

«Partnerwahl» bei Süsskirschen

Um gute Kirschenerträge zu erzielen, muss die Befruchtung gewährleistet sein. Dies setzt nicht nur eine genügende Bestäubung durch Bienen voraus. Bei den zumeist selbststerilen Kirschen müssen Befruchtersorten in der Anlage vorhanden sein. Nur wenige, neuere Züchtungen können sich selbst befruchten. Seit langem ist auch bekannt, dass nicht alle Sorten untereinander kompatibel sind; sie werden daher so genannten Intersterilitätsgruppen zugeteilt. Sorten derselben Gruppe können sich aufgrund genetischer Mechanismen untereinander nicht befruchten. Heute kann im Labor analysiert werden, welche Sorten genetisch kompatibel sind. Die Methode dazu wurde auch an der Eidgenössischen Forschungsanstalt Wädenswil (FAW) getestet. Erste Resultate sind nun vorhanden. In nächster Zeit werden die Befruchtungseigenschaften weiterer wichtiger Sorten nicht mehr wie bisher in Freilandversuchen, sondern im Labor bestimmt werden können.

JUDITH LADNER, JÜRIG FREY, BEATRICE FREY,
SANDRA JAKOB UND KASPAR FOORS,
EIDGENÖSSISCHE FORSCHUNGSANSTALT WÄDENSWIL

Der Winter 2003 hält Einzug. Die Kirschenblütenknospen sind bereit für den Austrieb im Frühling 2004. Damit eine Kirschenblüte befruchtet wird, sind verschiedene Voraussetzungen nötig. Den bestäubenden Bienen darf die Lufttemperatur während der Blüte nicht zu tief sein. Unter 13 °C bleiben sie lieber noch etwas in ihrem Stock und warten auf wärmere Tage. Wenn die Temperatur stimmt, die Bienen für sich fleissig Pollen sammeln – und für die Obstproduzenten verteilen – muss für eine Befruchtung der richtige Pollen auf die richtige Blüte gelangen. Kirschen sind, mit Ausnahme weniger neuer Sorten, Fremdbefruchter. Das heisst, eine Blüte kann sich nicht selbst bestäuben, obwohl sie über männliche und weibliche Blütenorgane verfügt. Mehr noch: Blüten von Bäumen derselben Sorte können sich nicht gegenseitig befruchten. Dafür sorgt eine genetische Barriere. Eine Kirschenanlage mit lauter Kordia bringt trotz Bestäubung keine Früchte hervor, da die Befruchtung genetisch verhindert wird. Werden nun einzelne Reihen durch die etwa gleichzeitig blühende Sorte Techlovan ersetzt, geschieht ... – nichts! Wird in die Kordia-Anlage hingegen Summit gepflanzt, tragen beide Sorten Früchte. Weshalb?

Genetische Intersterilität

Schon seit langem werden Kirschen Sorten in so genannte Intersterilitätsgruppen (oder auch Interkompatibilitätsgruppen) eingeteilt. Aus Erfahrung war bekannt, dass die Sorten einer Gruppe sich untereinander nicht befruchten können, dass sie aber kombiniert mit Sorten anderer Intersterilitätsgruppen Früchte tragen. Mit den heutigen Kenntnissen der Genetik kann dies folgendermassen erklärt werden:

In den Genen der Kirschen legen so genannte Sterilitätsallele (S-Allele) fest, welche Kombinationen von Sorten fruchtbar und welche steril sind. Man nennt diese Allele S₁, S₂, S₃ usw. Bis heute sind bei der Kirsche (*Prunus avium L.*) 13 verschiedene S-Allele (Sterilitätsallele) und 22 Kombinationen (Intersterilitätsgruppen) bekannt. Jede Sorte weist zwei bestimmte Sterilitätsallele auf. Trifft nun der Pollen einer Sorte mit den beiden Allelen S₃ und S₆ auf eine Sorte mit denselben Allelen (S₃S₆), wird dies von der Pflanze erkannt und eine Befruchtung durch Bildung spezieller Substanzen, die im Blütengriffel das Pollenschlauchwachstum blockieren, verhindert (Abb. 1). Dies ist zum Beispiel der Fall bei der Bestäubung von Kordia mit Techlovan, da beide Sorten die Kombination S₃S₆ aufweisen. Summit hingegen besitzt die Allele S₁S₂ und kann somit sowohl Kordia wie auch Techlovan befruchten beziehungsweise Kordia und Techlovan können umgekehrt auch Summit befruchten.

