

2. P, F<sub>1</sub> und F<sub>2</sub> wurden auf vegetative Merkmale wie Strohlänge, Halmzahl, Nachschosserbildung, Wachstumsrhythmus usw. untersucht; es wurde für alle Polygenie festgestellt.

3. Einzelne charakteristische Merkmale von *Sec. silvestre* sind in F<sub>2</sub> unter etwa 100 Pflanzen nicht gefunden worden. Daraus ergibt sich auch für die Begrannung der Hüllspelze und für die kurze Antherenform zwangsläufig die Annahme einer polygenen Grundlage.

4. Aus dem Auftreten einer perennierenden F<sub>1</sub> und perennierender F<sub>2</sub>-Pflanzen wird auf unterschiedliche genetische Grundlage der Einjährigkeit der beiden bastardierten Arten geschlossen.

5. Da *Sec. Vavilovii* in der Kreuzung mit *cereale* eine einjährige F<sub>1</sub> ergab, in F<sub>2</sub> jedoch ein bestimmter Prozentsatz perennierender Pflanzen herauspaltete, wird diese Art als weder zum Einjährigkeitstyp von *silvestre* noch von *cereale* gehörig betrachtet.

6. Die 6 Chromosomen umfassende Ringbildung des *cereale* × *silvestre*-Bastards erfolgt so regelmäßig und auch mit einer Paarung der Chromosomen über ausreichend lange Stücke, daß eine sehr regelmäßige Verteilung in der Anaphase gesichert ist.

7. An ringbildenden F<sub>2</sub>-Pflanzen konnte gezeigt werden, daß in diesem Fall kein Zusammenhang

zwischen Fertilitätsstörungen des Bastards und den Translokationsfiguren besteht.

8. Es konnten trotz Beobachtung zahlreicher Merkmale keine Aussagen über den genetischen Inhalt der drei an den Translokationen beteiligten Chromosomen gemacht werden.

#### Literatur

1. NAKAJIMA, GOICHI: Cytogenetical studies on the interspecific hybrids among genus *Secale* III. Results of hybridization of 17 combinations; external characteristics and meiosis of PMC's of F<sub>1</sub> plants. La Kromosomo 34—36, 1171—1182 (1958). — 2. NÜRNBERG-KRÜGER, URSULA: Über die Auswirkung des Plasmas auf Leistungsmerkmale beim Roggen. Der Züchter 21, 232—240 (1951). — 3. NÜRNBERG-KRÜGER, URSULA: Untersuchungen an *Secale africanum* Stapf. III. *Secale africanum* Stapf und seine Bastarde mit *Secale montanum* Guss. und *Secale cereale* L. Ber. Dtsch. Bot. Ges. LXVI. (1954). — 4. NÜRNBERG-KRÜGER, URSULA: Cytogenetische Untersuchungen an *Secale silvestre* Host. I. Der Bastard mit *Secale cereale* L. Der Züchter 30, 147—150 (1960a). — 5. NÜRNBERG-KRÜGER, URSULA: Cytogenetische Untersuchungen an der Gattung *Secale* L. Z. f. Pflanzenzüchtg. 44, 63—72 (1960b). — 6. ROSHEVITZ, R. Y.: A monograph of the wild, weedy, and cultivated species of rye. Acta Inst. Bot. 1, 105—163 (1948). — 7. SCHIEMANN, E.: Weizen, Roggen, Gerste. Jena: Gustav Fischer 1948. — 8. STUTZ, H. C.: A cytogenetic analysis of the hybrid *Secale cereale* L. × *Secale montanum* Guss. and its progeny. Genetics 42, 200—221 (1957).

Aus dem Botanischen Institut der Landwirtschaftlichen Hochschule-Hohenheim

## Ein Beitrag zur Züchtung von *Digitalis lanata* Ehrh.\*

Von GERTRUD SCHWERDTFEGER

Mit 2 Abbildungen

### Einleitung

*Digitalis lanata* Ehrh. dient der pharmazeutischen Industrie als Ausgangsmaterial zur Gewinnung bestimmter herzwirksamer Glykoside und wird in steigendem Ausmaß in Mitteleuropa kultiviert.

Über Chemie, Pharmakologie, Gewinnung und Bestimmung der wirksamen Inhaltsstoffe dieser Pflanze ist in den letzten 15 Jahren eine sehr große Zahl von Veröffentlichungen erschienen. Da in dieser Arbeit jedoch züchterische Fragen im Vordergrund stehen, sei nur auf neuere, größere Zusammenfassungen verwiesen, wie sie von TSCHESCHE (1954) und STOLL und JUCKER (1955 u. 1957) vorliegen.

Über Anatomie und Pharmakognosie der *D. lanata* liegen Veröffentlichungen von HIMMELBAUER und WALLENTIN (1924) und HIMMELBAUER und ZWILLINGER (1927) vor; über Anbau und Düngungsfragen, meist im Zusammenhang mit der Auswirkung auf den Wirkstoffgehalt, sind Arbeiten von DAFERT und WALLENTIN (1924), DAFERT und ENGLISCH (1926), BOSCHART (1937), COURT und ALLEMANN (1943) und HEEGER und POETHKE (1946) erschienen. HECHT (1942) vergleicht Ertrag und Gehalt von *D. lanata* aus verschiedenen Anbaugebieten in unterschiedlichen Höhenlagen.

Über die züchterische Bearbeitung der *D. lanata* ist m. W. bisher noch keine Veröffentlichung erschienen. Wir haben seit mehreren Jahren züchterische Arbei-

ten an dieser Art durchgeführt. Dabei ergeben sich besondere Schwierigkeiten daraus, daß die quantitative Bestimmung des Glykosidgehalts, dessen Steigerung ja als eins der wesentlichsten Zuchtziele betrachtet werden muß, problematisch und in jedem Fall sehr kompliziert ist. Dazu kommt, daß *D. lanata* als zweijährige Pflanze gegenüber den meisten Kulturpflanzen einen besonders langen Züchtungsweg beansprucht. Aus unseren Arbeiten sollen im folgenden einige Ergebnisse mitgeteilt werden.

### I. Systematische Stellung und Vorkommen

Etwa seit 1920 wird *Digitalis lanata* Ehrh., Scrophulariaceae, in Mitteleuropa kultiviert. Das Ausgangsmaterial unserer Hohenheimer Züchtung stammt bereits aus Kulturrassen des mitteldeutschen und österreichischen Anbaus. Die zahlreichen Inzuchtlinien, die wir daraus isoliert haben, unterscheiden sich untereinander stark in ihren morphologischen Merkmalen, während innerhalb jeder I-Linie, meist von I<sub>2</sub> an, das morphologische Bild recht einheitlich ist. Da sich andererseits aber die Diagnosen von *D. lanata* und ihren Subspecies und die der nächstverwandten *D. carviensis* und ihren Subspecies sehr nahekommen (WERNER 1960), ist es nicht ohne weiteres sicher, daß dem in Kultur befindlichen Material ausschließlich die Bezeichnung *D. lanata* im engeren Sinne zukommt.

HEEGER und POETHKE (1946) fanden in einem aus Handelssaat herangezogenen Bestand neben *D.*

\* Frau Professor Dr. E. SCHIEMANN zum 80. Geburtstag gewidmet.

*lanata* auch *D. lutea* L. und *D. ambigua* Murr. (jetzt *D. grandiflora* Mill.), die nicht einmal derselben Sektion wie *D. lanata* angehören. Bei unserem Material handelt es sich jedoch nur um Formen, die eindeutig in der Subsektion Blepharosepalae stehen. Diese gehört zur Sektion Globiflorae Benth. zusammen mit der Subsektion Hymenosepalae Ivan., der die Arten *D. laevigata* Waldst. et Kit., *D. nervosa* Steud. et Hochst. und *D. ferruginea* L. angehören. Die Unterscheidungsmerkmale der zu den Blepharosepalae gehörenden Taxa beziehen sich genau wie die Unterschiede zwischen unseren I-Linien im wesentlichen auf Blattlänge und -breite und das Verhältnis dieser Maße zueinander, auf die Ausgestaltung des Blatt-randes, Behaarung, Dichte der Beblätterung und des Blütenstandes und auf die Blütengröße. Es sei hier vorausgenommen, daß sich zwischen den morphologischen Merkmalen unserer I-Linien und deren Wirkstoffgehalt keine Korrelation feststellen ließ.

Im folgenden wird die Gliederung der Blepharosepalae nach WERNER (1960) wiedergegeben. Alle Synonyma sind beigefügt, da öfter in der Literatur Angaben über größere oder geringere Wirksamkeit verschiedener *Digitalis*-Arten zu finden sind, ohne daß auf deren systematische Stellung eingegangen wird (HEEGER und POETHKE 1946).

Subspec. Blepharosepalae Ivan. em. Werner

#### *Digitalis lanata*

ssp. *lanata* = *D. lanata* Ehrh., *D. ferruginea*  $\beta$  Lam., *D. nova Winterli*, *D. winterli* Roth, *D. orientalis* Elmig., *D. epiglottidea* Brera ex Steud., *D. eriostachya* Besser, *D. orientalis* Velen, *D. lanata* var. *typica* Stoj. et Stef., *D. lanata* var. *orientalis* Stoj. et Stef., *D. lanata* var. *eriostachya* Ivan.

Vorkommen: Balkan.

ssp. *leucophaea* (Sibth. et Sm.) Werner comb. nov. = *D. leucophaea* Sibth. et Sm., *D. athoa* Hal.

