

DER ZÜCHTER

30. BAND

1960

HEFT 4

Aus dem Max-Planck-Institut für Biologie, Tübingen

Haploide Blütenpflanzen als Material der Mutationszüchtung

Beispiele: Blattfarbmutanten und mutatio *wettsteinii* von *Antirrhinum majus*

Von G. MELCHERS

Mit 6 Abbildungen

Bei Versuchen zur Erhöhung der Mutationsrate werden bei diploiden Pflanzen vielfach die Samen, manchmal Knospen und — vor allem, wenn quantitativ auswertbare Ergebnisse angestrebt werden — Pollenkörper oder Eizellen den mutagenen Agentien ausgesetzt. Wenn es sich nicht um die spärlichen Merkmale der haploiden generativen Phase handelt, können die rezessiven Mutanten immer erst in der X₂-Generation gefunden werden. Bei vegetativ haploiden Pflanzen lassen sich in den Zellen der Vegetationspunkte eintretende Mutationen nach der Ausdifferenzierung des Gewebes als Sektorial- oder Periklinalchimären vielfach sogleich erkennen, auch wenn es sich um rezessive handelt. Wenn man mutagene Agentien anwendet, läßt sich der Erfolg also schon einige Wochen nach der Behandlung beurteilen. Aus Sektorialchimären läßt sich nach einmaligem oder wiederholtem Dekapitieren des den mutierten Sektor enthaltenden Sprosses die Mutante meist leicht in einem Seitensproß rein gewinnen. Einige Tropfen Colchicinlösung genügen, um aus dem haploiden, daher sterilen Sproß einen diploiden, fertilen zu machen. Da es heute von etlichen Pflanzen haploide Stämme gibt und Methoden bekannt sind, haploide Pflanzen zu erzeugen (z. B. F. v. WETTSTEIN 1937 — dort eine Liste der bis dahin bekannten Haploiden und ihrer Entstehung —; KNAPP 1939; EHRENSBERGER 1948; MALY 1958; TULECKE 1957, 1959), mir andererseits kein Fall bekannt ist, in dem der eben aufgezeigte Weg in der praktischen Mutationszüchtung beschritten wurde, möchte ich durch die kurze Beschreibung einiger auf diese Weise gewonnener Mutanten von *Antirrhinum majus* für die Verwendung von Haploiden in der Mutationszüchtung werben.

Ganz besonders verlockend muß die Verwendung von haploiden Pflanzen auf Versuchsfeldern mit andauernder γ-Strahlung sein und das vor allem, wenn man etwa eine Resistenzzüchtung gegen eine systemische, aber nicht tödliche Krankheit als Zuchtziel hat. In einem solchen Falle kann man die in der Genetik der Mikroorganismen übliche Methode auf einen höheren Organismus sinngemäß übertragen: man sucht nach längerem Wachstum unter häufigem Zurückschneiden der erkrankten Sprosse gesunde, als Mutanten entstandene Seitensprosse.

Versuche mit *Antirrhinum majus*

Material und Methode

Für unsere Versuche stand uns eine durch Stecklinge vermehrte, androgenetisch entstandene, ha-

ploide Linie der mutatio *nivea* von *Antirrhinum majus* (MALY 1958) zur Verfügung. Die im folgenden beschriebenen Mutanten entstanden entweder spontan oder nach Röntgenbestrahlung der ganzen Pflanzen. Um eine möglichst große Zahl embryonaler haploider Zellen dem mutagenen Agens aussetzen zu können,



Abb. 1. *Antirrhinum majus* mutatio *nivea* 53—881-C₁ haploid [aus *A. majus*, Sippe 50 ♀ (emaskulierte Blütenstände mit 5000—7000 r bestrahlten) × *A. majus* mut. *nivea* ♂ (MALY 1958)] für eine mutagene Behandlung durch mehrfaches Beschneiden vorbereitet. (~ 1/8 nat. Größe). — (Phot. L. SISKA).

wurden die Stecklinge vor der Behandlung durch häufiges Zurückschneiden zu „Büschen“ mit vielen Vegetationspunkten geformt (Abb. 1).

In dem hier abgebildeten Beispiel bestand die Absicht, die Pflanzen durch Vakuuminfiltation einem chemischen Mutagen auszusetzen. Daher wurde den Pflanzen durch wiederholtes Beschneiden die Form eines „Kugelbüschens“ gegeben. Die Blätter und Vegetationspitzen lassen sich also leicht in die zu infiltrierende Lösung eintauchen.

