

Sonderdruck aus „Der Züchter“, 6. Jahrgang 1934, Heft 11/12.

(Verlag von Julius Springer, Berlin.)

(Aus dem Kaiser Wilhelm-Institut für Züchtungsforschung, Müncheberg, Mark.)

Die Vererbung der Alkaloidfreiheit bei *Lupinus luteus* und *Lupinus angustifolius*.

Von J. Hackbarth und R. v. Sengbusch.

Im Jahre 1927 behandelte Prof. ERWIN BAUR im Rahmen einer Vorlesung über spezielle Pflanzenzüchtung die Möglichkeit der Züchtung von alkaloidfreien Lupinen. Auf Grund dieser Anregung leitete R. v. SENGBUSCH seine Untersuchungen zur Lösung dieses Problems ein. Im Jahre 1928 konnten die ersten alkaloidfreien¹ Pflanzen in verschiedenen Herkünften von *Lupinus luteus* und *Lupinus angustifolius* und in den darauf folgenden Jahren von *Lupinus albus* aufgefunden werden. Der Weg der weiteren züchterischen Bearbeitung dieses Süßlupinenmaterials² war klar vorgezeichnet und mußte in zwei Etappen zurückgelegt werden:

1. Die möglichst schnelle Vermehrung der alkaloidfreien Stämme, um diesen neuen Eiweißlieferanten der deutschen Landwirtschaft und damit der gesamten Volkswirtschaft auf dem schnellsten Wege nutzbar zu machen.

2. Die Schaffung weiterer Süßlupinensorten durch planmäßige Kombinationszüchtung, die die ursprünglichen Stämme in irgendwelchen Eigenschaften übertreffen.

Die erste Phase kann heute im großen ganzen als abgeschlossen gelten, denn im Frühjahr 1935 werden schätzungsweise 30 000 Ztr. Süßlupinensaatgut zur Verfügung stehen. Dagegen befindet sich die zweite Phase erst in den Anfängen und wird in Zukunft den Hauptteil der Züchtung ausmachen.

War nun schon während der Vermehrung die Vererbung des Alkaloidgehaltes von ausschlaggebender Bedeutung, so ist sie es noch viel mehr bei der nun einsetzenden Kombinationszüchtung. Die ersten Kreuzungen zur Klärung dieser Frage wurden denn auch schon 1930 von v. SENGBUSCH ausgeführt, infolge widriger Umstände konnten die ersten F_2 -Generationen jedoch erst im Jahre 1933 herangezogen werden. Weitere F_1 , F_2 - und F_3 -Nachkommenschaften wurden dann im Jahre 1934 ausgesät, und es soll nunmehr ein

¹ Die mit „alkaloidfrei“ bezeichneten Stämme haben in Wirklichkeit noch 0,01% Alkaloide.

² Mit „Süßlupinen“ werden die von der Saatgut-Erzeugungs-Gesellschaft m. b. H., Berlin, erworbenen alkaloidfreien Müncheberger Neuzüchtungen bezeichnet.

Der Züchter, 6. Jahrg.

erster Bericht über die Ergebnisse dieser Untersuchungen gegeben werden, die sich auf die Stämme 8 und 80 und 102 von *L. luteus* sowie 411, 415 und 417 von *L. angustifolius* erstrecken. Wir hoffen, daß dieser Bericht dazu beitragen wird, auch die letzten Bedenken zu zerstreuen, die mancherorts noch gegen die Konstanz der Alkaloidfreiheit zu bestehen scheinen.

Vorausgeschickt seien einige Bemerkungen über die Kreuzungstechnik bei Lupinen. Die ausgesprochene Selbstfertilität von *L. luteus* und *L. angustifolius* macht eine exakte Kastration der zur Kreuzung zu benutzenden Blüten unumgänglich. Die Antheren öffnen sich schon verhältnismäßig früh, bei *L. luteus* ungefähr dann, wenn sich die Blütenblätter zu $\frac{1}{3}$ aus den Kelchblättern hervorgeschoben haben. Bei *L. angustifolius* liegt der Zeitpunkt des Öffnens der Antheren sogar noch etwas früher. Um nun ohne starke Beschädigung des Griffels an die Antheren heranzukommen, werden alle Blütenblätter abgezupft, ähnlich wie es bei kleinblütigen Leguminosen üblich ist (HACKBARTH 1931). Bei der Entfernung des Schiffchens ist darauf zu achten, daß beide Seitenhälften einzeln entfernt werden, da sonst leicht Antheren mitabgerissen und an der Narbe vorbeigezogen werden, wobei Pollen auf die Narbe gelangen kann. Die Entfernung der Antheren mit einer spitzen Pinzette macht dann keine Schwierigkeiten mehr. Als weitere Sicherheitsmaßnahme kann noch das Abspritzen der Blüte und besonders der Narbe mit Wasser unter Zuhilfenahme eines Gummispritzballs eingefügt werden, um etwa noch anhaftende Pollenkörner abzuwaschen bzw. zum Platzen zu bringen. Zur Kastration herangezogen wird am besten immer nur ein im richtigen Stadium befindlicher Blütenkranz (Abb. 1). Nach beendigter Kastration wird er in eine Pergamintüte eingeschlossen und am folgenden Tage bestäubt. Um eine Austrocknung des freistehenden Griffels zu verhindern, werden möglichst viele Blätter in die Tüte miteingeschlossen, die für die nötige Feuchtigkeit sorgen. Mit Hilfe dieser Kreuzungsmethode konnten wir einen 100%igen Ansatz erzielen.

