

**Sonderdruck aus „Der Züchter“, 7. Jahrgang 1935, Heft 1.**  
(Verlag von Julius Springer, Berlin.)

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

**Die Vererbung des Nicotiningehaltes von *Nicotiana tabacum*.**

Von **J. Hackbarth** und **R. v. Sengbusch**.

Über die Vererbung des Nicotiningehaltes bei Tabak liegt bisher nur eine Arbeit von KOSTOFF und POPOFF aus dem Jahre 1931 vor. Da den beiden Autoren nicotinfreie Stämme einer nicotinreichen Art nicht zur Verfügung standen, suchten sie die Vererbung des Nicotiningehaltes in Artkreuzungen zu studieren. Bei solchen Kreuzungen treten aber häufig chromosomale Störungen auf. Außerdem unterscheidet sich das von KOSTOFF und POPOFF verwendete Material nur sehr wenig im Nicotiningehalt, so daß die daraus gezogenen Schlüsse kaum sehr eindeutig sein können.

Um einen Überblick über die *Variationsbreite des Nicotiningehaltes innerhalb der Gattung Nicotiana* zu erhalten, wurden Untersuchungen an dem uns zur Verfügung stehenden Sortiment ausgeführt, von denen ein kleiner Teil der Ergebnisse in Tabelle 1 zusammengestellt ist.

Die Zahlen für die beiden Jahre stimmen recht gut überein, wenn auch 1933 der Nicotiningehalt allgemein höher war. Die Variationsbreite ist sowohl in der Sektion *tabacum*, als auch in der Sektion *rustica* sehr groß, eine Tatsache, die darauf hindeutet, daß es möglich sein muß, aus beiden sowohl nicotinarme als auch nicotinreiche Stämme auszulesen. In der Sektion *petunioides* wurden nur bei *N. sylvestris*, *plumbaginifolia*, *Sanderae* und *speciosa* geringe Mengen von Nicotin gefunden. Die systematische Abgrenzung findet also auch in bezug auf den Nicotiningehalt ihre Berechtigung. Auffällig ist der Unterschied im Nicotiningehalt von *N. sylvestris* mit durchschnittlich 0,05% gegen den von KOSTOFF und POPOFF angegebenen Wert von 1,458%. Wenn er nicht auf methodischen Unterschieden beruht, ist anzunehmen, daß *N. sylvestris* bei der Alkaloidproduktion sehr stark auf verschiedene Umwelteinflüsse reagiert.

Innerhalb der Art *N. tabacum* gelang es R. v. SENGBUSCH im Jahre 1929 eine nicotinfreie Pflanze, 4132, aus dem Havanna-Zigarrentabak OR 44 auszulesen (v. SENGBUSCH 1931 a). Inzwischen sind in einer anderen Herkunft OR 276 noch weitere nicotinfreie bzw. nicotin-

arme Pflanzen aufgefunden worden, deren Nachkommen im folgenden mit den Stammnummern 1520, 1564, 1583 und 1589 bezeichnet werden.

Tabelle 1. Der Nicotiningehalt von verschiedenen Tabaken.  
Anbauort Müncheberg.

Bezeichnung	Ernte	Ernte
	1932	1933
Alkaloidgehalt in %		
Sektion <i>Tabacum</i> .		
A. Zigarrentabake:		
<i>Nicotiana tabacum</i> Kürzell (Bad.)	2,00	1,90
<i>N. tabacum</i> Havanna	2,00	2,75
<i>N. tabacum</i> Cuba	—	1,75
<i>N. tabacum</i> Fluecured (Nordam.)	1,90	2,50
<i>N. tabacum</i> Firecured (Nordam.)	1,15	1,75
<i>N. tabacum</i> Gold leaf (Nordam.)	0,65	0,87
<i>N. latissima</i> Maryland Broadleaf	1,00	0,90
<i>N. latissima</i> Maryland (Vilmorin)	0,50	1,00
B. Zigaretentabake:		
<i>Nicotiana tabacum</i> Burakfakih (Türkei)	1,40	1,50
C. Varietäten:		
<i>Nicotiana tabacum atropurpurea</i>	2,30	1,80
<i>N. tabacum angustifolium</i>	2,10	2,00
<i>N. impomopsiflora hort.</i>	1,15	2,10
Sektion <i>Rustica</i> .		
<i>Nicotiana glutinosa</i>	0,14	0,08
<i>N. rustica</i> , kleinblättrig	2,50	4,00
<i>N. texana hort.</i> (= <i>N. rustica texana</i> ?)	1,90	1,10
<i>N. rustica</i> Mazedonien	2,30	1,75
<i>N. „acuminata“</i>	1,90	1,10
<i>N. viscosa</i> (wohl <i>N. Langsdorffii</i> var. <i>grandiflora</i> )	0,24	0,49
Sektion <i>Petunioides</i> .		
<i>Nicotiana sylvestris</i>	0,03	0,07
<i>N. plumbaginifolia</i>	0,00	0,01
<i>N. fragans</i>	0,07	0,00
<i>N. sandariana</i> (Delft)	0,00	0,00
<i>N. sandariana</i> (Bukarest)	0,00	0,00
<i>N. Sanderae</i>	0,22	0,00
<i>N. affinis</i> (Haage & Schmidt)	0,00	0,00
<i>N. affinis</i> (Bukarest)	0,00	0,00
<i>N. Sanderae hybrida</i>	0,00	0,00
<i>N. speciosa</i>	0,00	0,02
<i>N. micrantha</i>	0,00	0,00

