

züchtung in erster Linie auf die physiologische Analyse polygen bedingter Eigenschaften gerichtet, so fesselte an Hafer die Lösung genetischer Probleme, wie die Vererbung der Schalenfarbe, des Ligulamerkmals, der Chlorophylldefekte und der fatuoiden Typen; Studien, deren Ergebnisse in mehreren gründlichen Arbeiten veröffentlicht wurden.

Es würde jedoch zu weit führen, die Neuzüchtungen ÅKERMANS im einzelnen zu würdigen; viele von ihnen haben über das Heimatland hinaus ihren Wert in anderen küstennahen Gebieten unter Beweis gestellt.

Das Bild ÅKERMANS wäre aber einseitig gezeichnet, wenn seine organisatorischen Leistungen nicht erwähnt würden. Vom väterlichen Hof mit der praktischen Landwirtschaft innig verbunden, hatte er immer neben der botanischen, genetischen und züchterischen Arbeit ein offenes Auge für die Probleme der praktischen Landwirtschaft, und er fand neben den Arbeiten zum Ausbau der von ihm seit 1939 verantwortlich betreuten Zuchtstation vielfach Gelegenheit, im größeren Rahmen an der technischen und wirtschaftlichen Organisation der schwedischen Landwirtschaft mitzuarbeiten. Während des zweiten

Weltkrieges trug er die Verantwortung für die Ernährung des schwedischen Volkes an entscheidender Stelle mit und nahm in den letzten Jahrzehnten als Mitglied vieler Kuratorien und Kommissionen an der Organisation der schwedischen Wissenschaft und Landwirtschaft, der verarbeitenden Industrie und des Handels und an der Durchführung von deren vielseitigen Aufgaben tätigen Anteil. Von den zahlreichen Ehrungen, die ihm in seiner Heimat und im Ausland zuteil wurden, sei nur auf die Mitgliedschaft der schwedischen Landwirtschaftsakademie und der Kaiserlich Leopoldinischen Akademie der Naturforscher hingewiesen.

So wird das Bild ÅKE ÅKERMANS weiter leben als die Verwirklichung einer selten glücklichen Vereinigung gründlicher, tiefeschürfender theoretischer Begabung mit einem offenen Blick für die Fragen der landwirtschaftlichen Praxis und der Volkswirtschaft, als das Bild eines Wirtschaftsbiologen im besten Sinne des Wortes und eines warmherzigen Menschen, der nach getaner Arbeit im Kreise der Familie und der Freunde bei Hausmusik und fröhlichem Gespräch ein liebenswerter Gesellschafter sein konnte.

FUCHS, Göttingen.

(Aus dem MAX-PLANCK-Institut für Züchtungsforschung [ERWIN BAUR-Institut] in Voldagsen)

Die Auslösung von Mutationen als Methode der Obstzüchtung

I. Die Isolierung von Mutanten in Anlehnung an primäre Veränderungen

Von MAX ZWINTZSCHER *

Mit 10 Textabbildungen

Selbst in der ältesten Literatur über experimentelle Mutationsauslösung als Methode der Züchtung werden die Obstgehölze als hierfür besonders geeignete Objekte angesehen. Als STADLER (21) im letzten Drittel der 20er Jahre seine Mutationsversuche mit Getreidearten beginnt, schließt er sofort die Obstgehölze in seinen Versuchsplan mit ein und berichtet (1930), daß er in Zusammenarbeit mit MURNEEK Röntgenbestrahlungen durchgeführt hat.

Als Grund für diesen Entschluß führt STADLER die im höchsten Grad heterozygote Konstitution der Obstarten an. Bei Anwendung der Kombinationszüchtung geht erfahrungsgemäß der Sortencharakter verloren. Er bleibt aber im wesentlichen erhalten, wenn durch Mutation nur eine oder wenige Eigenschaften abgeändert werden. Außerdem kann man mit Hilfe der bei den Obstarten üblichen vegetativen Vermehrung jede im Erbgut verankerte Veränderung fixieren.

Als KNAPP 1937 (16) vor Pflanzenzüchtern in Müncheberg über „Künstliche Mutationsauslösung in der Pflanzenzüchtung“ sprach, erwähnte er mit gleicher Begründung wie STADLER die vegetativ vermehrbaren Kulturpflanzen, darunter die Obstarten, als Objekte, bei denen die „Möglichkeiten der praktischen Anwendung der künstlichen Mutationsauslösung etwas anders gelagert“ seien, „anders“ im Sinne von günstiger gegenüber den durch Samen vermehrten Pflanzen. SCHMIDT bestätigte 1939 (19) die Inan-

griffnahme dieser Arbeiten. Beide haben offensichtlich keine Kenntnis von den Versuchen von STADLER und MURNEEK gehabt. SCHMIDT ließ 1938 im Sommer Reiser bestrahlen, deren Augen einzeln auf Unterlagen okuliert wurden. Diese Veredlungen wurden zu Spindelbüschen erzogen. Alle schriftlichen Unterlagen über diesen Versuch sind offenbar durch Kriegshandlungen verlorengegangen. 1948 nahm er diese Versuche von neuem auf und behandelte im Spätwinter und nochmals zur Okulationszeit im Sommer Reiser einiger Apfelsorten, das zweite Mal auch Schattenmorellen- und Hauszwetschenreiser, mit Röntgenstrahlen (19b).

Im Zuge der Erfolge der schwedischen Getreidezüchter mit der Mutationsmethode [s. GUSTAFSSON u. a. (14)], wird diese dort ab 1944 auch bei Obstgehölzen angewendet. Ab 1949 berichtet GRANHALL (5), (7), (8), (9), (10), (11), (12), (13) laufend über die nunmehr recht umfangreichen Versuche, die mit den verschiedensten mutagenen Mitteln durchgeführt werden.

Seit 1948 hat auch C. J. BISHOP in Kentville (Canada) Röntgenstrahlen auf zahlreiche Apfelreiser einwirken lassen, die dann in ältere Bäume gepfropft wurden (3). Er nennt auch nicht bekannt gewordene Versuche von WEBSTER (1930–32) und NEBEL (um 1939).

CRANE, Bayfordbury, bestrahlte 1951 junge Birnen mit Röntgenstrahlen (2500 r u. 5000 r). Diese wie auch Versuche mit radioaktivem Phosphor (P_{32}) wurden nicht fortgesetzt (2).

* Herrn Prof. H. KAPPERT zum 65. Geburtstag gewidmet.

Ein spezielles Beispiel für die Mutationszüchtung bei Obst ist die Überwindung der Selbststerilität der Süßkirschen mit Hilfe von Röntgenstrahlen, über die 1949 LEWIS berichtet (17).

Auf Grund der relativ optimistischen Beurteilungen der Mutationsmethode für die praktische Obstzüchtung durch STADLER und KNAPP hätte man erwarten dürfen, daß solche Experimente in der folgenden Zeit in weit größerem Umfang durchgeführt worden wären, als dies tatsächlich geschehen ist. Einer der Gründe hierfür ist sicherlich in dem Umstand zu suchen, daß wegen Mangels an positiven Ergebnissen über die ersten beiden Versuche (STADLER-MURNEEK und WEBSTER in USA., SCHMIDT in Deutschland) nichts Positives berichtet wurde. Auch die Versuche von BISHOP in Canada haben noch zu keinem praktischen Ergebnis geführt. Es entstanden Chimärenfrüchte mit Farbsektoren und übergroße, unregelmäßig geformte Früchte (3). Selbst die Zahl der in den sehr vielseitigen und relativ umfangreichen schwedischen Versuchen entstandenen Mutationen ist nicht erheblich. Dieses bisherige Gesamtergebnis steht in einem gewissen Widerspruch zur Erwartung, insbesondere zur spontanen Mutationsrate der Obstarten. An Obstgehölzen hat man schon sehr viele Mutationen beobachtet, und zahlreiche haben sich als neue Sorten bewährt (4), (6), (19), (20). Dieses unterschiedliche Ergebnis kann seine Ursache nicht in der genetischen Konstitution der Obstgehölze haben. Diese ist bei den einzelnen Arten auch zu ungleich, als daß eine einheitliche Reaktionsweise zu erwarten wäre (19). Im Gegenteil, GRANHALL weist nach, daß auch beim Apfel die Wirkung der gleichen Dosis auf verschiedene Polyploidiestufen verschieden ist (10). Auch bei den bislang angewendeten mutagenen Mitteln ist diese Ursache nicht zu suchen. Die wenigen bisher erhaltenen Mutanten stimmen mit den spontanen überein (13).

Die ehemals in Müncheberg begonnenen Mutationsversuche wurden in Voldagsen 1947 wieder aufgenommen, und zwar auf RUDORFS Initiative zuerst beim Beerenobst. Entscheidend hierfür waren Überlegungen, die KAPLAN später (1953) in einer Veröffentlichung niedergelegt hat (15). Bei allen mit mutagenen Agenzien behandelten Pflanzen entstehen sowohl Gen- als auch Chromosomen-Mutationen. Die Nachteile letzterer sind bekannt, wenn es sich um durch Samen vermehrte Selbstbefruchter handelt (Letalität, Sterilität). Methoden für ihre Zurückdrängung ist der erste Teil dieser Arbeit gewidmet. Im zweiten Teil wird darüber diskutiert, ob bei bestimmten Objekten nicht gerade diese Art der Abänderungen brauchbar sei, denn nicht alle Translokationen, Inversionen u. evtl. auch Deletionen verursachen Sterilität, Wachstumshemmungen u. a. Schäden. In diesem Zusammenhang ist beim Obst von besonderer Bedeutung, daß die behandelten Vegetationspunkte Zellgruppen darstellen. Ein Teil dieser Zellen wird unbeeinflusst bleiben, die Erbsubstanz der anderen aber erfährt die unterschiedlichsten Wandlungen. Ein aus einer solchen Knospe hervorgehender Sproß wird notwendigerweise chimärenartigen Charakter besitzen. Weiter ist verständlich, daß die einzelnen Sektoren sich hinsichtlich ihrer Zellteilungsquote unterscheiden. Gerade dies aber hat zur Folge, daß das normale Gewebe mit maximaler Teilungsgeschwindigkeit die veränderten, ge-

hemmten Sektoren überwächst und ein solcher Trieb sich zunehmend normalisiert. KAPLAN (1953) bezeichnet diesen Vorgang als intraindividuelle Selektion, die zur Ausmerzung aller irgendwie geschwächten Mutanten führt und nur solche mitkommen läßt, die vital sind. Das sind aber nur wenige! Möglichkeiten, die Chimärennatur solcher Triebe aufzulösen, bietet u. a. Rückschnitt, der auch an dem schon genannten *Ribes*-Material mit Erfolg angewendet worden ist [(1) BAUER, unveröffentlicht].

Auf Grund dieser Überlegungen wird verständlich, warum die ersten Müncheberger Versuche ohne sichtbaren Mutationserfolg geblieben sind.

Die bestrahlten Augen waren handbreit über dem Erdboden in Unterlagen okuliert worden. Im folgenden Jahr wuchs daraus die sogenannte 1jähr. Veredlung, d. h. ein unverzweigter bis 1 m hoher Trieb. Dieser wurde zu Beginn des nächsten Jahres nur wenig gekürzt, damit sich an seiner Spitze die Krone bilden konnte. Obgleich es sich um mehrere hundert Pflanzen handelte, wurde in den Kronen nie eine Abänderung bemerkt. Wir dürfen heute annehmen, daß diese Kronen aus Gewebe bestanden, aus dem die Mutationen zurückgeblieben waren (im Stamm).