Vorkommen: Griechenland

#### *Digitalis cariensis*

ssp. *cariensis* = *D. cariensis* Boiss. ex Jaub. et Spach, *D. heldreichii* Jaub. et Spach, *D. cariensis* var. *heldreichii* Boiss., *D. longibracteata* Richter in Stapf, *D. cariensis*  $\beta$  *glandulosa* Bornm., *D. cariensis* var. *glandulosa* Ivan., *D. cariensis* var. *longibracteata* Ivan.

var. *major* Werner comb. nov.

Vorkommen: S. u. SW-Anatolien

ssp. *trojana* (Ivan.) Werner comb. nov. = *D. trojana* Ivan.

Vorkommen: NW-Anatolien

ssp. *lamarckii* (Ivan.) Werner comb. nov. = *D. lamarckii* Ivan., *D. orientalis* Lam.

Vorkommen: N-Anatolien

WERNER hebt hervor, daß für ssp. *lanata* und ssp. *leucophaea* in der Literatur meist Unterscheidungsmerkmale genannt werden (Gestaltung des Mittelzipfels der Unterlippe, Dichte der Infloreszenz und der Beblätterung), die sehr variabel und kaum zur Unterscheidung der Subspecies geeignet sind, während nur die Größenmaße der Blüten (die von *leucophaea*

sind kleiner) eine Unterscheidung erlauben. Andererseits weist WERNER auf die häufigen Verwechslungen von *D. lanata* ssp. *lanata* und *D. cariensis* ssp. *lamarckii* hin, deren Unterschiede sich auf Dicke und Färbung des Stengels beziehen, auf die Breite der Stengelblätter, Dichte der Infloreszenz und die Ausformung der Kelchblätter. Die drei Subspecies der *D. cariensis*: *cariensis*, *trojana* und *lamarckii* seien dagegen durch fließende Übergänge der Merkmalausprägung miteinander verbunden, „so daß eine sichere Abgrenzung der Sippen auf erhebliche Schwierigkeiten stößt.“

Nach einer Verbreitungskarte von IVANINA (1955) liegt das Areal der *D. lanata* (= ssp. *lanata* bei WERNER) auf dem Balkan zwischen dem 40. und 44. Breitengrad und strahlt von dort nordwestlich ins Donautal bis Budapest aus. HERMANN (1956) gibt als nordwestlichstes Vorkommen sogar das Leithagebirge an.

Als Standort nennt HERMANN: „Wälder, Gebüsch“, während IVANINA angibt: „in Gebüsch, auf kalkigen und lehmigen Bergwiesen“.

## II. Entwicklungsablauf

### A. Vegetative Phase

HERMANN (1956) bezeichnet *D. lanata* als Staude, d. h. als Pflanze, bei der nach der Fruchtreife zwar die oberirdischen, nicht aber die unterirdischen Teile absterben. Bei der Kultur von *D. lanata* in Mitteleuropa sterben die Pflanzen jedoch regelmäßig in ihrem zweiten Vegetationsjahr nach der Fruchtreife ab, so daß man sie als Zweijährige bezeichnen muß.

Der zeitliche Ablauf von vegetativer und generativer Phase verschiebt sich je nach der Aussaatzeit, die man für die Kultur wählt. In Mitteleuropa (Deutschland, Österreich, Schweiz und Holland) hat sich im Lauf des letzten Jahrzehnts die Aussaat im Frühjahr (Ende Febr.-Mitte März) unter Glas, meist im warm gepackten oder geheizten Frühbeet, durchgesetzt. Wenn dann das Auspflanzen aufs Feld im Mai stattfindet, bleiben die Pflanzen im ersten Jahr fast ausschließlich vegetativ. Bei der Aussaat im Herbst (DAFERT und WALLENTIN 1924, BOSCHART 1937) geht jedoch ein großer Teil der Pflanzen bereits im ersten Sommer in Blüte.

Während der vegetativen Entwicklung bildet sich eine gestauchte, eiförmige Hauptachse, die vom Spätsommer an verholzt. Die Blattrosette wächst nicht nur vom Hauptvegetationspunkt aus weiter, sondern bildet in den Blattachsen zahlreiche Seitenvegetationspunkte, aus denen sich weitere Blattbüschel entwickeln.

Die Glykoside werden aus den im Spätsommer oder Herbst geernteten Rosettenblättern gewonnen. Die günstigste „Erntereife“ festzulegen, ist schwierig. Der Glykosidgehalt nimmt gegen den Herbst hin ab (COURT und ALLEMANN 1943, SCHWERDTFEGGER 1954), die Blattproduktion ist dagegen im September noch sehr stark. Zweifellos kann durch einen späten Schnitt mehr Blattmasse gewonnen werden als durch mehrmaliges Ernten, bei dem man jedesmal der Pflanze den größten Teil der assimilierenden Blattfläche nimmt. Von drei verschiedenen Stämmen schnitten wir je 10 Pflanzen einmal am 2. Sept. und dieselben Pflanzen ein zweites Mal am 1. Okt., während weitere 10 Pflanzen der selben, gut ausgeglich-

nen Stämme nur einmal am 1. Okt. geerntet wurden. Die mittleren Frischblatterträge in g pro Einzelpflanze waren folgende:

	a) einmaliger Schnitt 1. Okt.	b) zweimaliger Schnitt			
		z. Sept.	1. Okt.	Summe	in % von a
Stamm 1	230	155	45	200	87
„ 2	270	190	50	240	89
„ 3	300	185	40	225	75

Da die 10 Pflanzen jeweils nicht einzeln gewogen wurden, kann die Streuung der Durchschnittswerte nicht angegeben werden. Jedoch tritt das Ergebnis, daß der zweimalige Schnitt nur einen Ertrag von weniger als 90% des einmaligen brachte, bei allen drei untersuchten Stämmen auf.

Es ist möglich, *D. lanata* durch Stecklinge zu vermehren. Von überwinterten Pflanzen nahmen wir im Mai vorjährige Rosettenblätter ab, die zu dieser Zeit in ihren Achseln etwa 5 mm lange Blattknospen tragen. Die Blätter wurden so tief abgeschnitten, daß die Achselknospe und ein Stückchen der Rosettenachse am Blattgrund verblieben. Im Laufe des Sommers entwickelten sich aus diesen gesteckten Achselknospen kleine Rosetten, die aber erst im darauffolgenden Jahr zur Blüte kamen.

### B. Generative Phase

Während die Gebrauchskultur sich nur über eine Vegetationsperiode erstreckt, muß zur Samenerzeugung und Züchtung die Kultur überwintern. Die Bonitierungen und Prüfungen auf Blattertrag, Glykosidgehalt, Krankheitsanfälligkeit usw. finden jedoch im Spätsommer des ersten Jahres statt.

Erst nachdem der neue Austrieb im März/April des zweiten Jahres erfolgt ist, sterben die Rosettenblätter des ersten Jahres allmählich ab. Außer neuen Grundblättern bilden sich dann beblätterte Stengel aus, die an ihrer Spitze die zunächst stark gestauchte Infloreszenzknospe tragen. Rosetten, die im ersten Jahr viele Vegetationspunkte hatten, bilden viele blümentragende Stengel (8—10), solche, bei denen im ersten Jahr der Hauptvegetationspunkt dominierte, nur wenige (1—4). Während des Aufbrechens der Einzelblüten von Mitte Juni bis Mitte Juli streckt sich die Infloreszenz und kann eine Länge von mehr als 50 cm erreichen bei einer Gesamtstengelhöhe von 80—160 cm. Die Achselknospen der Stengelblätter sind Infloreszenzknospen, treiben aber nur aus, wenn die Hauptinfloreszenz abbricht oder beschädigt wird. Die Samenreife wird Anfang September erreicht. Von der Vollblüte an sind die Pflanzen sehr anfällig gegen verschiedene Pilz- und Viruskrankheiten (SCHWERDTFEGGER 1961). Es ist noch nicht geklärt, ob allein diese Krankheiten das frühzeitige Absterben bedingen oder ob unter den hiesigen klimatischen Verhältnissen Altern und Absterben physiologische Vorgänge sind.

Auch bei den oben geschilderten Anzuchtterminen treten immer einige Pflanzen auf, die bereits im ersten Vegetationsjahr Blüten bilden (Schosser). Für den Gebrauchsanbau sind diese schossenden Pflanzen nicht erwünscht, da ihr Glykosidgehalt zurückgeht und sie bei der Ernte technische Schwierigkeiten bereiten. Daß das Schossen im ersten Jahr genetische Ursachen hat, können wir daraus schließen, daß unsere I-Linien eine ganz verschieden starke

Schosserneigung aufweisen. Unter den 40—60 I-Stämmen, die wir nach gleichzeitiger Aussaat und gleichen Anzuchtbedingungen in zweifacher Wiederholung alljährlich auf unser Versuchsfeld pflanzen, treten neben vielen Stämmen, die überhaupt keine Schosser haben, meist einzelne auf, die 20—30% Schosser aufweisen. Selbstet und kreuzt man im 2. Jahr aus diesen Stämmen solche Individuen, die im 1. Jahr nicht schossten, so zeigen deren Nachkommenschaften meist wieder starke Schosserneigung. Andererseits konnten wir feststellen, daß niedrige Temperaturen bei der Keimung und Jugendentwicklung die Bereitschaft zum Schossen im 1. Jahr fördern. 1960 hatten wir z. B. einen Teil der Samen einer Kreuzungsnachkommenschaft vier Wochen lang vor der Aussaat in feuchtem Sand in den Kühlschrank gestellt (+1 bis +3 °C) und dann zum normalen Termin gleichzeitig mit den unbehandelten Samen ausgesät. Von 200 Pflanzen aus unbehandelten Samen erhielten wir 9 Schosser (4,5%), von 194 Pflanzen aus kältebehandelten Samen 30 Schosser (15,5%). Den Einfluß niedriger Temperaturen auf die Schosserbereitschaft bestätigen auch unsere Erfahrungen aus dem Anbau: In den Jahren mit kalten Frühlingmonaten treten mehr Schosser auf als nach einem warmen Frühjahr; außerdem finden sich bei Anbauern, die ihre Anzucht in kalten Frühbeeten vornehmen, regelmäßig mehr Schosser als bei anderen, die das gleiche Saatgut in warmen Frühbeeten (geheizt oder gepackt) anziehen.