Einige Befunde

1. Blattfarbmutanten

Besonders häufig wurden spontan, aber vor allem nach Bestrahlung mit Röntgenstrahlen Mutanten mit defekten Plastidenpigmenten beobachtet. Von hellgrünen, gelblich und weißlich grünen bis zu äußerlich farblos erscheinenden Gewebestücken wurde



Abb. 2. Sproß einer haploiden *A. majus* mut. *nivea* mit einem zu Chlorophylldeficiens mutierten Sektor ($\sim 1 \times$ nat. Größe). — (Phot. L. SISKA).

einen Fall, bei dem es nicht nur durch zweckentsprechenden Schnitt gelang, einen ganz pigmentlosen Sproß zu erhalten, sondern dieser konnte auch mit Colchicin diploidisiert werden, so daß die im Bild festgehaltenen Blüten bereits fertil waren.

alles, was üblicherweise bei Pflanzen an chlorophylldefekten Mutanten bekannt ist, an einem Material von geringem Umfang gesehen. Hier soll an der Abb. 2 gezeigt werden, wie man etwa das erste Auftreten des mutierten Sektors beobachtet. Von B. ABEL (1955) ist bereits auf diese Möglichkeit, Mutanten mit veränderten Plastidenpigmenten zu finden und zu erhalten, hingewiesen worden. Abb. 3 zeigt

Alle aus diesen Blüten durch Selbstung gewonnenen Samen ergaben rein weiße Keimlinge. Ich wähle gerade dieses Beispiel, weil es zeigt, daß selbst eine ohne Verbindung mit den grünen Pflanzenteilen überhaupt nicht lebensfähige Mutante rein erhalten und fertil gemacht werden konnte. Weiterhin ist für den Züchter von Interesse, wie schnell und auf wie kleinem Raum man auf diesem Wege zu dem neuen Material kommt. Am 16. 9. 1955 wurden die haploiden Stecklinge mit 2000 r bestrahlt. Die Aufnahme stammt vom 4. 5. 56; d. h. in 7—8 Monaten und noch dazu überwiegend in Wintermonaten wurde die neue Form in einem Blumentopf erhalten.

Es versteht sich, daß die Verwendung von haploid vegetativem Material für exakte quantitative Studien über die Wirkung mutagener Agentien ungeeignet ist, denn man hat nicht die Möglichkeit, die Anzahl der behandelten Zellen präzise zu bestimmen. Für orientierende Vorversuche über die zu wählende Dosis ist das Auftreten chlorophylldefekter Pflanzenteile bezogen auf die Anzahl völlig getöteter Sproßvegetationspunkte aber ein geeignetes halbquantitatives Maß.

2. *mutatio wettsteinii*

Nach Bestrahlung am 6. 9. 55 mit 2000 r der vegetativ haploiden *Antirrhinum majus* mut. *nivea* 53—881-C₁ trat ein Sproß auf, der durch Emergenzen auf den Blättern auffiel. Dieser Sproß wurde in Stecklinge zerlegt und ein Teil des Klons mit Colchicin behandelt, bis diploide Sprosse mit fertilem Pollen erhalten wurden. Bis auf die übliche Zell- und Organvergrößerung änderte sich durch die Diploidisierung nichts an der auffälligen Merkmalsausbildung dieser Mutante. Im vegetativen Teil ist die Mutante durch die Emergenzen auf den Mittel- und größeren Seitenrippen der Blätter (Abb. 4 u. 5) und vielfach, aber nicht durchgehend, durch das unsymmetrische Wachstum der Blätter ausgezeichnet (Abb. 4). Die Abweichungen in den Blütenmerkmalen fallen schon am Habitus des ganzen Blütenstandes auf (Abb. 4c), wenn auch an der traubigen Anordnung der Einzelblüten nichts gegenüber der Ausgangsform geändert ist. Die bilaterale Symmetrie der Einzelblüte ist zwar noch gewahrt, wenn auch gegenüber der Stammform in Richtung auf radiäre Symmetrie abgewandelt (Abb. 6a, a₁; b, b₁). Sehr häufig sind 3 oder gar 4 von den tütenförmigen Blumenkronzipfeln nach innen geöffnet, während der untere und manchmal auch einer der seitlichen nach außen, d. h. zur Blütenstandsachse hin geöffnet sind (Abb. 6b, b₁). Während die normale *Antirrhinum*-Blüte ihre Antheren und den Griffel verborgen hält (Abb. 6a, a₁), ist die Blüte der Mutante nicht nur weit geöffnet, sondern die bei *Antir-*