Es ist durchaus möglich, daß auch MURNEEK (18) und WEBSTER aus dem gleichen Grund keine Mutanten erhielten. In diesem Zusammenhang ist von Interesse, daß, so weit dies angegeben ist, BISHOPS Chimärenfrüchte und ein Teil der von GRANHALL beschriebenen Mutanten an den Trieben jener Reiser gefunden wurden, die sie in alte Baumkronen veredeln ließen (3), (7), (8), (10).

Da erfahrungsgemäß das Triebwachstum solcher Bäume gering ist, sind auch die behandelten Reiser nach dem Anwachsen bald verfruchtet. Das heißt, sie bildeten auch an der Triebbasis Knospen innerhalb solcher abgeänderten Sektoren, und sobald diese austrieben, konnte die Abänderung erkannt werden.

1952 konnten Voraussetzungen dafür geschaffen werden, die Mutationsversuche an Baumstärken wieder aufzunehmen. Es galt, geeignete Methoden zu entwickeln, um zahlreiche Mutanten zu erzeugen und — was noch wichtiger sein dürfte — diese zu erfassen. Es kommt vor allem darauf an, die in der Pflanze ablaufende intraindividuelle Selektion selbst in die Hand zu bekommen. Beobachtungen und Methoden, die diesem Ziele dienen und während der Jahre 1953 und 54 vom Verfasser gehandhabt wurden, sollen als Beitrag zum Problem der Nutzbarmachung von induzierten Mutanten des Baumobstes nun mitgeteilt werden.

Im März 1953 wurde mit diesen Versuchen begonnen. Röntgenstrahlen dienten als Behandlungsmittel. Von Anfang an ist ein technisches Problem überwunden worden, durch welches auch GRANHALL Schwierigkeiten hatte (7). Die von ihm bestrahlten Reiser wuchsen nämlich nur zu einem Teil an. Der Ausfall war sortenverschieden, von der Dosis abhängig, meist aber sehr hoch. Wir schalteten diese Schwierigkeit dadurch aus, in dem wir junge Baumschulpflanzen ausgruben, ihre Krone bis auf den Leittrieb und zwei Seitentriebe, die in einer Ebene standen, entfernten und auch diese Triebe bis auf 3—4 Knospen kürzten. Diese so vorbereiteten Kronen wurden im Röntgenraum bestrahlt. Der Fokusabstand (40 cm) war so gewählt worden, daß der Felddurchmesser hinreichend groß war, um diese kleinen Kronen einschließlich

einiger Zentimeter des Stammes unterhalb der Ansatzstellen der Seitenzweige aufzunehmen. Nach der Behandlung sind diese Bäume sofort wieder gepflanzt worden.

Beim Apfel wurden von 5 Zuchtklonen und 2 Sorten je 12 Bäume bestrahlt, desgleichen 2 Kontrollen dazu gepflanzt. Von einem Pflaumenklon (Klon 4), und einer Süßkirschenart (Primavera) waren es je 10 Pflanzen, dazu je 2 Kontrollen. Die verabreichte Dosis betrug bei den Äpfeln 4000 r, bei der Pflaume

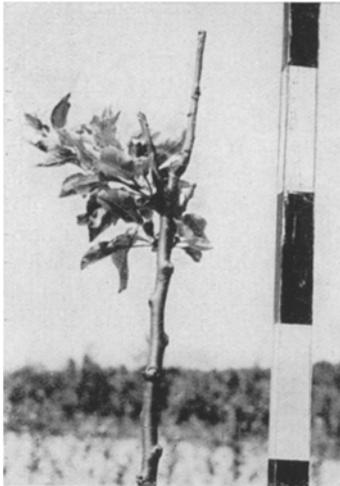


Abb. 1. Krone einer mit 4000 r bestrahlten Pflanze im Sommer nach der Behandlung. Die betroffenen Knospen wurden abgetötet. Austrieb erfolgte aus stammbürtigen schlafenden Augen (Werkfoto Original).

2500 r und bei der Süßkirsche 2000 r. Diese Dosen wurden in Anlehnung an die hiesigen Erfahrungen und die GRANHALLS gewählt (7). Von einer Kontrollpflanze abgesehen (Gravensteiner), sind sämtliche Pflanzen angewachsen und haben aus dem bestrahlten Bereich Triebe gebildet!

Die behandelten Kronen und die an ihnen sich bildenden Triebe (anderenorts entstehende wurden entfernt) sind im Laufe des Jahres sorgfältig beobachtet worden (Abb. 1).

Im Gegensatz zu den Kontrollpflanzen zeigten die behandelten folgende wesentliche Erscheinungen, die nur auf der Wirkung der Röntgenstrahlen beruhen konnten:

Die gesamte Rinde der bestrahlten Zone verfärbte sich auffällig nach braunviolett, wurde zuweilen blasig und ist später teilweise eingetrocknet. Sortenunterschiede sind beobachtet worden (Gravensteiner = 1 (s. geringe Schäden), Klon 18 = 2 (ger. Schäd.) und Cox' Orangen-Rtte. u. a. = 5 (s. st. Schäd.).

Besonders gewertet wurden auch die Schäden an der Knospenbasis, die von einem schmalen absterbenden Streifen bis zur völligen Zerstörung reichen. Nach der Zahl der Knospen je Schadgruppe zu schließen, bestehen wiederum Sortenunterschiede.

Der Anteil Knospen, die austrieben, ist ebenfalls bestimmt worden. Es entstanden aber auch Triebe aus Beiaugen. Auch hier große Sortenunterschiede!

Die Beeinflussung der Vitalität kommt insbesondere in einer zeitlichen Verzögerung des Austriebes der behandelten Pflanzen zum Ausdruck. Am Jahresende konnte man sie an der relativen Länge der Triebe abschätzen. Sortenunterschiede sind wieder vorhanden.

Wie am schwedischen Material beobachteten wir an Blättern und Trieben Wirkungen der Bestrahlung (Primäreffekte). Verbänderungen waren relativ häufig; je nach Sorte gabelten sich zwischen 14,6% und 52,2% der Triebe zweifach, dreifach und sogar vierfach. Gabelung der Blattmittelrippe kam bei sämtlichen Sorten, wenn auch nicht an allen Bäumen vor. In zwei Fällen waren die Blattränder vom Stiel her derart verwachsen, daß das Blatt einem Trichter gleich. Chlorophylldefekte sind beobachtet worden,

aber nur an wenigen Bäumen und auch nicht an allen Sorten. Das gleiche gilt von der Asymmetrie der Blätter. Trichterbildung und Asymmetrie der Blätter dürfte hier erstmals beobachtet worden sein. Bei allen Merkmalen sind Sortenunterschiede vermerkt worden.

Unser Ziel, auf die während des Triebwachstums ablaufende intraindividuelle Selektion selbst Einfluß zu gewinnen, konnten wir Anfang August wieder verfolgen. Zu diesem Zeitpunkt sind sämtliche Langtriebe bis auf 1–3 Augen entfernt und die nächsten fünf Augen dieser Triebe einzeln auf schon im Frühjahr vorsorglich gepflanzte Unterlagen okuliert worden. Wir wählten die untersten Augen in Anlehnung an die insbesondere von KAPLAN (s. oben) gemachten Überlegungen. Sofern mutierte Zellen überhaupt sich durch Teilung am Aufbau des Triebes beteiligt haben, müßten sie durch diese Isolierung erfaßt worden sein. Aus diesen Augen werden Pflanzen erwachsen, die aus genetisch einheitlichen Geweben bestehen, unter Umständen auch noch chimärenartigen Charakter besitzen. Es besteht die Absicht, sie möglichst unbehelligt wachsen zu lassen. Als Unterlagen dienten die Sorten E.M.IX (langsames Wachstum, schnelles Verfruchten) und E.M.XI (kräftiges Wachstum), von jeder 750 Stück, insges. 1500 Veredlungen.

Der starke Rückschnitt im Sommer 1953 führte im Frühjahr 1954 zur Entwicklung zahlreicher Triebe, sowohl aus den belassenen Augen als auch aus ruhenden Primordien. Auch diese Triebe sind im Laufe des Jahres (1954) genauestens beobachtet und im August wiederum mit gleicher Absicht wie im Vorjahr entfernt worden. Es konnten diesmal 3000 Augen isoliert werden. Eine dritte Wiederholung dieses Vorganges soll im August 1955 erfolgen und dürfte zur Isolierung von 4–5000 Augen führen. Die ursprünglich mit Röntgenstrahlen behandelten 7 (Sorten) \times 12 (Bäume je Sorte) \times 10 (Knospen i. M. je Pflanze) = 840 Knospen werden dann in 8–10000 Einheiten aufgelöst sein. Die Aussicht, daß aus den isolierten Augen Pflanzen einheitlichen Gewebes hervorgehen, dürfte nach jedem Rückschnitt zunehmen.

Wir haben die Absicht, die direkt behandelten Bäume nach dem dritten Rückschnitt ungehemmt wachsen zu lassen. Sie werden nochmals eine sehr große Zahl gleichwertiger Triebe bilden, und diese werden dann bald verfruchten.

Bei den im März 1953 bestrahlten Kirschbäumen gelang die Isolierung einzelner Knospen zur Okulationszeit nur in wenigen Fällen. Eine Wiederholung erfolgte nicht. Diese Kirschbäume werden, wie die gleichzeitig in diesen Versuch einbezogenen Pflaumen, einer extensiven Selektion unterworfen, d. h. es erfolgt alljährlich Rückschnitt aller Triebe bis auf 1–3 Knospen. Nach drei- bis viermaligem Rückschnitt dürften die entstehenden Triebe überwiegend aus einheitlichem Gewebe bestehen.

Wegen der Abhängigkeit der Mutationsfrequenz von der Dosis (14) ist 1954 an drei Pflaumensorten versucht worden, die maximal verträgliche Dosis festzustellen. Nach der oben beschriebenen Methode wurden kleine Kronen junger Bäume mit bekannter Knospenzahl Röntgenstrahlen ausgesetzt, und zwar sind die Dosen 2000 r, 4000 r und 6000 r verabfolgt worden. In der der Behandlung folgenden Entwicklungsperiode trieben die Pflanzen mit der niedrigsten Dosis fast ebenso willig aus wie die Kontrollen. Die

Wirkung von 4000 r war wesentlich stärker. Ein Teil der Knospen fiel aus, die Entwicklung war langsamer und schwächer. Schließlich haben 6000 r sämtliche Knospen getötet. Aus schlafenden Augen entwickelten diese Pflanzen spät im Jahr noch einige Triebe, die relativ kurz und schwach geblieben sind, vereinzelt auch wieder abstarben (Abb. 2). Pfropfungen gleich-

laufende Beobachtungen ließen folgendes in Erfahrung bringen. Die erste Bonitur betraf den Austrieb (Entfaltung der Blätter) am 24. 5. 54. Jede Knospe wurde einzeln beurteilt (1 = schwach, 2 = mittel, 3 = voll entfaltet). 37 Knospen der Kontrolle (Ko.) von Primavera kommt ein Mittelwert von 2,8 zu. Die 86 Knospen der Dosis A (= 2000 r) er-



Abb. 2. Entwicklungshemmung nach Röntgenbestrahlung. Von rechts nach links: Kontrolle, 2000 r, 4000 r, 6000 r. Diese Aufnahmen wurden am 17. 5. 1954 gemacht (Werkfoto Original).

artig behandelter Reiser erfolgten nicht, aber es ist anzunehmen, daß nach Bestrahlung mit 6000 r der Beeinflussung der gesamten zellphysiologischen Vorgänge wegen kein Reis angewachsen wäre. Die Kronenbehandlung dürfte der Reiserbehandlung immer überlegen sein!