Was geschieht aber, wenn Regina mit den Allelen S₁S₃ auf Kordia (S₃S₆) trifft? Beide Sorten weisen ein

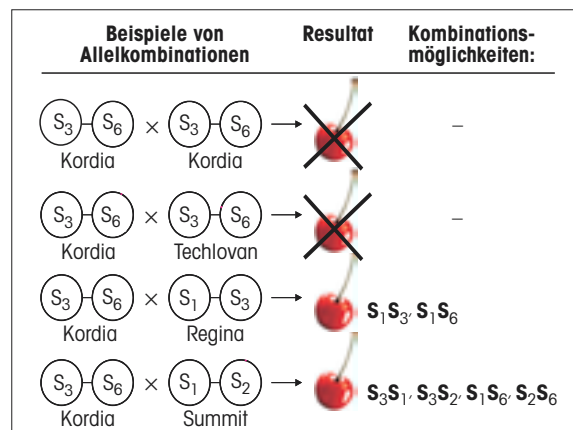


Abb. 1: Kombinationen von Sterilitäts-Allelen (S-Allelen) und Ergebnis der Kreuzungen.



Blühverlauf der einzelnen Sorten in die Länge. Die Blüte aller auf dem Steinobstzentrum Breitenhof in Wintersingen (BL) stehenden Sorten erstreckte sich über sechs bis sieben Wochen. Im Jahr 2003 hingegen war die Kirschenblüte bereits nach vier bis fünf Wochen vorbei. Feuchtes, kaltes Wetter wie im Frühling 2002 kann das Pollenschlauchwachstum verlangsamen oder gar vollständig zum Stillstand bringen, bis es wieder wärmer wird.

Bedeutung für den Kirschenanbau

Der Trend zu weniger Sorten in einer Kirschenanlage kann bei ungenügenden Kenntnissen über die Befruchtungseigenschaften der einzelnen Sorten zu Er-

tragseinbussen führen. Kirschenproduzenten können aber nicht jahrelang warten, bis neue Sorten in aufwändigen Feldversuchen mit allen möglichen Partnersorten auf ihre Befruchtungseigenschaften getestet sind. Mit der neuen Labormethode können alle Sorten schnell und effizient auf ihre S-Allele und somit auf ihre Zugehörigkeit zu den einzelnen Intersterilitätsgruppen geprüft werden. Welche Sorten als Befruchter genetisch nicht in Frage kommen, ist zukünftig also schnell geklärt. Bei der Auswahl von geeigneten Befruchtern muss aber immer auch berücksichtigt werden, dass die Blütezeit der Sorten möglichst gut übereinstimmt. Da über den Blühverlauf neuerer Sorten aber noch wenig bekannt ist, muss dieser einige Jahre lang beobachtet werden.

Abb. 3: Kirschenblüten als Augenweide, eine wunderbare Aufwertung des Landschaftsbilds. (Foto: FAW)

PCR - Kurzbeschreibung der Methode

Die DNS (Desoxyribonukleinsäure) von kleinen Blattproben wird isoliert und anschliessend mit Hilfe der so genannten Polymerase-Kettenreaktion (PCR) vervielfältigt. Für jedes zu testende Kompatibilitätsallel muss eine Reaktion angesetzt werden. Dazu müssen entsprechende Primer eingesetzt werden. Zusammen mit der DNS-Polymerase, dem Enzym, das die Vervielfältigung der DNS abwickelt, und einer geeigneten Reaktionsmischung kann dann die Reaktion gestartet werden. Dies geschieht in einem Gerät, das in exakten Schritten und hohen Heiz- beziehungsweise Kühlraten zwischen drei Temperaturen wechselt (95, 50, 72 °C) und dabei auf jeder dieser Temperaturen zirka eine Minute verweilt. Dieser Prozess, die PCR, führt zu einer Vervielfältigung des Genabschnitts, der sich zwischen den Primern befindet. Dieses Genfragment, also das Produkt der PCR-Reaktion, wird danach in ein Agarosegel gegeben und in einem elektrischen Feld zur Wanderung in Richtung des entgegengesetzten Pols gezwungen. Je kürzer das DNS-Fragment ist, desto weiter kann es wandern. Nach zirka einer Stunde wird diese so genannte Elektrophorese unterbrochen und das Agarosegel unter ultraviolettem Licht betrachtet. Das Gel wurde vor der Elektrophorese mit einer Substanz behandelt, die sich an die DNS bindet und in dieser gebundenen Form unter UV-Licht hell fluoresziert. Aus der Wanderungsdistanz der so sichtbar gemachten DNS-Fragmente kann dann deren Grösse abgelesen werden. Da die Fragmentgrösse ein Merkmal des Allels ist, kann so die Zugehörigkeit der Probe zu Kompatibilitätsgruppen abgeleitet werden (Abb. 4).