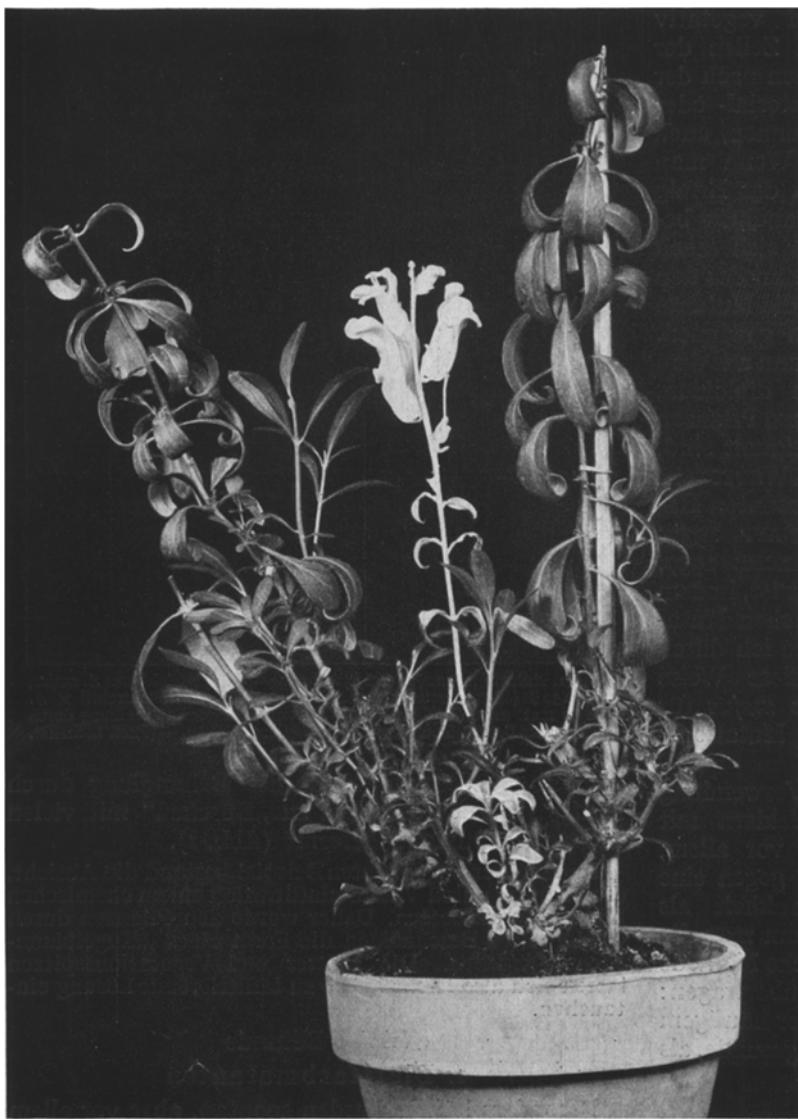


Abb. 3. *A. majus* mut. *nivea* haploid, am 16. 9. 1955 mit 2000 r bestrahlt. Aufnahme am 4. 5. 1956. Rein weißer, durch Colchicin-Behandlung bereits diploidisierter Sproß in Blüte. (Im Vordergrund ein haploider Sproß, der eine Periklinalchimäre mit grünem Kern und einer aus mutierten weißen Zellen bestehenden Hülle ist). ($\sim 4/9$ nat. Größe). — (Phot. U. ENGELMANN).

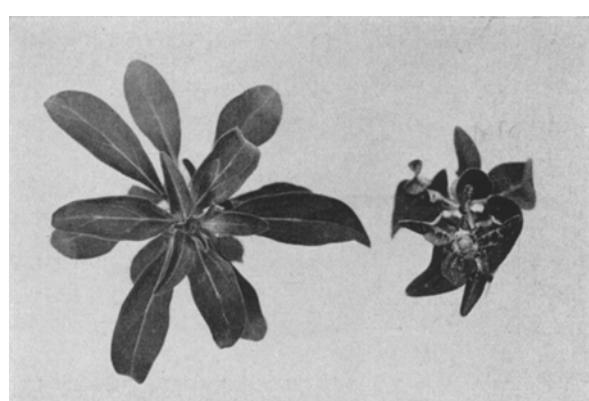
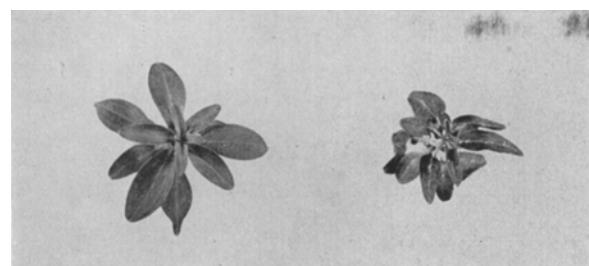