Auch der normale Eintritt in die generative Phase im 2. Lebensjahr ist temperaturabhängig. Läßt man Pflanzen, die nach März-Aussaat im ersten Jahr nicht blühten, im Gewächshaus bei ca. 20 °C überwintern, so kommen sie auch in ihrem zweiten Lebensjahr nicht zur Blüte. Wie hoch die Wintertemperaturen maximal sein dürfen, um die Blütenbildung im zweiten Jahr noch zu ermöglichen, sollte festgestellt werden. Für die Fortführung der Heterosiszüchtung kann die Beantwortung dieser Frage wichtig werden, weil viele I-Linien mit guter Kreuzungseignung so wenig lebenskräftig sind, daß sie den Winter im Freiland nicht überstehen.

### III. Befruchtungsverhältnisse

#### A. Blütenbau und natürliche Bestäubung

In dem traubigen Blütenstand der *D. lanata* blühen die Einzelblüten in der Reihenfolge ihrer Stellung von unten nach oben auf. Bei der Einzelblüte zeichnen sich folgende Stadien des Aufblühens ab: 1. Herabsenken der Unterlippe, die zunächst die Blüte verschließt, 2. Aufplatzen zuerst der zwei vorderen, dann der zwei hinteren Antheren, 3. Herabsenken, Aufspalten und Reifen der sich streckenden Narbe, die anfangs fest der gewölbten Innenseite der Kronröhre anliegt. Die Blüten sind also proterandrisch. Sie werden von verschiedenen Hummelarten und von Bienen ausgiebig befliegen. Regelmäßig fliegen diese zuerst die unteren Blüten mit weit herabgeklappter Unterlippe an, wo sie reichlich Nektar, aber keinen Pollen mehr finden<sup>1</sup>, und besuchen dann stengelauflauf-

<sup>1</sup> 1953 umgaben wir ein Beet blühender *D. lanata* von 7 × 10 m mit einem Zelt aus Stoffgaze und setzten ein Einwabenkästchen mit Bienen herein. Nach 10 Tagen war die Wabe mit Bienenhonig gefüllt, Pollen war nicht eingetragen worden. Der Honig wurde analysiert, es fanden sich keine Glykoside darin.

wärts die folgenden jüngeren Blüten mit unreifen Narben, in denen sich ihre Rückenhaare mit Pollenstaub beladen. Diesen streifen sie dann an den reifen Narben der unteren Blüten des nächsten Blütenstandes ab. Daher tragen die Bienen, obwohl sie sich jeweils lange an demselben Blütenstand aufhalten, nicht zur Selbst- oder Nachbarschaftsbefruchtung, sondern zur Fremdbefruchtung bei.

Daß *D. lanata* vorwiegend Fremdbefruchter ist, kann auch aus der Tatsache geschlossen werden, daß oft bereits die erste, ganz sicher aber die zweite und alle folgenden Inzuchtgenerationen starke Wachstumsdepressionen gegenüber Nachkommenschaften frei abgeblühter Pflanzen zeigen.

### B. Technik des Selbstens und Kreuzens

Hat man eine typische, gesunde Pflanze zur Selbstung ausgewählt, so wird von ihrem stärksten Blütenstand die knospige Spitze abgeschnitten, die untersten Blüten, bei denen die Unterlippe bereits herabgeklappt ist, entfernt und der Blütenstand in eine Pergamintüte eingebunden. Nach ca. 4 Tagen werden die reifen Narben der unteren Blüten mit dem austretenden Pollenstaub der oberen belegt<sup>1</sup>. Das Belegen der Narben wird alle 4 Tage stengel- aufwärts fortgeführt. Sind die Narben der obersten Blüten belegt und abgetrocknet, wird die Pergamintüte abgenommen. Der Samenansatz ist befriedigend, wenn auch meist schwächer als bei Kreuzungen. Aus der Selbstung eines Blütenstandes kann man bis zu 2 g Samen erhalten (Tausendkorngewicht ca. 0,5 g).

Das Kastrieren zum Zweck der Kreuzung ist mit einer Pinzette leicht durchzuführen. Zunächst wird die noch hochgeklappte Unterlippe abgerissen, dann werden die 4 Staubblätter an den Filamenten ergriffen und abgebrochen. Man kann auch mit einem geschickten Griff die ganze Krone, an der die Staubblätter angewachsen sind, herausziehen, so daß nur der Kelch mit Fruchtknoten und Narbe stehen bleibt. Auch wenn man letztere nach erfolgter Reife mit Pollen belegt, erhält man Samenansatz. Jedoch werden solche ungeschützten Narben so leicht beschädigt, daß wir die erstgenannte, umständlichere Methode des Kastrierens bevorzugen. Der kastrierte Blütenstand wird eingetütet, nach etwa 4 Tagen können die Narben der untersten Blüten mit Pollen belegt und gleichzeitig die nächsthöheren Blüten kastriert werden. Der Vorgang wird etwa 2 Wochen lang fortgesetzt. Der Samenansatz ist meist sehr gut, man kann bis zu 4 g Samen aus einer Kreuzung ernten, wenn man etwa die gleiche Anzahl von Blüten behandelt wie bei den Selbstungen.

Auch die Blütenstände der pollenspendenden Vaterpflanze müssen eingetütet werden, da an warmen Tagen mit starkem Bienenflug der Pollen in kürzester Zeit von den Bienen abgestreift wird. Zum Übertragen des Pollens benutzen wir zugespitzte Streifen aus steifem grünen Löschpapier.

Um festzustellen, ob ohne Bestäubung und Befruchtung parthenogenetisch Samen entstehen können, haben wir an Blütenständen von 4 Pflanzen insgesamt 200 Blüten kastriert, eingetütet und nicht bestäubt. Bei der Ernte nach vier Wochen fand sich in keinem Fruchtknoten Samenansatz. Wir dürfen also annehmen, daß unsere von Hand hergestellten Kreuzungen echte Nachkommen der verwendeten Mutter- und Vaterpflanzen sind.

### C. Versuch zur Fremdbefruchtung zweier Inzuchtlinien

Es hat sich gezeigt, daß Kreuzungen aus nicht miteinander verwandten Inzuchtlinien  $F_1$ -Nachkommen mit gutem Heterosiseffekt ergeben. Will man die Heterosis-Inzucht zur Herstellung größerer Mengen von Saatgut verwenden, so ist es nicht möglich, allein mit Handkreuzungen zu arbeiten. Obwohl wir aus

Isolierparzellen, in denen je 6 Individuen aus zwei verschiedenen Inzuchtlinien frei miteinander abgeblüht waren, bereits mehrmals Nachkommenschaften erhalten haben, die in Ertrag und Gehalt entsprechenden Handkreuzungen kaum nachstanden, wollten wir durch einen Modellversuch klären, wie groß der Prozentsatz der Selbst- und Fremdbefruchtungen ist, wenn die Narben einer blühenden Inzuchtpflanze sowohl mit eigenem als auch fremdem Pollen bestäubt werden.

1. *Material*: Für diesen Versuch standen uns zwei Inzuchtlinien mit abweichender Blütenfarbe zur Verfügung. Die erste Linie „W“ hatte reinweiße Blüten, während normale Blüten bis auf den reinweißen Zipfel der Unterlippe eine dichte, braunlila Aderung haben. Die weiße Blütenfarbe unserer Linie W ist vermutlich durch ein rezessives Gen bedingt:  $W \times$  normalblütig ergibt eine  $F_1$  mit nur normalen Blüten und eine  $F_2$  mit einer Aufspaltung von etwa 3:1 (139 normalblütige zu 40 weißblühenden Pflanzen = 3:0,865;  $\chi^2 = 0,672$ ,  $P = 42\%$ ).

Die zweite Linie „R“ hatte besonders kleine, kräftig rotüberlaufene Blüten mit normaler Aderung, die sich bis in die vorliegende  $I_2$  rein vererbt hatten. Die Kreuzung  $R \times$  normalblütig ergibt eine normalblütige  $F_1$ , die Aufspaltung in der  $F_2$  ist aber nicht deutlich zu erkennen, da es sich bei „rotüberlaufen“ um kein alternatives Merkmal handelt und Übergänge zwischen rot und normal an derselben Pflanze auftreten. Das genetische Verhalten dieses Merkmals wurde nicht näher untersucht, sicher ist es durch kein alleles Gen von weißblütig bedingt, da  $W \times R$  normale Blütenfarbe ergibt.

