song und Schwarzfischer 2008) und Nematoden-Resistenz (Gebhardt *et al.* 2006; Schwarzfischer *et al.* 2010, Satterzadeh *et al.* 2006) zum Einsatz. Nachkommenschaften Marker-positiver Eltern Kreuzungseltern wurden untersucht und im Sämlingsstadium vorselektiert. Daneben wurden Marker für *Phytophthora*-Resistenz etabliert und charakterisiert.

Ergebnisse und Diskussion

Feldversuch

In den zwei Versuchsjahren 2012 und 2013 konnte witterungsbedingt an vier von sechs Umwelten eine Prüfung auf Krautfäulebefall durchgeführt werden. An den einzelnen Standorten lag die Wiederholbarkeit der Befallseinschätzung zwischen 83 % und 93 %. Die Übereinstimmung des Befalls über die Umwelten lag zwischen $R^2 = 0,67^{**}$ und $R^2 = 0,89^{**}$. Die Verteilung der Reifezeit und des Krautfäulebefalls in Abbildung 1 zeigt, dass im Prüfgliedsortiment alle Reifegruppen vertreten sind. Auch differenzierten die ausgewählten Klone deutlich in ihrer Krautfäuleanfälligkeit. Die Reife beeinflusst die Krautfäuleanfälligkeit mit $R^2 = 0,12^*$.

Neben den Pre-breeding Klone des JKI bestachen wenige weitere Klone durch geringe Befallswerte. Von den fünf Standartsorten Anuschka, Princess, Lolita, Ditta und Jelly zeigte nur die letzte eine unterdurchschnittlichen Befall.

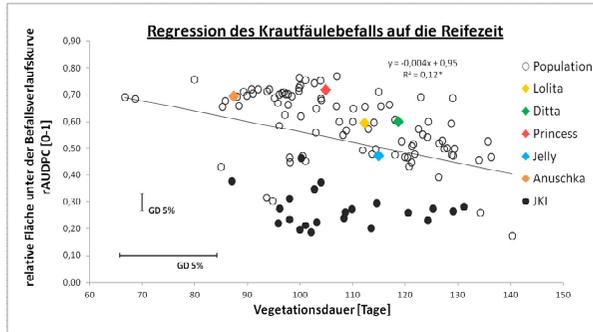


Abbildung 1: Die Regression des Krautfäulebefalls auf die Reifezeit über vier Umwelten. Über alle Reifegruppen bestehen signifikante Unterschiede im Krautfäulebefall zwischen den Prüfgliedern. Neben den Pre-breeding Klone des JKI blieben nur wenige weiter Prüfglieder gesund.

Die Ernte wurde zeitgleich für alle Prüfglieder nach dem Absterben der späten Prüfglieder durchgeführt. Die Wiederholbarkeit der Erträge innerhalb eines Standorts lag durchschnittlich bei 75 %. Der relative Ertrag der Prüfglieder variierte zwischen 31 und 160 %. Tendenziell erzielten Prüfglieder mit höherer Resistenz einen höheren Ertrag ($R^2 = 0,25^{**}$). Neben der Resistenz schien auch ein erhöhter Knollenansatz zu höheren Erträgen ($R^2 = 0,51^{**}$) zu führen.

Neuzüchtung

Für die Neuzüchtung wurden 2012 erstmals 2318 Sämlingsknollen aus 70 Kreuzungen mit *Phytophthora*-resistenten Eltern auf den beiden bayerischen Biobetrieben angebaut. Von diesen wurden 187 Klone selektiert und 2013 erneut als A-Klone angebaut. Dazu kamen wieder 2580 neue Sämlingsknollen aus 82 Kreuzungen, von denen 258 Klone am Ende der Saison ausgewählt und weitergeführt wurden. Im Anbaujahr 2014 wurden 2914 Sämlingsknollen aus insgesamt 110 Kreuzungen ausgebracht, die auf dem Feld gemeinsam mit den Leitern der Ökobetriebe bewertet und selektiert werden.