Die dargestellte Methode der intraindividuellen Selektion (im Sinne des Verfassers) bedarf noch der Verfeinerung. Die basalen Knospen (1–3) zu belassen und die nächsten fünf zu isolieren, geschah willkürlich. Wir wissen noch nicht, ob sich z. B. alle Obstarten in bezug auf die intraindividuelle Selektion (im Sinne KAPLANS) gleich verhalten. Sicherlich sind die einzelnen Chimären kürzer oder länger. Sind die längeren (vitaleren) etwa wertvoller? Es gilt zu prüfen, welche Primäreffekte wo in Erscheinung treten und ob man sie mit „echten“ Mutanten in Verbindung bringen kann, um die Isolierung ohne unnützen Ballast durchführen zu können.

Zur Klärung dieser Fragen ist im März 1954 ein Versuch zu einem Zeitpunkt angelegt worden, da die Winterruhe vorüber war, sichtbares Wachstum aber noch nicht erfolgte. Reiser zweier Kirschenarten (Süßkirsche „Primavera“ = diploid, Sauerkirsche „Schattenmorelle“ = tetraploid) wurden wieder Röntgenstrahlen ausgesetzt. Die Behandlung war wie folgt:

Die Reiser lagen einschichtig auf einem rotierenden Tisch unter der Röntgenröhre und empfingen 2000 r, 3000 r und 4000 r. Bei der Süßkirsche wurden je 45 Reiser, bei der Sauerkirsche je 40 Reiser jeder Dosis ausgesetzt. Je 15 nicht bestrahlte, ansonsten aber gleichartig behandelte Reiser bildeten die Kontrollen. Im Anschluß an die Bestrahlung sind diese Reiser auf 2jähr. Kirschenunterlagen (Sämling und F 12/1) in 80–100 cm Höhe gepfropft worden. Jedes Reis besaß 4 Knospen.

reichen im Mittel 2,9, 83 Knospen der Dosis B (= 3000 r) im Mittel 2,4 und 20 Knospen der Dosis C (= 4000 r) = 2,1. Die Anfangsentwicklung der Reiser mit der Dosis A ist denen der Ko. gleich, wenn nicht überlegen. Die Gruppe B erscheint schwach, Gruppe C merklich reduziert. Die Unterschiede sind bei den Schattenmorellen größer (Ko. = 2,1, Gruppe A = 2,1, Gruppe B = 1,2 und Gruppe C = 0,95). Primavera treibt früher und williger aus als die Schattenmorelle. An dieser und anderen Beobachtungen finden wir bestätigt, daß die Vitalität mit zunehmender Dosis abnimmt. Den Anteil angewachsener Reiser und ausgetriebener Knospen s. Tab. 1 und Tab. 2. Die Reiser beider Polyploidiestufen wachsen annähernd gleich gut an. Erst 4000 r bringen bis zu zwei Drittel der Reiser zum Absterben. Zu Trieben entwickelten sich von Primavera nur 35,7% bis 71,2% der Knospen der angewachsenen Reiser. In Gruppe C ist der Austrieb zu Kurztrieben (Blattrosetten) noch bemerkenswert hoch (21,4%). Schattenmorelle zeigt die gleiche Tendenz, nur sind die Unterschiede weniger ausgeprägt.

Die Blätter eines Kontroll-Triebes sind von der Basis zur Spitze zwar in ungleichen Abständen angeordnet, folgen aber der 2/5-Divergenz. Ihre Form variiert. Sowohl an der Triebbasis als auch an der Triebspitze sind die Internodien kurz, die Blätter dicht beieinander stehend. Im mittleren Teil sind bei zügig wachsenden Pflanzen weite Abstände üblich. Die unteren Blätter sind insbesondere bei Süßkirschen auffallend lang und schmal, dann erst folgen sortentypische.

Der Einfluß der Bestrahlung führte in allen Gruppen zu Abweichungen von der Norm, sowohl in bezug auf die Anordnung als auch auf die Gestalt der Blätter. Die untersten Blätter wiesen besonders intensive Deformationen auf (s. Abb. 3). Sie sind lang und schmal,

Tabelle 1. Anteil angewachsener Reiser der Kirschensorten „Primavera“ und „Schattenmorelle“ nach der Behandlung mit 2000 r, 3000 r und 4000 r.

Sorte: Behandlung	Reiser insgesamt	R. ausgebrochen		Reis tot Unterlage tot		Unterlage lebt Reis tot		R. gewachsen	
		Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%
Primavera									
Ko.	15	1	6,7	—	—	1	6,7	13	86,6
Gruppe A = 2000 r	44	—	—	2	4,5	9	20,5	33	75,0
B = 3000 r	45	—	—	1	2,2	9	20,0	35	77,8
C = 4000 r	45	1	2,2	1	2,2	29	64,4	14	31,1
Schattenmorelle									
Ko.	15	—	—	—	—	—	—	15	100,0
Gruppe A = 2000 r	40	1	2,5	—	—	4	10,0	35	87,5
B = 3000 r	40	—	—	5	12,5	4	10,0	31	77,5
C = 4000 r	40	—	—	4	10,0	19	47,5	17	42,5

Tabelle 2. Anteil zu Trieben entwickelter Knospen der Kirschensorten „Primavera“ und „Schattenmorelle“ nach Röntgenbestrahlung, bezogen auf die Anzahl angewachsener Reiser.

Sorte: Behandlung	Anz. Kn. d. ge- wachse- nen Reiser	Knospe abgebrochen		Knospe treibt nicht		Knospe tot		Knospe ausgetrieben und entwickelt						
		Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%	zu Blüten		zu Rosetten		zu Trieben		
								Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%	
Primavera														
Ko.	52	—	—	3	5,8	10	19,2	—	—	2	3,8	37	71,2	
Gruppe A = 2000 r	132	1	0,8	2	1,5	36	27,3	—	—	7	5,3	86	65,2	
B = 3000 r	140	—	—	—	—	45	32,1	—	—	12	8,6	83	59,3	
C = 4000 r	56	—	—	—	—	24	42,9	—	—	12	21,4	20	35,7	
Schattenmorelle														
Ko.	60	—	—	—	—	7	11,7	1	1,7	3	5,0	49	81,7	
Gruppe A = 2000 r	140	3	2,1	—	—	9	6,4	8	5,7	8	5,7	112	80,0	
B = 3000 r	124	2	1,6	—	—	13	10,5	1	0,8	9	7,3	99	79,8	
C = 4000 r	68	—	—	—	—	13	19,1	—	—	11	16,2	44	69,6	

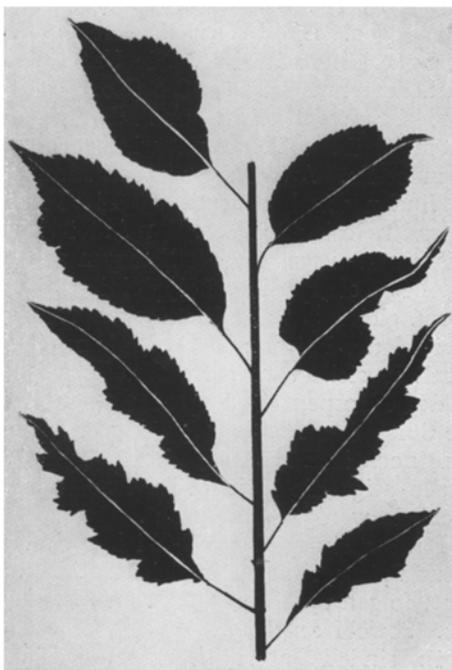


Abb. 3. Deformation an basalen Blättern der Sorte „Primavera“. Diese Blätter waren schon vor der Bestrahlung mit 4000 r in der Knospe vorgebildet (Werkfoto Original).

ähnlich den normalen, aber die Blattspreite ist außerordentlich deformiert, stark gewellt und unregelmäßig und tief gezähnt. Diese Blätter waren in den behandelten Knospen vorgebildet, im Mittel bei Primavera 9,6 Blätter, bei Schattenmorelle 7,2 Blätter. Ihre Abänderungen sind auf direkte Bestrahlungsschäden zurückzuführen. Deshalb kann zwischen ihrer Er-

scheinungsform und den Blättern späterer Triebe aus diesem Bereich kein genetischer Zusammenhang bestehen.

Die chimärenartige Natur, die wir nachzuweisen und aufzulösen versuchen, kommt schon in der Verschiebung der Nodien zum Ausdruck. Ein Beispiel vom Apfel s. Abb. 4. Den Kirschen ist normalerweise eine wechselständige Anordnung der Blätter eigen, die der 2/5-Divergenz folgt, wobei es sich mit der Internodienlänge wie oben erwähnt verhält.

Auffallende Ungleichheit benachbarter Internodien war die mildeste Form der Veränderung. Es konnten aber auch Internodien ausfallen, so daß es (bei Primavera) zu gegenständiger Anordnung der Blätter kam. Auch Wirtel von 3—4 Blättern mit ebensoviel oder weniger Knospen kommen vor. Einmal sogar 5 solcher Gruppen an einem Trieb (1/46/3). Einzelne Blätter waren ganz ohne Achselknospe, andere besaßen zwei. Umgekehrt befand sich in der Achsel zweier dicht nebeneinander stehender und zuweilen am Stiel verwachsener Blätter nur eine Knospe. Mitunter war diese auffallend dick oder zweispitzig. Blatt und Knospe standen auch 1—2 cm auseinander. Hierher gehören auch Fälle, wo der gesamte Trieb oder ein Teil besonders kurze Internodien aufwies, also gestaucht erschien (z. B. 1/137/4 aus Gruppe C. Die untersten 10 Blätter des Triebes hatten keine Achselknospen entwickelt!).

Bei der Schattenmorelle gibt es ähnliche, wenn auch weniger Fälle. Es bestehen auch quantitative Unterschiede zur Süßkirsche, indem die Veränderungen weniger ausgeprägt sind. Besonders häufig fehlen die Achselknospen; an der Basis der Triebe mehrmals bei

mehreren Blättern hintereinander. Die Häufung von 2, 3 und 4 Knospen erfolgte wiederholt, und diese entwickelten sich z. T. zu vorzeitigen Trieben weiter. Diese Art der Verzweigung darf nicht mit Verbänderung verwechselt werden!

Bis auf die Häufung knospenloser Blätter an der Triebbasis (besonders bei der Schattenmorelle) sind die Nodienverschiebungen willkürlich über den ganzen Zweig verteilt. Es besteht der Eindruck, daß besonders markante Fälle in der Gruppe C häufiger sind als in anderen Gruppen.

Diese Nodienverschiebungen sind ein deutlicher Hinweis auf die unterschiedliche Wachstumsgeschwindigkeit einzelner Sektoren! Die Häufigkeit dieser Nodienverschiebung steigt mit der Dosis (Tab. 3). An

Tabelle 3. Häufigkeit der Nodienverschiebung an den Sorten „Primavera“ und „Schattenmorelle“ nach Röntgenbestrahlung mit 2000 r, 3000 r und 4000 r (Gruppe A—B—C).