Für unseren Versuch stellten wir die reziproken Kreuzungen  $R \times W$  und  $W \times R$  her und Selbstungen der Linien W und R, die die Nachkommenschaften  $R I_3$  und  $W I_3$  ergaben. Außerdem wurden die Narben je eines kastrierten Blütenstandes aus der R- und der W-Linie mit einem Gemisch aus etwa gleich viel Pollen von W und R belegt. Diese Nachkommenschaften,  $R \times (W + R)$  und  $W \times (W + R)$ , sollten im Vergleich zu den echten Kreuzungen und Selbstungen zeigen, wie hoch der Anteil der Selbstungen ist, wenn eigener und fremder Pollen zur Verfügung steht.

2. *Ergebnisse*: Wie erwartet, brachten die Selbstungsnachkommen von W nur weißblühende Pflanzen hervor (38 Pfln.), und die von R nur solche mit rotüberlaufenen, kleinen Blüten (27 Pfln.), während die echten Kreuzungen  $W \times R$  und  $R \times W$  (62 u. 55 Pfln.) nur normalblütige  $F_1$ -Nachkommen hatten. Bei  $W \times (W + R)$  traten 5 weißblühende und 57 normalblütige Pflanzen auf, was bedeutet, daß 8% der Nachkommen Selbstungen waren. Bei den Nachkommen von  $R \times (W + R)$  war das Verhältnis von Selbstungen und Kreuzungen ungünstiger, wir erhielten 18 Pflanzen mit rotüberlaufenen Blüten und 41 normalblütige, also 30% Selbstungen. Wenn man voraussetzen darf, daß das Gemisch aus W- und R-Pollen, mit dem die Narben beider Mutterpflanzen bestäubt wurden, wirklich 1:1 aus beiden Pollenherkünften zusammengesetzt war, so kann man schließen, daß die Neigung zur Fremdbefruchtung bei den beiden verwendeten Stämmen sehr verschieden groß ist. Würde man bei der praktischen Herstellung von Heterosis-Saatgut durch freies Abblühen zweier neben-

<sup>1</sup> In einzelnen Stämmen unserer I-Linien bilden die Pflanzen zwar normal große Antheren aus, diese enthalten aber zur Blütezeit fast keinen oder keinen Pollen.

einandergepflanzter geeigneter I-Linien Nachkommen erhalten, von denen 8% Selbstungen sind, so wäre das ein recht gutes Ergebnis, während ein Saatgut mit 70% üppigen Heterospflanzen und 30% dürrtigen Selbstungspflanzen kaum praktisch verwertbar wäre.

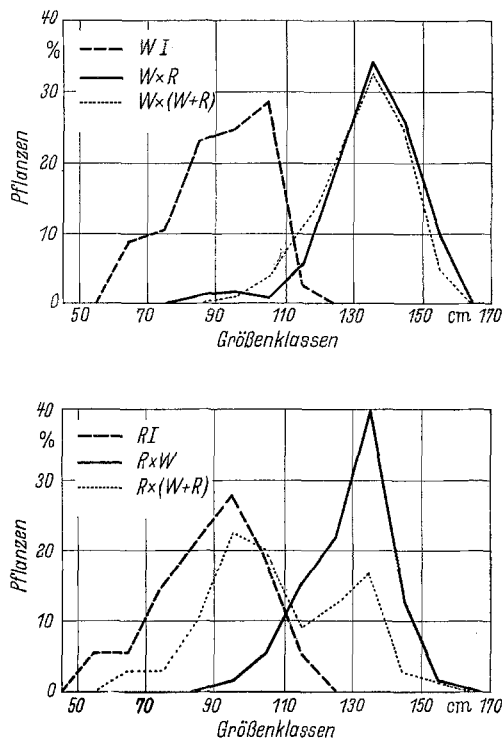


Abb. 1. Häufigkeitsverteilung der Pflanzenhöhen von Inzucht-Nachkommen zur Blütezeit. — Nachkommen geselbsteter Inzuchtpflanzen (WI und RI); Nachkommen gekreuzter Inzuchtpflanzen ( $W \times R$  und  $R \times W$ ); Nachkommen von Inzuchtpflanzen, die mit einem Gemisch eigener und fremder Pollen bestäubt wurden ( $W \times (W + R)$  und  $R \times (W + R)$ ).

In unserem Versuch war es möglich, den Heterosis-effekt bzw. die Inzuchtdepression auch durch Höhenmessungen der in voller Blüte stehenden, also bis zum Maximum ausgewachsenen Pflanzen festzustellen. Abb. 1 stellt die Häufigkeitsverteilung der einzelnen Nachkommenschaften in Größenklassen dar. Die Kreuzungen  $W \times R$  und  $R \times W$  sind hochsignifikant (t-Test) höher gewachsen als die entsprechenden Selbstungsnachkommenschaften, die Nachkommenschaft von  $W \times (W + R)$  entspricht im Höhenwachstum fast der echten Kreuzung, während die Höhenwerte von  $R \times (W + R)$  eine zweigipflige Kurve ergeben, die auf den hohen Anteil von schwachwüchsigen Selbstungen in dieser Nachkommenschaft hinweist.

#### IV. Eignung der verwendeten Wirkstoffanalyse für den Zuchtversuch

Ein wesentliches Ziel bei der Züchtung von *D. lanata* ist die Steigerung ihres Gehalts an herzwirksamen Glykosiden. Die zahlreichen chemischen Methoden zur Bestimmung des Glykosidgehalts in *Digitalis*-Blättern sind in letzter Zeit von STOLL und JUCKER (1955) sowie von FUCHS, WICHTL und JACHS (1958) zusammengestellt worden. In unseren Blattproben wurden die chloroformlöslichen Glykoside nach BALLET bestimmt. Die Werte, die wir aus unserem Material erhielten, lagen zwischen 0,30 und 1,20%. Der Einfachheit halber geben wir im folgenden immer den hundertfachen Wert an, also 30 bis 120 und nennen die erhaltenen Werte kurz „B-Werte“.

Obwohl bei diesem Verfahren u. U. auch Begleitstoffe nichtglykosidischer Natur erfaßt werden können (WEGNER 1952), bietet es für größere Untersuchungsreihen, wie sie bei Züchtungsarbeiten unumgänglich sind, den großen Vorteil, daß es relativ einfach ist und bei gleichartiger Trocknung der Blattproben auch gut reproduzierbare Werte liefert. Papierchromatographische und gewichtsanalytische Methoden geben gewiß ein viel genaueres Bild über die herzwirksamen Glykoside eines einzelnen Drogenmusters (GRIMMER 1956), sind aber wegen ihrer großen Kompliziertheit und Langwierigkeit für umfangreiche Versuchsreihen noch nicht geeignet.

Zur Zuverlässigkeit der B-Wert-Bestimmungen sei folgendes angegeben: 1958 wurde zugleich mit jeder Untersuchungsserie unserer Blattproben eine Probe eines Standard-Blattpulvers analysiert. Der Mittelwert von 25 an verschiedenen Tagen durchgeführten Bestimmungen dieses Standardmusters ergab  $63,4 \pm 2,65$ . Der mittlere Fehler jeder Einzelbestimmung betrug also 4%. Im nächsten Jahr wurden entsprechend vom gleichen Standardmuster 22 Bestimmungen gemacht, sie hatten einen Mittelwert von  $64,5 \pm 2,11$ , der mittlere Fehler der Einzelbestimmung betrug diesmal 3,3%.

Auch die Übereinstimmung verschiedener Proben aus gleichem Pflanzenmaterial ist befriedigend. Die zu untersuchenden Stämme bauen wir meist in Parzellen von 20 Pflanzen in mehrfacher Wiederholung auf unserem Versuchsfeld an. Zur Probenahme für B-Wert-Bestimmungen pflücken wir von jeder der 20 Pflanzen ein ausgewachsenes, aber nicht überaltertes Blatt. Diese 20 Blätter stellen die Durchschnittsprobe der Parzelle dar. Von einem Standardstamm, der in zahlreichen Wiederholungen über unser ganzes Versuchsfeld verteilt war, nahmen wir von 23 Parzellen je eine Probe. Ihr mittlerer B-Wert war  $90,5 \pm 6,5$ , die Streuung der Einzelwerte betrug also 6,8% des Mittelwerts. Diese relativ geringe Streuung von Werten, die man aus einem Stamm erhält, erlaubt eine recht gute Differenzierung verschiedener Stämme.

Um der Möglichkeit der Differenzierung verschiedener Stämme bezüglich ihres B-Werts nachzugehen, verrechneten wir 1959 varianzanalytisch (MUDRA 1958) die B-Werte von 204 Stämmen, von denen je zwei Parzellen auf dem Versuchsfeld standen. Die 408 Blattproben aller Parzellen wurden am gleichen Tag genommen. Die Varianztabelle ihrer B-Werte (Tab. 1) zeigt, daß die Varianz zwischen den Stämmen diejenige innerhalb der Stämme bei weitem überwiegt, und das Varianzverhältnis (F-Test) gibt an, daß hochsignifikante Unterschiede zwischen den Stämmen vorhanden sind.

Tabelle 1. Varianztabelle von 204 verschiedenen Stämmen auf dem Versuchsfeld 1959.

Varianzursache	SQ	FG	MQ	F
Gesamt zw. d. Stämmen	85 504	407	210	11 <sup>++</sup>
Rest (innerh. d. Stämme)	7 161	204	35	

$GD_{5\%} = 11,7$

Die Grenzdifferenz ( $GD_{5\%}$ ) sagt aus, daß die aus zwei Proben gewonnenen Mittelwerte zweier Stämme sich dann signifikant unterscheiden, wenn sie mehr als 11,7 B-Wert-Einheiten auseinanderliegen. Tab. 2

gibt die Häufigkeitsverteilung der 204 gefundenen B-Mittelwerte in Klassen von 10 B-Wert-Einheiten an.

