

gen Erfolg in den Forstbetrieben verantwortlich sein. Wir pflanzten im vorjährigen Sommer bei der Kiefer verschieden kräftige Unterlagen. Dabei ergaben alle gesunden, wuchskräftigen Unterlagen ausgezeichnete Pflanzlinge. Bereits nach einem Jahr ist auf Grund der guten Verwachsung die Pflanzstelle oft nicht mehr zu erkennen.

Im Obstbau ist es seit langem bekannt, daß bestimmte Unterlagentypen besonders günstige Pflanzeigenschaften besitzen, während andere eventuell völlig ungeeignet sein können. Ähnliche Beziehungen sind auch bei unseren Holzarten zu vermuten, so daß teilweise mißglückte Pflanzungen auch darauf zurückgeführt werden können. Verschiedene Arbeiten sind daher in Waldsiedersdorf angelaufen, um diese Verhältnisse zu klären.

8. Zusammenfassung

Für die Erhöhung des Anwuchserfolges von Freilandpflanzungen wurde eine Anzahl Pflanzversuche in Waldsiedersdorf durchgeführt. Die Versuche beziehen sich vorwiegend auf Nadelhölzer und erlauben nachstehende Schlußfolgerungen:

1. Die erfolgreichste Pflanzmethode für die Holzarten Kiefer, Fichte und Douglasie ist die Lappenpflanzung. Die Lärche läßt sich dagegen in Trockenperioden nach der Methode der Lappenpflanzung, sonst aber mit Hilfe der Seitenstich- und Spaltpflanzung gut pflanzen.

2. Die erfolgreichste Pflanzzeit fällt bei der Frühjahrspflanzung in die Zeit von Ende März bis Anfang Juni, bei der Sommerpflanzung dagegen in die Zeit von Ende Juli bis Mitte September. In Abhängigkeit von dem Vegetationsrhythmus ergeben sich allerdings zum Teil erhebliche jährliche Schwankungen.

3. Die Kronenregion sowie die Himmelsrichtung wirken sich bei der Reisernte nicht auf den Pflanzenerfolg aus, wohl aber die Zweigordnung. Bei der Kiefer sind die 3. und 4. Ordnung und bei der Fichte die 2. und 3. Zweigordnung am besten angewachsen. Die Verwachsung und die Wuchsleistung sind allerdings bei der 1. und 2. Zweigordnung bei beiden Holzarten besser.

4. Die Reisernte kann unter den Verhältnissen des norddeutschen Diluviums in der Zeit von Ende Februar bis Anfang April durchgeführt werden.

5. Die einzelnen Klimafaktoren sind von ausschlaggebender Bedeutung für den Anwuchserfolg. Neben dem Niederschlag, der sich sehr ungünstig auswirken kann, haben hohe Temperatur und vor allem hohe Luftfeuchtigkeit einen erheblichen Einfluß auf das Gelingen der Pflanzung.

6. Die sehr unterschiedlichen Anwuchsprozente einzelner Ausleseebäume (0—70%) finden wahrscheinlich ihre Erklärung in dem physiologischen Alter der Bäume. Stark transpirierende Bäume haben schlechtere Anwuchsergebnisse als schwach transpirierende.

7. Die Pflanzunterlagen sollen möglichst 2—3jährig, völlig gesund, sehr wuchskräftig und fest eingewurzelt sein. Andernfalls ist mit hohen Ausfällen und schlechten Verwachsungen zu rechnen.