Sorte: Behandlung	Triebe insgesamt	Triebe mit Nodien- verschiebung	
		Anzahl	%
Primavera			
Ko.	37	0	0
Gruppe A	86	35	40,7
B	83	62	74,7
C	20	17	85,0
Schattenmorelle			
Ko.	49	6	12,2
Gruppe A	112	41	36,6
B	99	45	45,5
C	43	29	67,4

37 Trieben der Ko. von Primavera waren keinerlei Verschiebungen feststellbar. Die Dosis A löste aber bei 40,7%, die Dosis B bei 74,7% und die Dosis C sogar bei 85,0% der vorhandenen Triebe solche Veränderungen aus, zuweilen gleich mehrere an einem Trieb. Bei der Schattenmorelle wiesen 6 von 49 Kontrolltrieben diese Erscheinung ebenfalls auf (12,2%). Die Häufigkeit in Gruppe A betrug nur 36,6%, in Gruppe B 45,5% und schließlich in Gruppe C 67,4%. Trotz großer Häufigkeit spontaner Fälle trat Nodienverschiebung bei der tetraploiden Sorte also wesentlich seltener auf.

Die Bestrahlung hat offenbar auch zu einer Beeinflussung der Triebblängen geführt. Die Differenzen sind bei der diploiden Sorte größer als bei der tetraploiden, bei der sie nur zufälliger Natur sein dürften (s. Tab. 4).

Tabelle 4. Mittlere Triebblängen zweier Kirschsensorten nach Röntgenbestrahlung (2000 r, 3000 r, 4000 r).

Sorte	Ko. cm	Gruppe A cm	Gruppe B cm	Gruppe C cm	i. M. cm
Primavera	80	87	72	65	76
Schattenmorelle	48	48	49	43	47

Bei Primavera ist bemerkenswert, daß die Nodienzahl in allen Gruppen ähnlich ist. Die Längenunterschiede der Triebe beruhen auf einer Verkürzung der Internodien (s. Tab. 5).

Zu den bekanntesten Primäreffekten nach Röntgenbestrahlung gehört die auch von GRANHALL und Mitarb. (7) beobachtete Verbänderung (Filamentation) der Triebe (Abb. 4d u. 8). Ohne Wachstumsunter-

Tabelle 5. Mittelwerte für Nodienzahl, Triebblänge und Länge der Internodien bei „Primavera“ nach Röntgenbestrahlung mit 2000 r, 3000 r und 4000 r.

Behandlung	Nodienzahl	Triebblänge	Länge der Internodien
Gruppe A	42	91,2	2,17
B	38	72,3	1,90
C	39	67,7	1,74

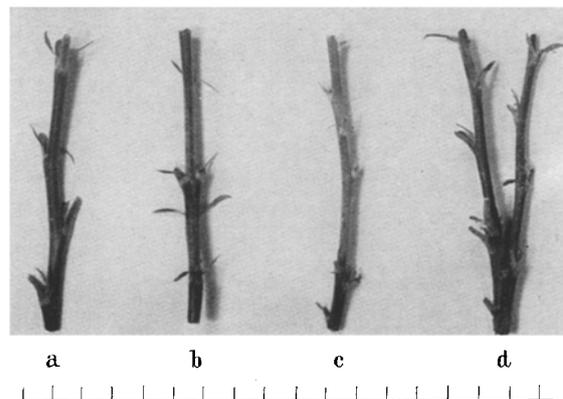


Abb. 4. Nodienverschiebung an Apfeltrieben nach Röntgenbestrahlung (4000 r).

a = Kontrollzweig mit normaler Anordnung; b = ein Internodium ausgefallen, Blätter (Knospen) sitzen beieinander; c = unregelmäßige Anordnung; d = unregelmäßige Anordnung und Verbänderung (Werkfoto Original).

brechung teilt sich der Trieb in zwei und mehr Arme. Dies wird gelegentlich auch in mastigen Anzuchten beobachtet. An insgesamt 189 Trieben von Primavera gabelten sich nur sechs (= 3,2%); nämlich 2 Triebe in Gruppe A, 3 Triebe in Gruppe B und 1 Trieb in Gruppe C. Fünf waren zweiarmig, einer endete mit einem „Band“ von 4 Knospen. Beide Arme waren in der Regel fast gleich stark entwickelt. Die Teilung begann in Gruppe B beim 17. (25 u. 35), beim 22. (32 u. 32) und beim 28. (43 u. ?) Nodium, in Gruppe C beim 26. (41 u. 40). Die Zahlen in () geben die Gesamt nodienzahl der beiden Arme an. Wir können den vorstehenden Angaben entnehmen, daß die Verbänderung oberhalb der Triebmitte entstanden ist, wahrscheinlich zum gleichen Zeitpunkt. Dies deutet auf eine Abhängigkeit ihrer Entstehung von Umweltfaktoren. Auch daß sie vornehmlich am obersten, vierten Trieb stattfand, deutet in diese Richtung.

Von den 12 Verbänderungen bei der Schattenmorelle sind 10 zweiarmig, einer dreiarmig, und ein Trieb endet bandartig verbreitert mit vier Knospen. Zu beachten ist, daß nur an 4 Primärtrieben die Verbänderung auftrat, in den übrigen 8 Fällen waren es vorzeitige Triebe, die dieses Phänomen zeigten. Insgesamt sind bei dieser Sorte 4,7% Triebe verbändert (bezogen auf Primärtriebe), also ein höherer Anteil als bei der diploiden Süßkirsche (Tab. 6).

Als nächster Schritt wurde festzustellen versucht, an welcher Stelle eines Triebes und in welcher Häufigkeit Abweichungen an Blättern auftraten, die auf die Bestrahlung zurückzuführen sind. Weiter oben war darauf hingewiesen worden, daß die Kenntnis dieser Verhältnisse die Isolierung von Mutanten erleichtern würde. Da die basalen Blätter, wie schon beschrieben, regelmäßig Deformationen zeigten, wurden erst abgeänderte Blätter notiert, denen normale vorausgegangen waren. Bei der diploiden Sorte wurden in Gruppe A an 86 Trieben insgesamt 110 Abweichungen

Tabelle 6. Häufigkeit der Verbänderung (Filamentation) nach Röntgenbehandlung an „Primavera“ und „Schattenmorelle“

Sorte: Behandlung	Triebe mit Verbänderung		Triebe insgesamt
	Anzahl	%	
Primavera			
Ko.	0	0	37
Gruppe A	2	2,3	86
	3	3,6	83
	1	5,0	20
		3,2	189
Schattenmorelle			
Ko.	0	0	49
Gruppe A	0	0	112
	6	6,1	99
	6	14,0	43
		4,7	254

an Blättern festgestellt (1,3 je Trieb), in Gruppe B an 83 Trieben 153 Veränderungen (1,8 je Trieb) und schließlich an 20 Trieben der Gruppe C 57 (2,9 je Trieb). Mit der steigenden Dosis nimmt, wie die Zahlen

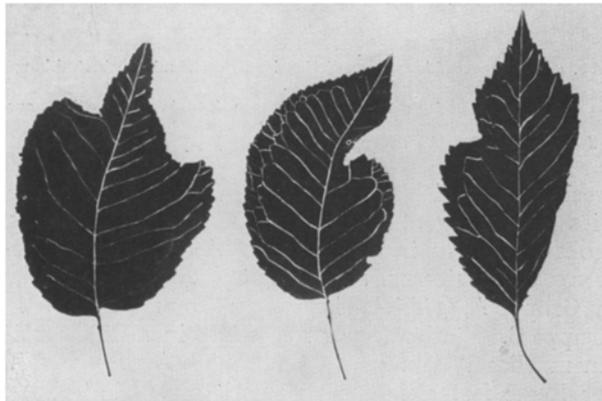


Abb. 5. Deformation an Blättern von „Primavera“ nach Röntgenbehandlung (Werkfoto Original).

in () zeigen, die relative Häufigkeit der Abänderungen zu. Diese Angaben sind Mittelwerte. Tatsächlich hatten einige Triebe nur normale Blätter, andere dafür bis zu 8 Varianten. Die relative Häufigkeit von Anomalien an den Blättern der Schattenmorelle ist geringer. Die Häufigkeitswerte je Trieb und Dosis lauten 0,4—1,2—1,3 Abweichungen je Trieb. Sie erreichen in Gruppe A nur den dritten Teil der diploiden

Sorte, maximal nur den untersten Betrag von Primavera.

Wir registrierten die unterste Abweichung am 6. Blatt, die oberste in äußerst seltenen Fällen auch noch am letzten. Auf die unteren Blätter treffen bei Primavera wesentlich häufiger Abweichungen als auf die oberen. Das Häufigkeitsmaximum liegt aber nicht beim untersten Blatt, sondern scheint nach der Mitte des Triebes hin verlagert, allerdings in jeder Gruppe an eine andere Stelle. Es liegt um so höher, je stärker die verabreichte Dosis war. Am deutlichsten kommt dies zum Ausdruck, wenn mehrere Nodien zu Klassen zusammengefaßt werden. Bei Stufen von je drei weisen z. B. in Gruppe A das 13.—15. Blatt die meisten Veränderungen auf, in Gruppe B das 16.—18. Blatt, in Gruppe C ist eine größere Häufigkeit am 10.—12. und dann nochmals am 25.—27. Blatt feststellbar. Die obere Grenze verschiebt sich ebenfalls von Dosis zu Dosis nach oben. In Gruppe A zeigte in zwei Fällen das 37. Blatt als oberstes Abweichungen, in Gruppe B das 40. und in Gruppe C in einem Fall das 45. eine Veränderung.

Bei der Schattenmorelle weichen die basalen in der Knospe vorgebildet gewesenen Blätter von den folgenden zuweilen auch ab. Die Abweichungen vom Normalen war oft gering, deshalb wurden sie von der Basis beginnend notiert. Die zweite (Gruppe B) bzw. die dritte Knospe (Gruppe A u. C) wiesen von unten her die ersten Abänderungen auf. Nach oben hin war der letzte Effekt in Gruppe A an der 19., in Gruppe B an der 20. und in Gruppe C an der 23. Knospe feststellbar. Diese Werte liegen im Vergleich zu Primavera sehr niedrig. Die Triebe der Schattenmorelle sind aber auch kürzer (s. Tab. 4) und haben weniger Nodien. Die Häufigkeit von Abänderungen ist an der Triebbasis zuerst gering, erreicht dann schnell das Maximum und ebbt nach oben hin allmählich ab. In Gruppe A liegt das Maximum bei der 10.—12. Knospe, in Gruppe B schon bei der 4.—6. Knospe und in Gruppe C gleich häufig bei der 4.—6. und 10.—12. Knospe. Die Unterschiede von Gruppe zu Gruppe sind also gering oder völlig verwischt.