Abb. 4. Vergleich einer diploiden mut. *nivea* mit einer diploiden mut. *nivea* + mut. *wettsteinii* (weiterhin mut. *wettsteinii* genannt). Links *nivea*, rechts *wettsteinii*. Stecklinge *nivea* am 2. 6. 59, Stecklinge *wettsteinii* am 13. 5. 59 geschnitten. a) am 2. 7. 59, b) am 11. 7. 59, c) am 25. 7. 59, stets dieselben Individuen (a_1 und b_1 Aufsicht). Im Gesamtwachstum bleibt *wettsteinii*, vor allem vor und während der Anthese, stark zurück und ist außerdem durch stärkere Apikaldominanz, die Emergenzen auf den Blattnerven und den stark veränderten Blütenbau ausgezeichnet (vgl. 5 und 6!) (~ 6/15 nat. Größe). — (Phot. L. ŠíšKA).

rhinum sonst parallel angeordneten Filamente der Antheren sind auseinander gespreizt, wodurch die Antheren im Habitus des Blütenstandes sehr auffallen. (Abb. 4c, 6b, b₁). Stark verändert ist bei der Mutante der verkürzte und verdickte Griffel und die vielfach mit 2 gekrümmten Lappen überwölbte Narbe (Abb. 6c, c₁).

Selbstbestäubungen dieser Mutante führten bisher niemals zu Samenansatz. Auch Kreuzungen der neuen Mutante als ♀ mit *nivea* als ♂ blieben ohne Samenansatz. Dagegen wurden aus der Kreuzung *nivea* ♀ mit Pollen der neuen Mutante reichlich normale Samen erhalten. Die Pflanzen aus diesen Samen waren von *nivea*-Pflanzen nicht zu unterschei-