Die Vermutung, daß es in allen Herkünften von Rauchtobak nicotinarmer bzw. -freie Individuen geben muß (v. SENGBUSCH 1931 a), hat sich somit für einen weiteren Fall als zutreffend erwiesen. Vorbedingung ist nur, daß ein genügend großes Material mit geeigneten Schnellmethoden untersucht wird. Diese Schnellmethode (v. SENGBUSCH 1931 b) mußte auch, um ausreichende Pflanzenzahlen verarbeiten zu können, in den genetischen Versuchen angewandt werden. Für die Kreuzungen des Stammes 4132 mit gewöhnlichen nicotinreichen Pflanzen wurden in  $F_1$  und  $F_2$  die Werte meist nefelometrisch bestimmt (v. SENGBUSCH 1931 b). In gewissen Fällen wurde die Methode dahin abgeändert, daß die nefelometrische Messung weggelassen wurde, da die Trübungsunterschiede mit bloßem Auge erkennbar waren. Die Probenentnahme der Blätter für die Untersuchungen erfolgte an ein und demselben Tage, desgleichen die Untersuchung selbst. Selbstverständlich wurden nur solche Blätter genommen, die sich in ungefähr dem gleichen Entwicklungszustand befanden.

Für die im folgenden zu beschreibenden Aufspaltungen ist es von Wichtigkeit, zunächst die *Variationsbreite* des Nicotiningehaltes der *nicotinarmer bzw. -reichen Stämme* kennenzulernen. Sichere Auszählungen können nur dann gemacht werden, wenn zwischen beiden Typen einigermaßen scharfe Grenzen bestehen und der Variationsbereich der einen nicht in den der anderen übergreift.

Tabelle 2.

Stamm Nr.	Nicotiningehalt	Nefelometerwerte
4132	nicotinfrei	12,25
1520	„	11,30
OR 44	nicotinreich	0,32
OR 265	„	0,01

Die Durchschnittszahlen der Tabelle 2 zeigen schon, daß die Größenordnung der Nefelometerwerte für nicotinreich eine ganz andere ist als für nicotinarmer der Stämme 4132 und 1520, nur in einigen Grenzfällen greifen die Extreme ineinander über. Der Vergleich der Variationsbreiten bestätigt die bei den Untersuchungen selbst gemachte Erfahrung, daß fast stets eine sichere Klassifikation möglich ist, gleiche Versuchsbedingungen vorausgesetzt.

Wir kommen nunmehr zur Besprechung unserer eigenen, auf die *Vererbung des Nicotiningehaltes* bezugnehmenden Versuche. Als erstes ist hier die Reinheit des zu den Kreuzungen benutzten Materials zu prüfen, d. h. es dürfen nur solche Linien benutzt werden, die hinsicht-

lich des Nicotiningehaltes nicht aufspalten. Die Ergebnisse der *Nicotinuntersuchung von Selbstungsnachkommenschaften* der nicotinreichen Ausgangssorten OR 44, 476 und 478 sowie der nicotinfreien Auslese 4132 gibt Tabelle 3 an.

Tabelle 3.