Literatur

1. ACATAY, A.: Untersuchungen über Menge und Güte des Samenansatzes in verschiedenen Kronenteilen einheimischer Waldbäume. Tharandter Forstl. Jahrbücher Bd. 89, 265—364 (1938).
2. ANDERSON, E. u. B. O. JANS-SON: Frilandsymping av barrträd vid Brunsberg, Fiskeby, Hüllefors v. Uddeholm. Svenska Skogsvårdsför. Tidskrift. 3, 231—248 (1952).
3. HADDERS, G.: Ymping av tall på friland. — Resultat och synpunkter. Skogen 2, 26—27 (1952).
4. HOFFMANN, K.: Erfahrungen bei der Anlage von Samenplantagen. Forst und Jagd 5, 185—192 (1955).
5. KRAHL-URBAN, J. u. H. POTT: Erfahrungen bei Eichen- und Buchenpflanzungen. Zeitschrift für Forstgenetik- und Forstpflanzenzüchtung 4, 58—64 (1955).
6. LANTZ, A.: Knoppymping av tall. Skogen 39, 136—137 (1952).
7. MIROW, N. T.: Tested methods of grafting pines. Journal of Forestry 38, 768—776 (1940).
8. SCHRÖCK, O. u. K. HOFFMANN: Sommerpflanzungen im Freiland für die Anlage von Samenplantagen. (In Vorbereitung.)
9. STEFANSSON, E.: Ymping av barrträd på friland. Sv. Skogenvårdsför. Tidskrift 2, 194—220 (1952).
10. Forestry Commission: Report on Forest Research for the ending March 1951. London 1952.
11. KRÜSSMANN, G.: Die Baumschule. Berlin und Hamburg 1954.
12. NOISSETTE, L.: Vollständiges Handbuch der Gartenkunst. Bd. 2, Stuttgart 1826.
13. PASSECKER F.: Vermehrung der Obstgehölze und der Freilandziergehölze. Verlag Hirschmann, Wien 1949.
14. SCHRÖCK, O., F. W. KOOTZ und K. HOFFMANN: Forstliche Samenplantagen, ein Beitrag zu ihrer Anlage. Neumann Verlag, Radebeul u. Berlin 1954.

Aus dem Institut für Forstwissenschaften Eberswalde der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin Zweigstelle für Forstpflanzenzüchtung Waldsiedersdorf.

Röntgenmutationen bei der Birke * **

Von E. SCHOLZ

Mit 6 Textabbildungen

Es ist meines Wissens das erste Mal, daß Probleme der Röntgenmutationszüchtung an forstlichen Objekten behandelt werden, was nicht sehr verwunderlich ist, da erst seit wenigen Jahren, im Gegensatz zur Landwirtschaft, von einer großzügigen und zielstrebigem Arbeit auf dem Gebiete der Forstpflanzenzüchtung die Rede sein kann. Während in der landwirt-

schaftlichen Züchtung bereits längere Zeit mit künstlichen Mutationen recht erfolgreich gearbeitet wird, sind Ergebnisse forstlicher Mutationsversuche bisher noch nicht bekannt geworden. Man darf die berechnete Hoffnung hegen, daß die Berücksichtigung der bisher gewonnenen Erkenntnisse und Erfahrungen der landwirtschaftlichen Mutationszüchtung zur beschleunigten Entwicklung einer forstlichen Mutationszüchtung beitragen wird.

Erst MULLER (1927—1928), im gleichen Jahr übrigens GAGER und BLAKESLEE bei *Datura stramonium*, konnte einen ausführlichen Bericht über die starke Wirkung von Röntgenstrahlen auf *Drosophila melano-*

* Gekürzte Wiedergabe eines Vortrages, gehalten auf der Arbeitstagung für forstliche Samenplantagen vom 24.—26. Okt. in Waldsiedersdorf.

** Herrn Dr. SCHRÖCK fühle ich mich für die Überlassung des Untersuchungsmaterials aus dem Jahre 1948 und die freundliche Unterstützung der Arbeiten zu großem Dank verpflichtet.

gaster geben, nachdem bereits vor ihnen eine Vielzahl beachtenswerter, jedoch meist ergebnisloser Versuche in dieser Richtung unternommen wurde. Sogleich danach erfolgte die Bestätigung MULLERS Ergebnisse an der Gerste. Inzwischen sind grundlegende und bedeutende Erkenntnisse über das Wesen der Röntgenstrahlenwirkung und die Wege der landwirtschaftlichen Mutationszüchtung bekannt geworden. Um nur einige der für unsere forstlichen Versuche sicher bedeutungsvollen Arbeiten zu nennen, seien BANDLOW (6, 7, 8), GUSTAFSSON (9, 10), HOFFMANN (12) und STUBBE (19, 20, 21, 22, 23) mit ihren positiven experimentellen Ergebnissen und Erörterungen über die Erfolgsaussichten landwirtschaftlicher Mutationszüchtung genannt.