Tabelle 2. B-Wert - Klassenhäufigkeit der B-Mittelwerte von 204 Stämmen in %.

B-Wert-Klassen	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
% der Stämme	0,5	6,9	16,6	30,0	23,5	15,1	5,4	1,5	0,5	

Aus der weiten Spanne der vorkommenden Werte ergibt sich, daß eine recht gute Differenzierung der Stämme nach ihren B-Werten möglich ist, wenn von jedem Stamm zwei Proben untersucht werden. Abgesehen von den 30% Stämmen in der mittleren B-Wert-Klasse zwischen 70 und 80 kann man bei Berücksichtigung der Grenzdifferenz von 11 B-Wert-Einheiten in unserem Beispiel 24% aller Stämme als schlecht (in Klassen bis 70) und 46% als gut (in Klassen über 80) bezeichnen.

Daß der Wirkstoffgehalt, gemessen am B-Wert, zum großen Teil genetisch bedingt ist, zeigen die B-Werte in den aufeinanderfolgenden Generationen von I-Linien, wie sie in Tab. 3 aufgeführt sind. Die Pfeile in der Spalte „I-Linien Generationenfolge“ verbinden Mutter- und Tochterstämme. Die Stämme mit dem Index a, b, c... sind aus Selbstungen von Einzelpflanzen gewonnen, die mit dem Index G sind Nachkommen von gemeinsam abgeblühten Geschwistern des Mutterstammes. Sind einzelne Stämme in

Tabelle 3. B-Werte von aufeinanderfolgenden Generationen einiger I-Linien.

I-Linien Generationen-Folge	Anbaujahre				
	1955	1957	1958	1959	1960
<ul style="list-style-type: none"> <li>I<sub>1</sub> 47<sub>54</sub> a</li> <li>→ I<sub>2</sub> 47<sub>56</sub> a</li> <li>→ I<sub>2</sub> 47<sub>56</sub> b</li> <li>→ I<sub>3</sub> 47<sub>58</sub> a</li> <li>→ I<sub>3</sub> 47<sub>58</sub> b</li> <li>→ I<sub>3</sub> 47<sub>58</sub> d</li> <li>→ I<sub>3</sub> 47<sub>58</sub> G</li> </ul>	102	102 103 104	101 96	111 100	
<ul style="list-style-type: none"> <li>I<sub>3</sub> C<sub>54</sub> a</li> <li>→ I<sub>4</sub> C<sub>56</sub> G</li> <li>→ I<sub>5</sub> C<sub>58</sub> G</li> </ul>	94	87	85	86	86
<ul style="list-style-type: none"> <li>I<sub>3</sub> IV<sub>54</sub> a</li> <li>→ I<sub>4</sub> IV<sub>56</sub> a</li> <li>→ I<sub>4</sub> IV<sub>56</sub> c</li> <li>→ I<sub>4</sub> IV<sub>56</sub> b</li> <li>→ I<sub>5</sub> IV<sub>58</sub> a</li> <li>→ I<sub>5</sub> IV<sub>58</sub> a</li> <li>→ I<sub>5</sub> IV<sub>58</sub> b</li> </ul>	89	68 61 80	58 94	67 96	109 97 98
<ul style="list-style-type: none"> <li>I<sub>3</sub> A<sub>54</sub> a</li> <li>→ I<sub>4</sub> A<sub>56</sub> G</li> <li>→ I<sub>5</sub> A<sub>58</sub> a</li> <li>→ I<sub>5</sub> A<sub>58</sub> b</li> <li>→ I<sub>5</sub> A<sub>58</sub> c</li> <li>→ I<sub>5</sub> A<sub>58</sub> G</li> </ul>	76	67		61 68 78 64 74	58
<ul style="list-style-type: none"> <li>I<sub>3</sub> VIII<sub>54</sub> a</li> <li>→ I<sub>4</sub> VIII<sub>56</sub> a</li> <li>→ I<sub>4</sub> VIII<sub>56</sub> b</li> <li>→ I<sub>4</sub> VIII<sub>56</sub> c</li> <li>→ I<sub>4</sub> VIII<sub>56</sub> d</li> <li>→ I<sub>4</sub> VIII<sub>56</sub> G</li> <li>→ I<sub>5</sub> VIII<sub>58</sub> a</li> <li>→ I<sub>5</sub> VIII<sub>58</sub> b</li> <li>→ I<sub>5</sub> VIII<sub>58</sub> c</li> <li>→ I<sub>5</sub> VIII<sub>58</sub> d</li> <li>→ I<sub>5</sub> VIII<sub>58</sub> G</li> <li>→ I<sub>5</sub> VIII<sub>58</sub> a</li> <li>→ I<sub>5</sub> VIII<sub>58</sub> b</li> </ul>	71	64 32 36 55 66	61	63 52 57 44 65 52	61 56 58

mehreren Anbaujahren verzeichnet, so waren sie im 2. und 3. Jahr aus Reservesaatgut angebaut worden.

I-Linie 47 hat in allen Substämmen von I<sub>1</sub> bis I<sub>3</sub> sehr hohe Werte, die I-Linien A und VIII von I<sub>3</sub> bis I<sub>5</sub> durchgehend niedrige. Linie IV spaltet in I<sub>4</sub> noch stark auf.

Der im folgenden Abschnitt geschilderte Leistungsversuch ist ein Beispiel zur Verwendbarkeit des B-Werts in der Züchtung.

**V. Leistungsversuch von diallelen Einfachkreuzungen und Doppelkreuzungen aus vier Inzuchtlinien**

A. Material

Aus vier I-Linien, die sich bereits mehrfach in Einfachkreuzungen untereinander und mit Partnern aus anderen I-Linien besonders gut bewährt hatten, wurden 1959 Einzelindividuen diallel miteinander gekreuzt. Gleichzeitig wurden aus bereits vorhandenen Kreuzungen derselben Linien Doppelkreuzungen hergestellt. Die Nachkommenschaften dieser Kreuzungen wurden 1960 in einem Leistungsversuch mit dreifacher Wiederholung miteinander verglichen. Es sollte festgestellt werden, ob eine der sechs Kombinationen von Einfachkreuzungen, die aus vier I-Linien möglich sind, den anderen überlegen sei, ob man also zur Erzeugung von Heterosis-Saatgut vorteilhafter nur zwei von den vier Linien für Einfachkreuzungen verwendet oder ob man alle vier oder nur drei von ihnen gemeinsam in einem Polycross zusammen abblühen läßt. Die Doppelkreuzungen sollten zeigen, ob diese auch bei *D. lanata* einen Leistungsabfall gegenüber Einfachkreuzungen aufweisen, wie dies in der Züchtung anderer Fremdbefruchter häufig beobachtet wurde (ANDERSON 1938, GROGAN und ZUBER 1958). Die zur Kreuzung verwendeten Individuen gehörten z. T. verschiedenen Substämmen derselben I-Linien an, die im folgenden aufgeführt werden:

Substamm	I-Generation	Bezeichnung als Kreuzungselter
108 <sub>155</sub>	I <sub>2</sub>	108
108 <sub>257</sub>	I <sub>3</sub>	108'
19 <sub>155</sub>	I <sub>2</sub>	19
2 <sub>257</sub>	I <sub>4</sub>	2
2 <sub>256</sub>	I <sub>4</sub>	2'
79 <sub>255</sub>	I <sub>2</sub>	79
79 <sub>257</sub>	I <sub>3</sub>	79'

Von den angelegten Kreuzungen brachten nicht alle genügend gesunden Samen. Die Nachkommenschaften folgender Kreuzungen standen im Versuch:

Kreuzung	Versuchs-Nr.	Kreuzung	Vers.-Nr.	Kreuzung	Vers.-Nr.
108 × 19	1a	19 × 2	4a	2 × 79	6a
108' × 19	1b	2' × 19	4b	79 × 2	6b
108 × 2	2a	19 × 2(P) <sup>1</sup>	4c	2 × 79'	6c
2 × 108	2b	2 × 19(P)	4d	79' × 2	6d
2 × 108'	2c	19 × 79'	5a	79 × 2'	6e
108' × 2	2d	79' × 19	5b	2' × 79'	6f
108 × 79	3b	79 × 19	5c		
79 × 108	3a				
79' × 108	3c				
79' × 108'	3d				
		Doppelkreuzung		Vers.-Nr.	
		(79 × 2+) × (108 × 19)		DKa <sup>2</sup>	
		(79 × 2+) × (108 × 19)		DKb	
		(108 × 19) × (79 × 2+)		DKc	
		(108 × 19) × (79 × 2+)		DKd	

<sup>1</sup> P = Elternpflanzen als Pärchen frei abgeblüht.  
<sup>2</sup> Als Eltern der Doppelkreuzungen DKa-d wurden vier verschiedene Geschwisterpflanzen beider Einfachkreuzungen verwendet.