Stamm Nr.	Bezeichnung	Nicotiningehalt	
		- <sup>1</sup>	+
OR 44/3	Hav.-Zigarrentabak nic.-reich	157	0
OR 44/2	„ „ „	18	0
4132/1	„ „ „ nic.-frei	0	12
4132/2	„ „ „	3	156
4132	„ „ „	0	156
4132/5	„ „ „	0	12
476/3	Türk. Zigarettenabak nic.-reich	19	0
478/2	„ „ „	23	0

<sup>1</sup> — = nicotinreich, + = nicotinfrei

Aus der Tabelle geht hervor, daß die beiden nicotinreichen Stämme OR 44 und OR 476 einheitlich einen hohen Nicotiningehalt aufweisen. Analog dazu sind die Nachkommenschaften der zu den Kreuzungen benutzten nicotinfreien Pflanzen ebenfalls nicotinfrei. Die kleine Abweichung bei der Pflanze 4132/2 dürfte auf eine Verunreinigung zurückzuführen sein.

Die Selbstungsnachkommenschaften der übrigen, später aufgefundenen nicotinarmer Stämme haben bei der Untersuchung dasselbe Bild ergeben. In Tabelle 4 sind die Zahlen der Kürze halber stammweise zusammengefaßt, da die Zahlen ja auch so eindeutig genug sind. Jedenfalls handelt es sich um Nachkommenschaften der zu den jeweiligen Kreuzungen benutzten Elternpflanzen.

Tabelle 4.

Stamm Nr.	Nicotiningehalt		Summe
	—	+	
4132	0	103	103
1520	1	140	141
1564	0	75	75
1586	0	75	75
1589	0	74	74

Die  $F_1$ -Ergebnisse der Kreuzungen zwischen nicotinreichen und nicotinfreien Pflanzen sind in Tabelle 5 zusammengestellt.

Aus diesen qualitativen Untersuchungen scheint hervorzugehen, daß *Nicotinreichtum über Nicotinarmer dominant* ist. Das gilt nicht nur für die Kreuzungen der Ausgangssorte mit dem nicotinfreien Stamm 4132, sondern auch für die Kreuzungen mit den nicotinreichen türkischen Zigarettenabaken 476 und 478. Reziproke Verschiedenheiten sind, jedenfalls

Tabelle 5.

Lfde. Nr.	Art der Kreuzung	Nicotiningehalt der $F_1$ -Pflanzen	
		-	+
1	OR 44/3 × 4132	18	0
2	OR 44/3 × 4132	20	0
3	OR 44/2 × 4132	19	0
4	OR 44/2 × 4132	19	0
	Sa.	76	0
5	4132/2 × 476/3	17	0
6	4132/2 × 476/3	17	0
7	4132/1 × 476/3	13	0
8	476/1 × 4132/5	20	0
	Sa.	67	0
9	4132/2 × 478/2	16	0
10	4132/2 × 478/2	16	0
11	4132/2 × 478/2	9	0
12	4132/3 × 478	20	0
13	4132/3 × 478/2	23	0
	Sa.	84	0
	Gesamtsumme	227	0

bei der angewandten Untersuchungsmethode, nicht festzustellen. Die quantitative Untersuchung zweier Elternformen,  $T_1$  und  $T_2$ , und deren  $F_1$  ergab folgende Zahlen für den absoluten Alkaloidgehalt:  $T_1$  1,17%,  $T_2$  0,1%,  $F_1$  0,72%. Die Dominanz ist demnach keine vollständige.

Als nächstes ist nunmehr die Frage nach der Zahl der die Nicotinarmut bedingenden Erbfaktoren zu klären (Tabelle 6).

Tabelle 6.

Art der Kreuzung	$F_2$		Sa.	% nicotinarmer Pflanzen	m %	D/m
	-	+				
OR 44/3 × 4132	118	26	144	18,1		
OR 44/3 × 4132	163	39	202	19,3		
OR 44/2 × 4132	124	51	175	29,1		
OR 44/2 × 4132	44	12	56	21,4		
	449	128	577	22,2	± 1,80	1,6
4132 × 476/3	14	5	19	26,3		
4132 × 476/3	80	34	114	29,8		
4132/1 × 476/3	58	15	73	20,6		
476/1 × 4132/5	164	58	222	26,1		
	316	112	428	26,2	± 2,09	0,57
4132/2 × 478/2	15	4	19	21,1		
4132/2 × 478/2	88	22	110	20,0		
4132/2 × 478/2	13	4	17	23,5		
4132/3 × 478	175	93	268	34,7		
4132/3 × 478	135	44	179	24,6		
	426	167	593	28,2	± 1,82	1,76
Gesamtsumme	1191	407	1598	25,5	± 1,08	0,46

Die Kreuzung von OR 44 mit dem nicotinfreien Stamm 4132 ergab in der  $F_2$  449 nicotinreiche und 128 nicotinfreie Pflanzen, also ungefähr das Verhältnis 3:1. Die Abweichung

davon liegt innerhalb der Fehlergrenze, da D/m nur 1,6 beträgt. Die Einzelabweichungen sind zwar etwas schwankend, doch dürfte dies auf die verhältnismäßig kleinen Zahlen zurückzuführen sein. Die Kreuzung des Stammes 4132 mit den nicotinreichen Zigaretten tabaken 476 und 478 lieferte in der  $F_2$  ebenfalls etwa 25% nicotinarmer Individuen.