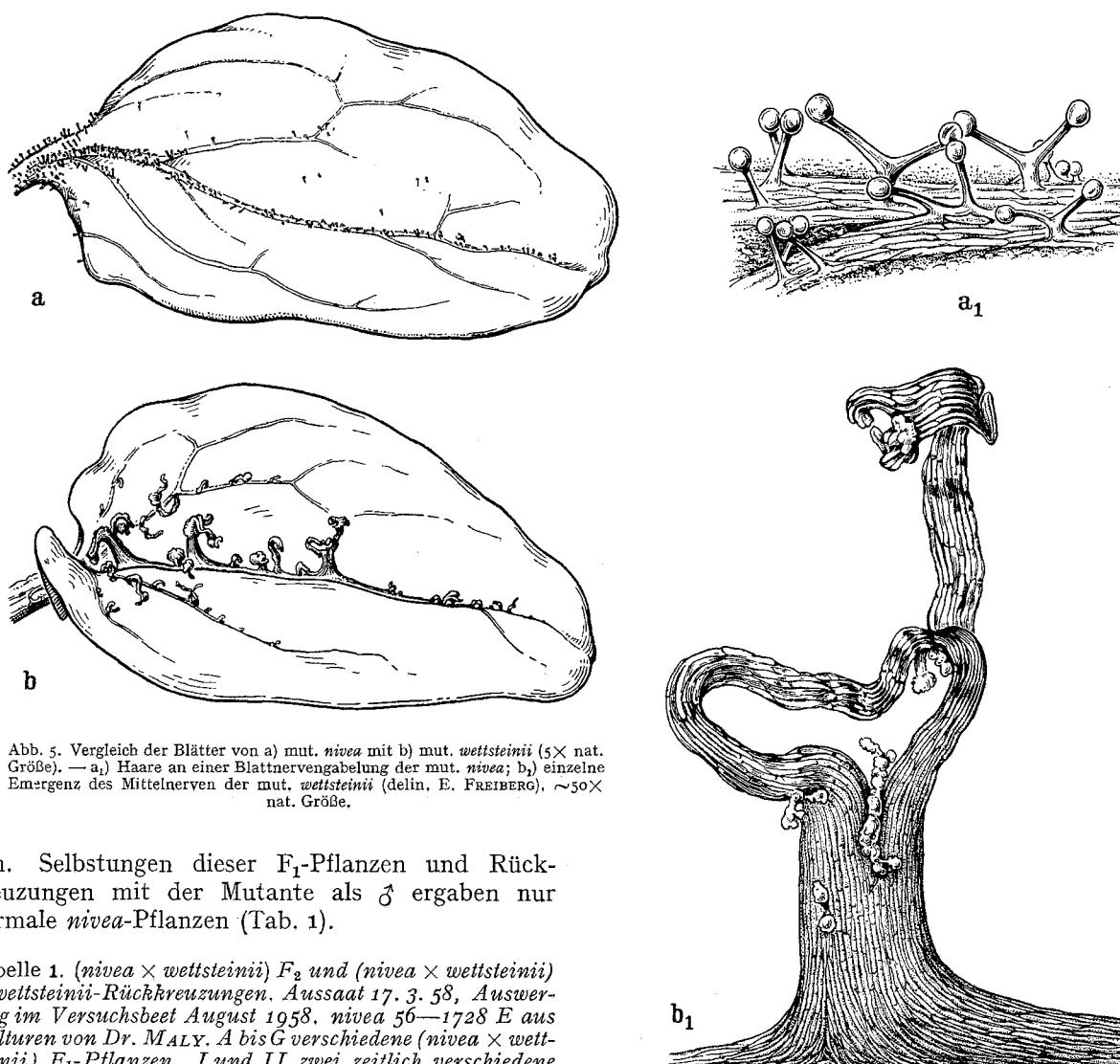


Abb. 5. Vergleich der Blätter von a) mut. *nivea* mit b) mut. *wettsteinii* (5× nat. Größe). — a₁) Haare an einer Blattnervengabelung der mut. *nivea*; b₁) einzelne Emergenz des Mittelnerven der mut. *wettsteinii* (delin, E. FREIBERG), ~50× nat. Größe.

den. Selbstungen dieser F_1 -Pflanzen und Rückkreuzungen mit der Mutante als ♂ ergaben nur normale *nivea*-Pflanzen (Tab. 1).

Tabelle 1. (*nivea* × *wettsteinii*) F_2 und (*nivea* × *wettsteinii*) × *wettsteinii*-Rückkreuzungen. Aussaat 17. 3. 58, Auswertung im Versuchsbeet August 1958. *nivea* 56—1728 E aus Kulturen von Dr. MALY. A bis G verschiedene (*nivea* × *wettsteinii*) F_1 -Pflanzen. I und II zwei zeitlich verschiedene Bestäubungen *nivea* × *wettsteinii*.

F ₂ bzw. Rückkreuzungsfamilie	<i>nivea</i>	<i>wettsteinii</i>
(56—1728 E × <i>wettst.</i>) F_2 A _s	166	0
(56—1728 E × <i>wettst.</i>) F_2 B _s aus I	264	0
(56—1728 E × <i>wettst.</i>) F_2 B _s aus II	52	0
(56—1728 E × <i>wettst.</i>) F_2 C _s aus I	134	0
(56—1728 E × <i>wettst.</i>) F_2 D _s aus II	192	0
(56—1728 E × <i>wettst.</i>) F_2 E _s aus II	252	0
(56—1728 E × <i>wettst.</i>) F_2 F _s aus II	159	0
(56—1728 E × <i>wettst.</i>) F_2 G _s aus I	97	0
Σ (56—1728 E × <i>wettst.</i>) F_2	1316	0
[[(56—1728 E × <i>wettst.</i>) B × <i>wettst.</i>] R _I aus I]	43	0
[(56—1728 E × <i>wettst.</i>) C × <i>wettst.</i>] R _I aus I	5	0
[(56—1728 E × <i>wettst.</i>) E × <i>wettst.</i>] R _I aus II	32	0
Σ [(56—1728 E × <i>wettst.</i>) × <i>wettst.</i>] R _I	80	0

D. h. also, daß diese Mutante keinesfalls durch die weiblichen Teile der Blüte weitergegeben wird. Es wurde bisher nicht festgestellt, auf welchem Stadium der Embryogenese die Eliminierung der neuen Mutante eintritt. Schon die Auszählung von ausgebildeten Samen und „Pulver“ nicht entwickelter Samenanlagen der P- und F_1 -Pflanzen und der quantitative Vergleich der Samenkeimung in F_1 und F_2 werden Hinweise für eine Beantwortung dieser an sich zwar interessanten, aber im Zusammenhang

mit dem züchterischen Problem unwichtigen Frage geben. Bei der Bestäubung erweist sich der weibliche Teil der Blüte wie oben gesagt als nicht funktionstüchtig. Aber auch im Bastard können entweder die Eizellen, die die Anlagen für die neue Mutante enthalten, nicht befruchtet werden, oder die für die neue Mutante homozygoten Embryonen sich nicht zu keimfähigen Samen entwickeln.

Von *Antirrhinum majus* sind schon so viele Mutanten beschrieben worden, daß man bei wenig umfangreichen Versuchen nur eine geringe Chance hat, eine neue Mutante zu finden. So ist auch recht wahrscheinlich, daß die zuerst erwähnten chlorophylldefekten Mutanten mit früher schon beschriebenen identisch sind. Die hier erstmals beschriebene Mutante ist bisher offenbar noch nicht aufgetreten und konnte, wie leicht einzusehen ist, mit den bisherigen Methoden der Mutationsforschung auch nicht gefunden werden. Sie ist in ihrer Merkmalsbildung völlig rezessiv, wie die erfolgreichen Kreuzungen mit ihrem Pollen zeigen.¹ D. h., bei Behandlung von Samen mit Mutagenen wird man sie in der X₁

¹ Wenn es sich allerdings um einen Typ von Chromosomenmutation handelt, bei dem ein die Merkmale der Mutante bestimmendes überzähliges Chromosom bei der Mikrosporogenese eliminiert wird, ist dieser Schluß unberechtigt und die vermeintlichen F_1 -Pflanzen sind gar keine Bastarde.