Tabelle 4. B-Mittelwerte der Versuchsglieder

	1a	1b	2a	2b	2c	2d	3a	3b	3c	3d
$\bar{x}$ Versuchsglied	108,3	98,7	82,7	82,3	85,3	66,3	102	108,3	108,7	102,7
$\bar{x}$ Gruppe	103,5		79,15				105,4			
$\bar{x}$ EK u. DK	95,64									

Die sechs Kombinationsmöglichkeiten kommen in den Versuchsnummern 1—6 zum Ausdruck: Alle Versuchsglieder mit der Versuchsnummer 3 sind z. B. verschiedene Kreuzungen der I-Linien 108 und 79, alle mit der Vers. Nr. 6 Kreuzungen aus den Linien 2 und 79. Das Material gestattet also auch den Vergleich von reziproken Kreuzungen und von Kreuzungen eines Partners mit zwei verschiedenen Substämmen des Gegenpartners. Die I-Linien, die den Doppelkreuzungen zugrunde liegen, sind bis auf den Substamm 2<sup>+</sup> die gleichen wie die, die zu den Einfachkreuzungen verwendet wurden. 2<sup>+</sup> ist eine I<sub>3</sub>-Nachkommenschaft der I-Linie 2.

### B. Anlage des Versuchs und Probenahme

Die Aussaat der Versuchsglieder erfolgte in Saatschalen im Gewächshaus am 11. III., am 22./23. III. wurde pikiert. Die Pikierkisten kamen am 13. IV. aus dem Gewächshaus ins Frühbeet und am 13. V. wurde aufs Feld gepflanzt. Die 27 Versuchsglieder wurden in 3facher Wiederholung angebaut, in der 1. Wiederholung in der Reihenfolge der Versuchsnummern, in der 2. und 3. randomisiert. Jede Parzelle umfaßte eine Reihe von 6 m mit 20 Pflanzen, der Abstand in den Reihen betrug 30 cm, der Reihenabstand 50 cm. Die Probenahme zur B-Wert-Bestimmung erfolgte am 11. VIII. (wie auf S. 206 beschrieben), die Gewichtsbestimmungen führten wir am 24.—26. VIII. durch.

Der Termin für die Gewichtsbestimmung lag früher, als normalerweise die Ernte stattfindet, da sich eine Virusinfektion auf dem Felde auszubreiten begann, die sich bei einem späteren Erntetermin hätte ungünstig auswirken können.

### C. Ergebnisse

#### 1. Unterschiede zwischen den einzelnen Versuchsgliedern und den Versuchsglieder-Gruppen (Einfachkreuzungen, Doppelkreuzungen, Kombinationsgruppen)

a) B-Werte. Zunächst soll Abb. 2 zeigen, wie sich die B-Werte unserer Diallelkreuzungen in die gesamte

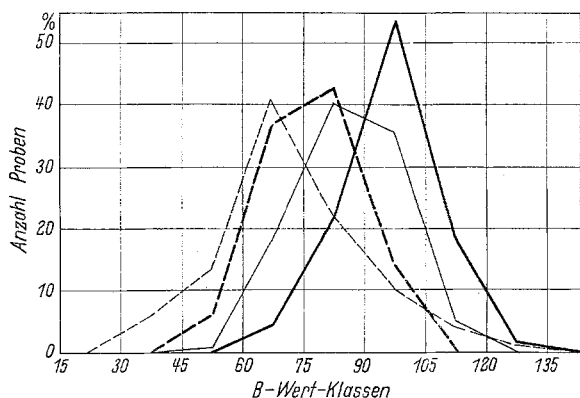


Abb. 2. Häufigkeitsverteilung der B-Werte von allen im Jahr 1960 angebauten Stämmen. — 25 I-Stämme aus den Elter-Linien der im Versuch stehenden Kreuzungen; — 23 im Versuch stehende Einfachkreuzungen; — 57 weitere I-Stämme; — 98 weitere Einfachkreuzungen.

Spanne der B-Werte einordnen, die sich 1960 aus den verschiedenen angebauten und untersuchten Stämmen ergab. Dabei sind die Häufigkeitsverteilungen der B-Werte getrennt aufgezeichnet nach Werten aus: 1. verschiedenen Substämmen der I-Linien, die unseren Diallelkreuzungen zugrunde liegen, 2. den untersuchten Diallelkreuzungen selbst (ohne Doppelkreuzungen), 3. allen übrigen angebauten und untersuchten I-Stämmen und 4. allen übrigen angebauten und untersuchten Kreuzungen. Aus der Darstellung geht hervor, daß die Kreuzungen im allgemeinen höhere B-Werte bringen als die I-Stämme, daß also ein positiver Heterosiseffekt vorhanden ist. Die I-Linien, deren Kreuzungsnachkommenschaften wir einer besonderen Prüfung unterzogen haben, weisen im Durchschnitt höhere B-Werte auf als die Gesamtheit der übrigen I-Linien, und die Werte der untersuchten Diallelkreuzungen liegen relativ dicht nebeneinander in einem hohen B-Wert-Bereich.

Sie sollen durch eine Varianzanalyse (MUDRA 1958) näher untersucht werden. Tab. 4 gibt die mittleren B-Werte aus den Durchschnittsproben der drei Wiederholungsparzellen<sup>1</sup> jedes Versuchsglieds an.

Die Varianztabelle (Tab. 5) sagt aus, daß einzelne Versuchsglieder sich hochsignifikant voneinander unterscheiden und daß die Blockvarianz sehr gering und nicht signifikant ist.

Tabelle 5. Varianztabelle der B-Werte.

Varianzursache	SQ	FG	MQ	F
Gesamt	9 160	77	118,96	
Blocks	42	2	21	1,42
Versuchsglieder	8 395	26	322,88	21,88 <sup>++</sup>
davon:				
Doppelkr./Einfachkreuzung	1211	1	1211	82,05 <sup>++</sup>
innerh. Einfachkreuzung	7 177	22	323,5	21,92 <sup>++</sup>
innerh. Doppelkreuzung	66	3	22	1,49
Rest (Fehler)	723	49	14,76	

GD<sub>5%</sub> = 6,29; GD<sub>1%</sub> = 8,39 B-Wert-Einheiten

Die Varianzen der 27 Versuchsglieder wurden weiter aufgeteilt. Dabei ergibt sich:

1. Die B-Werte der Einfachkreuzungen liegen hochsignifikant höher als die der Doppelkreuzungen,
2. innerhalb der Doppelkreuzungen liegen keine signifikanten Unterschiede vor,
3. innerhalb der Einfachkreuzungen treten hochsignifikante Unterschiede auf.

Aus Tab. 4 ist zu ersehen, daß die B-Mittelwerte von Versuchsgliedern innerhalb einer Kombinationsgruppe sich häufig um mehr als GD<sub>5%</sub> oder sogar GD<sub>1%</sub> unterscheiden. Daß trotzdem auch zwischen den Kombinationsgruppen signifikante Unterschiede

<sup>1</sup> 3 fehlende Einzelwerte wurden rechnerisch ergänzt, fallen also als FG bei der Varianzanalyse fort.

und Versuchsgliedergruppen.

4a	4b	4c	4d	5a	5b	5c	6a	6b	6c	6d	6e	6f	DK a	DK b	DK c	DK d
99,7	96,3	93,0	90,0	100,3	101	108	91,7	97,0	96,3	102,7	83,7	94,7	88,3	83,0	85,3	82,3
94,75				103,1				94,35				84,75				
95,64												84,75				

der B-Mittelwerte bestehen, zeigt die Varianzanalyse der Gruppen (Tab. 6).

Tabelle 6. Varianztabelle der B-Mittelwerte der Gruppen.

Varianzursache	SQ	FG	MQ	F
Gesamt Gruppen	2373,93	22	107,9	
	1774,20	5	354,8	10,1++
Rest	599,7	17	35,2	

Bei der hier vorliegenden V. A. mit ungleich großen Gruppen müssen die Grenzdifferenzen zwischen allen Gruppen entsprechend der Anzahl ihrer Glieder einzeln errechnet werden. Das Ergebnis dieses t-Tests ist in Tab. 7 zusammengefaßt.

Tabelle 7. t-Test zwischen B-Mittelwerten der Gruppen.

Kombinations-Gruppe	Ø B-Wert	Differenz zu Gruppe				
		1	5	4	6	2
3 (108/79)	105,4	o	o	+	+	++
1 (108/19)	103,5	—	o	!	!	++
5 (79/19)	103,1		—	!	!	++
4 (2/19)	94,75			—	o	++
6 (2/79)	94,35				—	++
2 (2/108)	79,15					—

o = keine signifikante Differenz  
! = signifik. bei P = 10%  
+ = signifik. bei P = 5%  
++ = signifik. bei P = 1%

Tabelle 8. Mittelwerte der Frischgewichte, Versuchsglieder und Versuchsgliedergruppen.

	1a	1b	2a	2b	2c	2d	3a	3b	3c	3d	4a	4b	5b	5c	6a	6b	6c	6d	DK b	DK c	DK d
$\bar{x}$ Versuchsglied	212	213	207	230	185	204	218	244	163	205	238	226	160	191	176	221	170	215	200	154	227
$\bar{x}$ Gruppe	212,5		206,5				207,5			232		175,5			195,5			193,7			
$\bar{x}$ EK u. DK	204,9																		193,7		

Es tritt klar hervor, daß die drei Gruppen 3, 1, 5 mit höheren B-Mittelwerten untereinander gleichwertig sind, daß sie die drei niederen Gruppen 4, 6, 2 aber durchweg überragen, wenn man eine Sicherung von P = 5—10% noch gelten lassen will. Diese drei niederen Gruppen enthalten alle die I-Linie 2 als Partner, die drei höheren Gruppen dagegen nicht. Unter den drei niederen Gruppen fällt Gr. 2, mit den verschiedenen Kombinationen der I-Linien 2 und 108, noch deutlich gegen Gr. 4 und 6 ab. Sie erweist sich bezüglich des B-Werts eindeutig als die schlechteste Kombination.