Hiernach ist der Stand unserer Erkenntnisse über die Strahlenwirkung, kurz zusammengefaßt, etwa folgender:

Das Ziel, die künstliche Erhöhung der natürlichen Mutationsrate, um durch eine Genbereicherung zu wirtschaftlich wünschenswerten Formen zu gelangen, kann durch chemische und physikalische Einwirkungen sowie durch extreme Temperaturen u. a. physiologische Mittel erreicht werden. Allerdings erwiesen sich Röntgenstrahlen, also kurzwelliges Licht im Wellenbereich von 1/1000000 mm am zweckmäßigsten.

Obgleich bei Bestrahlung von Gewebekomplexen, wie Samen, Chimären entstehen, hat sich diese Methode von all den vielen Möglichkeiten in der praktischen Züchtungsarbeit am günstigsten erwiesen. Über die Methode entscheidet das Ziel und das jeweils vorliegende Material. Nach der Treffertheorie muß die Strahlenqualität, also die Wellenlänge, für den Mutationserfolg bedeutungslos sein, da es hierbei lediglich auf das Maß der Ionisation ankommt. Gametenbestrahlung kann vorteilhaft sein, wenn ein besonders günstiges Verhältnis von Toleranzdosis und Mutationsrate die anderen Nachteile aufhebt. Aus den genannten Arbeiten geht ferner hervor, daß die infolge der Trefferwirkung bestehende lineare Abhängigkeit von Genmutationen und Röntgendosis durch Chromosomenbrüche und Umkombinationen zu komplizierten strukturellen Veränderungen führen und dadurch überdeckt werden kann. Außerdem kann die lineare Abhängigkeit von Röntgendosis und Genmutation aus zellphysiologischen Gründen gestört werden [FREISLEBEN und LEIN (4, 5), KNAPP (13)].

Nachdem die Mutationsforschung recht gesicherte Ergebnisse über die mutationsauslösende Wirkung kurzwelliger Strahlen erarbeitet hat und die landwirtschaftliche Züchtung bereits ohne Mutationszüchtung kaum noch denkbar ist, scheint es an der Zeit, auch auf forstlichem Gebiet diesen Zweig züchterischer Tätigkeit voranzutreiben. Hierbei ist zu bedenken, daß die Aneignung der nötigen Grundlagen allein in methodischer Hinsicht Jahre in Anspruch nehmen dürfte, da bisher so gut wie nichts darüber bekannt ist.

In diesem Zusammenhang sei noch auf die Untersuchung von SIMÁK und GUSTAFSSON (17) hingewiesen, deren Arbeiten allerdings eine andere Zielsetzung zugrunde liegt. Die von ihnen vorgeschlagene Untersuchung forstlichen Saatgutes mittels Röntgenfotografie würde die forstliche Saatgutprüfung endlich auf einen modernen Stand bringen und wesentlich vereinfachen. Erst durch die Röntgenfotografie ist uns die Möglichkeit größerer Serienuntersuchungen an

forstlichen Samen gegeben, die sich bei weiterer Entwicklung der Forstpflanzenzüchtung sehr bald als notwendig erweisen dürften. SIMÁK und GUSTAFSSON stellen in diesem Zusammenhang die unterschiedliche Empfindlichkeit von *Alnus glutinosa*, *Picea*, *Abies* und *Pinus silvestris* fest.

Der erste Versuch, künstliche Mutationen an forstlichen Objekten zu erzeugen, wurde in Deutschland und, soweit mir bekannt ist, überhaupt, mit Hilfe von Röntgenstrahlen und extremen Temperaturen im Jahre 1948 von SCHRÖCK bei *Betula verrucosa*, *Betula pubescens* und *Pinus silvestris* in Waldsiedersdorf eingeleitet. Ziel des Tastversuches war, überhaupt einen ersten Lichtstrahl in das noch völlige Dunkel forstlicher Mutationszüchtung hineinzutragen, um hieraus Hinweise für weitere Versuche zu erhalten. Während der Temperaturversuch bei der Birke, ebenso wie der Mutationsversuch mit der Kiefer, bisher noch keine Ergebnisse erkennen ließen, brachte die erste Auswertung des Röntgenmutationsversuches an der Birke im Jahre 1955 einige recht interessante Ergebnisse.