Marker-gestützte Selektion

Im Sortiment trugen 20 Klone den molekularen Marker Gro1 für Resistenz gegenüber *Globodera rostochiensis*, zwei Klone waren HC-Marker positiv für Resistenz gegenüber *G. pallida*. 23 Klone trugen YES3-3A davon 9 auch YES3-3B für Immunität gegenüber dem Virus PVY. In einer Marker-gestützten Selektion wurden 2013 aus über 3000 Samen 626 Sämlingsknollen (429 Gro1, 92 HC, 105 Yes3-3A/3B) produziert welche 2014 zum Anbau kamen. Um mögliche Resistenzquellen für *P. infestans* im Zuchtmaterial zu detektieren, wurden mehrere Resistenz-Hotspots untersucht. Die untersuchten Gene sind in Tabelle 1 aufgeführt. Korrelationen zu hoher Feldresistenz wurden bei den Marker Blb3, Abpt1, Blb1 und Sto1 ermittelt. Zwei

Marker für das aus *S. bulbocastanum* stammende Gen *Rpi-blb3* wurden bereits in der MAS 2014 angewendet. Dabei wurden positive und negative Sämlinge aus mehreren Kreuzungen identifiziert und vermehrt. Die Resistenz der Nachkommenschaften soll 2015 auf dem Feld geprüft werden, um die Marker zu evaluieren.

Tabelle 1: Übersicht über relevante *Phytophthora*-Resistenzgene

Gen	Marker	Art	Chromosom	Referenz
<i>R2</i>	R2	<i>S. demissum</i>	4	Kim et al. 2012 Lokossou 2009
<i>Rpi-blb3</i>	Blb3	<i>S. bulbocastanum</i>	4	Zhu 2013 Phd
<i>Rpi-abpt</i>	Abpt1	verschiedene Wildarten	4	Kim et al. 2012
<i>R1</i>	R1	<i>S. demissum</i>	5	Ballvora et al. 2002
<i>Rpi-blb2</i>	Blb2	<i>S. bulbocastanum</i>	6	Wang et al. 2008
<i>Rpi-blb1</i>	Blb1	<i>S. bulbocastanum</i>	8	Fadina et al. 2013 Pankin et al. 2011 Colton et al. 2006
<i>Rpi-sto1</i>	Sto1	<i>S. stoloniferum</i>	8	Zhu et al. 2012,
<i>Rpi-vnt1.1</i>	Vnt1.1	<i>S. vernturii</i>	9	Zhu et al. 2012
<i>R3</i>	R3-1380	<i>S. demissum</i>	11	Sokolova et al 2011
<i>R3a</i>	R3a	<i>S. demissum</i>	11	Huang et al. 2005
<i>R3b</i>	R3b	<i>S. demissum</i>	11	Rietman 2011
<i>Smira1</i>	45/XI	<i>S. tuberosum</i>	11	Tomcynska et al. 2013

Förderhinweis

Das Projekt wird gefördert vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft im „Bundesprogramm Ökologischer Landbau und andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft“ (BÖLN) unter der Nummer 2810OE071.

Literatur

- Bundessortenamt (2013) Beschreibende Sortenliste Kartoffeln 2013
- Gebhardt C, Bellin D, Henselewski H, Lehmann W, Schwarzfischer J, Valkonen JP (2006): Marker-assisted combination of major genes for pathogen resistance in potato. *Theor. Appl. Genet.* 112, 1458-1464
- Schwarzfischer A, Behn A, Groth J, Reichmann M, Kellermann A, Song Y S (2010): Markergestützte Selektion in der praktischen Kartoffelzüchtung - Erfahrungen und Perspektiven. Bericht über die 60. Arbeitstagung der Vereinigung der Pflanzenzüchter und Saatgutkaufleute Österreichs, 73-76,
- Sattarzadeh A, Achenbach U, Lübeck J, Strahwald J, Tacke E, Höfferbert H R, Röhsteyn T, Gebhardt C (2006): Single nucleotide polymorphism (SNP) genotyping as basis for developing a PCR-based marker highly diagnostic for potato varieties with high resistance to *Globodera pallida* pathotype Pa2/3. *Mol. Breed.* 18, 301-312
- Song YS, Schwarzfischer A (2008): Development of STS markers for selection of extreme resistance (Ry sto) to PVY and maternal pedigree analysis of extremely resistant cultivars. *Am. J. Pot. Res.* 85, 159-170