Die *Alkaloiduntersuchungen*, die den in dieser Arbeit angeführten Zahlen zugrunde liegen, wurden an grünen Pflanzen vorgenommen. Zur Untersuchung gelangten nur junge Blätter des gleichen Entwicklungsstadiums, die Untersuchung selbst erstreckte sich jeweils auf einen Zeitraum von etwa 10 Tagen. Über die Auszählung kann an dieser Stelle nur soviel gesagt werden, daß die Unterscheidung zwischen alkaloidhaltig und alkaloidfrei in allen Fällen eine durchaus sichere war und Zwischenstufen nicht beobachtet wurden. *An Körnern lassen sich die*



Abb. 1. Links zur Kastration vorbereiteter, rechts kastrierter Blütenstand von *L. luteus*.

Spaltungen nicht nachweisen, da alkaloidhaltige Pflanzen, auch wenn sie heterozygot für den Alkaloidgehalt sind, nur alkaloidhaltige Körner ausbilden. Ebenso sind Körner der Kreuzung alkaloidfrei \times alkaloidhaltig stets alkaloidfrei. Erst in einem späteren Entwicklungsstadium kommt die genetische Konstitution zur vollen Auswirkung, jedoch soll diese Erscheinung hier nicht weiter diskutiert werden, es laufen darüber Spezialuntersuchungen.

Als erstes soll nunmehr die F_1 -Generation von Kreuzungen der Süßlupinen mit normal bitteren Pflanzen derselben Art besprochen werden, da sie Aufschluß über die Dominanzverhältnisse sie Eigenschaftspaars gibt. Daß die Alkaloidfreiheit rezessiv sein muß, war schon aus der Tatsache zu entnehmen, daß die Vermehrung der ursprünglich aufgefundenen alkaloidfreien Pflanzen ohne weitere Aufspaltungen von statten ging. Nur diesem Umstande ist die außer-

ordentlich schnelle Vermehrung zu verdanken. Bestätigt wird diese Annahme nun auch durch die Ergebnisse der Untersuchung der F_1 -Pflanzen, die in Tabelle 1 an Material des Jahres 1934 dargestellt sind.

Tabelle 1.

Art der Kreuzung	Nummer der Kreuzung	♀	♂	Zahl der F_1 -Pflanzen ²	
				+	-
80 \times nll	589/527 \times nll ¹	+	-	.	2
	587/527 \times nll	+	-	.	1
102 \times nll	518/528 \times nll	+	-	.	1
	520/528 \times nll	+	-	.	6
	521/528 \times nll	+	-	.	7
	522/528 \times nll	+	-	.	11
417 \times nla	650/532 \times nla ¹	+	-	.	12
411 \times nla	617/531 \times nla	+	-	.	3
	622/531 \times nla	+	-	.	1
	638/531 \times nla	+	-	.	2
	642/531 \times nla	+	-	.	1
415 \times nla	539/529 \times nla	+	-	.	5
	540/529 \times nla	+	-	.	9

¹ nll = normal alkaloidhaltige Pflanzen von *Lupinus luteus*

² nla = "alkaloidfrei"; " = alkaloidhaltig. " " *angustifolius*.

Als Mutterpflanze diente stets eine Süßlupine und als Pollenlieferant eine normal bittere. Sämtliche aus diesen Kreuzungen hervorgegangenen F_1 -Pflanzen waren alkaloidhaltig, und zwar 3 bei der Kombination 80 \times nll, 25 bei 102 \times nll, 12 bei 417 \times nla, 7 bei 411 \times nla und 14 bei 415 \times nla. Von der Kombination 8 \times nll standen in diesem Jahre keine Pflanzen zur Verfügung, jedoch waren die F_1 -Pflanzen des Jahres 1933 ebenfalls alle alkaloidhaltig. Allerdings liegen hier keine Untersuchungen der Elternpflanzen vor, es ist aber zu den Kreuzungen stets nur sicher alkaloidfreies Material verwendet worden. Bei Ausführung der Kreuzung mit alkaloidfrei ♀ kann also schon in der F_1 festgestellt werden, ob die Kreuzung gelungen ist oder nicht. Alle bisher zur Kontrolle untersuchten Nachkommenschaften von F_1 -Pflanzen, die bei der Untersuchung keine Alkaloidreaktion gaben, waren ebenfalls alkaloidfrei, stellten somit Selbstungen dar. Für die Stämme von *L. angustifolius* gilt dasselbe, so daß auch diese Faktoren für Alkaloidfreiheit als rezessiv anzusehen sind.