Material und Methoden des Mutationsversuches von 1948

Es gelangten Samen von *Betula verrucosa* und *Betula pubescens* im Herbst 1947 von insgesamt 237 Bäumen im Gebiet der DDR zur Beerntung und im Frühjahr 1948 unter folgenden Bedingungen zur Bestrahlung: Lufttrockener Samen wurde am Röntgengerät des Materialprüfungsamtes Berlin-Dahlem vom Typ 300 KV Bauart R. Seifert, Hamburg, bei 180 KV und 8 mA, 6 oder 12 Stunden bestrahlt, unter Verwendung eines 1 mm Al-Filter. Der Abstand vom Focus betrug 30 cm. Hinzu kommt noch ein Pappfilter, dessen Filterwert leider nicht mehr bekannt ist. Der Samen wurde 1948 im Gewächshaus ausgesät, und nach Verschulung in der Frühbeetlage konnten die Pflanzen 1950 ins Freiland gebracht werden.

Mikroskopische Messungen:

Die Spaltöffnungsmessungen erfolgten bei einer Vergrößerung von 10 × 40 an Blättern des letzten Jahrestriebes und zwar an mutiertem und unmutiertem Gewebe der Mutanten und am nicht mutierten Gewebe der normalen benachbarten Geschwisterpflanzen. Je Pflanze wurden 100 Messungen durchgeführt. Infolge allgemeiner Abweichung vom normalen Habitus wurden die beiden untersten Blätter des Jahrestriebes, ebenso wie die Spitzenblätter von den Messungen ausgeschlossen. Wir entnahmen die Blätter jeweils um 9 Uhr vormittags.

Die phänologischen Beobachtungen erstreckten sich vom Beginn der ersten Knospenschwellung bis zum völligen Blattaustrieb im regelmäßigen Abstand von 3 Tagen.

Ergebnisse

Von den insgesamt 237 Einzelstammnackkommenschaften gehören 34 der *Betula pubescens* und 203 Nachkommenschaften der *Betula verrucosa* an. 104 *verrucosa*-Nachkommenschaften mit 4138 Pflanzen entstammen der 6-stündigen und 99 *verrucosa*-Nachkommenschaften der 12-stündigen Bestrahlung, während *Betula pubescens* 18 Nachkommenschaften mit 1004 Pflanzen der 6-stündigen und 16 Nachkommenschaften mit nur 145 Pflanzen der 12-stündigen Be-

handlungszeit enthält. Leider ließ sich nur noch die Zahl der Abgänge vom Zeitpunkt der Auspflanzung ins Freiland (1950) bis zum Jahre 1955 verfolgen.

Bei *Betula verrucosa* fielen nachträglich von:

