

Einige physiologische und züchterische Probleme der Befruchtung in der Gattung *Ribes*

I. Variabilität der Kompatibilitätsverhältnisse bei Schwarzen Johannisbeeren

P. TAMÁS und A. PORPÁCZY JR. *

Balsgård, Fjälkestad

Some physiological and breeding problems in the fertilization of *Ribes*

I. Variability of compatibility in black currants

Summary. The effect of cross pollination (expressed as per cent fertilized embryos) has been investigated during the years 1963–1965 for varieties belonging to different compatibility groups and varieties originating from different species (*Ribes nigrum* L., *R. dikuscha* Fisch. and *R. ussuriense* Jancz.), as well as for ecotypes (*R. nigrum* conc. *europaeum*, conc. *scandinavicum*, conc. *sibiricum*) and their progeny after cross pollination.

The number of embryos varies more within the raceme than between different varieties. The mean value of all varieties, 108 embryos per flower, varied by $\pm 20\%$ only.

After selfing of the extremely self-sterile and self-fertile varieties about 30 per cent and 60 per cent, respectively, of the embryos show any development. After optimal combinations the number of growing embryos will increase to about 80 per cent of the total number. A great number of embryos cannot grow to mature seeds but degenerates during development of the berries. The extent of degeneration is about 40% in good combinations but can reach 95% in less favorable ones.

Variation is larger with cross pollination of varieties from different species and species hybrids than after crosses within the European group of *R. nigrum*. To date optimal combinations have been obtained only when progeny from *R. nigrum* \times *R. ussuriense* was backcrossed to certain *R. nigrum* types. However, the effectiveness of cross pollination is low for most hybrids, especially after crosses involving the progeny of *R. nigrum* \times *R. ussuriense* with *R. nigrum* \times *R. dikuscha*.

In the ecotype *R. nigrum* conc. *europaeum* there seems to be a connection between the effect of cross pollination and the degree of self-compatibility of the parental types. Self-incompatible types generally show wider variations after pollination by different varieties than do the types with a higher degree of self-compatibility.

The effectiveness of cross pollination, however, must not be considered as dependent solely on the degree of self-compatibility or on genetic constitution. The results of combinations between types of similar origin and reciprocal crosses may differ greatly in the effect of cross pollination.

The effect of fertilization varies even with climatic conditions during the time of flowering, but not the relative effectiveness of cross pollination.

Einleitung

Seit den bahnbrechenden Untersuchungen von WELLINGTON, HATTON und AMOS (1921) konnte man Hunderte von Aufsätzen anführen, die den Kompatibilitätskomplex bei Schwarzen Johannisbeeren unter verschiedenen Aspekten und mit verschiedenen Methoden analysieren. Es muß jedoch festgestellt werden, daß eine systematische Untersuchung der Vererbung und Ausprägung der Selbstkompatibilität, d. h. der mit der Verträglichkeit zusammenhängenden genetischen Probleme, bisher nicht veröffentlicht wurde. Diese Frage scheint jedoch sowohl vom theoretischen wie ökonomischen Gesichtspunkt von großer

Bedeutung zu sein. Es ist bekannt, daß die Variation in bezug auf den Grad der Selbstkompatibilität groß ist, daß aber die extremen Typen selten zu finden sind (TAMÁS 1963). Im Anbau hängt die Ertragsicherheit in hohem Maße von den Kompatibilitätsverhältnissen ab.

Im Institut für Obstzucht Balsgård, Fjälkestad, wurde im Jahre 1963 begonnen, an der Lösung dieser Probleme zu arbeiten. Zuerst kam es darauf an, die Variation des Merkmals „Interkompatibilität“ eingehender zu untersuchen. Für diesen Zweck haben wir die verschiedenen Selbstkompatibilitätstypen miteinander gekreuzt. Um den Grad der Befruchtung zu charakterisieren, wurden verschiedene Methoden angewandt, wobei die Anzahl der Samenanlagen bzw. entwickelten Samen gezählt oder aber die erhaltenen Beeren einzeln gewogen wurden (Tab. 1).

Tabelle 1. Umfang der durchgeführten Untersuchungen.

Untersuchungs-jahr	Anzahl der Kreuzungs-kombinationen (KK) insgesamt	Anzahl der				
		KK	Samen-anlagen	KK	Samen	KK
1963	52			15	11,400	15
1964	95	62	37,700	66	47,800	82
1965	103	62	39,800	12	8,200	100
Summe	250	124	77,500	93	67,400	197
						22,500

Material, Methoden, Termini

1. Zielsetzung, Versuchsmaterial und untersuchte Bestäubungskombinationen

Es sollte die Variation der Befruchtung bzw. der Effektivität der Kreuzbarkeit bei verschiedenen Typen der Bestäubungskombinationen untersucht werden. Als Kreuzungspartner haben wir ihrer genetischen Abstammung nach möglichst weit entfernte Sorten ausgewählt (s. Tab. 2), um damit möglichst viele Formen mit unterschiedlichen Graden der Selbstkompatibilität zu erfassen. Die verschiedenen Kompatibilitätstypen wurden systematisch miteinander gekreuzt, d. h. beide als Mutter- und Pollen sorten verwendet.

Es wurden folgende Bestäubungskombinationen untersucht:

- a) Muttersorte \times selbst;
- b) Muttersorte \times verschiedene Väter;
- c) verschiedene Muttersorten \times ein bestimmter Vater;
- d) reziproke Bestäubungskombinationen; und die nachstehenden Zusammenhänge analysiert:
- e) die Rate der Befruchtung: der Grad der Selbstkompatibilität;
- f) die Rate der Befruchtung: die genetische Abstammung der Kreuzungspartner;

* Gegenwärtige Adresse: Forschungsinstitut für Pflanzenzüchtung und Pflanzenbau, Fertöd (Ungarn).