Es erhebt sich nun die wichtige Frage, ob die Alkaloidfreiheit durch einen oder mehrere Erbfaktoren bedingt wird und weiterhin, ob es sich bei den einzelnen Stämmen um dieselbe oder um verschiedene Mutationen handelt.

Aus dem Verhalten der F_2 kann auf die Zahl der bei der Alkaloidfreiheit mitwirkenden Faktoren geschlossen werden. Die Untersuchungsergebnisse für die Kreuzungen der gelben Süß-

lupinenstämme mit normal bitteren sind in Tabelle 2 zusammengestellt.

Tabelle 2.

Art der Kreuzung	Jahr der F_2 -Untersuchg.	Ge-funden		Er-wartet		m	D/m	Spaltungs-verhältnis
		-	+	-	+			
<i>nll</i> × 8	1934	185	70	191,2	63,8	$\pm 9,6$	0,9	3:1
<i>nll</i> × 102	1934	202	82	213	71	$\pm 7,3$	1,5	3:1
<i>nll</i> × 80	1934	101	44	108,8	36,2	$\pm 5,2$	1,5	3:1
80 × <i>nll</i>	1933	608	130	553,5	184,5	$\pm 11,8$	4,7	3:1

Daraus geht klar hervor, daß die Alkaloidfreiheit bei allen 3 Stämmen monofaktoriell bedingt sein muß. Besonders zeigen die Stämme 8 und 102 keine fehlerkritisch gesicherten Abweichungen vom 3:1-Verhältnis. Nur beim Stamm 80 trat im Jahre 1933 eine Vermehrung der alkaloidhaltigen Pflanzen in Erscheinung, die außerhalb der Fehlergrenzen liegt. Im Jahre 1934 trat jedoch das Gegenteil, Verminderung der alkaloidhaltigen Pflanzen, ein, allerdings in der reziproken Kreuzung. Ob hier aber tatsächlich Verschiedenheiten vorliegen, müssen erst weitere Versuche zeigen. Vorläufig sind wir jedenfalls geneigt, die Abweichungen vom idealen Spaltungsverhältnis im Jahre 1933 einem Zufall zuzuschreiben. Eventuell haben die betreffenden Nachkommenschaften auf einer Stelle gestanden, die durch bittere hartschalige Lupinenkörner verseucht gewesen ist (v. SENGBUSCH 1933). Die Zahlen ließen sich auch durch Hinzunahme eines Modifikationsfaktors erklären, aber bevor darüber nicht weitere Untersuchungen vorliegen, halten wir die Annahme eines einzigen rezessiven Faktors für die Alkaloidfreiheit des Stammes 80 von *L. luteus* für durchaus berechtigt. Auf keinen Fall lassen sich die gefundenen Zahlen mit Hilfe von zwei gleichsinnig wirkenden Faktoren erklären.

Zur Technik ist noch hinzuzufügen, daß die F_2 -Aussaaten des Jahres 1933 auf frei abgeblühtes, diejenigen von 1934 auf geselbstetes Material zurückgehen. Nach allen unseren bisherigen Beobachtungen scheint aber die Gefahr der Fremdbestäubung bei Lupinen längst nicht so groß zu sein, wie bisher angenommen wurde. Etwas Sicheres darüber wird aber erst nach Abschluß unserer auch nach dieser Richtung hin eingeleiteten Versuche gesagt werden können.

Von den blauen Süßlupinenstämmen konnte bisher nur der Stamm 411 in größerem Umfange in der F_2 verarbeitet werden (Tabelle 3).

Sowohl bei der Kreuzung *nla* × 411 als auch bei der reziproken sind keine wesentlichen Abweichungen vom 3:1-Verhältnis festzustellen,

Tabelle 3.