4138 Pflanzen der 6-stündigen Behandlung 11,89%

1554 Pflanzen der 12-stündigen Behandlung 14,93%,

bei *Betula pubescens* von

1004 Pflanzen der 6-stündigen Behandlung 11,47%

145 Pflanzen der 12-stündigen Behandlung 17,80%

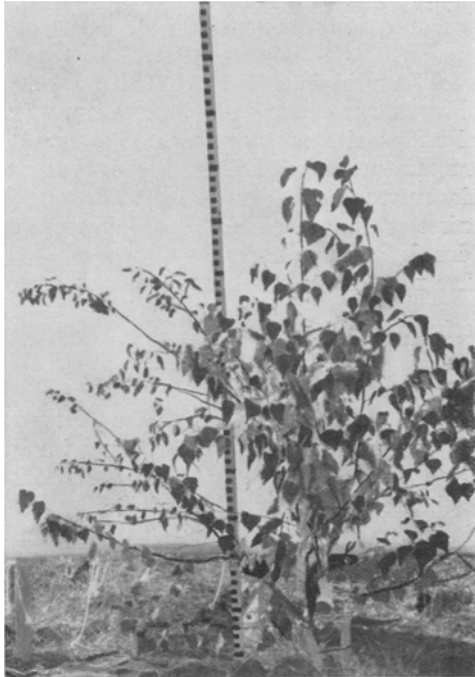


Abb. 1. Linke Seite der Pflanze trägt Blätter der gelb-geränderten Gruppe der Mutanten, rechte Seite der Chimäre zeigt normalen Habitus. Der Stab bildet die ziemlich deutliche Trennungslinie von mutiert zu normal. (Ein kleiner Teilstrich = 1 cm).

aus. Diese Zahlen deuten auf eine höhere Sterblichkeitsziffer nach 12-stündiger Behandlung sowohl bei *Betula verrucosa* als auch bei *Betula pubescens* hin. Diesem Umstand ist wohl auch die ungleiche Pflanzenzahl der beiden Bestrahlungszeiten zuzuschreiben, die in keinem Verhältnis zur Nachkommenschaftszahl steht. Außerdem ist erwiesen, daß noch nach Jahren mit Abgängen bei forstlichen Mutationsversuchen zu rechnen ist, zumal auch jetzt noch einige stark geschwächte Pflanzen zu beobachten sind, die in den folgenden Jahren gewiß ausfallen werden. Hieraus sind Schlußfolgerungen für die Anlage künftiger forstlicher Mutationsversuche zu ziehen.

Es erhebt sich außerdem die Frage, ob die in der Forstwirtschaft übliche Methode der Prüfung des Keimprozentages als Tastmittel für die in künftigen Versuchen zu ermittelnde Halbwertdosis der einzelnen Holzarten zu verwenden ist. Auf Grund der noch zu schildernden Ergebnisse aus einem anderen Versuch ist das sicher zu verneinen.

Bei der Auswertung des Versuches trat die Tatsache, daß Röntgenmutanten an forstlichen Objekten bisher mir noch nicht bekannt waren, erschwerend auf. Hinzu kommt noch die große morphologische Streubreite, die bei unseren forstlichen Holzarten eine bedeutend größere ist als bei landwirtschaftlichen Hochzuchtarten, mit denen man ja in der landwirtschaftlichen Mutationszüchtung bekanntlich arbeitet. Obgleich

erhebliche Abweichungen, beispielsweise in der Ausscheidung von Wachs- und Harzschüppchen oder in der Form und Größe der Blätter und ihrer Bezahnung, an einzelnen Individuen beobachtet wurden, sollen diese Merkmale zunächst unberücksichtigt bleiben, da jetzt noch nicht sicher zu entscheiden ist, wie weit sie der natürlichen Variationsbreite zuzuordnen sind.

Bei der ersten Durchsicht der Versuchsfäche im Jahre 1954 wurden vorerst 2 Chlorophyllmutanten entdeckt, unter denen sich eine Chimäre befindet (Abb. 1). Nach Kennzeichnung der entsprechenden Zweige zeigten diese im darauf folgenden Jahr die gleichen Abweichungen. Insgesamt wurden 7 Chlorophyllmutanten in der X_1 -Generation, die sämtlich der *Betula verrucosa* angehören, und 2 Verzweigungsmutanten der *Betula pubescens* (6-stündige Behandlungszeit) gefunden. Vier Chlorophyllmutanten entstammen der 12-stündigen, 3 der 6-stündigen Bestrahlungszeit. Da die Bildung und Funktion des Chlorophylls allem Anschein nach von mehreren Genen abhängig ist, können bei Störungen sehr verschiedene Chlorophylldefekte hervortreten, wie sie auch von landwirtschaftlichen Versuchen her bekannt sind. Die hier gefundenen Chlorophyllmutanten lassen sich ohne Schwierigkeiten in zwei Gruppen einteilen. Eine Eingliederung in die von GUSTAFSSON (1940) für landwirtschaftliche Pflanzen aufgestellte Systematik der Chlorophyllmutanten erscheint unzweckmäßig. Ebenso möchte ich zunächst von einer endgültigen Benennung absehen, bis durch Kenntnis weiterer Mutanten aus künftigen forstlichen Mutationsversuchen ein besserer Überblick über die zu erwartenden Chlorophyllmutanten gewährleistet ist.