Tabelle 2. Genetische Abstammung der Kreuzungspartner.

Als Mutter- und Pollensorte verwendet	Nur als Pollensorte
<i>R. nigrum conc. europaeum</i>	<i>R. nigrum conc. europaeum</i> × <i>conc. sibiricum</i>
<i>R. nigrum conc. scandinavicum</i>	
<i>R. nigrum conc. europaeum</i> × <i>conc. scandinavicum</i>	<i>R. nigrum</i> × <i>R. dikuscha</i>
<i>R. nigrum</i> × <i>R. ussuriense</i>	

g) die Rate der Befruchtung an verschiedenen Teilen der Traube;

h) der Grad der Befruchtung in den verschiedenen Jahren.

Das Testmaterial stammte hauptsächlich aus dem Balsgårdér Institut. Der Pollen der in der UdSSR hergestellten *R. nigrum conc. europaeum* × *conc. sibiricum*- und *R. nigrum* × *R. dikuscha*-Hybriden wurde überwiegend im Forschungsinstitut für Pflanzenzüchtung und Pflanzenbau, Fertöd, gesammelt.

2. Verwendete Termini

Die Unverträglichkeit (Inkompatibilität) zweier Gameten tritt bei den Schwarzen Johannisbeeren erst nach dem Durchwachsen von Pollenschläuchen in die Fruchtknoten auf und zeigt sich teils in einer Hemmung der Befruchtung normal entwickelter Samenanlagen, teils in einer Degenerierung der befruchteten und in Teilung befindlichen jungen Samenanlagen. Die Hemmung erstreckt sich in der Regel nicht auf sämtliche Samenanlagen einer Blüte, d. h. der Prozentsatz der früher oder später degenerierenden Samenanlagen ist sehr unterschiedlich. Die Ausdrücke „Kompatibilitätsverhältnisse“, „die Ausbildung . . .“, oder aber „das Maß der Selbstkompatibilität“ u. a. wollen auf diese Variation hinweisen.

Die Begriffe „hochgradige Selbstkompatibilität“ oder aber „Selbstinkompatibilität“ werden in Hinblick auf die Endresultate, d. h. auf die Effektivität der Kreuzbarkeit, nicht aber auf die Rate der Befruchtung angewandt.

Um den Grad der Befruchtung zu charakterisieren, wurde der Quotient

$$\frac{\text{Anzahl der befruchteten Samenanlagen}}{\text{Anzahl der sämtlichen Samenanlagen}} \cdot 100$$

bestimmt. Diese Prozentzahl wird als „Befruchtungsrate“ bezeichnet.

Hinsichtlich des Ausmaßes der Befruchtung und damit der prozentuellen Entwicklung von Beeren aus den bestäubten Blüten wie auch der durchschnittlichen Beerengröße weisen die verschiedenen Kom-

binationen eine große Variation auf. Zu ihrer Charakterisierung wurde der Terminus „Effektivität der Kreuzbarkeit“ eingeführt. Ergibt eine Bestäubungskombination eine auffallend hohe Befruchtungsrate ($\geq 70\%$) und infolgedessen eine Vergrößerung des durchschnittlichen Beerengewichtes von ca. 60% oder mehr, verglichen mit den Beerengewichten nach freier Abblüte, dann sprechen wir von „optimalen Kombinationen“.

Das Taxon *conulta* (conc.) wurde von ZHUKOVSKIY im Jahre 1957 eingeführt (zit. nach TERPO 1964). Diese infraspezifische systematische Einheit faßt die Sortengruppen zusammen, die in wichtigen biologischen Eigenschaften, wie z. B. ihrer (systematischen) Abstammung, ähnlich sind.

3. Versuchsmethoden

a) Bestäubung. Jede bestäubte Blüte, d. h. auch die der selbstinkompatiblen Sorten, wurde kastriert und in Pergamintüten eingebeutelt bewahrt. Die Bestäubung erfolgte in der Regel etwa 48 Stunden nach der Kastrierung.

b) Berechnung der Anzahl der Samenanlagen. 5 bis 7 Tage nach der Bestäubung wurden Beeren gesammelt, um die befruchteten Samenanlagen zu ermitteln. Das Testmaterial wurde unter destilliertem Wasser und bei ca. +1 °C aufbewahrt und binnen einer Woche bearbeitet. Die Zählung erfolgte unter einem Präpariermikroskop.

c) Früchtefall. Bei einigen Bestäubungskombinationen haben wir die Höhe des Früchtefalles bestimmt. Die Beobachtungen wurden etwa 2 Wochen nach der Bestäubung und ca. 2–3 Wochen vor der Beerenreife durchgeführt.

d) Analyse der Beerengröße. Nach der Ernte wurden die Beeren einzeln, mit einer Genauigkeit von 0,1 g gewogen und die Variation der Beerengröße bestimmt (vgl. TAMÁS 1963).

e) Berechnung der Anzahl der Samen. Die Zahl der Samen wurde für jede einzelne Gewichtsklasse bestimmt. Die diesbezüglichen Angaben sind Durchschnittswerte mehrerer, jedoch höchstens 5 Beeren je Gewichtsklasse.

Versuchsdaten

1. Anzahl der entwickelten Samenanlagen

Zur Feststellung des Grades der Selbst- oder Interkompatibilität müssen wir von der Anzahl der entwickelten Samenanlagen ausgehen. Die in Tab. 3 angegebenen Zahlen ergaben sich als Durchschnitt von je 15 Beeren per Sorte und Position der Beere innerhalb der Traube. Die untersuchten Beeren

Tabelle 3. Die Anzahl der Samenanlagen in Blüten verschiedener Position.