Art der Kreuzung	Jahr der F_2 -Untersuchg.	Ge-funden		Er-wartet		m	D/m	Spaltungs-verhältnis
		-	+	-	+			
<i>nla</i> × 411	1933	344	133	357,8	119,2	$\pm 9,5$	1,5	3:1
411 × <i>nla</i>	1933	758	288	784,5	261,5	$\pm 14,7$	1,8	3:1
Summe		1102	421	1142,2	380,8	$\pm 30,9$	1,3	3:1

so daß eine Summierung der beiden Zahlenreihen berechtigt erscheint. Durch die Vergrößerung der Individuenzahl wird der Fehler noch kleiner, die Alkaloidfreiheit des Stammes 411 von *L. angustifolius* beruht also ebenfalls auf der Wirkung eines einzigen rezessiven Faktors.

Wir kommen jetzt zur Besprechung der Ergebnisse der Kreuzungen der einzelnen Süßlupinenstämme untereinander. Aus der F_1 muß hervorgehen, ob die Erbfaktoren für Alkaloidfreiheit bei allen Stämmen einer Art genetisch gleich oder verschieden sind.

Tabelle 4.

Art der Kreuzung	Nummer der Kreuzung	♀	♂	Zahl der F_1 -Pflanzen	
				+	-
8 × 102	503/526 × 531/528	+	+	.	7
	505/526 × 531/528	+	+	.	2
	506/526 × 531/528	+	+	.	8
80 × 102	480/526 × 527/528	+	+	.	2
	572/527 × 531/528	+	+	.	3
	581/527 × 531/528	+	+	.	3
415 × 417	579/527 × 531/528	+	+	.	5
	547/529 × 667/532	+	+	.	5
411 × 415	647/531 × 552/529	+	+	.	4
	641/531 × 557/529	+	+	.	5
417 × 411	505/529 × 615/531	+	+	.	1
	655/532 × 610/530	+	+	10	.
	656/532 × 610/530	+	+	4	.

Tabelle 5.

Art der Kreuzung	Zahl der F_1 -Pflanzen	Zahl d. spalt. Nachkommenschaften	Zahl der F_1 -Pflanzen	Zahl d. nicht spalt. Nachkommensch.
8 × 80	51	51	10	10
102 × 8	3	3	.	.
102 × 80	19	19	4	4

Bei einwandfreier Alkaloidfreiheit der Eltern waren 19 F_1 -Pflanzen in der Kombination 8 × 102 und 11 F_1 -Pflanzen von 80 × 102 alkaloidhaltig (Tabelle 4.) Auch bei der Kreuzung der Stämme 8 und 80, von der nur 1933 F_1 -Pflanzen ohne Untersuchung der Eltern zur Verfügung standen, wurde dasselbe beobachtet (Tabelle 5). Alle alkaloidhaltigen F_1 -Pflanzen erwiesen sich in der F_2 als heterozygot für den Alkaloidgehalt, während alle alkaloidfreien nicht gelungene Kreuzungen, also Selbstungen darstellten (Tabelle 5). Die Kreuzung des Stammes 415 von

L. angustifolius mit 411 und 417 lieferte ebenfalls eine alkaloidhaltige F_1 , so daß also die Alkaloidfreiheit von 415 anders bedingt sein muß als die von 411 und 417. Dagegen ergab die Kreuzung der letzterwähnten Stämme untereinander eine alkaloidfreie F_1 von 14 Pflanzen. Da sonst sämtliche Kreuzungen des Jahres 1933 gelungen sind, ist es nicht sehr wahrscheinlich, daß es sich hier um Selbstungen handelt. Dieselbe Beobachtung konnte auch Herr Dr. TROLL¹, Trebatsch, bei seinen Kreuzungen machen, so daß mithin in den Stämmen 411 und 417 von *L. angustifolius* derselbe Erbfaktor für Alkaloidfreiheit wirksam zu sein scheint. Ganz wird sich die Frage jedoch erst klären lassen, wenn zu den Kreuzungen alkaloidfreie rosablütige Pflanzen eines dieser Stämme zur Verfügung stehen. In diesem Falle kann man nämlich schon in der F_1 aus der Blütenfarbe auf das Gelingen der Kreuzung schließen, weil blaue über rosa Blüte dominant ist. Derartige rosablühende Stämme sind bereits vorhanden, und es ist in absehbarer Zeit mit der endgültigen Klärung dieser Frage zu rechnen.