Da greifbare Unterschiede zwischen den einzelnen Kreuzungen nicht bestehen, erscheint es berechtigt, alle Zahlen zusammenzufassen. Das Ergebnis ist ein fast ideales 3:1 Verhältnis von nicotinreich zu nicotinfrei. Wir müssen daraus den Schluß ziehen, daß der Nicotiningehalt des Tabaks genetisch von einem einzigen Faktorenpaar abhängig ist. Dafür spricht auch das Verhalten der nicotinarmer Auslesen aus dieser  $F_2$ , deren Nachkommenschaft in  $F_3$  ebenfalls auf ihren Nicotiningehalt untersucht wurden. Wenn der Faktor für Nicotinarmut recessiv ist, darf in der  $F_3$  keine Aufspaltung der Nicotinfreien in nicotinreich und nicotinarmer stattfinden. Dies war auch tatsächlich der Fall (Tabelle 7), bis auf eine kleine Abweichung bei den Saat-Nrn. 132 und 145, die wahrscheinlich auf einem Klassifikationsfehler bei der Untersuchung beruht.

Tabelle 7. Nachkommen aus nicotinfreien  $F_2$ -Pflanzen.

Saat Nr.	Art der Kreuzung	Nicotiningehalt	
		-	+
101	4132 × 478	0	19
107	4132 × 478	0	20
108	4132 × 478	0	23
109	4132 × 478	0	22
111	4132 × 478	0	10
145	4132 × 478	2	8
122	4132 × 476	0	20
129	4132 × 476	0	10
132	4132 × 476	1	21
136	4132 × 476	0	16
147	4132 × 476	0	14
137	476 × 4132	0	20
138	476 × 4132	0	22
142	476 × 4132	0	18
143	476 × 4132	0	22

Es bleibt nun noch zu prüfen, ob es sich bei den übrigen uns zur Verfügung stehenden nicotinfreien Stämmen um die Auswirkung desselben Erbfaktoren paares handelt, oder ob die Nicotinfreiheit dort anders bedingt ist. Letzteres wäre vorstellbar, da bei den Stämmen 1520, 1564, 1586 und 1589 eine andere Herkunft als Ausgangsmaterial diente. Aufschluß darüber kann man erhalten durch Kreuzung der einzelnen Stämme untereinander. Ist die daraus entstehende jeweilige  $F_1$  nicotinreich, so müssen

genetisch verschiedene Faktoren angenommen werden, ist sie dagegen nicotinarm, so handelt es sich um ein und denselben Faktor. In der Tabelle 8 sind die diesbezüglichen Untersuchungsergebnisse des Jahres 1934 angeführt.

Tabelle 8. Angabe der Zahl der untersuchten Nachkommen.

♀	♂ 4132	♂ 1520	♂ 1564	♂ 1586	♂ 1589
4132	103 +				
1520	60 +	140 +			
1564	30 +	30 +	75 +		
1586	24 +	25 +	20 +	75 +	
1589	34 +	20 +	20 +	20 +	74 +

Oberhalb der stark ausgezogenen Linie Selbstungen. + = nicotinfrei.

Es ist bei keiner Kreuzung eine nicotinreiche  $F_1$ -Pflanze aufgetreten, womit also erwiesen wäre, daß die Mutation von nicotinreich zu nicotinarm bei den von uns untersuchten Stämmen immer an derselben Stelle eines bestimmten Chromosoms vorgekommen ist.

Bei dieser *einfachen Vererbungsweise* der Nicotinarmut muß es ein Leichtes sein, alle möglichen anderen züchterisch erwünschten Eigenschaften damit zu kombinieren. Man braucht also nicht in jeder Sorte oder Herkunft nach neuen nicotinarmen Individuen zu suchen, sondern kann auf dem Wege der Kreuzung wahrscheinlich schneller oder ebenso schnell zum Ziel gelangen. Derartige Kreuzungen wurden durchgeführt zwecks Herstellung eines nicotinarmen Zigarettentabaks, die bereits in der  $F_2$  genügend nicotinarmes Zuchtmaterial lieferten (siehe Tabelle 7).