Viele Sauerkirschen, besonders aber die Schattenmorelle, neigen zur Bildung vorzeitiger Triebe. Viele der in den Blattachsen gebildeten Knospen treiben sofort wieder aus. Am Ende des Jahres ist dann der

Tabelle 7. Art der Abänderung an Blättern der Sorten „Primavera“ und „Schattenmorelle“ nach Röntgen-

Gruppe	Gesamtzahl abgeänderter Blätter	Deformation				Asymmetrie				Blattrandänderung			
		Anzahl	% d. G. Z.	häufig. Stellg. Nod.	Durchschn. Nodenz.	Anzahl	% d. G. Z.	häufig. Stellg. Nod.	Durchschn. Nodenz.	Anzahl	% d. G. Z.	häufig. Stellg. Nod.	Durchschn. Nodenz.
Primavera													
A	116	49	42,2	15,8	41,2	64	55,2	19,6	41,8	69	59,5	18,9	42,0
B	153	56	36,6	19,1	38,2	115	75,2	20,1	38,0	102	66,7	20,4	38,2
C	57	15	26,3	13,8	42,1	47	82,5	21,0	37,0	33	57,9	18,3	34,8
Schattenmorelle													
Sa.	326	120	35,0	16,2	40,5	226	71,0	20,2	38,9	204	61,4	19,2	38,3
M	109	40				75				68			
A	50	20	40,0	10,7	28,4	31	62,0	10,7	27,1	23	46,0	10,0	26,4
B	117	35	29,9	11,7	26,4	68	58,1	10,3	25,5	51	43,6	10,6	25,4
C	55	19	34,5	12,4	23,8	38	69,1	10,2	24,4	27	49,1	10,8	24,5
Sa.	222	74				137				101			
M	74	25	34,8	11,6	26,2	46	63,1	10,4	25,7	34	46,2	10,5	25,4

diesjährige Trieb schon wieder verzweigt. An solchen vorzeitigen Trieben sind ebenfalls Abänderungen beobachtet worden, und zwar unabhängig davon, ob das Blatt, aus dessen Achselknospen dieser Trieb entstand, solche zeigte oder nicht.

Welcher Art die beobachteten Abänderungen waren, interessiert im Hinblick auf unser Thema nur im Zusammenhang mit dem Ort ihrer Entstehung. An den Blättern konnten mit unterschiedlicher Häufigkeit die folgenden Abänderungen beobachtet werden: Blattdeformation, Asymmetrie der Blätter, Veränderung der Blattzählung, Gabelung der Blattachse, Verwachsung der Blattränder (Trichterblatt) und Chlorophyllveränderungen. Zuweilen traten mehrere gleichzeitig auf. Die Kontrollpflanzen waren frei von ihnen.

Zu den häufigeren Erscheinungen gehören Deformationen der Blätter (s. Abb. 5). Die Anwesenheit einer in ihren Funktionen gestörten Zelle führt zu unregelmäßiger Ausbildung eines kleineren oder größeren Teiles der Blattspreite. Es handelt sich eindeutig um Nachwirkungen der Bestrahlung, wie sie auch in den schwedischen Versuchen mit Obstgehölzen häufig waren. An den Süßkirschenpflanzen sind 120 Fälle beobachtet worden. Mit zunehmender Dosis steigt ihre Häufigkeit. Sie hatten in allen Gruppen ihr Erscheinungsmaximum unterhalb der Mitte des Triebes (s. Tab. 7).

Eine sehr große Anzahl Blätter (226) wies Veränderungen auf, die hier mit „Asymmetrie“ bezeichnet werden sollen und die anderenorts noch nicht beschrieben worden sind. Betroffen ist jeweils die eine Hälfte des Blattes; sie weicht nach Form und Ausdehnung von der normalen ab. Da solche Blatthälften oft gleichzeitig eine abweichende Blattrandbildung und Färbung aufweisen, wurden sie relativ leicht erkannt. Die betroffene Hälfte war gegenüber der normalen immer reduziert. Die Reduktion konnte soweit gehen, daß längs der Mittelrippe nur noch ein wenige Millimeter breiter Streifen verblieb (Abb. 6). Die Triebe, die solche Blätter trugen, sind in Gruppe C besonders häufig (95%), machen in Gruppe B immer noch 68,7% und auch in Gruppe A noch 39,5% aus (Primavera). Bei der tetraploiden Sauerkirsche waren es in den entsprechenden Gruppen praktisch nur jeweils die Hälfte. Am häufigsten wurden asymmetrische Blätter in der Mitte der Triebe gefunden (Süßkirsche), wobei

eine Tendenz der Verlagerung nach oben von Gruppe A nach C sichtbar wird. Bei der Sauerkirsche liegt das Maximum beim 10. Nodium. Die Gesamtnodiendanz nimmt dagegen von Gruppe A (27,1) nach C (24,4) ab (s. Tab. 7).

Bei dieser Veränderung der Blattspreite handelt es sich offenbar um eine „echte“ Mutation, weil oft mehrere Blätter eines Triebes, einen Sektor bildend, sie zeigten.

Der Blattrand war sehr häufig abgeändert, 204mal bei der Süßkirsche, normal bei der Sauerkirsche. Am häufigsten sind Fälle, wo die normalerweise starke Zähnung verflacht, ja schließlich ganzrandige Formen entstehen (Abb. 6). Sehr selten wird die Zähnung noch schärfer und gröber. Am häufigsten sind solche Abänderungen am 18. bis 20. Nodium bei der Süßkirsche oder dem 10. bis 11. bei der Sauerkirsche. Da bei beiden Sorten die Gesamtnodiendanz der betroffenen Triebe von Gruppe A nach C abnimmt, steigt auch wieder die relative Lage der Häufigkeits-

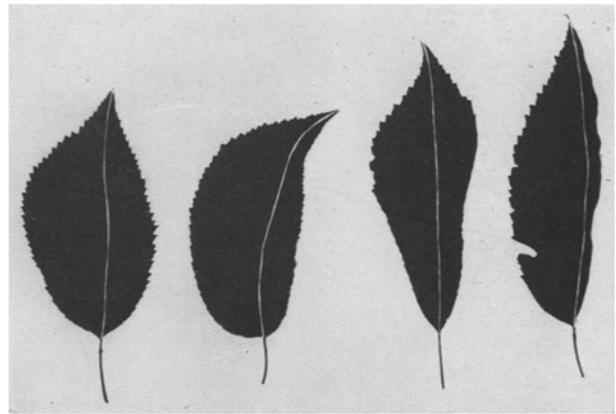


Abb. 6. Blätter mit „Asymmetrie“ der Sorte „Primavera“ nach Röntgenbestrahlung. Jeweils die rechte Blatthälfte ist reduziert und auch die Blattrandzählung verändert (Werkfoto Original).

maxima. Änderungen des Blattrandes treten fast ausschließlich in Verbindung mit Asymmetrie, und damit auch als Sektoren auf (s. Tab. 7).

Eine große Zahl von Blättern ließ erkennen, daß sich die Farbe eines Sektors oder einer Blatthälfte geändert hatte (Süßkirschen 162mal, Sauerkirschen 96mal). Da die Lichtverhältnisse das Erkennen sehr

Behandlung, Anteil der einzelnen Typen an der Gesamtzahl abgeänderter Blätter und ihre Stellung am Trieb.

Chlorophylldefekte				Wölbung				Spaltung				Trichterblatt			
Anzahl	% d. G. Z.	häufig. Stellg. Nod.	Durchschn. Nodiendanz.	Anzahl	% d. G. Z.	häufig. Stellg. Nod.	Durchschn. Nodiendanz.	Anzahl	% d. G. Z.	häufig. Stellg. Nod.	Durchschn. Nodiendanz.	Anzahl	% d. G. Z.	häufig. Stellg. Nod.	Durchschn. Nodiendanz.
75	49,0	18,9	38,1	3	2,0	21,3	39,3	5	3,3	18,2	33,8	2	1,3	11,5	40,0
29	50,9	19,6	37,4	1	1,8	17,0	39,0	3	5,3	16,7	41,3	1	1,8	7,0	35,0
162				22				16				3			
54	50,0	18,5	39,1	7	6,4	18,3	38,3	5	5,2	16,8	39,5	1	1,0	9,3	37,5
21	42,0	11,2	28,9	—	—	—	—	4	8,0	11,3	23,8	1	2,0	11,0	24,0
59	50,4	10,0	25,0	1	0,9	4,0	30,0	10	8,5	11,4	19,7	2	1,7	7,5	24,5
16	29,1	10,8	26,1	—	—	—	—	4	7,3	10,3	26,5	—	—	—	—
96				1				18				3			
32	40,5	10,7	26,7	1	0,9	4,0	30,0	6	7,9	11,0	23,3	1	1,2	9,3	24,3

beeinflussen, dürfte die Anzahl der tatsächlich aufgetretenen Chlorophyllmutanten noch größer sein. Von Gruppe zu Gruppe sind zunehmend mehr Triebe betroffen, und was den Erscheinungsort anbelangt, steigt

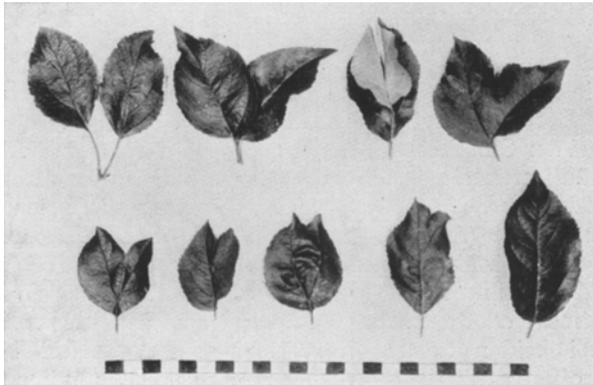


Abb. 7. Gabelung der Blattmittlerippe bei Äpfeln nach Röntgenbestrahlung: Untere und obere Reihe von rechts nach links. Rechts unten normales Blatt, dann Blätter mit zunehmend tiefer Gabelung (Werkfoto Original).

die Lage des Häufigkeitsmaximums absolut und relativ. Auch bei diesem Typ ist wieder zu vermerken, daß er sehr häufig die in der Form abweichenden Blatthälften betrifft. Chlorophyllfreie Partien kommen äußerst selten vor und haben eine sehr geringe Ausdehnung. Die Kutikula schien zuweilen gleichzeitig verändert (s. Tab. 7).

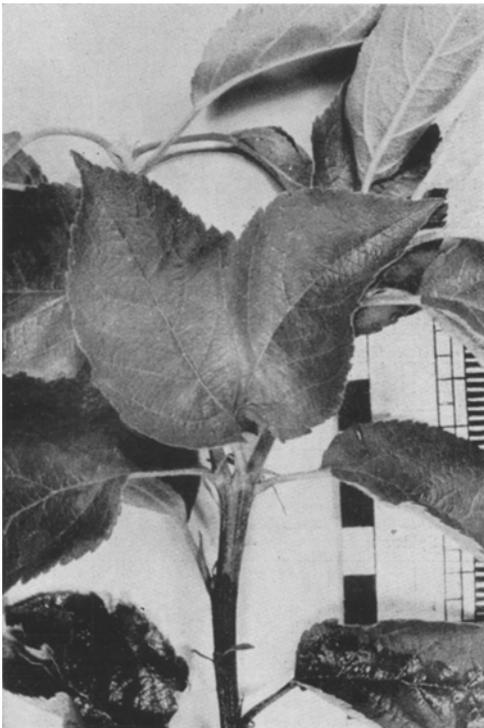


Abb. 8. Gabelung von Zweig und Blatt beim Apfel nach Röntgenbestrahlung. Auch Nodienverschiebung ist erkennbar (Werkfoto Original).