Zur Unterlegenheit der Doppelkreuzungen (DK) gegenüber den Einfachkreuzungen (EK) bezüglich des B-Werts mag noch bemerkt werden, daß hier nur eine DK und ihre Reziproke, beide in doppelter Ausführung, im Versuch standen. Es ist aber möglich, aus vier I-Linien mindestens drei verschiedene DK herzustellen, oder, wenn man innerhalb der zugrundeliegenden EK und DK alle Möglichkeiten reziproker Kreuzungen berücksichtigt, sogar 24 verschiedene

DK. Ob andere DK aus denselben I-Linien bessere Ergebnisse bringen, und ob diese mit den Berechnungen von JENKINS (1934) zur Voraussage der Leistungen von Doppelkreuzungen übereinstimmen, kann erst nach Herstellung und Prüfung entsprechender DK festgestellt werden.

b) Blattertrag (Frischgewichte). Von jeder Parzelle wurde das Frischgewicht von 10 normal entwickelten Pflanzen bestimmt<sup>1</sup>. Das durchschnittliche Frischgewicht pro Einzelpflanze in jeder Parzelle diente uns zur Durchführung einer Varianzanalyse. Tab. 8 gibt wiederum die Mittelwerte an, Tab. 9 die Varianzanalyse.

Aus der Varianztabelle geht hervor, daß auch hier zwischen den Blocks keine Differenzen bestehen, jedoch zwischen den Versuchsgliedern signifikante Unterschiede vorkommen. DK und EK unterscheiden sich nicht. Die Varianztabelle der Gruppen (Tab. 10) zeigt, daß auch zwischen diesen keine signifikanten Unterschiede bezüglich ihres Frischgewichts bestehen. Führt man dennoch einen t-Test zum Vergleich der einzelnen Gruppen durch, so ergibt sich gerade eine signifikante Differenz zwischen den extremen Gruppen 4 (I-Linien 2 u. 19) und 5 (I-Linien 79 u. 19).

Vergleicht man die V. A. der B-Werte mit der der Frischblatterträge, so fällt auf, daß die Reststreuung

Tabelle 9. Varianztabelle der Frischgewichte.

Var.-Ursache	SQ	FG	MQ	F
Gesamt	65450	62	1056	
Blocks	474	2	237	0,59
Versuchsglieder	41299	20	2065	3,48 <sup>+</sup>
DK/EK	905,35	1	905,35	1,53
Rest (Fehler)	23677	40	591,9	

GD<sub>5%</sub> = 40,1

Tabelle 10. Varianztabelle der Gewichtsmittelwerte der Gruppen.

Var.-Ursache	SQ	FG	MQ	F
Gesamt Gruppen	10762	17	633	
	3698	5	739,6	1,25
Rest (Fehler)	7064	12	588,7	

<sup>1</sup> Da die Wägungen durch einen Gewitterregen unterbrochen wurden und das Feld danach für 5 Tage unbetretbar war, konnte die Ertragsprüfung nur an 21 von den 27 Versuchsgliedern durchgeführt werden.



(MQ Rest) bei der V.A. der B-Werte verhältnismäßig viel kleiner ist als bei der V.A. der Blatterträge. Das bedeutet, daß die Versuchsglieder in ihren drei Wiederholungen bezüglich der B-Werte viel besser übereinstimmen als bezüglich ihrer Ertragswerte. Dasselbe zeigt auch der Vergleich der Grenzdifferenzen:  $GD_{5\%}$  beträgt bei den B-Werten nur 6,7% des Gesamtmittels, bei den Gewichtswerten jedoch 19,7% des Gesamtmittels.

Will man die 27 untersuchten Versuchsglieder ihrer Leistung entsprechend einstufen, so ist das hinsichtlich ihres B-Werts viel leichter möglich als hinsichtlich ihres Blattertrags:

Wir können 351 Paare<sup>1</sup> von B-Mittelwerten mit Hilfe der errechneten Grenzdifferenz prüfen, ob sie sich signifikant unterscheiden. Bei 230 Paaren, also 64% aller möglichen Paare, liegen signifikante Differenzen vor, aber unter diesen sind nur 16 (=7%), bei denen die zu vergleichenden Versuchsglieder derselben Kombinationsgruppe angehören. Die Unterschiede liegen also im wesentlichen zwischen den Gruppen. Bei den Gewichtswerten ergibt sich eine viel schlechtere Differenzierungsmöglichkeit: Untersucht wurden 21 Versuchsglieder; von den 210 vergleichbaren Paaren<sup>2</sup> von Mittelwerten unterscheiden sich signifikant nur 65 = 31%, doch unter diesen 65 Paaren sind hier 9 = 13,5%, deren Partner zur gleichen Kombinationsgruppe gehören. Diese verhältnismäßig großen Unterschiede innerhalb der Gruppen führen dazu, daß die Ertragsdifferenzen zwischen den Gruppen nicht mehr signifikant sind.

## 2. Unterschiede der Versuchsglieder innerhalb der Gruppen

Jede Kombinationsgruppe enthält Kreuzungen aus nur zwei I-Linien, schließt aber reziproke Kreuzungen und solche des gleichen Partners mit zwei verschiedenen Substämmen des Gegenpartners ein. Das Verhalten solcher verwandten Kreuzungen bezüglich ihrer B-Werte und Erträge soll an Hand der Tab. 11 betrachtet werden. In Tab. 11 sind alle vergleichbaren Paare von Kreuzungen einander gegenübergestellt. Zwischen reziproken Kreuzungen (Teil a der Tabelle) kommen signifikante Differenzen sowohl bezüglich der B-Werte als auch der Gewichte vor, es zeigt sich aber kaum eine bestimmte Tendenz der günstigsten Kreuzungsrichtung: I-Stamm 2 ist z. B. als Mutter dem Partner 108' bezüglich des B-Werts hochsignifikant überlegen, dem Partner 79' unterlegen, während sie mit den Partnern 108 und 19, ob als Mutter oder als Vater verwendet, keine signifikant unterschiedenen Werte hervorbringt. Zum Vergleich der Gewichte liegen nur 5 reziproke Paare vor, in zwei Fällen zeigen sich signifikante Unterschiede: sowohl 79 als 79' bringen als Mütter bei der Kreuzung mit I-Stamm 2 höhere Werte, als wenn sie als Väter auftreten. Bei der Kombination der I-Linien 2 und 79 ist also deutlich, daß es vorteilhafter ist, 79 als Mutter zu verwenden. B-Werte und Gewichte liegen dabei höher als bei der umgekehrten Kreuzungsrichtung.

Im Teil b der Tab. 11 können wir an vier Kreuzungspaaren das Verhalten der Substämme 108 und

108' beobachten. Bei den Kreuzungen, in denen 19 und 2 als Väter verwendet werden, bringen beide Substämme gleiche Gewichte, aber 108 hochsignifikant höhere B-Werte als 108', bei den Kreuzungen, in denen 2 und 79' als Mütter auftreten, zeigen sich keine Unterschiede im B-Wert; bezüglich der Erträge ist einmal 108 und einmal 108' überlegen. Eine Entscheidung, ob der Substamm 108 oder 108' der bessere ist, kann aus dem vorliegenden Material nicht getroffen werden. Genausowenig ist das für die Substämme der Linien 79 und 2 (Tab. 11 c, d) möglich.

Tabelle 11. Unterschiede zwischen reziproken Kreuzungen und Kreuzungen mit verschiedenen Sublinien.

	Kreuzung	Vers.-Nr.	B-Wert	t-Test	Ø Frisch-Gew. g/Pfl.	t-Test
a) Reziproke	2 × 108	2b	82,3		230	
	108 × 2	2a	82,7		207	
	2 × 108'	2c	85,3	++	185	
	108' × 2	2d	66,3		204	
	2 × 19(P)	4d	90,0		—	
	19 × 2	4c	93,0		—	
	2 × 79	6a	91,7		176	
	79 × 2	6b	97,0	!	221	+
	2 × 79'	6c	96,3		170	
	79' × 2	6d	102,7	+	215	+
b) 108:108'	19 × 79'	5a	100,3		—	
	79' × 19	5b	101,0		160	
	108 × 79	3b	108,3	+	244	
	79 × 108	3a	102,0		218	
	108 × 19	1a	108,3	++	212	
	108' × 19	1b	98,7		213	
	108 × 2	2a	82,7	++	207	
	108' × 2	2d	66,3		204	
	2 × 108	2b	82,3		230	+
	2 × 108'	2c	85,3		185	
c) 79:79'	79' × 108	3c	108,7		163	
	79' × 108'	3d	102,7		205	+
	79 × 108	3a	102,0		218	+
	79' × 108	3c	108,7	+	163	
	79 × 19	5c	108,0	+	191	
	79' × 19	5b	101,0		160	
	79 × 2	6b	97,0		221	
	79' × 2	6d	102,7		215	
	2 × 79	6a	91,7		176	
	2 × 79'	6c	96,3		170	
d) 2:2'	2 × 19(P)	4d	90,0		—	
	2' × 19	4b	96,3	+	226	
	2 × 79'	6c	96,3		170	
	2' × 79'	6f	94,7		—	
	79 × 2	6b	97,0	++	221	
	79 × 2'	6e	83,7		—	

## VI. Zusammenfassung

*Digitalis lanata* Ehrh. ist in den letzten Jahren in chemischer und pharmakologischer Richtung intensiv bearbeitet worden, in pflanzenbaulicher Hinsicht nur wenig, über ihre Züchtung liegen noch keine Veröffentlichungen vor.

