

Die Züchtung von Süßlupinen¹ mit nichtplatzenden Hülsen. Die Kombination der Eigenschaften „Alkaloidfrei“ und „Nichtplatzten der Hülsen“ und die Bedeutung der doppelt und dreifach recessiven alkaloidfreien Formen für die Süßlupinenzüchtung.

Von **R. v. Sengbusch**, Luckenwalde/Mark.

1936 veröffentlichten ZIMMERMANN und ich eine Arbeit über die Auffindung der ersten gelben Lupinen mit nichtplatzenden Hülsen. In weiteren Arbeiten beschrieben wir die histologischen Besonderheiten, die das Nichtplatzten der Hülsen bedingen.

1938 berichtete ich in einer vorläufigen Mitteilung über die Vererbungsweise der Eigenschaft „Nichtplatzten“ des Stammes 3535 A. Es wurde eine 3:1-Spaltung der Eigenschaften Platzten:Nichtplatzten festgestellt, so daß ein einziges recessives Gen für die Eigenschaft „Nichtplatzten“ verantwortlich sein mußte. Dieses Gen wurde invulnerabilis (inv) genannt.

Im Laufe der letzten beiden Jahre habe ich die Untersuchungen über die Vererbung der Eigenschaft „Nichtplatzten“ fortgesetzt. Es wurden Kreuzungen zwischen nichtplatzenden, bitteren, hellsamigen und den alkaloidfreien Stämmen 8 und 80 durchgeführt.

Der nichtplatzende Elter war jeweils

$\frac{\text{Dul Am inv parv}}{\text{Dul Am inv parv}}$. Der Stamm 8 hat die Formel $\frac{\text{dul Am Inv parv}}{\text{dul Am Inv parv}}$, der Stamm 80 $\frac{\text{Dul am Inv parv}^2}{\text{Dul am Inv parv}}$.

Für die Kombination der Eigenschaften „Nichtplatzten“ und „Süß“ war es wichtig, festzustellen, ob starke Kopplungen zwischen „Bitter“ und „Nichtplatzten“ einerseits und „Süß“ und „Platzten“ andererseits vorliegen.

¹ Gesetzlich geschütztes Warenzeichen.

² dulcis (dul) Gen für Alkaloidfreiheit des Stammes 8, amoenus (am) Gen für Alkaloidfreiheit des Stammes 80, invulnerabilis (inv) Gen für Nichtplatzten des Stammes 3535 A, parvumaculatus (parv) Gen für hellgesprenkelte Samenschalenfarbe.

Es sei bemerkt, daß die Lupinen ein sehr ungünstiges Objekt für genetische Analysen sind. Ihre Samenproduktion ist niedrig, und die Selbstung größerer Mengen von F_1 -Pflanzen macht einige Schwierigkeiten. Es ist aber auch nicht der Zweck dieser Arbeit, eine umfassende genetische Analyse zu liefern, sondern nur klarzustellen, ob eventuelle Kopplungen eine sehr starke Vergrößerung des zu untersuchenden Materials erforderlich machen würden.

HACKBARTH (1938) hat mit den von mir aufgefundenen Mutanten dul und inv ebenfalls gearbeitet. Das Gen dul hat er in Kombination mit niv (niveus, Gen für weiße Kornfarbe) vorliegen. Er fand eine 3:1-Spaltung zwischen Inv und inv mit einem sehr starken Recessivenausfall (von mir berechnet mit 23,6%) und eine 3:1-Spaltung zwischen Niv und niv ebenfalls mit einem starken Recessivenausfall (von mir berechnet mit 22,9%) Ferner fand er eine Kopplung zwischen den Genen Dul inv und dul Inv. Die Kopplung wird mit einem Austauschprozent von 0,44 angegeben. Zwischen den anderen Genen niv Inv und Niv inv und zwischen Dul Niv und dul niv fand er keine Kopplung.

Es sei hier nebenbei bemerkt, daß in Tabelle 2 die von HACKBARTH erwähnte große Abweichung von der erwarteten Reihe auch dadurch zustande kommt, daß er ein Zahlenpaar vertauscht hat. Und zwar treten die Pflanzen Dul niv inv erwartungsgemäß nicht 114mal, sondern nur 38mal und dul Niv Inv nicht 38mal, sondern 114mal auf.

Ferner sei bemerkt, daß die Zahlen in Tabelle 7 nicht, wie HACKBARTH angibt, in der Kopplungs-

phase, sondern in der Abstoßungsphase liegen und die Ausführungen zu dieser Tabelle infolgedessen nicht richtig sein können. Wenn sich ein Teil dieser Bemerkungen allerdings auf Tabelle 8 beziehen soll, so ist dies aus dem Text nicht ohne weiteres zu entnehmen. (Die Ergebnisse aus Tabelle 8 werden nicht besprochen.)