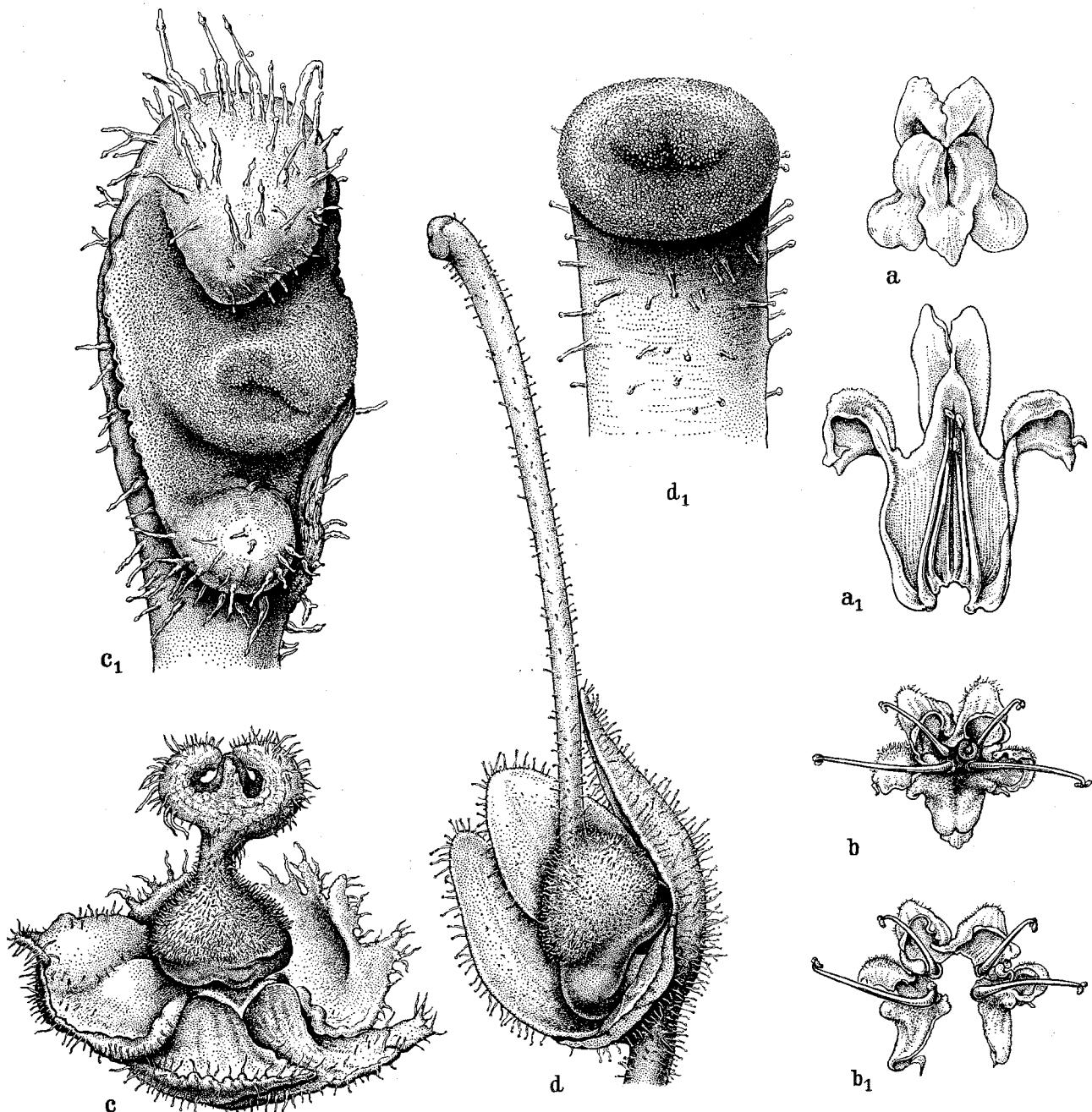


Abb. 6. Vergleich des Blütenbaus der diploiden mut. *nivea* (a und d) mit dem der diploiden mut. *wettsteinii* (b und c). a und b intakte Blüten von vorn ($\sim 1\frac{1}{4} \times$ nat. Größe); a₁ und b₁ Blütenkrone aufgeschnitten, ohne Gynoecium ($\sim 1\frac{1}{4} \times$ nat. Größe); d und c Kelch und Gynoecium (bei d zwei Kelchblätter entfernt) ($\sim 5\frac{1}{2} \times$ nat. Größe); d₁ normale Narbe der mut. *nivea*, c₁ Narbe der mut. *wettsteinii* (nicht dasselbe Exemplar wie in c, häufig ist der Griffel bei *wettsteinii* ± gekrümmt) ($\sim 35 \times$ nat. Größe). — (delin. E. FREIBERG).