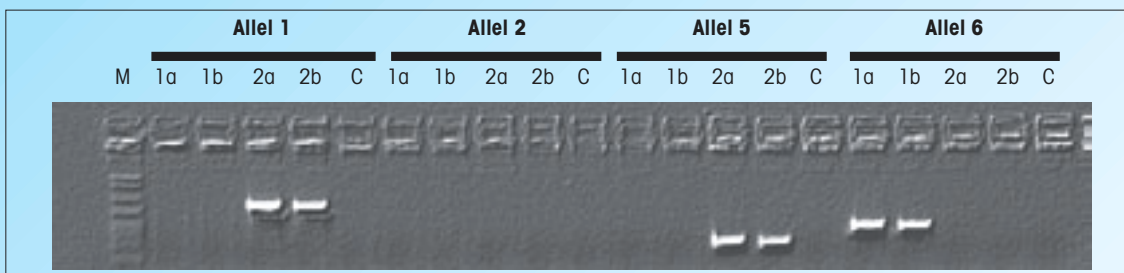


Abb. 4: Zwei Pflanzen, jede in zwei unabhängigen Reaktionen (a, b) wurden auf die Allele 1, 2, 5 und 6 untersucht. Pflanze 1 besitzt von diesen nur Allel 6, während Pflanze 2 die Allele 1 und 5 besitzt. M = Marker für Fragmentgrösse; C = negative Kontrollreaktion.



Abb. 2: Mobile Bienenkästen in der Verwertungskirschen-Anlage von Thomas Fiechter, Zunzgen (BL). Im Hintergrund: Für Befruchtungsversuche eingesackte Zweige. (Foto: Judith Ladner, FAW)

gemeinsames Allel – S_3 – auf, unterscheiden sich aber im zweiten Allel (S_1 für Regina, S_6 für Kordia). In diesem Fall findet eine Befruchtung immer dann statt, wenn ein S_1 - auf ein S_3 - oder auf ein S_6 -Allel trifft. Damit ist die Befruchtung genetisch teilweise gewährleistet. Praktisch reicht diese teilweise Befruchtung üblicherweise aus, da meist genügend Früchte für einen Vollertrag gebildet werden.

Diese Beispiele zeigen die vier wichtigen Punkte einer erfolgreichen Befruchtung, die bereits bei der Planung einer neuen Anlage berücksichtigt werden müssen:

- Jede Kirschensorte benötigt eine Befruchtersorte; Ausnahme: selbstfertile (selbstfruchtbare) Sorten.
- Die Befruchtersorte muss in mindestens einem der beiden Sterilitätsallele von der zu befruchtenden Sorte abweichen.
- Die Befruchtersorte muss ungefähr gleichzeitig mit der zu bestäubenden Sorte blühen.
- Die Bestäubung durch Bienen muss gewährleistet sein.

Selbstfertile Sorten

Die kanadische Züchtung Stella war die erste selbstfertile Kirschensorte. Sie kann sich also selbst befruchten. Ihre Sterilitätsallele wurden als S_3S_4' bestimmt, wobei das Apostroph Selbstfertilität bedeutet. Es ist nicht bekannt, woher die Selbstfertilität stammt; sie hängt aber offenbar eng mit den Sterilitätsallelen zusammen (Wiersma et al. 2001). Selbstfertile Sorten sind gleichzeitig auch Universalpollenspender, können also bei guter Übereinstimmung des Blühverlaufs alle andern Sorten befruchten.