Dadurch, daß HACKBARTH das Gen *inv*, das eine sehr pleiotrope Wirkung haben soll (TROLL und SCHANDER, 1938), in die Untersuchungen einfügt, ergeben sich meiner Ansicht nach gewisse Schwierigkeiten. Es sollen daher von mir erstens Ergebnisse mitgeteilt werden, die bei der Kreuzung mit Stamm 8 ohne das Gen *inv* gewonnen wurden, und zweitens Ergebnisse aus der Kreuzung mit Stamm 80, die in der HACKBARTHschen Arbeit noch nicht enthalten sind.

Ich bringe zuerst das Zahlenmaterial, auf Grund dessen ich die 3:1-Spaltung von Platzend : Nichtplatzend festgestellt habe (siehe Tabelle 1; vgl. SENGBUSCH, R. v.: Züchter 10, H. 8, 1938).

Tabelle 1. F_2 -Spaltung; $\frac{Inv}{Inv} \times \frac{inv}{inv}$.

	Inv platzend	inv nichtplatzend	n
gefunden .	767	243	1010
erwartet .	757,5	252,5	

An sich sind etwas zu wenig nichtplatzende Formen vorhanden. Die Untersuchung wurde aber noch nicht mit der heutigen vollkommenen Methode der Feststellung der Platzfestigkeit durchgeführt, so daß eventuell diese Untersuchungsfehler die Ursache für das nicht ganz ideale Zahlenverhältnis sind.

1939 wurde die F_2 der obengenannten Kreuzungen untersucht. Die F_1 war sorgfältig isoliert worden. Die Untersuchung auf Platzfestigkeit wurde mit Hilfe der Kochmethode durchgeführt (SENGBUSCH, R. v.: Züchter 9, H. 10, 1937). Diese Methode läßt ein einwandfreies Unterscheiden der platzenden und nichtplatzenden Hülsen zu.

$$\frac{Dul\ inv}{Dul\ inv} \times \frac{dul\ Inv}{dul\ Inv}$$

(Stamm 3535 A × Süßlupinenstamm 8.)

Tabelle 4. F_2 -Spaltung; $\frac{Dul\ inv}{Dul\ inv} \times \frac{dul\ Inv}{dul\ Inv}$.

	Dul		dul		n	p	m	D/m
	Inv	inv	Inv	inv				
gefunden	579	179	161	67	986	0,540	± 0,0153	2,61
erwartet, korrigiert nach								
KAPPERT	568,9	189,1	171,1	56,9				
erwartet, unkorrigiert .	554,6	184,9	184,9	61,6				

Die F_1 dieser Kreuzung ist platzend und bitter. In der F_2 trat eine Spaltung von bitter:süß und platzend:nichtplatzend in den in Tabelle 2 und 3 angegebenen Verhältnissen ein. Die Spaltung bitter:süß zeigt einen Recessivenausfall von rund 9,8%. Worauf dieser Ausfall zurückzuführen ist, läßt sich nicht ohne weiteres sagen. Die Spaltung von platzend:nichtplatzend entspricht vollkommen den idealen Verhält-

Tabelle 2. F_2 -Spaltung; $\frac{Dul}{Dul} \times \frac{dul}{dul}$.
(Recessivenausfall 9,77%.)

	Dul bitter	dul süß	n
gefunden .	758	228	986
erwartet .	739,5	246,5	

nissen. Dieses Ergebnis steht im Gegensatz zu den von HACKBARTH gewonnenen Zahlen.

Die bifaktorielle F_2 -Spaltung ergab die Werte, die in Tabelle 4 wiedergegeben sind. Das Austauschprozent ist 0,54. Demnach liegt keine Kopplung zwischen *Dul inv* und *dul Inv* vor. HACKBARTH findet in diesem Fall eine Kopplung von 0,44. Da er nicht mit dem gleichen Material gearbeitet hat und auch nicht angibt,

Tabelle 3. F_2 -Spaltung; $\frac{Inv}{Inv} \times \frac{inv}{inv}$.

	Inv platzend	inv nichtplatzend	n
gefunden .	740	246	986
erwartet .	739,5	246,5	

mit welcher Methode er die Platzfestigkeit der Hülsen bestimmt hat, kann die Ursache der Verschiedenheit der Ergebnisse zunächst nicht geklärt werden.

$$\frac{Am\ parv\ inv}{Am\ parv\ inv} \times \frac{am\ Parv\ Inv}{am\ Parv\ Inv}$$

(Stamm 3535 A × Süßlupinenstamm 80.)