Theoretisch ist das Ergebnis, daß bei 6 alkaloidfreien Stämmen 5 genetisch verschiedene Erbfaktoren für diese Eigenschaft verantwortlich sind, sehr interessant. Von vornherein hätte man eher annehmen sollen, daß es sich bei den aufgefundenen alkaloidfreien Pflanzen um die Vermehrung einer Ursprungspflanze gehandelt hätte, wobei auch die verschiedene Samenfarbe der Stämme 8 und 80 nicht dagegen zu sprechen brauchte, da diese Ursprungspflanze ja nicht auch noch homozygot für die Samenfarbe sein mußte. Der tatsächliche Befund zeigt aber, daß die Mutation von alkaloidhaltig zu alkaloidfrei verhältnismäßig oft an verschiedenen Stellen des Genoms vorgekommen sein muß². Es muß aber darauf hingewiesen werden, daß diese anscheinend so wenig komplizierte Vererbungsweise auch auf der angewandten Untersuchungsmethode beruhen kann. Bei den durch unsere Untersuchungen erfaßten Faktoren handelt es sich um solche, die den Gesamtalkaloidgehalt beeinflussen. Bei *L. luteus* setzt sich dieser aber zusammen aus Lupinin, Lupanin und Lupinidin, bei *L. angustifolius* soll nur Lupinin vorkommen, wahrscheinlich beruht dies aber nur auf dem Fehlen diesbezüglicher Untersuchungen. Man

könnte sich jedenfalls denken, daß auch Faktoren existieren, die die 3 Alkaloide einzeln beeinflussen, so daß nach Auffindung geeigneter Methoden eine differenzierte Auslese möglich sein müßte. Für Lupinen hat dies zwar kaum Bedeutung, jedoch vielleicht für die Züchtung pharmakologisch wichtiger Pflanzen, bei denen es häufig nur auf ein bestimmtes Alkaloid, das neben anderen vorhanden ist, ankommt. Für die Annahme, daß auch noch anders geartete Faktoren für Alkaloidvererbung vorkommen, spricht auch die im Laufe der Untersuchungen gemachte Beobachtung, daß es Pflanzen gibt, die zwar im Blatt alkaloidfrei sind, deren Körner aber wieder eine typische Alkaloidreaktion zeigen. Die Dinge liegen also doch nicht immer so einfach, wie es nach den vorliegenden Untersuchungen scheinen könnte.

Die Untersuchung der F_2 von Kreuzungen der verschiedenen Süßlupinenstämme untereinander lieferte eine Bestätigung der monofaktoriellen Bedingtheit der Alkaloidfreiheit. Hierbei ist zunächst zu beachten, daß sich die einzelnen Süßlupinentypen bei der von uns angewandten Untersuchungsmethode nicht weiter unterscheiden lassen, die diesbezüglichen Gruppen der F_2 müssen also zusammengefaßt werden. Es resultiert dann daraus ein theoretisches Verhältnis von 9 alkaloidhaltigen : 7 alkaloidfreien Pflanzen. Von letzteren führen 2 mal 3 je einen Faktor für Alkaloidfreiheit, während die siebente Pflanze doppelt rezessiv sein muß und damit einen neuen Süßlupinentyp darstellt.

Tabelle 6.

Art der Kreuzung	Jahr der F_2 -Untersuchung	Ge-funden		Er-wartet		m	D/m	Spaltungs-verhältnis
		-	+	-	+			
80 × 8	1934	550	421	546,2	424,8	± 15,5	0,25	9:7
8 × 80	1933	734	518	704	548	± 17,6	1,7	9:7
Summe		1284	939	1250	973	± 23,5	1,5	9:7

Tabelle 6 zeigt, daß die tatsächlich gefundenen Zahlen gut mit den erwarteten übereinstimmen. Reziproke Verschiedenheiten sind in fehlerkritisch gesichertem Ausmaße nicht vorhanden, so daß auch hier wieder beide Ergebnisse zusammengezählt werden können.

Tabelle 7.

Art der Kreuzung	Jahr der F_2 -Untersuchung	Ge-funden		Er-wartet		m	D/m	Spaltungs-verhältnis
		-	+	-	+			
102 × 8	1934	32	16	27	21	± 3,4	1,5	9:7
102 × 80	1934	341	287	353,3	274,7	± 12,4	1,0	9:7

¹ Mündliche Mitteilung.

² In mancher Beziehung ähnliche und doch auch wieder andere Verhältnisse liegen bei der Vererbung der Nicotinfreiheit des Tabaks vor, über die in einem der nächsten Hefte dieser Zeitschrift berichtet werden wird.

Die Kreuzungen des Stammes 102 mit den anderen beiden Stämmen von *L. luteus* spalteten in der F_2 ebenfalls im Verhältnis 9 alkaloidhaltig : 7 alkaloidfrei (Tabelle 7). Es ist somit die Vermutung, die sich aus den F_1 -Beobachtungen ergeben hatte, daß nämlich alle drei gelben Süßlupinenstämme aus drei genetisch verschiedenen Mutationen hervorgegangen sind, durch die Spaltungszahlen der F_2 bestätigt worden.

Das entsprechende Zahlenmaterial für Kreuzungen der Stämme von *L. angustifolius* untereinander ist zwar noch klein und unvollständig, soll aber zur Abrundung des Bildes schon eingefügt werden (Tabelle 8).