Sorte	Basale Blüten		In der Mitte der Trauben		Terminale Blüten		Im Durchschnitt sämtl. Blüten $\bar{x} \pm s$
	max.	$\bar{x} \pm s$	max.	$\bar{x} \pm s$	max.	$\bar{x} \pm s$	
Amos Black	145	117,5 ± 14,9	131	116,5 ± 12,5	123	94,9 ± 24,3	109,6 ± 20,5
Brödtorp	117	86,1 ± 15,8	112	85,7 ± 18,2	104	80,0 ± 14,3	83,9 ± 16,5
Consort	131	95,6 ± 15,0	140	96,2 ± 24,2	135	91,3 ± 21,7	94,4 ± 20,4
Coronet	188	127,2 ± 23,7	151	135,6 ± 15,3	137	120,2 ± 9,4	127,7 ± 18,0
Mendip Cross	191	132,5 ± 25,3	133	110,3 ± 17,9	121	93,8 ± 19,7	112,2 ± 33,0
Rosenthal	171	137,9 ± 25,4	159	128,2 ± 17,3	135	98,5 ± 31,6	121,5 ± 30,1
Im Durchschnitt der Sorten:		116,1 ± 27,9		112,1 ± 31,7		96,4 ± 24,1	108,2 ± 28,0

stammen aus künstlicher Bestäubung. Wegen der durchgeführten Kastrierung konnte die Position der Blüten nicht immer mit Sicherheit bestimmt werden.

Die von uns untersuchten Sorten der westeuropäischen Sortengruppe (*R. nigrum conc. europaeum*), z. B. Amos Black, Mendip Cross und Rosenthal, zeigen eine begrenzte Variation in der Anzahl der sich entwickelnden Samenanlagen. Die Sorte Brödtorp (*conc. scandinavicum*) weist die wenigsten und die Arthybride Coronet (*R. nigrum × R. ussurense*) die meisten Samenanlagen auf. Die untersuchten Blüten von Coronet haben im Durchschnitt 128 Samenanlagen, d. h. ca. 50% mehr als Brödtorp (84 Samenanlagen).

2. Befruchtungsrate nach Selbstbestäubung

Sorten mit hochgradiger Selbstkompatibilität ergeben eine Befruchtungsrate von etwa 60%. Es ist interessant, daß eine Befruchtung der Samenanlagen nicht nur bei Sorten mit hochgradiger und herabgesetzter Selbstkompatibilität festzustellen ist, sondern im allgemeinen auch bei den selbstinkompatiblen Hybriden. So konnten im Durchschnitt der untersuchten Coronet-Blüten etwa 30% als befruchtet bestimmt werden (s. Abb. 1a).

3. Variation der Befruchtungsrate nach Bestäubung einzelner Muttersorten mit verschiedenen Vatersorten

Die Variation der untersuchten Muttersorten ist sehr unterschiedlich. Einige Sorten, wie Brödtorp, zeigen eine sehr begrenzte Variation der Befruchtungsrate nach Bestäubung mit verschiedenen Vatersorten, bei der Muttersorte Coronet wurden jedoch Werte zwischen 6 und 75% befruchteter Samenanlagen in Blüten extremer Bestäubungskombinationen festgestellt (Abb. 1b).

4. Variation der Befruchtungsrate nach Bestäubung verschiedener Muttersorten mit derselben Vatersorte

Die Variation der Befruchtungsrate ist bei solchen Kombinationen in der Regel begrenzter als bei den Kombinationen unter Punkt 3. Das stimmt mit den Ergebnissen von Untersuchungen in Italien und Ungarn überein, die in Tab. 4 zusammengestellt sind, wobei das „Befruchtungsvermögen“ verschiedener Sorten eine gute Übereinstimmung in den zwei angeführten Untersuchungsserien aufweist.

Doch bestehen auch hier erhebliche Unterschiede. In Bestäubungskombinationen mit der Pollensorte Ri 270 erhielten wir z. B. eine Befruchtungsrate von 28 bis 75% (Abb. 1c) als Durchschnittswert sämtlicher untersuchten Beeren.

5. Variation der Befruchtungsrate bei reziproken Kombinationen

Wie aus Abb. 1d ersichtlich ist, gibt es reziproke Kombinationen mit etwa gleichem (z. B. Coronet × Mendip Cross) oder verschiedenem (Coronet × Ri 330) Befruchtungsvermögen. Die Tatsache, daß bei reziproken Kombinationen ausgesprochene Unterschiede in den Befruchtungsraten auftreten können, ist vom theoretischen Gesichtspunkt von Interesse.