Die Blattspreiten der beiden Versuchssorten sind eben. Zuweilen wurden „gewölbte“ Blätter angehtroffen. Die Blattränder erscheinen im Verhältnis zur Mittelrippe zu kurz, wodurch eine schiffchenförmige Aufwölbung entsteht. Dieses Merkmal ist sehr schwer zu erfassen, weil die Wölbung nicht immer deutlich ist. Bei Primavera wurden in Gruppe A 18 Fälle be-

obachtet, in Gruppe B nur noch 3 und in Gruppe C noch ein Fall; ein einziger auch nur bei der Schattensmorelle (in Gruppe B). Die 18 Fälle der Gruppe A gruppierten sich um das 16. bis 17. Nodium; ein relativ tiefer Erscheinungsort! Die Häufigkeit nimmt also im Gegensatz zu den vorstehend beschriebenen Abänderungen ab. Ein Anhaltspunkt dafür, daß es sich tatsächlich um eine durch die Bestrahlung ausgelöste Erscheinung handelt, ist die sektorale Anordnung mehrerer Blätter an einem Trieb (Tab. 7).

Im Verhältnis zu anderen Abweichungen kommen an den beiden Kirscharten Blattgabelungen oder Bifigurationen, wie sie GRANHALL nennt, sehr selten vor: 16 Fälle bei Primavera, 18 Fälle bei der Schattensmorelle. Die Beziehungen von Häufigkeit und Lage sind nicht so eindeutig wie z. B. bei Asymmetrie. Die Gabelung betrifft die Mittelrippe der Blätter. Sie kann sehr verschieden tief beginnen; schon an der

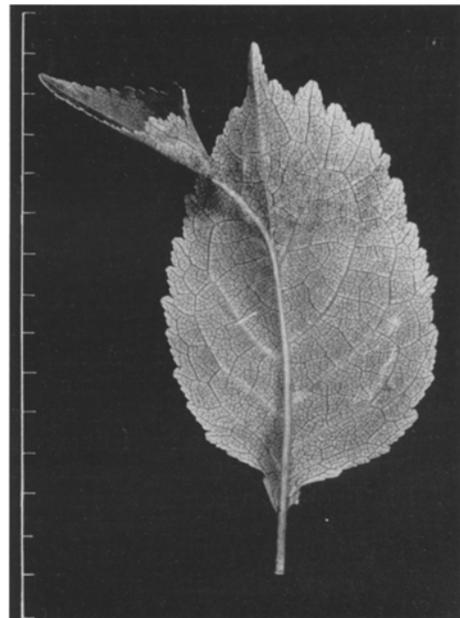


Abb. 9. „Trichterblatt“ an der Spitze der von der Blattspreite losgelösten Mittelrippe an einem Blatt der „Schattensmorelle“ nach Röntgenbestrahlung (Werkfoto Original).

Stielbasis! Die beiden Arme der Mittelrippe besitzen beiderseits Blattspreiten. Es liegt also keine Spaltung, sondern eben eine Verzweigung oder Vergabelung der Mittelrippe vor. (Abb. 7 u. 8 zeigen Fälle vom Apfel. Hierzu auch Tab. 7).

Eine ebenfalls noch nirgends beschriebene Folgeerscheinung der Röntgenbehandlung ist die hier bei jeder Sorte je dreimal beobachtete teilweise Verwachsung der Blattränder vom Blattgrund her, so daß das Blatt die Gestalt eines Trichters oder einer spitzen Tüte erhält. In einem Fall saß dieser Trichter an der Spitze der im oberen Teil von einem normalen Blatt losgelösten Mittelrippe (Abb. 9). 5 von 6 dieser Gebilde sind an relativ tiefliegenden Nodien inseriert.

Im Gegensatz zu den eben genannten zahlreichen morphologischen Veränderungen wurden physiologische mit Sicherheit noch nicht festgestellt. Es fiel aber auf, daß im Spätsommer, als an Kontrollpflanzen noch keine Herbstfärbung zu bemerken war, einzelne oder auch eine Serie benachbarter Blätter sich vor allen anderen verfärbten und abfielen. Da der Termin des Blattfalls ein Sortenmerkmal und deshalb

sorteneinheitlich ist, dürften hier mutative Änderungen in Erscheinung getreten sein.

Ein Sonderfall erscheint noch erwähnenswert. Wie eingangs mitgeteilt, wuchs ein hoher Prozentsatz der mit 4000 r bestrahlten Reiser (Süßkirsche) nicht an. Um diese Unterlagen erneut für Pfropfversuche zu verwenden, wurde im Sommer ein stambürtiger Trieb als neuer Leittrieb geheftet. Bei der Pflanze 1/144 entsprang dieser Trieb 23 cm unterhalb der Veredlungsstelle. Er entwickelte 33 Nodien. Aus den Knospen des 12. bis 18. Nodium wuchsen vorzeitige Triebe. Die Blätter der Nodien 25 bis 33 und mehrere an den Spitzen der vorzeitigen Triebe wiesen nun ebenfalls Deformation und Asymmetrie auf. Da an keinem der zahlreichen stambürtigen Triebe der Unterlagen auch nur die geringste Abweichung vom Normalen festgestellt werden konnte, bleibt zur Erklärung der Ursache dieser Erscheinung nur übrig, eine Einwirkung des nicht gewachsenen Reises anzunehmen. Ein Teil der Knospen dieses Triebes ist isoliert worden.

Im Hinblick auf die Handhabung der intraindividuellen Selektion sind nun auf Grund der vorstehend mitgeteilten Beobachtungen die Konsequenzen gezogen worden. Die Isolierung wurde, wie beabsichtigt, individuell durchgeführt. Im Spätsommer 1954 sind sämtliche Knospen, die sich an der Stielbasis der abgeänderten Blätter gebildet hatten, durch Okulation isoliert worden. Als Unterlagen dienten 1½-jährige Sämlinge von *Prunus avium*. Die Okulationsstellen befinden sich in 60–80 cm Höhe am Stamm. In der kommenden Vegetationsperiode werden sich aus diesen Knospen Triebe entwickeln. Es bleibt abzuwarten, ob sie die gleichen Abänderungen zeigen wie jene Blätter, von deren Basis sie herkommen. Im Zusammenhang mit den Bestrahlungsversuchen von Äpfeln war schon ausgeführt worden, daß Übereinstimmung nur vorliegen kann, wenn erstens eine „echte“ Mutation vorgelegen hat und wenn zweitens Blatt und Knospe aus genetisch gleichartigem Gewebe bestanden. Weiter wird zu prüfen sein, ob an diesen Isolationen auch weitere, bislang noch nicht bemerkte Mutationen sichtbar werden (Fruchteigenschaft!). Um diese Art der Erfassung von Mutanten mit der beim Apfel angewandten schematischen Methode vergleichen zu können, sind zusätzlich 360 Knospen von Primavera und 180 von Schattenmorelle isoliert worden und zwar von Trieben, die keine Abänderungen aufwiesen. Bei Primavera wurde die jeweils 11. bis 25. Knospe gewählt, bei der Schattenmorelle die 6. bis 15. Knospe.

Diskussion

In Mutationsversuchen mit Obstgehölzen wird man aus naheliegenden Gründen zuerst an die Verwendung von Reisern mit ruhenden Knospen denken, wenn die Anwendung von Röntgenstrahlen als mutagenes Mittel vorgesehen ist. Dieser Überlegung sind ja auch SCHMIDT (1938), GRANHALL (1944) und BISHOP (1947) gefolgt. Man kann diese Zweige bequem transportieren und unabhängig vom Ort ihrer Verwendung im Raum der Bestrahlung aussetzen. Für diese Vorteile müssen aber auch erhebliche Nachteile in Kauf genommen werden. Die Röntgenstrahlen beeinflussen nicht nur die Erbmasse, sondern das gesamte zellphysiologische Geschehen. Dies hat zur Folge, daß

zahlreiche Reiser, die ja nach der Bestrahlung auf eine Unterlage veredelt oder bewurzelt werden müssen, nicht anwachsen. In den schwedischen Versuchen werden teilweise recht empfindliche Verluste nachgewiesen, insbesondere nach Anwendung höherer Dosen (7). Diese Nachteile wurden bislang durch Verwendung anderer mutagener Mittel [Injektion von Isotopen, Aufstellung einer Bestrahlungsquelle im Freien (5,11) oder Verwendung einer transportablen Röntgenanlage (21)] umgangen. Die vom Verf. angewendete Methode der Bestrahlung von Kronen junger Pflanzen wahrt den Vorteil der Beweglichkeit des Materials und schließt Veredlungsverluste aus. Selbst bei hohen Dosen, die für die vorhandenen Knospen letal sind, konnten ruhende Sproßanlagen noch zur Entwicklung kommen. Gerade dies ist wünschenswert, weil die Mutationsfrequenz mit der Dosis steigt.

Die gänzliche oder teilweise Erfolglosigkeit von Mutationsversuchen beim Obst steht ohne Zweifel mit der unterschiedlichen Entwicklungsgeschwindigkeit durch Mutationsvorgänge differenzierter Gewebe (Sektoren), die den Trieb aufbauen, im Zusammenhang. Bei kräftiger Entwicklung normalisieren die Triebe zunehmend von der Basis zur Spitze. Wenn überhaupt, müssen mutierte Sektoren an der Basis des Triebes vorhanden sein. Rückschnitt bis auf wenige Knospen veranlaßt deren Austrieb. Dadurch können sie als Mutationen erst erkannt werden. Nach wiederholtem Rückschnitt sind auch Triebe zu erwarten, die aus erblich einheitlichem Gewebe bestehen, also keine Chimären mehr darstellen, wie es anfangs häufig der Fall sein wird. Diese beim Beerenobst (BAUER) mit soviel Erfolg angewendete Methode wurde auch beim Baumobst eingesetzt. Der Rückschnitt bis in den bestrahlten Bezirk kann beliebig oft erfolgen. Auf diese Weise können einstmals mutierte Zellen zu Ausgangspunkten neuer Sprosse werden und evtl. weitere Mutanten ans Tageslicht bringen. Der ursprünglich bestrahlte Bezirk ist ein Reservoir, aus dem auf viele Jahre hinaus Mutanten sichtbar werden können.

Da die in den dargestellten Versuchen verwendeten Obstarten und Sorten nicht wie *Ribes nigrum* autovegetativ vermehrbar sind, mußte diese Methode noch weiterentwickelt werden. Ausschließlicher Rückschnitt erschien zu extensiv und könnte zum Verlust von Mutanten führen, die höher am Trieb inseriert waren. Deshalb sind Knospen der entfernten Triebe durch Okulation auf geeignete Unterlagen isoliert worden.

In allen Fällen, wo Primäreffekte keine Hinweise auf vorhandene Mutanten geben können, ist die schematische Isolierung einer bestimmten Anzahl Knospen am Platze. Hierbei ist Bedingung, daß sie von der Basis des entfernten Triebes entnommen werden. Wieviele, das hängt von der Anzahl vorhandener Unterlagen und dem geplanten Versuchsumfang ab. Dem Versuchsansteller ist auch freigestellt, wieviele Jahre hintereinander diese Isolierung durchgeführt werden soll. Wie schon im Zusammenhang mit dem Rückschnitt gesagt, steigt die Wahrscheinlichkeit, die anfangs unvermeidbaren Chimären aufzulösen, von Jahr zu Jahr.