Tabelle 8.

Art der Kreuzung	Jahr der F_2 -Untersuchung	Gefunden		Erwartet		m	D/m	Spaltungsverhältnis
		—	+	—	+			
411 × 415	1934	62	31	52	41	± 4,8	2,08	9:7

Die Zahlen deuten trotz ihrer Kleinheit auch hier auf eine Spaltung nach dem Zwei-Faktoren-Schema hin. Leider konnte der Stamm 417 noch nicht in der F_2 untersucht werden, der genetisch nach den F_1 -Beobachtungen mit 411 gleich zu sein scheint.

F_3 -Beobachtungen.

Im Jahre 1933 wurden ferner zwei spaltende größere F_2 -Nachkommenschaften einzelpflanzenweise geerntet und 1934 eine F_3 daraus gezogen. Zunächst soll hier die F_3 der Kreuzung 411 × nla besprochen werden. Unter den F_3 -Nachkommenschaften müssen 3 Kategorien auftreten: alkaloidhaltige nichtspaltende, 3:1 spaltende und alkaloidfreie nichtspaltende. Das Verhältnis dieser 3 Gruppen muß 1:2:1 sein. Es würde zu weit führen, die Zahlen für die Einzelnachkommenschaften anzugeben, zumal ihre Größe doch nicht zu einer exakten Fehlerberechnung ausreicht. In Tabelle 9 ist deshalb nur die Zahl der F_2 -Pflanzen der wahrscheinlichen verschiedenen Konstitutionen angegeben.

Tabelle 9.

	Alkaloidhalt. nicht spalt.	3:1 spaltend	Alkaloidfrei nicht spalt.	Summe
Gefunden	8	25	9	42
Erwartet	10,5	21	10,5	42

Wenn die Zahlen auch nicht genau übereinstimmen, so ist doch eine große Annäherung an die theoretisch zu erwartende Verteilung festzustellen. Die aus den F_2 -Untersuchungen ab-

geleiteten Annahmen finden damit in der F_3 ihre Bestätigung.

Dasselbe gilt für eine F_3 aus der Kreuzung der Stämme 8 und 80 von *L. luteus*, von der die Nachkommenschaften von 41 F_2 -Pflanzen zur Auswertung gelangt sind (Tabelle 10). Hierbei müssen folgende Kategorien von F_3 -Nachkommenschaften auftreten: a) alkaloidhaltige nichtspaltende (1 von 16 Nachkommenschaften); b) alkaloidfreie nichtspaltende, und zwar für den Faktor von Stamm 8 homozygote (3), für den Faktor von Stamm 80 homozygote (3) und doppelt rezessive (1), im ganzen also 7 von 16 Nachkommenschaften; c) 3:1 spaltende (4); d) 9:7 spaltende (4).

Tabelle 10.

	a	b	c	d	Summe
Gefunden ..	1	17	9	14	41
Erwartet ...	2,56	17,92	10,24	10,24	41

Wie aus der Tabelle ersichtlich ist, hat auch in dieser F_3 -Nachkommenschaft eine den Erwartungen entsprechende Verteilung stattgefunden, d. h. die F_2 -Pflanzen hatten im großen ganzen die nach dem Zwei-Faktoren-Schema zu erwartenden genetischen Konstitutionen. Die leichte Verschiebung in den Gruppen c und d der Tabelle 10 ist wahrscheinlich darauf zurückzuführen, daß einzelne Nachkommenschaften, die anscheinend 9:7 spalteten, eigentlich in die 3:1-Gruppe gehörten, eine sichere Beurteilung aber wegen der Kleinheit der Zahlen nicht möglich war.

Die genetische Konstitution von *L. luteus* und *L. angustifolius* in bezug auf den Alkaloidgehalt.

Für die weitere genetische Bearbeitung der Lupinen halten wir es für zweckmäßig, von vornherein feste Bezeichnungen für die einzelnen Erbfaktoren einzuführen. Wir werden uns dabei an das in der Versuchspraxis für *Antirrhinum majus* ausgearbeitete System halten (SCHICK u. STUBBE 1932 u. 1934). Die Erbfaktoren werden danach grundsätzlich nach ihrer rezessiven Erscheinungsform benannt, die auf eine Normalrasse bezogen wird. Als normal bezeichnen wir bei *L. luteus* eine alkaloidhaltige normalwüchsige Pflanze mit gelber schwarzgefleckter Blüte, dunkelgrünen Blättern, schwarzgesprenkelten und gesichelten Samen mit einem 1000-Korngewicht von 120 g (Abb. 2 b). Bei *L. angustifolius* eine alkaloidhaltige normalwüchsige blaublühende Pflanze mit dunkelgrünen Blättern und graubraunen, weißgetupften Samen mit einem 1000-