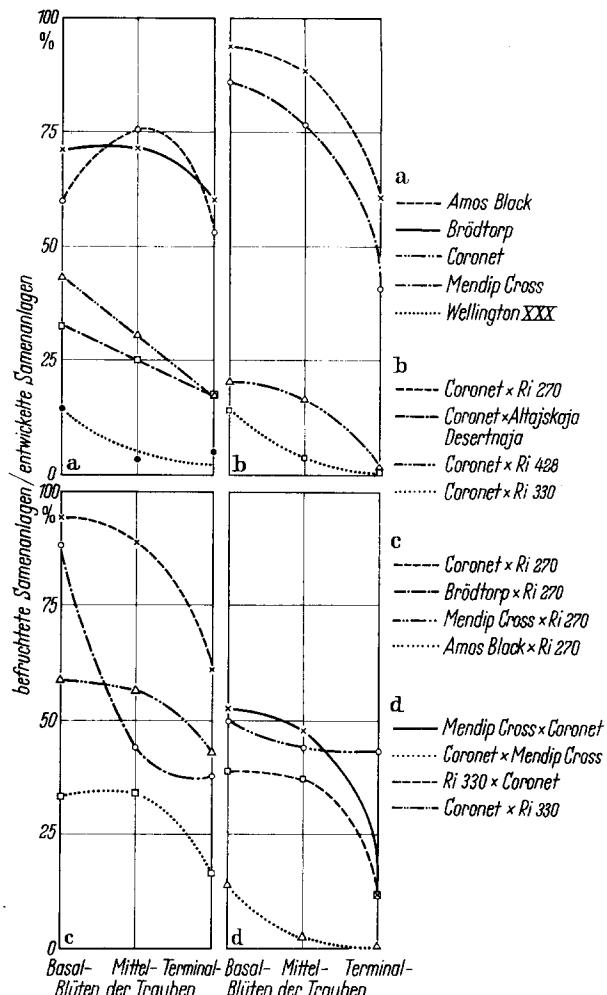


Abb. 1. Variation der Befruchtungsrate bei verschiedenen Bestäubungskombinationen. a) Selbstbestäubung der Sorten; b) Muttersorte × verschiedene Pollensorten; c) verschiedene Muttersorten × eine bestimmte Pollensorte; d) reziproke Kreuzungen.

Sie weist nämlich darauf hin, daß die Effektivität der Kreuzbarkeit von dem Zusammentreffen einander ergänzender physiologischer Eigenschaften der beiden Elternsorten und nicht nur von der genetischen Abstammung der Kreuzungspartner abhängig ist.

6. Untersuchungen der Zusammenhänge zwischen Befruchtungsrate und Selbstkompatibilitätsgrad

Untersucht man die Zusammenhänge zwischen dem Grad der Selbstkompatibilität der Kreuzungspartner und der Befruchtungsrate, so ist eine Tendenz zu bemerken. In der Sortengruppe *R. nigrum conc. europaeum* sind Sorten mit höherem Selbstkompatibilitätsgrad, z. B. Goliath, rel. gute Pollenspender für die meisten Muttersorten, sie zeigen auch eine rel. gute Fruchtbarkeit nach Bestäubung mit verschiedenen Vatersorten. Im Gegensatz dazu haben Sorten mit stark herabgesetzter Selbstkompatibilität, z. B. Booskop Riesen, im Durchschnitt der durchgeführten Bestäubungskombinationen auch ein begrenztes Befruchtungsvermögen. Diese Erfahrungen stimmen mit den in Tab. 4 angeführten Daten überein und sind für unsere Untersuchungen in Tab. 5 zusammengestellt.

Tabelle 4. Effektivität der Kreuzbarkeit einiger Sorten der Schwarzen Johannisbeere in Italien (BALDINI und PISANI 1961) und in Ungarn (LÖCSEI und PREININGER 1964). Die Originaldaten sind in Prozent der zu Beeren entwickelten Blüten angegeben; hier sind diese Prozentzahlen im Verhältnis zu den Durchschnittswerten der Versuche umgerechnet. Die Effektivität der Kreuzbarkeit übertrifft den Mittelwert mit 20–30% = + II, mit 10–20% = + I, liegt beim Mittelwert = 0 oder bleibt unter diesem mit 10–20% = – I, oder mehr als 20% = – II.

Sorte	Die Effektivität der Kreuzbarkeit							
	Nach Selbstbestäubung als Prozent der bestäubten Blüten		Die Sorte angewandt als					
			Muttersorte		Pollensorte			
	Italien	Ungarn	Italien	Ungarn	Italien	Ungarn	Italien	Ungarn
Baldwin	15	3	– I	– II	+ II	– II		
Boskoop Riesen	9	1	– II	– II	– II	– II		
Goliath	36	47	+ II	+ II	+ II	+ I		
Silbergieters Schwarze	33	30	+ I	+ I	o	+ II		
Wellington XXX	14	11	– I	o	– I	– II		

Tabelle 5. Effektivität der Kreuzbarkeit innerhalb der Sortengruppe *Ribes nigrum* conc. europaeum, und nach Bestäubung von *R. nigrum* × *R. ussuricense*-Hybriden mit Sorten aus der Sortengruppe *R. nigrum* conc. europaeum.

Grad der Selbstkompatibilität der untersuchten Sorten	Effektivität der Kreuzbarkeit		
	♀	×	♂
Hochgradige Selbstkompatibilität	Verschiedene Kompatibilitätstypen	Im allgemeinen gut, die Variation ist begrenzt	
Verminderte Selbstkompatibilität	Hochgradige Selbstkompatibilität	Verschieden, in einigen Fällen sehr gut	
Verminderte Selbstkompatibilität	Verminderte Selbstkompatibilität	Verschieden, doch im allgemeinen ohne extreme Werte	
Verminderte Selbstkompatibilität	Selbstinkompatibilität	Am meisten unter dem Durchschnittswert	
Selbstinkompatibilität	Selbstkompatibilität	Im allgemeinen gut, manchmal sehr gut	
Selbstinkompatibilität	Selbstinkompatibilität	Verschieden, oft sehr schlecht	

7. Beziehungen der Zusammenhänge zwischen Befruchtungsrate und genetischer Abstammung der Kreuzungspartner

Bestäubungskombinationen zwischen genetisch entfernten Formen, z. B. verschiedenen Arten bzw. Arthybridien innerhalb der Untergattung *Coreosma*, zeigen jedoch nicht konsequent das oben dargestellte Verhalten. Hier sind sowohl gute wie schlechte Effektivität der Kreuzbarkeit zu konstatieren, besonders wenn der Pollen von einer Sorte mit hochgradiger Selbstkompatibilität stammt. Dies trifft vor allem für Kreuzungen von *R. nigrum* × *R. ussuricense* mit *R. nigrum* × *R. dicuscha*-Hybriden zu.