Die F_1 war auch in diesem Fall platzend und bitter. Die F_2 ergab für *Am:am* die Werte der Tabelle 5. Die gefundenen Werte stimmen mit den erwarteten überein. Die F_2 -Spaltung für *Inv:inv* ergab die Werte der Tabelle 6. Es sind

zu wenig inv-Pflanzen aufgetreten, und zwar beträgt der Recessivenausfall 10,3%. Die F_2 -Spaltung Parv:parv (Tabelle 7) ist wieder ideal zu nennen.

Die trifaktorielle F_2 -Spaltung ist in Tabelle 8 wiedergegeben. Die gefundenen Werte stimmen mit den erwarteten so weitgehend überein, daß eine starke Kopplung zwischen den verschie-

Tabelle 5. F_2 -Spaltung; $\frac{Am}{Am} \times \frac{am}{am}$.

	Am bitter	am süß	n
gefunden .	893	293	1186
erwartet .	889,5	296,5	

Tabelle 6. F_2 -Spaltung; $\frac{Inv}{Inv} \times \frac{inv}{inv}$.

	Inv platzend	inv nichtplatzend	n
gefunden .	913	273	1186
erwartet .	889,5	296,5	

denen Genen von vornherein nicht angenommen werden kann. In Tabelle 9, 10 und 11 sind die entsprechenden bifaktoriellen F_2 -Spaltungen der verschiedenen Genpaare angegeben.

Für Am und inv ist das Austauschprozent 0,435, eine ganz geringe Kopplung. Dieses Er-

gebnis steht im Gegensatz zu den von HACKBARTH gefundenen Ergebnissen, der eine gleichstarke Kopplung zwischen Dul und inv fand. Ich nehme an, daß dieses gegensätzliche Ergebnis auf die Ungunst des Objektes für genetische Untersuchungen zurückzuführen ist, bei dem exakte genetische Analysen einer sehr schwachen Kopplung nicht ohne weiteres durchzuführen sind. Es sei bemerkt, daß auch bei *Antirrhinum*, einem wesentlich günstigeren Objekt, Werte von über 0,43 trotz fehlerkritischer

Tabelle 7. F_2 -Spaltung; $\frac{Parv}{Parv} \times \frac{parv}{parv}$.

	Parv gesichelt	parv nicht gesichelt	n
gefunden .	894	292	1186
erwartet .	889,5	296,5	

Sicherung in der Regel zu den freien Spaltungen gerechnet werden.

Die F_2 -Spaltung Am parv ist frei (Tabelle 10) und weist keine Kopplung auf, das gleiche ergibt sich für Inv Parv (Tabelle 11).

Züchterisch wichtige Ergebnisse.

Bei der genetischen Analyse der Vererbung der Eigenschaft „Nichtplatzten“ wurden in der F_2 der untersuchten Kreuzungsnachkommenchaften 118 süße Pflanzen mit nichtplatzenden

Tabelle 8. F_2 -Spaltung; $\frac{Am\ parv\ inv}{Am\ parv\ inv} \times \frac{am\ Parv\ Inv}{am\ Parv\ Inv}$.

	Am				am				n
	Parv Inv	inv	parv Inv	inv	Parv Inv	inv	parv Inv	inv	
gefunden . .	491	177	180	45	183	42	59	9	1186
erwartet . .	500,4	166,8	166,8	55,6	166,8	55,6	55,6	18,4	

Tabelle 9. F_2 -Spaltung; $\frac{Am\ inv}{Am\ inv} \times \frac{am\ Inv}{am\ Inv}$.

	Am		am		n	p	m	D/m
	Inv	inv	Inv	inv				
gefunden	671	222	242	51	1186	0,435	$\pm 0,0157$	4,1
erwartet, korrigiert nach KAPPERT	687,5	205,5	225,5	67,5				
erwartet, unkorrigiert .	667,1	222,4	222,4	74,1				

Tabelle 10. F_2 -Spaltung; $\frac{Am\ parv}{Am\ parv} \times \frac{am\ Parv}{am\ Parv}$.

	Am		am		n	p	m	D/m
	Parv	parv	Parv	parv				
gefunden	669	224	225	68	1186	0,487	$\pm 0,0148$	0,87
erwartet	667,1	222,4	222,4	74,1				

Tabelle 11. F_2 -Spaltung; $\frac{\text{Inv Parv}}{\text{Inv Parv}} \times \frac{\text{inv parv}}{\text{inv parv}}$.

	Inv		inv		n	p	m	D/m
	Parv	parv	Parv	parv				
gefunden	674	239	219	54	1186	0,550	$\pm 0,0155$	2,33
erwartet, korrigiert nach KAPPERT	687,5	225,5	205,5	67,5				
erwartet, unkorrigiert .	667,1	222,4	222,4	74,1				

Hülsen gefunden, die entsprechend ihrer genetischen Konstitution die beiden Eigenschaften rein vererben. Schwierigkeiten bei der Kombination der Gene „Nichtplatzen“ und „Süß“ der Stämme 8 und 80 sind praktisch nicht zu erwarten.