Die eine Gruppe umfaßt die vorerst als gelb-geränderte Chlorophyllmutanten bezeichneten Mutanten (Abb. 2). Mutanten dieser Art wurden bei *Betula verrucosa* gefunden, von denen eine der Pflanzen hinsichtlich ihrer Wuchskraft durchaus als normal zu bezeichnen ist, während die beiden anderen Pflanzen deutliche Störungen ihrer Vitalität erkennen lassen. Die einzelnen Jahrestriebe der mutierten Sprosse sind auffallend kürzer und schwächer ausgebildet als die der normalen

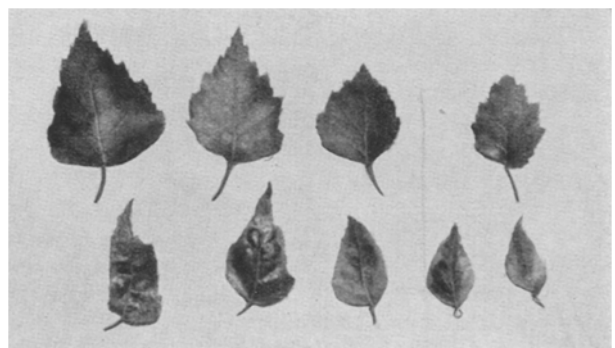


Abb. 2. Obere Reihe: Normale Blätter, untere Reihe: mutierte Blätter der in Abb. 1. dargestellten Chimäre.

Triebe derselben Pflanze oder gar der benachbarten Geschwisterpflanzen. Ebenso sind die Knospen im Ruhestand bedeutend kleiner als die Knospen an Normaltrieben. Am augenscheinlichsten sind jedoch die veränderte Blattform und Farbe. Neben der geringeren Größe weisen die mutierten Blätter dieser Gruppe eine nicht zu übersehende Gelbfärbung auf, die vom Blattrand her beginnend zur Mitte hin verläuft und bei kleineren

Blättern oft die ganze Blattfläche erfaßt. Besonders auffallend ist der Blattrand gestaltet, der oft gar keine Zahnung oder mitunter tiefere und unregelmäßige Ausbuchtungen aufweist (Abb. 3). Die Mittelrippe der Blätter ist oft mehr oder weniger einseitig gekrümmt, überhaupt erscheinen die Blätter gewölbt oder wellig.

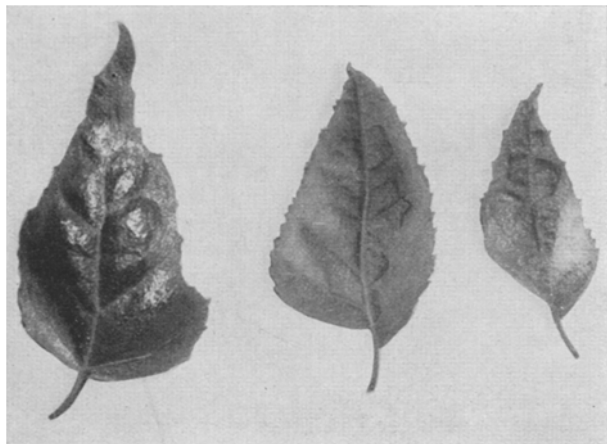


Abb. 3. Mutierte Blätter aus der Gruppe der gelb-geränderten Mutante. 2. u. 3. Blatt von links zeigt die Blattunterseiten, erstes Blatt von links die Blattoberseite.