Unterdessen sind einige weitere selbstfertile Sorten gezüchtet worden wie zum Beispiel Lapins, Sweetheart und Sunburst. Diese Sorten benötigen keine Befruchter. Es wurde aber beobachtet, dass selbstfertile Sorten höhere Erträge erzeugen, wenn zusätzliche Befruchtersorten in der Anlage stehen. Bei gut blühwilligen Sorten wie Sweetheart ist dies

aber nicht unbedingt erwünscht, da zu hohe Erträge die Fruchtgrösse beeinträchtigen können.

Bestimmung der Befruchtungseigenschaften

Bis vor kurzem wurde die Zugehörigkeit von Kirschensorten zu Intersterilitätsgruppen durch Handbestäubungsversuche eruiert. Mit dem Pinsel wurden Pollen der potenziellen Bestäubersorte auf Blüten verschiedener Sorten gebracht; später wurde ausgezählt, wie viele Früchte sich entwickelt haben. Dabei wird eine Befruchtung von 0 bis 9% als schlecht bis mässig und von 10 bis 24% als gut bezeichnet. Entwickeln sich mehr als 25 Früchte aus 100 bestäubten Blüten, ist das Resultat sehr gut.

Diese Methode beschert den Forschenden zwar viele Stunden in freier Natur, ist aber sehr aufwändig und das Resultat kann durch Frostschäden beeinträchtigt werden. Etwas weniger beschaulich, dafür sehr viel effizienter und ergiebiger ist eine neue Labormethode, die Polymerase-Kettenreaktion (siehe Kasten Seite 9). Damit können innerhalb kürzester Zeit die Sterilitätsallele einer Sorte bestimmt werden. Diese Untersuchungen beschränken sich zudem nicht aufs Frühjahr. Da diese Allele in den Genen aller Pflanzenteile vorkommen, können sie zum Beispiel auch in Blatt- und Knospengewebe analysiert werden.

Dies bedeutet einen grossen Fortschritt für die Kirschen-Sortenprüfung. Kommen neue Sorten auf den Markt müssen nicht mehr in jahrelangen Versuchen Bestäubersorten bestimmt werden. Es genügt nunmehr, die Sterilitätsallele und den ungefähren Blütezeitpunkt zu kennen, um geeignete Bestäubersorten zu finden. Die Labormethode wurde im Jahr 2003 an der FAW etabliert.

Blütezeitpunkt

Damit die Befruchtung einer Sorte gewährleistet ist, muss die genetische Kompatibilität gewährleistet sein. Zusätzlich muss die Sorte in ihrem Blühverlauf mit ihrer Befruchtersorte mehr oder weniger übereinstimmen. Blüht eine Sorte relativ früh, bedeutet dies nicht immer, dass auch ihr Reifezeitpunkt früh in der Saison ist. Lapins beispielsweise blüht früh bis mittelfrüh, reift aber in der siebten Kirschenwoche. Umgekehrt blüht Celeste mittelpät bis spät, wird aber bereits in der dritten Kirschenwoche geerntet. Die früh blühende Earlise (S_1S_6) und die spät blühende Hudson (S_1S_4) könnten sich genetisch gesehen durchaus gegenseitig befruchten. Praktisch ist aber zur Blütezeit von Earlise noch kein Hudson-Pollen vorhanden und wenn Hudson blüht, steht kein Pollen von Earlise mehr zur Verfügung. In der Sortenprüfung wird der Blühverlauf einer Sorte über mehrere Jahre beobachtet und fünf Kategorien zugeteilt: früh (f), mittelfrüh (mf), mittel (m), mittelpät (msp) und spät (sp).

Um eine gegenseitige Befruchtung sicherzustellen, sollten Pollenspender und Pollenempfänger in ihrer Blütezeit nicht mehr als zwei Klassen voneinander abweichen.