Wenn man züchterisch mit einem derartigen Material arbeitet, genügt aber nicht die Auslese einiger weniger süßer, nichtplatzender Pflanzen in der F_2 . Man muß vielmehr, da sich die beiden Elternformen wahrscheinlich in einer Reihe von Ertragsgenen voneinander unterscheiden haben, eine möglichst große Anzahl von süßen, nichtplatzenden Formen in der F_2 , F_3 und F_x auslesen. Es empfiehlt sich daher, wohl die süßen nichtplatzenden Pflanzen in der F_2 bereits auszulesen, aber außerdem noch die restliche F_2 , die zum größten Teil für die beiden Gene bzw. für eins der beiden Gene heterozygot ist, noch einmal auszulegen und in der F_3 eine nochmalige Auslese von süßen, nichtplatzenden vorzunehmen. Das gleiche kann dann auch in der F_4 und ev. F_5 durchgeführt werden. Bei der Auslese von süßen, nichtplatzenden in der F_3 hat man noch den Vorteil, daß man ein zahlenmäßig sehr viel größeres Material der gesuchten Formen erhält als in der F_2 .

An diese Auslese der süßen Pflanzen mit nichtplatzenden Hülsen wird sich dann eine getrennte Prüfung der einzelnen Nachkommenchaften auf Ertrag und andere wertvolle Eigenschaften anschließen.

Die Herstellung mehrfach rezessiver alkaloidfreier Stämme.

Im Zusammenhang mit dieser genetischen Analyse sei eine Frage diskutiert, die für die Lupinenzüchtung von Bedeutung ist.

Die verschiedenen Stämme der Süßlupinen 8, 80 und 102, ferner wahrscheinlich mindestens eine russische und eine von mir in Luckenwalde neu gefundene Form haben alle verschiedene Gene für Alkaloidfreiheit. Außerdem habe ich 1935 und 1936 11 neue, alkaloidfreie, gelbe

Pflanzen gefunden, unter denen wahrscheinlich ebenfalls neue Gene für Alkaloidfreiheit sein werden. Es ist anzunehmen, daß einzelne dieser 11 Pflanzen einen besonders niedrigen Alkaloidgehalt besitzen.

Da die einzelnen Stämme in der Regel nicht vollkommen alkaloidfrei sind, könnte man daran denken, die absolute Alkaloidfreiheit dadurch zu erreichen, daß man in einer einzigen Form zwei, drei oder mehr verschiedene Gene für Alkaloidfreiheit vereinigt.

Die Auffindung der mit zwei rezessiven Genen für Alkaloidfreiheit ausgestatteten süßen Form könnte in der F_2 durch Rückkreuzung mit beiden Elternformen geschehen.

Die weitere züchterische Bearbeitung, insbesondere die Kombination der Eigenschaften „Süß“ und „Nichtplatzen“, ferner „Süß“, „Nichtplatzen“, „Ertragreich“ usw. würde große Schwierigkeiten bereiten, da man nicht ohne weiteres in der Lage ist, die doppelt Rezessiven von den einfach Rezessiven zu unterscheiden.

Es ist daher zweckmäßig, nach neuen Individuen zu suchen, die ein Gen besitzen, das absolute Alkaloidfreiheit bedingt. Die Unterschiede zwischen den Stämmen 8, 80 und 102, von denen 80 und 102 einen wesentlich geringeren Alkaloidgehalt besitzen als Stamm 8, weisen darauf hin, daß man bei weiterer Suche wahrscheinlich zu vollkommen alkaloidfreien gelben Lupinen kommen kann.

Literatur.

- HACKBARTH, J.: Züchter 10, H. 9/11 (1938). — SENGBUSCH, R. v.: Z. Züchtg A 15, H. 3 (1930). — SENGBUSCH, R. v.: Züchter 2, H. 1 (1930). — SENGBUSCH, R. v.: Züchter 3, H. 4 (1931). — SENGBUSCH, R. v., u. J. HACKBARTH: Züchter 6, H. 11/12 (1934). — SENGBUSCH, R. v.: Forschungsdienst 1, H. 8 (1936). — SENGBUSCH, R. v., u. K. ZIMMERMANN: Züchter 9, 3 (1937). — SENGBUSCH, R. v.: Züchter 9, 10 (1937). — SENGBUSCH, R. v.: Züchter 9, H. 10 (1937). — SENGBUSCH, R. v.: Züchter 10, H. 4 (1938). — SENGBUSCH, R. v.: Züchter 10, H. 8 (1938). — TROLL, H. J., u. H. SCHANDER: Züchter 10, H. 9/11 (1938).