Bei Kreuzung von Sorten, die entfernten Sortengruppen angehören oder Arthybridien sind, ist die Effektivität der Kreuzbarkeit für die einzelnen Bestäubungskombinationen, nicht aber für die genetische Abstammung der Kreuzungspartner charakteristisch. So kann eine *R. nigrum* × *R. ussuricense*-Hybride, bestäubt mit einer *R. nigrum* conc. euro-

paeum × conc. sibiricum-Sorte, eine hohe Befruchtungsrate ergeben, jedoch eine wesentlich schlechtere nach Bestäubung mit einer verwandten Sorte (vgl. Coronet × Altajskaja Desertnaja bzw. Coronet × Pobjeda in Tab. 6).

8. Befruchtungsrate an verschiedenen Teilen der Traube

Für die Angabe der Befruchtungsrate bei den einzelnen Bestäubungskombinationen wurde die Anzahl befruchteter bzw. unbefruchteter Samenanlagen von je 6 Blüten zugrunde gelegt. Die entsprechenden Daten variieren oft ziemlich stark, darum wurden sie nach der Insertionsfolge in der Traube zusammengestellt.

Bezüglich der Blüten an der Basis bzw. in der Mitte der Trauben ist die Variation der Befruchtungsrate im allgemeinen ziemlich begrenzt. Dagegen konnte in den terminalen Blüten oft eine starke Verminderung festgestellt werden. Dem Rückgang in der Befruchtungsrate entsprechend der Insertion der Blüten an der Traube scheint die Effektivität der Kreuzbarkeit zu entsprechen. Gute Bestäubungskombinationen zeigen in der Regel eine Befruchtungsrate über 50%, schlechte dagegen nur bis etwa 10 bis 15% in den terminalen Blüten (s. Abb. 1).

9. Zusammenhang zwischen Befruchtungsrate und Anzahl der entwickelten Samen

Eine Gegenüberstellung der Anzahl der Samenanlagen je Blüte und der entwickelten Samen je Beere zeigt in der Regel große Unterschiede auf (s. Tab. 6).

Es muß erwähnt werden, daß die Angaben über die Befruchtungsrate bzw. Effektivität der Kreuzbarkeit aus Untersuchungen verschiedener Blüten bzw. Beeren stammen. Wegen der Degenerierung von unentwickelten Samenanlagen ist es nämlich nicht möglich, in den entwickelten Beeren die Anzahl der ursprünglich vorhandenen Samenanlagen festzustellen. Die Unterschiede sind für die einzelnen Bestäubungskombinationen jedoch so groß und charakteristisch, daß eine Gegenüberstellung dieser Angaben wertvolle Informationen geben kann.

Die Daten in den Spalten 6 und 7 der Tab. 6 sind mit Hilfe der Gleichungen

$$x = 100 - \frac{\text{Angaben in der Spalte 3 resp. 4}}{\text{Angaben in der Spalte 2}} \cdot 100$$

berechnet.

Tabelle 6. Zusammenhänge zwischen der Befruchtungsrate und der Effektivität der Kreuzbarkeit bei einigen Bestäubungskombinationen.

Bestäubungskombination ♀ × ♂	Anzahl der				Durchschnittl. Gewicht der Beere g	Grad der Degenerierung von SA		Grad des Fruchtfalles als Prozent der bestäubten Blüten %
	entwickelten Samenanlagen (SA) Stück	befruchteten SA Stück	Samen je Beere Stück	%				
	1	2	3	4		5	6	7
Brödtorp × Selbst	57	34	21	0,62	40	63	36	
Coronet × Altajskaja								
Desertnaja	126	88	46	0,74	30	63	13	
Coronet × Pobjeda	112	73	10	0,41	35	91	55	
Coronet × Selbst	116	37	1	0,15	68	99	98	

 $x = 100 - \frac{3}{2} \cdot 100$. $^2 x = 100 - \frac{4}{2} \cdot 100$.

Tabelle 7. Die Veränderung der Beerengröße zweier Coronet-Bestäubungskombinationen in den Jahren 1963—1964.

Bestäubungskombination	Jahr	Anzahl der untersuchten Beeren	Beerengröße			in % zu Coronet nach freier Abblüte	
			g				
			min.	max.	Ø		
Coronet × Ri 270	1963	185	0,4	3,2	1,37	183	
Coronet × Ri 270	1964	114	0,2	2,4	1,05	142	
Coronet × Ri 270	1965	62	0,1	1,8	0,81	131	
Coronet × frei abgeblüht	1963	466	0,1	2,1	0,75		
Coronet × frei abgeblüht	1964	156	0,1	1,7	0,74		
Coronet × frei abgeblüht	1965	333	0,1	1,5	0,62		

Die Feststellungen haben ergeben, daß eine Hemmung sowohl während wie nach der Befruchtung vorhanden ist. Nach Selbstbestäubung von Coronet haben 32% der entwickelten Samenanlagen einen beginnenden Zuwachs gezeigt. Ca. 97% dieser Samenanlagen degenerierten später. Bei der Bestäubungskombination Coronet × Altajskaja Desertnaja betrug der Satz 70%, d. h. die doppelte Befruchtungsrate, davon degenerierte später nur die Hälfte der obigen Prozentzahl, d. h. 48% der befruchteten Samenanlagen.