Der Blütezeitpunkt ist stark von der Witterung abhängig. Im eher kühlen Frühjahr 2002 zog sich der

Tafelkirschen-Sorten	Sterilitäts-allele	Blütezeit	Quelle	Bemerkungen
Badacsony	S ₃ S ₆	msp	FAW	
Bigalise (Enjidel)	S ₂ S ₃	mf	FAW	
Burlat	S ₃ S ₉	f	EM, BC, NY, AH, MI	
Celeste (Sumpaca)	S ₁ S ₄	msp–sp	FAW, EM, BC	selbstfertil
Coralise (Gardel)	S ₂ S ₃	mf	FAW	
Cristalina (Sumnue)	S ₁ S ₃	mf	FAW, EM, BC	
Duroni 3	S ₃ S ₆	msp	FAW	
Earlise (Rivedel)	S ₁ ..	f–mf	FAW	zweites Allel noch nicht bekannt
Hedelfinger	S ₃ S ₅	msp	EM, BC, NY, MI	
Heidegger	S ₁ S ₅	mf	FAW	
Hudson	S ₁ S ₄	msp–sp	FAW, NY	
Kordia	S ₃ S ₆	msp	AH	
Kristin	S ₃ S ₄	msp	BC, NY	
Lapins	S ₁ S ₄	f–mf	FAW, EM, BC	selbstfertil
Merchant	S ₂ S ₄	f–mf	AH	als S ₄ S ₉ in BC selbstfertil
Newstar	S ₃ S ₄	mf	EM, BC	
Oktavia	S ₁ S ₃	sp	FAW, AH	
Regina	S ₁ S ₃	sp	FAW, NY, AH	
Sam	S ₂ S ₄	msp	FAW, BC, NY	
Santina	S ₁ S ₄	mf	EM, BC	selbstfertil
Satin (Sumele)	S ₁ S ₃	f–mf	EM	
Schauenburger	S ₁ S ₅	sp	FAW	
Skeena	S ₁ S ₄	sp	EM, BC	selbstfertil; Blütezeitpunkt noch unsicher
Star	S ₃ S ₄	msp–sp	EM, BC	
Stella	S ₃ S ₄	msp		selbstfertil
Summit	S ₁ S ₂	m–msp	FAW, EM, BC, NY	
Sunburst	S ₃ S ₄	msp	EM, BC	selbstfertil
Sweetheart (Sumtart)	S ₃ S ₄	msp–sp	FAW, EM, BC	selbstfertil
Sylvia	S ₁ S ₄	sp	FAW, EM, BC, NY	
Techlovan	S ₃ S ₆	msp	FAW	
Van	S ₁ S ₃	m	EM, BC, NY	

Verwertungskirschen-Sorten	Sterilitäts-allele	Blütezeit	Quelle	Bemerkungen
Baschimeiri	S ₁ S ₆	f–mf	FAW	
Benjaminler	S ₁ ..	msp	FAW	zweites Allel noch nicht bekannt
Dolleseppler (CH)	S ₁ ..	msp	FAW	zweites Allel noch nicht bekannt
Dolleseppler (D)	S ₁ S ₄	msp	FAW	evtl. auch S ₁ S ₇ (pers. Kommunikation M. Schuster; wird verifiziert)
Hemmiker	S ₄ S ₆	msp	FAW	
Lauerzer	S ₁ S ₆	sp	FAW	
Wölfleisteiner	S ₁ S ₆	mf	FAW	
Zopf	S ₁ S ₆	sp	FAW	

Sterilitätsallele und Blütezeit verschiedener Tafel- und Verwertungskirschensorten. Blütezeit: f: früh, mf: mittelfrüh, m: mittel, msp: mittelspät, sp: spät. Die Blütezeit der einzelnen Sorten muss über Jahre beobachtet werden. Bei neueren Sorten können daher Verschiebungen möglich sein. Die Quellenangaben (exklusive FAW) stammen aus der Zusammenstellung von Tobutt K.R. et al. (2001).

AH = Ahrensburg (Schmidt und Timmann 1997; Schmidt et al. 1999)

BC = British Columbia (Wiersma et al. 2001)

EM = East Malling (Boškovic und Tobutt 1996; Boškovic und Tobutt 2001; Boškovic et al. 1997; Sonneveld et al. 2001)

MI = Michigan (Hauck et al. 2001)

NY = New York (Choi et al. 2000)

FAW = Eidgenössische Forschungsanstalt Wädenswil

Glossar

Allel: Form eines Gens, die an demselben Ort unterschiedlich sein kann.