Wir haben im vorhergehenden immer von einem Erbfaktor gesprochen, der die Nicotinarmut bedingt. Das erscheint bei näherer Betrachtung jedoch nicht ganz richtig. Alle bisher aufgefundenen nicotinarmen Stämme zeigen Unterschiede in ihrem geringen noch vorhandenen Nicotiningehalt. Es ist also schwer verständlich, warum ein und derselbe Faktor für die Ausbildung einer verschiedenen Nicotinarmut verantwortlich gemacht werden soll. Wir möchten deshalb vielmehr annehmen, daß es sich um eine Serie multipler Allele handelt, deren jedes einen anderen Gehalt bedingt.

KOSTOFF und POPOFF nehmen für Artunterschiede polymere Bedingtheit des Nicotiningehaltes an. Wir konnten bei *N. tabacum* eine monofaktorielle Vererbung feststellen. Mit

Hilfe von nicotinfreiem Material können auch in Artkreuzungen weitere Aufschlüsse gewonnen werden, wenigstens soweit sie das Verhältnis von *N. tabacum* gegenüber anderen Arten betreffen.

Für weitere Untersuchungen dürfte es sich empfehlen, eine *einheitliche Bezeichnung* für diese Serie von Allelen, die Nicotinarmut bedingen, einzuführen. (Bezüglich der Nomenklatur siehe HACKBARTH u. v. SENGBUSCH 1934). Wir werden sie also in Zukunft folgendermaßen benennen:

Normaler nicotinreicher Tabak  $\begin{matrix} Pau \\ Pau \end{matrix}$  (*Pauper=arm*)  
 Nicotinfreier bzw. -armer Tabak  $\begin{matrix} pau \\ pau \end{matrix}$

Die einzelnen Allele können im Bedarfsfalle mit Suffixen bezeichnet werden.

Interessant ist ein *Vergleich der Vererbungsweise* des Alkaloidgehaltes der Lupinen (HACKBARTH u. v. SENGBUSCH 1934) mit der des Nicotiningehaltes von Tabak. Bei beiden handelt es sich im Prinzip um die gleiche Erscheinung, nämlich Verringerung des Alkaloidgehaltes, und man hätte auch eine gewisse Gleichförmigkeit in der Vererbungsweise annehmen sollen. Das ist jedoch nur in bezug auf die monofaktorielle Vererbung der Fall. Dagegen fanden wir bei den Lupinen bei 6 alkaloidfreien Stämmen 5 genetisch verschiedene Faktoren, während sich für 2 nicotinarme Stämme von Tabak nur einer nachweisen ließ. Gemeinsam zeigen all diese Faktoren eine Beeinflussung mehrerer Alkaloide, denn beim Tabak sind neben dem Nicotin, wenn auch in geringer Menge, noch Nicotin, Nicotellin und Nicotimin enthalten. Die von uns angewandte Untersuchungsmethode berücksichtigt nur den Gesamtalkaloidgehalt, so daß ebenso wie bei den Lupinen bei Anwendung anderer Untersuchungsmethoden mit dem Vorhandensein von verschiedenen Faktoren für die Einzelalkaloide gerechnet werden muß.

#### Zusammenfassung.

Nicotinfreie Stämme von *N. tabacum* wurden aus verschiedenen Herkunftten isoliert.

Die Nicotinfreiheit dieser Stämme ist recessiv gegenüber dem normalen Nicotinreichtum des Tabaks.

Die Nicotinfreiheit beruht auf der Wirkung eines einfach recessiven Faktors.

Dieser Faktor ist bei beiden bisher in Münchenberg aufgefundenen nicotinfreien Stämmen derselbe, nicotinfrei  $\times$  nicotinfrei ergibt gleichfalls nicotinfreie Pflanzen.

Auf die Bedeutung dieses einfachen Vererbungs Vorganges für die Züchtung wird hingewiesen.

Literatur.

HACKBARTH, J., u. R. v. SENGBUSCH: Die Vererbung des Alkaloidgehaltes von Lupinen. Züchter 6, 249—255 (1934).

KOSTOFF, D., u. I. POPOFF: Inheritance of Nicotine. Biol. generalis (Wien) 7, 283—286 (1931).

SCHICK, R., u. H. STUBBE: Die Gene von *An-*

*tirrhinum majus* II. Z. Abstammungslehre 62, 249 bis 290 (1932).

SENGBUSCH, R. v.: Die Züchtung von nicotinfreiem und nicotinarmem Tabak. Züchter 3, 33—38 (1931).

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