10. Variationen des Grades der Befruchtung in den verschiedenen Jahren

Die Höhe der Befruchtung bei den einzelnen Bestäubungskombinationen ist auch in den einzelnen Jahren unterschiedlich. Tab. 7 gibt die betreffenden Daten für Coronet nach freier Abblüte bzw. nach Bestäubung mit der Hybride Ri 270 in den Jahren 1963—65. In den zwei extremen Jahren 1963 und 1965 differierten die durchschnittlichen Beerengewichte um ca. 40—50%. Trotz dieser großen jährlichen Schwankungen hat sich eine Mehrproduktion von 52—78% gegenüber Coronet × frei abgeblüht ergeben. Die Kombination Coronet × Ri 270 zeigte stets die größte Effektivität der Kreuzbarkeit und war die großfrüchtigste aller Coronet-Kombinationen auch während des ungünstigsten Jahres 1965.

Diskussion

Die Anzahl der Samenanlagen ist bei den Schwarzen Johannisbeeren hoch, über 100 im Durchschnitt von je 15 Beeren der in der Tab. 3 angeführten 6 Sorten. Bei einigen Sorten, z. B. Coronet, Mendip Cross, wurden Blüten auch mit etwa 190 Samenanlagen gefunden.

Rechnet man mit einer „Beerengleischproduktion“ von 0,02 g je Samen (vgl. TAMÁS 1965), dann müßte eine vollzählige Entwicklung der Samenanlagen ein durchschnittliches Beerengewicht von etwa 2 g ergeben. Die wirklichen Beerengewichte unserer Sorten sind jedoch viel geringer, sie können für die Sorten des Balsgärdner Sortimentes durchschnittlich auf etwa 0,6 g geschätzt werden.

Vom Gesichtspunkt der Erhöhung der Produktivität ist also der Kompatibilitätskomplex, d. h. die Hemmung während und nach der Bestäubung und deren Ursachen, nicht aber die „potentielle Beerengröße“, d. h. die Anzahl der Samenanlagen, von Interesse.

Es ist bekannt, daß Inkompatabilität in den verschiedenen Geweben des Gynaeceums und zu verschiedenen Zeitpunkten auftreten kann.

Die diesbezüglichen Untersuchungen bei Schwarzen Johannisbeeren zeigen, daß eine Hemmung während des Durchwachses der Pollenschläuche durch das Griffelgewebe nicht vorhanden ist. Der sorteneigene Pollen keimt auf der Narbe gut, und es wachsen gleichzeitig viele, d. h. über 300 Pollenschläuche in die Fruchtknoten hinein (WILLIAMS u. CHILD 1962). Die Pollenschläuche der Selbstungen wachsen schneller als die der Fremdungen (KLÄMBT 1958). Eine teilweise Befruchtung, d. h. ein beginnendes Wachstum von Samenanlagen, ist auch nach Selbstbestäubung von selbstinkompatiblen Sorten zu beobachten (vgl. Daten über Coronet × Selbst in Abb. 1 bzw. Tab. 6). Es wurde beginnendes Wachstum bei etwa 10—40% der entwickelten Samenanlagen beobachtet. Auch bei den sog. „optimalen Kombinationen“ konnte nur eine Befruchtungsrate von ca. 75—80% ermittelt werden. Bei den meisten von uns analysierten Bestäubungskombinationen lag die Befruchtungsrate zwischen 20 und 50%.

Schon 9 Tage nach der Bestäubung hat KLÄMBT (1958) die beginnende Degeneration von Samenanlagen unter dem Mikroskop beobachtet. Die Degeneration einzelner Samenanlagen bzw. befruchteter junger Samen scheint während der gesamten Periode der Beerenentwicklung anzuhalten. Diese Folgerung ergibt sich aus den Angaben in Tab. 6, wonach erhebliche Differenzen zwischen den Prozentzahlen in den Spalten 6 und 7, d. h. bezüglich der Befruchtungsrate einige Tage nach der Bestäubung und der Effektivität der Kreuzbarkeit, also am Ende der Beerenentwicklung, bestehen. Die „schlechten“ Bestäubungskombinationen lassen eine stärkere Degeneration sowohl in der Anfangsentwicklung der Samenanlagen als auch in der späteren Periode der Beerenentwicklung erkennen.

Die Versuchsdaten weisen auch auf einige Zusammenhänge hinsichtlich der Kreuzbarkeit der verschiedenen Bestäubungskombinationen hin. Vor allem ist eine größere Variation in der Effektivität der Kreuzbarkeit einzelner Bestäubungskombinationen nach Kreuzung von verschiedenen Arten bzw. Arthybriden als innerhalb der Sortengruppe *R. nigrum* conc. *europaeum* zu beobachten. „Optimale“ oder sogar „hervorragende“ Bestäubungskombinationen sind bisher nur gefunden worden, wenn wenigstens einer der Kreuzungspartner eine Arthybride ist. Die Effektivität der Kreuzbarkeit von Arthybriden ist jedoch oft sehr schlecht, besonders wenn Pflanzen, die der ersten Hybridgeneration von *R. nigrum* × *R. ussuriense* angehören, mit *R. nigrum* × *R. dicuscha*-Hybriden bestäubt worden sind. Die Kreuzungen von Arthybriden höherer Hybridgenerationen zeigen jedoch eine große Variation. Die genetischen Differenzen dürften also eine wichtige Rolle in der Ausbildung der Effektivität der Kreuzbarkeit spielen.

Untersucht man die Effektivität der Kreuzbarkeit innerhalb einer einzelnen Sortengruppe, so scheint der Grad der Selbstkompatibilität eine große Rolle zu spielen: Sorten mit hoher Selbstkompatibilität geben in der Regel sowohl als Muttersorten wie auch als Pollenspender bessere Resultate als der Durchschnitt anderer Bestäubungskombinationen.