Befruchtung: Verschmelzung von männlicher und weiblicher Keimzelle.

Bestäubung: Übertragung von Pollen auf die Blütennarbe.

Chromosomen: Träger der genetischen Information, auf denen die Gene angeordnet sind; faden- und schleifenförmige Bestandteile des Zellkerns.

DNS: Desoxyribonukleinsäure; Erbsubstanz, enthält die Gene.

Gen: Erbinheit; Abschnitt auf der DNS, in dem eine Erbinformation oder ein Merkmal codiert ist.

Intersterilitätsgruppen: Sorten innerhalb derselben Gruppe können sich gegenseitig nicht befruchten.

Primer: Kurzes DNS-Stück, das als Starthilfe für ein Vervielfältigungsenzym dient.

Selbststerilität: Befruchtung mit eigenen Keimzellen ist möglich.

Selbsterilität: Befruchtung mit eigenen Keimzellen wird verhindert; zur Befruchtung werden fremde Keimzellen benötigt.

Literatur

Boškovic R. und Tobutt K.R.: Genotyping cherry cultivars assigned to incompatibility groups by analysing stylar ribonucleases. *Theor. Appl. Genet.* 103: 475–485, 2001.

Boškovic R. und Tobutt K.R.: Correlation of stylar ribonuclease zymograms with incompatibility alleles in sweet cherry. *Euphytica* 90: 245–250, 1996.

Boškovic R. et al.: Inheritance of stylar ribonucleases in cherry progenies and reassignment of incompatibility alleles to two incompatibility groups. *Euphytica* 95: 221 – 228, 1997.

Choi C. et al.: Sweet cherry pollination: recommendation based on compatibility groups and bloom time. *J. Amer. Pom. Soc.* 54: 148–152, 2000.

Hauck N.R. et al.: Revisiting the S-allele nomenclature in sweet cherry (*Prunus avium L.*) using RFLP profiles. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 126: 654–660, 2001.

Kellerhals M. et al.: Befruchtung der Obstsorten. Flugschrift Nr. 30, Forschungsanstalt Wädenswil, S. 21, 2003.

Schmidt H. und Timmann E. (1997): On the genetics of incompatibility in sweet cherries. Identification of S-alleles in self-incompatible cultivars. *Gartenbauwissenschaft* 62: 102–105.

Schmidt H. et al.: Befruchtungsverhältnisse bei Süßkirschen. *Erwerbsobstbau* 41: 42–45, 1999.

Sonneveld T. et al.: Cloning of six cherry self-incompatibility alleles and development of allele-specific PCR detection. *Theor. Appl. Genet.* 102: 1046–1055, 2001.

Tobutt K.R. et al.: Cherry (in)compatibility genomes – Harmonization of recent results from UK, Canada, Germany, Japan and USA. *EUCARPIA Fruit Breeding Section Newsletter* Nr. 5, 2001.

Tromp J. et al. (ed): Proceedings of the second International Workshop on Pollination *Acta Horticulturae* No. 423, ISHS. 302, 1996.

Wiersma P.A. et al.: Identification of new self-incompatibility alleles in sweet cherry (*Prunus avium L.*) and clarification of incompatibility groups by PCR and sequencing analysis. *Theor. Appl. Genet.* 102: 700–708, 2001.

RÉSUMÉ

Les «bons mariages» chez les cerises de table

La plupart des cerises sont allogames. Elles ont donc besoin de variétés fécondatrices et de leur pollen. En plus d'une pollinisation suffisante, il faut aussi veiller à la compatibilité génétique. Les variétés de cerises peuvent être classées par groupes d'intersterilité. Les variétés d'un même groupe ne peuvent pas se féconder entre elles, tandis que la fécondation est génétiquement possible entre variétés de différents groupes. Dans les gènes des cerises, deux allèles de stérilité, les dénommés S-allèles, déterminent quelles combinaisons de variétés sont fécondes ou stériles. Une nouvelle méthode (PCR) permet désormais d'identifier ces S-allèles en laboratoire. Les premiers résultats sont maintenant disponibles à la Station fédérale de recherches à Wädenswil (FAW). Les propriétés fécondatrices d'autres variétés importantes pourront être déterminées dans un futur rapproché.