Die eingehende Beobachtung der Primäreffekte, wie sie an dem diploiden Süßkirschen-Material möglich war, gibt Anhaltspunkte dafür, die vom Versuchs-

ansteller gehandhabte intraindividuelle Selektion tatsächlich individueller zu gestalten. Dieser Versuch ist zwar noch nicht abgeschlossen, aber soviel steht fest, an Hand von Primäreffekten können abgeänderte Sektoren erkannt werden. Man wird also in erster Linie Vegetationspunkte isolieren, die im Bereich dieser Sektoren liegen (Abb. 10). Damit ist aber weder mit Sicherheit gesagt, daß diese Abänderung eine „echte“ Mutation darstellt, noch, wenn ja, daß

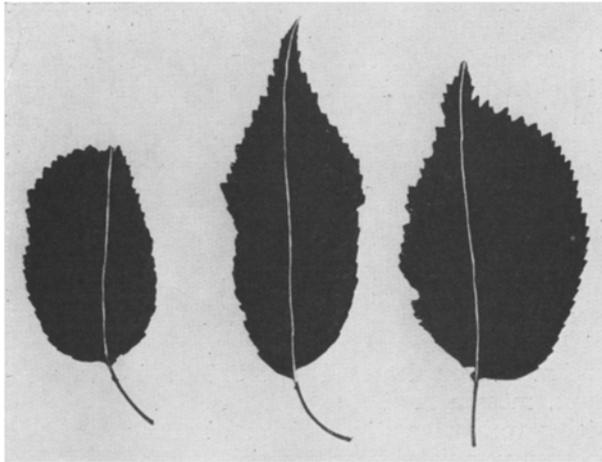


Abb. 10. Blätter der Sorte „Primavera“ mit gleichartiger Abänderung (Asymmetrie), die in Form eines Sektors am Trieb angeordnet waren (Werkfoto Original).

sie isoliert werden kann. Letzteres ist nur der Fall, wenn Blatt und Knospe aus Geweben gleicher genetischer Konstitution hervorgegangen sind. Wir können nicht nur mit sektorialen, sondern müssen auch mit periklinalen Chimären rechnen. Vorzeitige Triebe bestätigen diese Auffassung. Abänderungen, die am basalen Blatt auftraten, kehrten zuweilen an den Blättern des vorzeitigen Triebes wieder. Basalblatt und Knospe (Trieb) müssen also aus gleichartigem Gewebe bestanden haben. In anderen Fällen fehlte diese Übereinstimmung. Die sogenannten „Giant“-Sports, die sowohl EINSET (6) als auch DERMEN (4) bearbeiteten, sind Periklinalchimären, bei denen Zellschichten verschiedener Polyploidiestufen übereinander liegen.

Die dargestellten Versuche zeigen auch an, daß die verabreichte Dosis für die Stellung am Trieb der zu isolierenden Knospen von Bedeutung sein wird. Von Dosis zu Dosis ansteigend, konnten die obersten Abweichungen in immer weiterer Entfernung von der Triebbasis gefunden werden. Das wird besonders deutlich, wenn wir ihre relative Lage betrachten. Als Ursache für diese Erscheinung dürfen wir uns vorstellen, daß eine niedrige Dosis nur relativ wenige Abänderungen auslöst. Triebe, die aus Vegetationspunkten mit wenigen mutierten Zellen hervorgehen, werden auch nur wenige Sektoren enthalten. Das normale Gewebe ist anteilmäßig vorherrschend. Es wird die wenigen vitalen Sektoren bald überwuchern, und der Trieb wird schon in geringer Höhe wieder normalisiert sein. Ganz das Gegenteil ist zu erwarten, wenn der Vegetationspunkt nach der Bestrahlung mit einer hohen Dosis ein Mosaik von abgeänderten und unveränderten Zellen darstellt, von denen letztere in der Minderzahl sind. Ein solcher Trieb wird eine Chimäre aus vielen Sektoren sein, so daß jene mit normalem Gewebe aus quantitativen und zeitlichen

Gründen die anderen nicht so leicht überwachsen können. Außerdem dürfte der Anteil vitaler Abänderungen bei höheren Dosen anteilig auch höher sein. Diese Verhältnisse kamen auch zum Ausdruck, als wir die maximale Häufigkeit der Abänderungen zur Nodienzahl in Beziehung setzten. Auf Grund dieser Beobachtungen ist nun zu folgern, daß man um so höher inserierte Knospen für die Isolierung auswählen darf, je höher die angewandte Dosis war. Es ist sogar denkbar, daß höher am Trieb isolierte Mutanten im Mittel vitaler sind, als solche von der Basis. Sortenunterschiede sind zu beachten.

Sicherlich gibt auch die Art der Abweichung einen Anhaltspunkt für das Vorhandensein „echter“ Mutanten. Asymmetrie und die mit ihr oft gemeinsam auftretenden Chlorophyll- und Blattrandänderungen dürften brauchbare Indikatoren sein; desgleichen die gewölbten Blätter (sofern sie nicht Sortenmerkmal wie bei einigen Pflaumensorten sind). Ein Anhaltspunkt für die Richtigkeit dieser Annahme ist ihr wiederholtes Vorkommen am gleichen Trieb. Diese gleichartig abgeänderten Blätter waren so angeordnet, daß man unschwer einen am Trieb entlang laufenden Sektor erkennen konnte. Nicht immer begann er an der Basis des Triebes, und äußerst selten reichte er bis zur Triebspitze, aber er war in sich geschlossen. Ein solcher Sektor von gewölbten Blättern befand sich am 3. Trieb der Pflanze 1/30 aus der Bestrahlungsgruppe A. Er betraf die Nodien 19, 20, 21, 22, 24, 27. Ein Sektor mit schmalen, scharf gezähnten Blättern lief am 4. Trieb der Pflanze 1/79 aus der Gruppe B bis zur Triebspitze durch, übrigens ein Beleg für den Hinweis auf vitale Sektoren, die gleich schnell wie das normale Gewebe wachsen. Aus der Gruppe C sei noch ein Beispiel vom 4. Trieb der Pflanze 1/137 angeführt. Dieser Sektor betraf Blätter mit Asymmetrie. Je nach der Stellung der Blätter am Trieb war einmal die linke, das andere Mal die rechte Blatthälfte betroffen; sie war schmal. Durch ein Blatt ging er mitten hindurch. Die Blattspreite beiderseits der Blattspitze war verschmälert (Abb. 10).

Knospen aus solchen Sektoren sollten in erster Linie isoliert werden. Damit ist natürlich nicht gesagt, daß damit auch Mutanten erfaßt werden, die andere Eigenschaften betreffen als die sichtbaren morphologischen Veränderungen. Es ist aber anzunehmen, daß, sofern solche entstanden sind, diese sich hinsichtlich ihres Auftretens ähnlich verhalten, so daß sie mit isoliert werden.

In diesen Versuch sind absichtlich zwei Kirschen-sorten mit unterschiedlicher Chromosomenzahl einbezogen worden. In qualitativer Hinsicht verhielten sich beide gleich. Das soll heißen, es entstanden an den Vertretern beider Polyploidiestufen gleichartige Abänderungen. Im Hinblick auf die Anzahl der Abänderungen besteht aber ein sehr großer Unterschied. Bei Primavera entfallen auf jeden gewachsenen Trieb 3,9 registrierte Abänderungen, bei der tetraploiden Schattenmorelle sind es kaum die Hälfte, nämlich 1,8 Abänderungen je Trieb. Dieses Verhalten trifft im wesentlichen auf alle Abänderungen zu. Nur die Blattwölbungen scheinen eine Ausnahme zu machen: 22 Fällen bei Primavera steht ein einziger bei der Schattenmorelle gegenüber. Andererseits sind Blattgabelungen und Trichterblätter bei beiden gleich häufig. Überlegen war die Schattenmorelle in bezug

auf die Häufigkeit der Verbänderung. Wie auch in den schwedischen Versuchen, bestätigen diese Zahlen, daß in höheren Polyploidiestufen weniger Mutanten in Erscheinung treten. Sie nehmen offenbar im gleichen Verhältnis ab wie die Chromosomenzahlen zu. Dies sagt aber nichts darüber aus, ob bei beiden gleich viele Veränderungen im Erbgefüge entstanden sind oder nicht. Es können z. B. alle Mutationschritte vom dominanten zum rezessiven Allel in höheren Polyploidiestufen nicht in Erscheinung treten, solange die übrigen Allele der homologen Chromosomen nicht in gleicher Richtung mutiert sind. Auch chromosomale Veränderungen werden sich erst dann auswirken können, wenn alle homologen Chromosomen in gleicher Weise betroffen sind. Dieses Verhalten macht ohne Zweifel polyploide Formen für die Mutationszüchtung weniger geeignet. Der Gedanke, diesen Nachteil durch die Verabfolgung höherer Dosen auszugleichen, liegt nahe. Ob solche aber vertragen werden, kann an Hand des hier beschriebenen Materials nicht mit Sicherheit gesagt werden, denn die Anwachsprozente der Schattenmorelle liegen nur in der Bestrahlungsgruppe A u. C etwas höher als bei der Süßkirsche. Deutlicher sind hingegen schon die Unterschiede in bezug auf den Anteil zur Entwicklung gekommener Triebe.

Die vorstehenden Ausführungen werden dazu beitragen, die Ursachen der bisherigen vollständigen oder teilweisen Mißerfolge in der experimentellen Mutationszüchtung beim Obst zu erkennen. Darüber hinaus wurden Anhaltspunkte für die Erfassung und Isolierung entstandener Mutanten gegeben.

Diese Versuche wurden durch Herrn Prof. W. RUDORFS Zustimmung ermöglicht. Hierfür und für seine ständige Förderung möchte ich ihm meinen besonderen Dank sagen. Fräulein R. HAASE, Techn. Assistentin, hat mit viel Sorgfalt an den Beobachtungen des Materials stärksten Anteil. Die Versuchspflanzen betreut Herr Gartenmeister BRANDT. Beiden danke ich herzlich für ihre Mitarbeit.

Zusammenfassung

1. Die teilweise sehr hohen Ausfälle beim Veredeln mit Röntgenstrahlen behandelter Reiser von Obstgehölzen sind durch Bestrahlung der Kronen gedoreter junger Baumschulpflanzen ausgeschaltet worden. Solche Bäume wachsen in der Regel sämtlich wieder an und können selbst dann aus ruhenden Knospenanlagen Triebe entwickeln, wenn durch hohe Dosen die vorhandenen Knospen abgetötet werden.

2. Ein Trieb aus einer bestrahlten Knospe stellt eine Chimäre dar. Auf Grund der Überlegung, daß die einzelnen Sektoren verschieden schnell wachsen, kann es zur allmählichen Normalisierung der Triebe im oberen Teil kommen. Die Erfolglosigkeit älterer Mutationsversuche wird auf diese Vorgänge zurückgeführt.

3. Rückschnitt der aus behandelten Knospen entstandenen Triebe auf wenige Augen bringt basale Sektoren in der Folge zur Entwicklung. Dieser Rückschnitt kann wiederholt erfolgen. Die bestrahlte Zone wird als Reservoir von Mutanten erkannt.

4. Die schematische Isolierung von Knospen der entfernten Triebe ist ein Mittel, die einzelnen Sektoren zu trennen. Auf diese Weise wurde mit Material behandelter Apfelsorten verfahren.

5. Die chimärenartige Natur der Triebe wurde auf Grund umfangreicher Beobachtungen verschiedenster Abänderungen an Trieben und Blättern untersucht, die aus Reisern einer diploiden und einer tetraploiden Kirsche hervorgegangen waren, welche drei verschiedenen Röntgen-Dosen ausgesetzt worden waren.

6. Die beobachteten Abweichungen sind z. T. die gleichen wie jene in den schwedischen Versuchen, z. a. T. solche, welche noch nicht beschrieben worden sind (Asymmetrie, Blattwölbung, Trichterblatt). Die Lage ihrer größten Häufigkeit an einem Trieb ist offenbar von der Dosis abhängig.