Korngewicht von 155 g (Abb. 2 a). Wir führen für die Bezeichnung der einzelnen Eigenschaften lateinische Worte ein, von denen zur Erleichterung der Schreibarbeit nur die ersten 2—4 Buchstaben benutzt werden. Da Indexe und Suffixe in der genetischen Nomenklatur für die Bezeichnung ganz bestimmter Erscheinungen benutzt werden, müssen also für die Faktoren der einzelnen Stämme auch verschiedene lateinische Bezeichnungen gewählt werden. Wir bezeichnen

listischen Grundsätzen vor sich geht, eine bei der tiefgehenden physiologischen Umwandlung erstaunliche Tatsache, mit der von vornherein nicht zu rechnen war. Für die weitere züchterische Bearbeitung der Süßlupine stellt sie aber eine bedeutende Erleichterung dar. Eine planmäßige Kombinationszüchtung auf höhere Erträge, Frühreife, Weichschaligkeit und insbesondere *Platzfestigkeit* und *höheren Eiweißgehalt* usw. stößt jedenfalls von seiten der Alkaloidfreiheit auf keinerlei durch komplizierte Aufspaltungen verursachte Hindernisse. Die Züchtung von neuen Stämmen, die sich in rein morphologischen Eigenschaften von den bereits im Handel befindlichen unterscheiden, spielt bei der gesetzmäßig eingeschränkten Sortenzahl eine nicht allzu große Rolle, wenn damit nicht

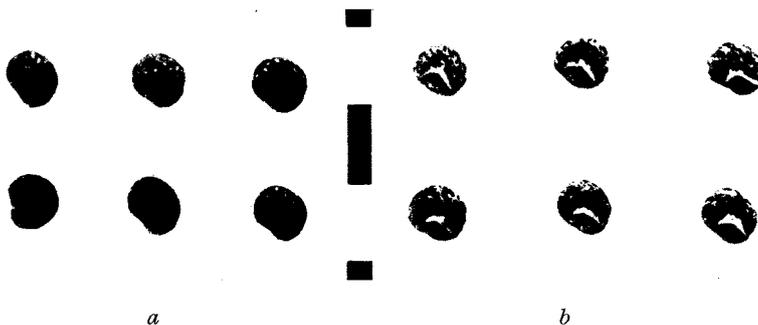


Abb. 2. a) Normale Körner von *L. angustifolius*. b) Normale Körner von *L. luteus*.

die rezessiven Erbfaktoren für Alkaloidfreiheit wie folgt:

1. *L. luteus* Stamm 8 mit *dulcis* (Abkürzung *dul*).
2. *L. luteus* Stamm 80 mit *amoenus* (Abkürzung *am*).
3. *L. luteus* Stamm 102 mit *liber* (Abkürzung *lib*).
4. *L. angustifolius* Stamm 415 mit *esculentus* (Abkürzung *es*).
5. *L. angustifolius* Stamm 411 und 417 mit *iucundus* (Abkürzung *iuc*).

Die genetischen Formeln sind demnach:

- a) *L. luteus*
 Stamm 8: *dul Am Lib*
dul Am Lib
 Stamm 80: *Dul am Lib*
Dul am Lib
 Stamm 102: *Dul Am lib*
Dul Am lib
 Normale alkaloidhaltige Pflanzen von *L. luteus*:
Dul Am Lib
Dul Am Lib

- b) *L. angustifolius*
 Stamm 415: *es Iuc*
es Iuc
 Stamm 411 und 417: *Es iuc*
Es iuc

Normale alkaloidhaltige Pflanzen von *L. angustifolius*: *Es Iuc*
Es Iuc

Folgerungen für die Züchtung und den praktischen Anbau von Süßlupinen.

Die im Vorhergehenden beschriebenen Versuche haben gezeigt, daß die Vererbung der Alkaloidfreiheit nach den einfachsten mende-