I-Linien, die aus Kulturrassen isoliert wurden, zeigen wesentliche morphologische Unterschiede, die nicht geringer erscheinen als die Merkmalsunterschiede zwischen den Subspecies von *D. lanata* und denen der nächstverwandten *D. cariensis*.

Im Zusammenhang mit der Beschreibung des Entwicklungsablaufes der vegetativen und generativen

$$1 \frac{27 \cdot 26}{2} = 351 \quad 2 \frac{21 \cdot 20}{2} = 210$$

Phase werden Ursachen der Blütenbildung im ersten Lebensjahr erwähnt.

*D. lanata* ist vorwiegend Fremdbefruchter, jedoch ist bei künstlicher Selbstung der Samenansatz befriedigend. Die Inzuchtdepression ist erheblich, von Hand hergestellte Kreuzungen zeigen sehr guten Heterosiseffekt. Aus einem Kreuzungsversuch mit I-Linien von abweichender Blütenfarbe, in dem mit eigenem und fremdem Pollen bestäubt wurde, konnte geschlossen werden, daß die Neigung zur Fremdbefruchtung bei verschiedenen I-Linien verschieden groß ist.

Für die Gehaltsbestimmung wurde ein Verfahren verwendet, das auf dem Baljet-Test beruht (B-Werte). Der Analysenfehler beträgt ca. 4%. Die Werte, die aus Blattproben eines Stammes, aber von verschiedenen Parzellen gewonnen wurden, hatten nur eine geringe Streuung.

Eine Varianzanalyse ergab, daß eine Unterscheidung verschiedener Stämme, von denen je zwei B-Werte bestimmt wurden, gut möglich ist. Es wurden I-Linien isoliert, die ihre charakteristischen hohen oder niedrigen Gehaltswerte über mehrere Generationen beibehielten.

Ein Leistungsversuch wird geschildert, in dem B-Werte und Frischblatterträge von künstlich hergestellten Einfach- und Doppelkreuzungen aus vier Inzuchtlinien verrechnet und verglichen werden. Der Versuch wurde in 3facher Wiederholung angelegt, jede Parzelle umfaßte 20 Pflanzen. Zur B-Wert-Bestimmung wurde von jeder Parzelle eine Durchschnittsprobe genommen, die ein Blatt von jeder Pflanze enthielt, zur Ertragsbestimmung wurden pro Parzelle 10 normal entwickelte Pflanzen gewogen. Bei der varianzanalytischen Verrechnung der erhaltenen Werte erwies es sich, daß zur Einstufung der Versuchsglieder nach ihren B-Werten die 3fache Wiederholung und die Art der Probenahme zu befriedigenden Ergebnissen führten, während eine klare Einstufung der Versuchsglieder nach ihren Ertragswerten unter diesen Versuchsbedingungen nicht möglich war. Bezüglich der B-Werte war ein deutlicher Abfall der Doppelkreuzungen gegenüber den Einfachkreuzungen festzustellen. Unter den 6 verschiedenen Kombinationen von Einfachkreuzungen, die aus vier I-Linien möglich sind, traten signifikante Differenzen auf. Diese Kombinationen waren durch je mehrere Versuchsglieder repräsentiert, die reziproke Kreuzungen und Kreuzungen verschiedener Substämme der betreffenden I-Linien umfaßten. Durch die signifikanten Unterschiede, die diese Gruppen aufwiesen, war es also möglich, nicht nur die Kreuzungseignung der verwendeten Elter-Individuen oder der Elter-Stämme festzustellen, sondern die Kreuzungseignung der I-Linien als Ganzes zu beurteilen. Bei reziproken Kreuzungen konnte jedoch für keine I-Linie festgestellt werden, ob sie sich in ihren Kreuzungen grundsätzlich besser als Vater oder als Mutter eignet. Ebenso war eine Beurteilung der allgemeinen Kreuzungseignung verschiedener Substämme derselben I-Linien aus dem vorhandenen Material nicht möglich.

Der Firma P. Beiersdorf & Co. A.G., Hamburg, die die Durchführung dieser Arbeiten ermöglichte und in deren wissenschaftlichem Laboratorium die Glykosiduntersuchungen durchgeführt wurden, möchte ich an dieser Stelle aufrichtig danken.

#### Literatur

1. ANDERSON, D. C.: The Relation between Single and Double Cross Yields in Corn. Journ. Amer. Soc. Agron. 30, 209—211 (1938). — 2. BOSCHART, K.: Düngungsversuche mit Fingerhut. Heil- und Gewürzpflanzen 17, 97—119 (1937). — 3. COURT, G. TH., u. O. ALLEMANN: Einige Erfahrungen über die Kultur von *Digitalis lanata* in der Schweiz. Pharmac. Act. Helv. 18, 8/9 (1943). — 4. DAFERT, O., u. I. WALLENTIN: Anbauversuche mit *Digitalis lanata*. Ztschr. f. d. Landw. Versuchswesen in Deutsch-Österreich 27, 42—49 (1924). — 5. DAFERT, O., u. K. ENGLISCH: Notiz über die Verwendung künstl. Düngemittel bei *Digitalis lanata*. Heil- u. Gewürzpfl. 8, 176—177 (1926). — 6. FUCHS, L., M. WICHTL u. H. JACHS: Archiv der Pharmazie 291, 194 (1958). — 7. GRIMMER, G.: Die chemische Wertbestimmung von *Digitalis purpurea* und *Digitalis lanata* unter Berücksichtigung neuer Forschungsergebnisse. Planta Medica 4, 134 (1956). — 8. GROGAN, C. O., and M. S. ZUBER: Comparative Performance of Various Combinations of F<sub>1</sub> and F<sub>2</sub> Generation Seed of Maize. Agron. Journ. 50, 88—89 (1958). — 9. HECHT, W.: Bioklimatische Versuche zur Erforschung der Gehaltsschwankungen bei Arzneipflanzen. Heil- u. Gewürzpfl. 21, H. 2, 2—31 (1942). — 10. HEEGER, E. F., u. W. POETHKE: Die in der Heilkunde gebräuchlichen Digitalisarten. Pharmazie 1, 166—177 (1946). — 11. HERMANN, F.: Flora von Nord- und Mitteleuropa. Stuttgart: G. Fischer-Verlag (1956). — 12. HIMMELBAUER, W., u. I. WALLENTIN: Über *Digitalis lanata* Ehrh. Ztschr. f. d. Landw. Versuchswesen in Deutsch-Österreich 27, 31—41 (1924). — 13. HIMMELBAUER, W., u. ZWILLINGER: Biologische Formenkreise in der Gattung *Digitalis*. Biologia generalis, Bd. 3: Wien u. Leipzig 1927. — 14. IVANINA, L. I.: Die Gattung *Digitalis* L. und ihre praktische Anwendung. Acta Inst. Bot. Komarov. Acad. sci. URSS, ser. 1, 11, 198—302 (1955). — 15. JENKINS, M. T.: Methods of Estimating the Performance of Double Cross in Corn. Journ. Amer. Soc. Agron. 26, 199—204 (1934). — 16. MUDRA, A.: Statistische Methoden für landwirtschaftliche Versuche. Berlin u. Hamburg: P. Parey (1958). — 17. RUDORF, W.: „Kreuzung innerhalb der Art“ in: Hdb. d. Pflanzenzüchtung Bd. 1, 2. Aufl. Berlin, Hamburg: P. Parey 1958. — 18. SCHICK, E. R., u. R. REIMANN-PHILIPP: Die Züchtung von Heilpflanzen (Sammelreferat). Der Züchter 27, 300—332 (1957). — 19. SCHWERDTFEGER, G.: Abhängigkeit des Glycosidgehalts der *Digitalis lanata* von der Witterung. Meteorol. Rundschau 7, 2—4 (1954). — 20. SCHWERDTFEGER, G.: Krankheiten und Schädlinge an *Digitalis lanata*. hgk-Mitteilungen 3, 12 u. 4, 1 (1960/61). — 21. SPRAGUE, G. F., u. A. TAVCAR: „Mais“ in: Hdb. d. Pflanzenzüchtung Bd. 2, 2. Aufl. Berlin, Hamburg: P. Parey 1959. — 22. STOLL, A. u. E. JUCKER: in: „Moderne Methoden der Pflanzenanalyse“ Bd. 3, S. 205—271. Berlin/Göttingen/Heidelberg: Springer-Verl. 1955. — 23. STOLL, A. u. E. JUCKER: in „Üllmanns Encyklopädie der techn. Chemie“ Bd. 8., 3. Aufl., S. 222—240. Berlin/Wien: Urban u. Schwarzenberg 1957. — 24. TSCHESCHE, R.: in Lettré-Inhoffen-Tschesche, „Über Sterine, Gallensäuren und verwandte Naturstoffe“ Bd. 1, 2. Aufl., S. 287—386. Stuttgart: Ferd. Enke Verl. 1954. — 25. WEGNER, E.: Beitrag zur photometrischen Bestimmung der herzwirksamen Glycoside in den Blättern u. Samen von *Digitalis purpurea* L. Die Pharmazie 5, 226—232 (1950). — 26. WEGNER, E.: Zur Methodik der photometrischen Bestimmung der herzwirksamen Glycoside der Digitalisblätter unter besonderer Berücksichtigung fermentchemischer Vorgänge. Arzneimittel-Forschung 8, 382—388 (1952). — 27. WERNER, K.: Zur Nomenklatur und Taxonomie von *Digitalis* L. Bot. Jb. 79, 218—254 (1960).