nicht bemerken. Da sie die ♀-Teile der Blüte nicht zu passieren imstande ist, wird sie aber auch nie-mals in der X_2 auftreten können. Dasselbe gilt natürlich auch, wenn man Pollen oder Eizellen einer mutagenen Behandlung aussetzt. Die Mutante konnte also überhaupt nur auf dem hier beschrittenen Wege über die haploid vegetativen Pflanzen gefunden werden. Es ist selbstverständlich, daß sie trotz ihres funktionsfähigen Pollens auch nur vegetativ erhalten und vermehrt werden kann, wenn sie sich in Kreuzungen mit anderen Sippen als *nivea* nicht anders verhalten sollte. Zunächst bleibt offen, ob es sich um eine Chromosomen- oder Punktmutation handelt.

Zum Gedenken an meinen Lehrer F. v. WETTSTEIN, dessen Todestag sich am 12. 2. 60 zum 15. Male und dessen Geburtstag sich am

24. 6. 60 zum 65. Male jährt, nenne ich diese in ihrer Gestalt und durch ihre Entstehungsgeschichte merkwürdige Pflanze *Antirrhinum majus* mutatio *wettsteinii*.

Schlußfolgerungen und Diskussion

Vegetativ haploide Pflanzen sind also für die Mutationszüchtung von Interesse, denn 1. ist der Erfolg oder Mißerfolg einer mutagenen Behandlung sehr bald zu beurteilen, vor allem, wenn man als Kriterium Defektmutationen des Blattpigmentsystems heranzieht. 2. Es sollte möglich sein, Resistenz gegen ungünstige Außenfaktoren oder systemische Krankheiten auf haploider Basis direkt an den behandelten Pflanzen zu selektionieren. (Besonders bedeutungsvoll für sinnvolle Anwendung sogenannter γ -Strahlenfelder.) 3. Vegetativ haploide Pflanzen ge-

statten das Auffinden von Mutanten, die aus irgendwelchen Gründen die generativen Haplophasen oder Embryonalstadien zu passieren nicht imstande sind. D. h. also, man kann auf diesem Wege zu neuen Genotypen kommen, die auf keine andere Weise auffindbar sind. (Bei völliger Störung der ♀-Haplophase in der züchterischen Praxis bedeutungsvoll nur bei Pflanzen mit vegetativer Vermehrung.)

Von MELCHERS u. BERGMANN (1958) ist bereits darauf hingewiesen worden, welche interessanten Möglichkeiten über die hier angeführten hinaus die Einzelzellen- und Gewebekultur haploider Pflanzen für die Pflanzenzüchtung gewinnen kann, wenn es gelingen sollte, ohne allzu große Umstände massenhaft Gewebeklone aus Einzelzellen heranzuziehen und aus solchen Kulturen normale Pflanzen zu regenerieren. MELCHERS u. ENGELMANN (1955) (s. auch MELCHERS u. BERGMANN 1958 und NICKELL u. TULECKE 1959) haben einfache Methoden zur submersen Kultur von beliebig großen Mengen von Pflanzengewebe beschrieben. Ein weiterer methodisch sehr wichtiger Schritt ist von BERGMANN (1959) angegeben worden. Ihm gelang die schnelle und massenhafte Klonbildung aus Einzelzellen ohne die umständliche Anwendung von Ammengewebe. Regeneration von ganzen intakten Pflanzen aus völlig dedifferenzierten Geweben ist von REINERT (1958 und 1959) und STEWARD et al. (1958) angegeben worden. Prinzipiell ist damit auch dieser Weg für die Mutationszüchtung bereits freigelegt.

Im Einzelfall wird das Auffinden oder Herstellen von Haploiden oder gar das Anlegen und die Haltung haploider Gewebekulturen, d. h. also auch das Vermeiden spontaner Polyploidisierung, die Dissoziation zu Einzelzellen, die Anpassung der Methoden der Mutagenese an diese Kulturbedingungen, die Klonkultur aus Einzelzellen und Regeneration von ganzen Pflanzen aus diesen Klonen manche Variation

und Vervollkommennung der bisher angegebenen Methoden erfordern: ein dankbares Feld für wahrhaft fortschrittliche Züchtungsforscher!