Die Effektivität der Kreuzbarkeit darf jedoch nicht einfach als Folge der genetischen Abstammung oder des Grades der Selbstkompatibilität der Kreuzungspartner angesehen werden. Die Bestäubung einer Muttersorte mit mehreren Geschwisterpflanzen derselben Population oder mit Hybriden analoger Abstammung (z. B. *R. nigrum* conc. *europaeum* × conc. *sibiricum*-Hybride) kann eine ausgesprochen unterschiedliche Befruchtung ergeben. Dieser Beobachtung scheint die Erfahrung zu entsprechen, daß auch reziproke Kombinationen wesentliche Unterschiede in der Effektivität der Kreuzbarkeit zeigen können.

Hiernach ist also die Effektivität der Befruchtung individuell, d. h. für die gegebene Bestäubungskombination charakteristisch. Optimale Kombinationen sind vor allem nach Kreuzung systematisch entfernter Formen zu finden, weiterhin bei Bestäubungskombinationen, in denen Muttersorten mit stark herabgesetzter Selbstkompatibilität mit Vatersorten hochgradiger Selbstkompatibilität bestäubt wurden.

Die Befruchtungsrate der einzelnen Bestäubungskombinationen variiert auch in den einzelnen Jahren beträchtlich (s. Tab. 7, vgl. auch NEUMANN 1955, FERNQVIST 1961 u. a.). Es zeigt sich, daß die erhöhte Befruchtung nicht einfach als Folge einer intensiveren Insektenaktivität betrachtet werden kann. Die Befruchtungsrate wird auch bei künstlicher Bestäubung durch Wärme und Sonnenschein während der Blütezeit gefördert. Die festgestellte Jahresvariation verändert die Rangordnung der verschiedenen Bestäubungskombinationen jedoch nicht.

Schließlich soll noch ein Problem erwähnt werden. Wie Abb. 1 erkennen läßt, ergab sich eine konsequente Verminderung der Befruchtungsrate bei den Blüten in terminaler Position. Untersucht man jedoch die Variation der Beerengröße nach freier Abblüte, zeigt sich auch eine andere Tendenz: An selbstinkompatiblen Sorten kann man oft Trauben finden, deren größte Beere von terminaler Position ist (TAMÁS im Druck). Daraus ist zu schließen, daß bezüglich der Degeneration nicht nur der Auxinkomplex, sondern auch gewisse ernährungsphysiologische Prozesse eine Rolle spielen (vgl. auch NEUMANN 1953, TEAOIA u. LUCKWILL 1956, WRIGHT 1956). Trotzdem können sich Beeren nach freier Abblüte, d. h. nach Bestäubung mit verschiedenen Vatersorten, unabhängig von der Insertionsfolge entwickeln. Das weist unbedingt auf die Bedeutung des Auxinhaushalts gegenüber den ernährungsphysiologischen Faktoren hin.

Zusammenfassung

Während der Jahre 1963—65 wurde ein Kreuzungsprogramm durchgeführt, um die Variation der Befruchtungsverhältnisse in folgenden Bestäubungskombinationen zu untersuchen:

- a) Muttersorte × selbst;
- b) Muttersorte × verschiedene Väter;
- c) verschiedene Muttersorten × ein bestimmter Vater;
- d) reziproke Bestäubungskombinationen.

Weiterhin wurden analysiert:

- e) Rate der Befruchtung: Grad der Selbstkompatibilität;
- f) Rate der Befruchtung: genetische Abstammung von Kreuzungspartnern;
- g) Rate der Befruchtung an verschiedenen Teilen der Traube.

Die Variation der Anzahl der entwickelten Samenanlagen ist bei den untersuchten Sorten ziemlich beschränkt. Im Durchschnitt der untersuchten Blüten enthält Coronet mit 128 die meisten Samenanlagen, d. h. ca. 50% mehr als Brödtorp.

Etwa 60% der entwickelten Samenanlagen von Sorten mit hochgradiger Selbstkompatibilität zeigen nach Selbstbestäubung eine Anfangsentwicklung. Bei Sorten mit hochgradiger Selbstinkompatibilität beträgt die Befruchtungsrate bis zu 30%, bei den „optimalen Bestäubungskombinationen“ etwa 80%.

Ein Vergleich der Anzahl der befruchteten Samenanlagen und der entwickelten Samen zeigt eine bedeutende Degenerierung von Samenanlagen bzw. befruchteten jungen Samen während der Entwicklung an. Sie betrug ca. 40% bei rel. guten und bis über 95% bei den schlechten Bestäubungskombinationen.

Die Variation bezüglich der Effektivität der Kreuzbarkeit ist nach Kreuzung verschiedener Arten bzw. Arthybriden größer als innerhalb der Sortengruppe *R. nigrum* conc. *europaeum*. Optimale Bestäubungskombinationen wurden bisher nur dann gefunden, wenn *R. nigrum* × *R. ussuriense*-Nachkommen mit *R. nigrum*-Sorten zurückgekreuzt wurden. Die Effektivität der Kreuzbarkeit von Arthybriden ist jedoch oft schlecht, besonders wenn *R. nigrum* × *R. ussuriense*-Nachkommen aus der ersten Hybridgeneration durch *R. nigrum* × *R. dikuscha*-Nachkommen bestäubt wurden. Die genetischen Differenzen dürften also eine wichtige Rolle bei der Ausbildung der Effektivität der Kreuzbarkeit spielen.

Innerhalb der Sortengruppe *R. nigrum* conc. *europaeum* scheint die Effektivität der Kreuzbarkeit eng mit dem Grad der Selbstkompatibilität im Zusammenhang zu stehen. Selbstinkompatible Muttersorten zeigen in der Regel eine größere Variation nach Bestäubung mit verschiedenen Vatersorten. Sorten mit hochgradiger Selbstkompatibilität geben im allgemeinen rel. gute Resultate sowohl als Muttersorten bei Bestäubung mit Pollen von Sorten verschiedener Selbstkompatibilitätsgruppen als auch als Pollenspender für andere Sorten.