7. Gewisse Abänderungen erscheinen als Folge der durch die Bestrahlung gestörten Entwicklungsprozesse, andere als „echte“ Mutanten. Letztere, insbesondere bei sektorialer Anordnung, ermöglichen die Isolierung mutierter Gewebe individueller zu gestalten.

8. Im Verhalten der diploiden und der tetraploiden Sorte bestehen nur quantitative Unterschiede. So z. B. in der Empfindlichkeit gegenüber der Bestrahlung. Im Hinblick auf die Häufigkeit der meisten beobachteten Abänderungen besteht eine enge Beziehung zwischen Chromosomenzahl und Abänderung derart, daß an der diploiden Sorte „Primavera“ ungefähr doppelt so viele sichtbar waren, als an der tetraploiden Schattenmorelle.

9. Schematisch und individuell ausgewählte und isolierte Knospen sollen die beobachteten Zusammenhänge vollends klären.

Literatur

1. BAUER, R.: (1947, Voldagsen) unveröffentlicht. —
2. CRANE, M. B.: (1951, Bayfordbury) John Innes Horticultural Institution. 43 Annual Report. 1952 — 3. BISHOP, C. J.: (1954, Kentville) Mutations in Apples induced by X-Radiation. *J. of Heredity* 45, 99—104 (1954). — 4. DERMEN, H.: (1951, Beltsville) Ontogeny of tissues in stem and leaf of cytochimeral apples. *Am. J. of Bot.* 38, 753—760 (1951). — 5. EHRENBURG, L. and I. GRANHALL: (1952b, Balsgard) Effects of Beta-Radiating Isotopes in Fruit Trees. *Hereditas* 38, 385—419 (1952). — 5a. EHRENBURG, L., I. GRANHALL, A. GUSTAFSSON and N. NYBOM: (1954, Balsgard, Stockholm u. Lund) Acute and Chronic ⁶⁰Co Gamma Irradiation of Plants. *Radioisotope Conference, Vol. I*, 391—395 (1954). — 6. EINSET, J.: The occurrence of spontaneous triploids and tetraploids in apples. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 51, 61—63 (1948). — 7. GRANHALL, I., A. GUSTAFSSON, FR. NILSSON and E. J. OLDEN: (1949a, Balsgard) X-Ray Effects in Fruit Trees. *Hereditas* 35, 269—279 (1949). — 8. GRANHALL, I. (1949b, Balsgard) Mutationsforskningens Tillämpning på Fruktträden. *Sv. Po. Fören. Arsskrift* 105—126 (1949) (Balsgard Commun. Nr. 18). — 9. GRANHALL, I.: (1952a, Balsgard) Aimes, Methodes and Results in Swedish Fruit Tree Breeding. *Rep. of the 30. Int. Hort. Congress, 1952*. — 10. GRANHALL, I.: (1953a, Balsgard) X-Ray Mutations in Apples and Pears. *Hereditas* 39, 149—155 (1953). — 11. GRANHALL, I., L. EHRENBURG and S. BORENIUS: (1953b, Balsgard a. Stockholm) Experiments with chronic gamma irradiation on growing plants. *Bot. Notiser* 11, 155—162 (1953). — 12. GRANHALL, I.: (1954a, Balsgard) Aktuellt från Amerikansk and Svensk Växtförädling med Frukt. *Sv. Pomol. Fören. Arsskrift* 44—55, 1954 (Balsgard Commun. 32—37). — 13. GRANHALL, I.: (1954b, Balsgard) Spontaneous and induced bud mutations in fruit trees. *Acta Agron. Scand.* IV, 594—600 (1954). — 14. GUSTAFSSON, A.: (1947, Svalöf) Mutations in Agricultural Plants. *Hereditas* 33, 1—100 (1947). — 15. KAPLAN, R. W.: (1953, Voldagsen) Über Möglichkeiten der Mutationsauslösung in der Pflanzenzüchtung. *Z. f. Z.* 32, 121—131 (1953). — 16. KNAPP, E.: (1937, K. W. I. f. Zf. Müncheberg) Künstliche Mutationsauslösung in der Pflanzenzüchtung. *Forschungsdienst* 4, 551—561 (1937). — 17. LEWIS, D.:

(1949, J. Innes Hort. Inst. Bayfordbury, Hertford), Structure of the incompatibility gene II. Induced Mutations Rate. *Heredity* 3 (3), 339—355 (1949). — 18. MURNEEK, A. E.: (1955) Briefliche Mitteilung 1955. — 19a. SCHMIDT, M.: (1937, K. W. I. f. Zf., Müncheberg) Kern- und Steinobst im Handbuch der Pflanzenzüchtung (Roemer-Rudorf) Bd. V, 1939, Verlag Parey, Berlin. —

19b. SCHMIDT, M.: (1948, Müncheberg) Erreichtes und Erstrebtes in der Obstzüchtung. *Der Züchter* 19, 135—153 (1948). — 20. SHAMEL, A. D. and POMEROY, C. S.: (1936) Bud Mutations in Horticultural Plants. *J. of Hered.* 27, 487—494 (1936). — 21. STADLER, L. J.: (1930, Univ. of Missouri, Columbia) Some Genetic Effects of X-Rays in Plants. *J. Heredity* 21, 3—19, (1930).

(Aus dem Institut für Pflanzenzüchtung Quedlinburg der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften)

Über den Reifeablauf von Gemüseerbsen und die Bestimmung des optimalen Pflücktermins mit Hilfe des Texturemeters*

Von ALFRED SCHNEIDER

Mit 5 Textabbildungen

Von den bei uns angebauten Gemüsearten gibt es nur wenige, welche in einem ähnlich kritischen Entwicklungszustand geerntet und genutzt werden wie die Gemüseerbsen. Das Pflücken der Erbsen muß vorgenommen werden, wenn im Samenkorn auf Grund seines physiologischen Entwicklungszustandes sehr intensive und zeitlich qualitativ verschiedene Umsetzungen vor sich gehen. Diese Umsetzungen werden sowohl in qualitativer als auch in quantitativer Hinsicht von den während der Erntezeit herrschenden hochsommerlichen Klimabedingungen weitgehend beeinflußt. Sie hängen außerdem von der bei den Sorten unterschiedlich langen — dabei im allgemeinen aber recht kurzen — Entwicklungsdauer der Erbsenpflanzen ab. Auf der anderen Seite werden an die Qualität der zur Konservierung verwendeten Gemüseerbsen sehr hohe Anforderungen gestellt. Sie sollen noch möglichst zart und süß sein, bereits ihre endgültige Farbe besitzen und vor allem nicht „fade“ aber auch nicht „zu reif“ oder mehlig schmecken. Daneben sollen sie auch in bezug auf die Größe der Samenkörner den Normativbestimmungen der Industrie entsprechen. Alle diese geforderten Eigenschaften sind meist nur in einem sehr kurzen Intervall ihrer Entwicklung vorhanden. Der Bestimmung des optimalen Pflücktermins kommt daher eine große praktische Bedeutung zu. Die subjektive Beurteilung des Reifegrades erfordert viel Erfahrung und schützt selbst dann nicht sicher vor Fehlentscheidungen. Die notwendigen Erfahrungen sind aber beim Anbauer von Gemüseerbsen leider sehr oft nicht vorhanden, und dort, wo sie vorhanden sind, werden sie aus merkantilen Gründen meist zu Ungunsten der Qualität der Erbsen eingesetzt. Solange diese Gemüseart nach Gewicht und nicht nach Qualität bezahlt wird, solange wird der Anbauer versucht bleiben, den Pflücktermin nach der Vollreife hin zu verschieben und mengenmäßig mehr, aber damit notwendigerweise qualitativ schlechtere Erbsen ernten. Es hat daher in der Vergangenheit nicht an Versuchen gefehlt, die subjektive Beurteilung des Reifezustandes durch objektive Verfahren zu ersetzen. Derartige Verfahren sind eine unbedingte Voraussetzung für die exakte Bewertung der für Konservenzwecke angelieferten Rohware und damit die Grundlage für die Qualitätsbezahlung der Gemüseerbsen.

Da die Pflückreife eine durch konventionelle Anforderungen festgelegte sehr kurze Zwischenphase der Entwicklung der Erbsen bezeichnet, so muß jedes Bestimmungsverfahren für die Pflückreife diese kon-

ventionellen Anforderungen berücksichtigen. Solange keine Möglichkeit besteht, geschmackliche Begriffe wie „typisch erbsenartig“ oder „fade“ objektiv messend zu erfassen, solange muß die organoleptische Prüfung die Grundlage oder zumindest der Vergleichsmaßstab jeder Pflückreifebestimmung bleiben. Die organoleptische Prüfung ist aber leider sehr zeitraubend und setzt außerdem eine größere Anzahl geschulter und erfahrener Prüfer voraus. Aus diesem Grunde ist versucht worden, schnell und sicher zu bestimmende Veränderungen in der Zusammensetzung der Samen (z. B. Trockensubstanzgehalt, Anteil an alkoholunlöslicher Substanz, Zucker- bzw. Stärkegehalt usw.) zu erfassen, welche in enger Korrelation zu den organoleptisch festgestellten Qualitätsmerkmalen stehen. Eine kritische Zusammenstellung dieser Verfahren hat GUTSCHMIDT in letzter Zeit gegeben. Als besonders sicherer Test für die gewünschten qualitativen Eigenschaften hat sich die Messung der Gewebefestigkeit der Erbsen immer mehr durchgesetzt, und es ist — vor allem in Amerika — eine Reihe von Apparaten entwickelt worden, mit denen die Gewebefestigkeit schnell und relativ zuverlässig festgestellt werden kann. Neben den teuren und großen Tenderometern sind hier vor allem die apparativ einfacheren Texturemeter zu nennen, deren Meßergebnisse allerdings nicht ganz so enge Korrelation zu den organoleptisch ermittelten Qualitätsnoten zeigen wie diejenigen der Tenderometer.

Aus früheren Untersuchungen (Literatur bei GUTSCHMIDT) ist bekannt, daß aber auch die mit dem Texturemeter ermittelten Konsistenzwertzahlen in sehr enger Korrelation zu einigen während der Reife ablaufenden Veränderungen in der Zusammensetzung der Samenkörner stehen. Uns interessiert hier vor allem die Korrelation zur Zunahme des Gehaltes an Trockensubstanz und die Korrelation zum Anteil an alkoholunlöslichen Bestandteilen der reifenden Erbsen. Die Zunahme an alkoholunlöslicher Substanz, welche eben wegen ihrer engen Korrelation zu den mit Tenderometer und Texturemeter ermittelten Konsistenzwerten und wegen ihrer gleichfalls engen Beziehung zu organoleptisch ermittelten Qualitätsnoten in die amerikanischen Normativbestimmungen aufgenommen worden ist, zeigt dabei eine engere Korrelation zu den während der Reife ansteigenden Konsistenzwerten als die Gehalte an Trockensubstanz (nach KERTESH: $r = 0,89$ bzw. $r = 0,824$). Diese Erfahrungstatsache ist nicht ohne weiteres verständlich, denn man sollte annehmen, daß die Zunahme an Trockensubstanz ein mindestens ebenso zuverlässiger Maßstab für den physiologischen

* Quedlinburger Beiträge zur Züchtungsforschung Nr. 24.