Literatur

1. ABEL, B.: Eine Methode zur Erhaltung von homozygoten Chlorophyllmutanten. Die Naturwissenschaften **42**, 372 (1955). — 2. BERGMANN, L.: A new technique for isolating and cloning cells of higher plants. Nature **184**, 648—649 (1959). — 3. EHRENSBERGER, R.: Versuche zur Auslösung von Haploidie bei Blütenpflanzen. Biol. Zbl. **67**, 537—546 (1948). — 4. KNAPP, E.: Haploide Pflanzen von *Antirrhinum majus*. Ber. Dt. Bot. Ges. **57**, 371—379 (1939). — 5. MALY, R.: Die Mutabilität der Plastiden von *Antirrhinum majus* L. Sippe 50. Z. Vererbungslehre **89**, 692—696 (1958). — 6. MELCHERS, G., u. L. BERGMANN: Untersuchungen an Kulturen von haploiden Geweben von *Antirrhinum majus*. Ber. Dt. Bot. Ges. **71**, 459—473 (1958). — 7. MELCHERS, G., u. U. ENGELMANN: Die Kultur von Pflanzengewebe in flüssigem Medium mit Dauerbelüftung. Die Naturwissenschaften **42**, 564—565 (1955). — 8. REINERT, J.: Morphogenese und ihre Kontrolle an Gewebekulturen aus Karotten. Die Naturwiss. **45**, 344—345 (1958). — 9. REINERT, J.: Über die Kontrolle der Morphogenese und die Induktion von Adventivembryonen an Gewebekulturen aus Karotten. Planta (Berlin) **53**, 318—333 (1959). — 10. STEWARD, F. C., O. MAPES and J. SMITH: Growth and organized development of cultured cells I. Growth and division of freely suspended cells. Amer. Journ. of Bot. **45**, 691—703 (1958). — 11. STEWARD, F. C., M. O. MAPES and K. MEARS: ... II. Organization in cultures grown from freely suspended cells. Amer. Journ. of Bot. **45**, 705—708 (1958). — 12. STEWARD, F. C. III. Interpretations of growth from free cell to carrot plant. Amer. Journ. of Bot. **45**, 709—713 (1958). — 13. TULECKE, W.: The pollen of *Ginkgo biloba*: in vitro culture and tissue formation. Amer. Journ. of Bot. **44**, 602—608 (1957). — 14. TULECKE, W.: The pollen cultures of C. D. LARUE: a tissue from the pollen of taxus. Bull. of the Torrey Bot. Club **86**, 283—289 (1959). — 15. TULECKE, W., and L. G. NICKELL: Production of large amounts of plant tissue by submerged culture. Science **130**, 863—864 (1959). — 16. v. WETTSTEIN, F.: Über reziprok induzierte, haploide Pflanzen aus einer Artbastardierung bei *Epilobium*. Biol. Zbl. **57**, 561—568 (1937).

Aus dem Institut für Acker- und Pflanzenbau der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin in Müncheberg

Beiträge zur Züchtungsforschung beim Apfel

V. Phänologische, morphologische und genetische Studien an Nachkommen aus Kreuzungen der Ananas-Renette mit sieben Kultursorten

Von HEINZ MURAWSKI

Mit 3 Abbildungen

A. Einleitung

Für eine systematische Weiterentwicklung der Obstzüchtung ist die Kenntnis des Erbwertes der als Kreuzungspartner zu verwendenden Sorten eine wichtige Voraussetzung. Die Schwierigkeit bei der Durchführung von Vererbungsversuchen mit Gehölzen bedingt, daß wir erst mangelhaft über den Erbwert unserer wichtigsten Apfelsorten unterrichtet sind. Die ersten Ergebnisse einer wissenschaftlichen Erbanalyse heimischer Obstsorten wurden von SCHMIDT (1947) veröffentlicht. Es gelangten damals vorwiegend Sämlinge aus freier Abblüte zur Untersuchung, da es schwierig war, am Anfang der Obstzüchtung schnell ein großes, aus Sortenkreuzungen hervorgegangenes Ausgangsmaterial zur Verfügung

zu stellen. Nur von einigen Sortenkreuzungen waren größere Nachkommenschaften vorhanden. Die Sämlingsnachkommen aus freier Bestäubung gestatten nur, den Erbwert der Muttersorte zu untersuchen. Trotz dieses Mangels konnte der Zuchtwert einiger Sorten charakterisiert werden. Auch in den Vereinigten Staaten von Nordamerika und Kanada (HARTMAN und HOWLETT 1942, WELLINGTON und HOWE 1944, HOWLETT und GOURLEY 1946, SCHNEIDER 1949, DAVIS, BLAIR und SPANGELO 1954 und KLEIN 1958), in England (TYDEMAN 1943) sowie in Schweden (NYBOM 1959) sind in den letzten Jahren teilweise sehr eingehende Untersuchungen über den Erbwert züchterisch wertvoller Apfelsorten gemacht worden. Während in diesen Arbeiten vorwiegend über die