Die Effektivität der Kreuzbarkeit darf jedoch nicht einfach als Folge der genetischen Abstammung oder des Grades der Selbstkompatibilität der Kreuzungspartner angesehen werden. Bestäubungskombinationen zwischen Sortenpaaren von analoger genetischer Abstammung und reziproke Kombinationen können wesentliche Unterschiede in der Effektivität der Befruchtung ergeben.

Die Befruchtungsrate der Bestäubungskombinationen variiert auch in den einzelnen Jahren beträchtlich, weil sie auch im Falle von künstlicher Bestäubung durch Wärme und Sonnenschein während der Blütezeit gefördert werden muß. Die erhaltene Jahresvariation berührt jedoch im allgemeinen die Rangordnung der verschiedenen Bestäubungskombinationen nicht.

Untersuchungen über die Variation der Befruchtungsverhältnisse bei Blüten in verschiedener Position in der Traube nach freier Abblüte bzw. künstlicher Bestäubung weisen auf die relative Bedeutung des Auxinhaushalts gegenüber den ernährungsphysiologischen Faktoren hin.

Literatur

- 1 BALDINI, E., e P. PISANI: Ricerche sulla biologia florale e di fruttificazione del ribes nero. Riv. Ortoflorofrut. ital. **45**, 619–639 (1961). — 2. FERNQVIST, I. B.: Blombiologiska undersökningar hos svarta och röda vinbär samt krusbär. Kungl. Skogs- o. Lantbruksakad. Tidskr. **100**, 357–397 (1961). — 3. KLÄMBT, H. D.: Untersuchungen über Entwicklung und Wuchsstoffhaushalt bei *Ribes*-Arten. I. Planta **50**, 526–556 (1958). — 4. LÖCSEI, M., and A. PREININGER: Importance of varietal characters in fertilization and premature drop of black currants (ungarisch). Kisérletügyi Közl. **56/C**, 21–65 (1964). — 5. NEUMANN, U.: Untersuchungen über die Ursache des vorzeitigen Früchtefalls bei Schwarzen Johannisbeeren. Archiv f. Gartenb. **1**, 1–2 (1953). — 6. NEUMANN, U.: Die Bedeutung der Befruchtungsverhältnisse und Pflegemaßnahmen für den vorzeitigen Früchtefall bei Schwarzen Johannisbeeren. Archiv f. Gartenb. **3**, 339–354 (1955). — 7. TAMÁS, P.: Über die Zusammenhänge zwischen Fertilität und Beerengröße bei Schwarzen Johannisbeeren. Züchter **33**, 302–306 (1963). — 8. TAMÁS, P.: Svarta vinbär — kan fertilitetsundersökningar ge oss ökade sködar? Bärödl. **7**, 5–8 (1965). — 9. TAMÁS, P.: Einige physiologische und züchterische Probleme der Befruchtung in der Gattung *Ribes*. II. Eine Schnellmethode zur Ermittlung des Selbstkompatibilitätsgrades bei Schwarzen Johannisbeeren. Der Züchter (im Druck). — 10. TEAOIA, S. S., and L. C. LUCKWILL: Fruit drop in black currants: I. Factors affecting "running off". A. R. Long Ashton agric. hort. Res. Stat. pp. 64–74 (1956). — 11. TERPÓ, A.: Die Probleme des Artbegriffes bei den kultivierten Pflanzen (ungarisch). Kert. Szöl. Föisk. Közl. **28**, Heft 3, 67–79 (1964). — 12. WELLINGTON, R., R. G. HATTON, and J. AMOS: The "running off" of black currants. Journ. Pomol. **2**, 160 (1921). — 13. WILLIAMS, R. R., and R. D. CHILD: Some preliminary observations on the development of self- and cross-pollinated flowers of black currants. A. R. Long Ashton agric. hort. Res. Stat. pp. 59–64 (1962). — 14. WRIGTH, S. T. C.: Studies of fruit development in relation to plant hormones. III. Auxins in relation to fruit morphogenesis and fruit drop in the black currant *Ribes nigrum*. Journ. Hort. Sci. **31**, 196–211 (1956).

Die Peroxydase- und Polyphenoloxidase-Aktivität in gesunden und fußkranken Erbsenkeimlingen unterschiedlich anfälliger Sorten *

E. CLAUSS

Institut für Pflanzenzüchtung Quedlinburg der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin

Peroxidase and polyphenol oxidase activity in healthy and food-infected pea seedlings of differently susceptible varieties

Summary. In roots, sprouts and cotyledons of seven day old pea seedlings considerable peroxidase activity but only minimal polyphenol oxidase activity was found. There was no relationship between the enzyme activities of different pea varieties and their footrot resistance. In *Ascochyta pinodella*-infected seedlings of the same age the enzyme activities are increased, but there is no clear correlation between the degree of resistance and the increase

of enzyme activity after infection. The peroxidase test cannot be used for selecting *Ascochyta* footrot resistant pea varieties.

Changes of peroxidase activity in healthy and infected seedlings of a very susceptible variety (*Bördi*) and a relatively resistant one (*SE*) were tested during germination. The change of activity in healthy seedlings of *Bördi* and *SE* is alike, however, the two varieties differ distinctly in the course of activity change caused by infections.

Die unterschiedliche Widerstandsfähigkeit innerhalb des Erbsensoriments gegenüber den Erregern der Fußkrankheit, *Mycosphaerella pinodes* (Berk. et

* Quedlinburger Beiträge zur Züchtungsforschung Nr. 80.