wirtschaftliche Vorteile verknüpft sind. Indessen haben Varianten in Blüten- oder Samenfarbe ein gewisses Interesse für die Identifizierung der Sorten und für die Erkennung von sortenfremden Beimischungen. Weit wichtiger sowohl für die Züchtung als auch für die Anbau-praxis der Süßlupine ist die aus den vorliegenden Untersuchungen gewonnene Erkenntnis, daß die Faktoren für Alkaloidfreiheit der einzelnen Stämme genetisch verschieden sind. Wenn auch, nach unserer weiter oben geäußerten Ansicht die Gefahr der Fremdbestäubung keine große ist, so dürfte es sich empfehlen, auf eine genaue Stammbezeichnung Wert zu legen, damit in bestimmten Gegenden möglichst nur immer ein Stamm angebaut wird. Die letzte und vielleicht richtigste Konsequenz wäre, sowohl von *L. luteus* als auch von *L. angustifolius* Stämme in den Handel zu bringen, die nur je einen Faktor für Alkaloidfreiheit in sich führen. Darauf ist besonders auch beim Nachschub neuer Eliten in die Vermehrung zu achten. Eine besondere Rolle spielen die Stämme, die für 2 oder gar 3 Alkaloidfaktoren rezessiv sind. Vielleicht sollte man neue Stämme von *L. luteus* nur als doppelt rezessiv für *dulcis* (Stamm 8) und *amoenus* (Stamm 80) in den Handel bringen, denn bei diesen fällt die Gefahr der Aufspaltung fort, auch wenn sie sich mit den bereits im Anbau befindlichen Stämmen 8 und 80 kreuzen. Schwierig ist vorläufig noch die Auffindung dieser, theoretisch ja bei jeder Kreuzung entstehenden Pflanzen. Einerseits könnte man sich denken,

daß durch die Summierung der Erbfaktoren für Alkaloidfreiheit der geringe, auch noch in den Süßlupinen vorhandene Alkaloidgehalt noch weiter gesenkt würde und daß solche Pflanzen mit Hilfe von verfeinerten Untersuchungsmethoden gefaßt werden könnten. Andererseits braucht dies aber durchaus nicht der Fall zu sein. Dann kann aber nur die Rückkreuzung der Doppeltrezessiven mit den Ausgangsstämmen Aufschluß über ihre genetische Konstitution geben. Nur wenn sie mit beiden eine alkaloidfreie Nachkommenschaft liefern, sind sie als doppeltrezessiv anzusehen.

Die bisherigen genetischen Untersuchungen an Süßlupinen haben gezeigt, wie wertvoll derartige Arbeiten für die Praxis sowohl der Züchtung als auch des Anbaues sind. *Da ja die Süßlupinen neue Kulturpflanzen darstellen, stehen sowohl Praxis als auch Theorie der Züchtung noch in den Anfängen. Wenn die genetische Erforschung des Süßlupinenmaterials mit der praktischen Züchtung Schritt hält, ja ihr vielleicht etwas vorausseilt, so wird letztere daraus einen großen Nutzen ziehen und die Zuchtsorten der Süßlupinen werden dann nicht nur ihrer äußeren Erscheinung, sondern auch ihrer genetischen Veranlagung nach zu den bestbekanntesten unter allen Kulturpflanzen gehören.*

Zusammenfassung.

Die Alkaloidfreiheit von *L. luteus* und *L. angustifolius* ist eine rezessive Eigenschaft, die monofaktoriell vererbt wird.

Für die Alkaloidfreiheit der Stämme 8, 80 und 102 von *L. luteus* sind 3 genetisch verschiedene Erbfaktoren verantwortlich.

Bei *L. angustifolius* wurden bei den 3 Stämmen 2 genetisch verschiedene Erbfaktoren für Alkaloidfreiheit gefunden.

Für die Züchtung und die Anbaupraxis ergeben sich aus diesen Erkenntnissen wichtige Folgerungen, die im einzelnen besprochen werden.

Literatur.

HACKBARTH, J.: Künstliche Kreuzungsmethoden bei Steinklee und Luzerne. *Züchter* 2, 354 bis 358 (1930).

SENGBUSCH, R. v.: Bitterstoffarme Lupinen. *Züchter* 2, 1 (1930).

SENGBUSCH, R. v.: Bitterstoffarme Lupinen. II. *Züchter* 3, 95—109 (1931).

SENGBUSCH, R. v.: Die im Boden liegenden hartschaligen, noch keimfähigen Lupinen und ihre praktische Bedeutung für die Reinhaltung von Lupinenzuchtmaterial. *Züchter* 5, 26—28 (1933).

SENGBUSCH, R. v.: Die Geschichte der „Süßlupinen“. *Naturwiss.* 22, 278—281 (1934).

SENGBUSCH, R. v.: Züchterisch brauchbare Alkaloidbestimmungsmethoden. Die Züchtung der Süßlupine und des nicotinfreien Tabaks. Unveröffentlicht, hinterlegt bei der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften, Berlin.

SCHICK, R., u. H. STUBBE: Die Gene von *Antirrhinum majus*. II. *Z. Abstammungslehre* 62, 249 bis 290 (1932).

SCHICK, R., u. H. STUBBE: Die Gene von *Antirrhinum majus*. III. (Zugleich ein Beitrag zur genetischen Nomenklatur.) *Z. Abstammungslehre* 66, 425—462 (1934).