Interessant dürfte ferner das veränderte physiologische Verhalten sein, das sich in diesem Falle in einer verkürzten Vegetationsdauer äußert. So erfolgte der Laubausbruch an den mutierten Sprossen im Frühjahr 1955 4 bis 6 Tage später und der Laubabfall da-



Abb. 4. Unterschiedliches Austreiben von normalen (untere Zweige mit bereits großen Blättern) und mutierten (obere Zweige mit noch nicht völlig entfaltetten Blättern) Sprossen der gleichen Pflanze.

gegen 12 bis 14 Tage früher als an den nicht mutierten Sprossen derselben Pflanze oder der benachbarten Geschwisterpflanzen (Abb. 4).

Die andere Gruppe umfaßt 2 Individuen, die zunächst als dunkelgefleckte Mutanten bezeichnet werden mögen (Abb. 5). Die Abweichungen sind hier weniger auffällig und das Auffinden ist, zumal zum

Ende der Vegetationszeit hin, etwas schwieriger. Im zeitigen Frühjahr jedoch sind die Farbunterschiede zwischen dem normalen hellen Birkengrün und den dunklen olivgrünen Flecken sehr augenscheinlich. Auch sie zeigen herabgeminderte Vitalität, kürzere Jahrestriebe, jedoch normale Knospengröße. Wie aus Abb. 5 zu ersehen ist, entsprechen Blattgröße, Blätter und Bezahnung durchaus normalen *Betula verrucosa*-Blättern. Gekennzeichnet sind die Blätter dieser Gruppe durch dunkelolivgrüne Färbung der Blattmitte (Abb. 5). Die phänologischen Beobachtungen stimmen mit denen der gelbgeränderten Gruppe überein.

Um festzustellen, ob auch noch andere Organe des mutierten Blattgewebes eine Abänderung erfahren haben, wurden in eingangs beschriebener Weise Spaltöffnungsmessungen durchgeführt. Die Größenunterschiede bei der Gruppe der dunkel-gefleckten Mutanten liegen im Zufallsbereich und ließen sich statistisch nicht sichern. Anders dagegen liegen die Verhältnisse bei den gelb-geränderten Mutanten, die im Gegensatz zu den dunkel-gefleckten bedeutend stärkere Abweichungen in der Blattform aufzuweisen haben. Die Mittelwerte von zwei gelb-geränderten Mutanten wurden denen der dazu gehörigen Geschwisterpflanzen ge-

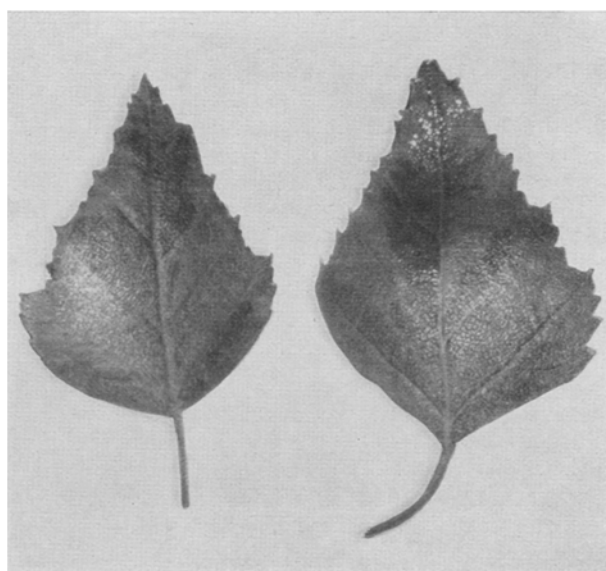


Abb. 5. Blätter der Gruppe der dunkel-gefleckten Mutante.

genüber gestellt und ließen sich statistisch sichern. So beträgt z. B. für die Spaltöffnungsgröße im mutierten gelben Blattgewebe $s \bar{d} = 0,1$, die Differenz der Mittelwerte = 1,02. Die Differenz kann, wenn $t = 3,15$ (nach KOLLER) zugrunde gelegt wird, gegenüber den normalen Geschwisterpflanzen als gesichert betrachtet werden. Hierbei wurden die Werte von je 2 Pflanzen, also insgesamt vier Mutanten, gegenübergestellt. Ebenso ließ sich die Differenz der Größenunterschiede der Spaltöffnungen des mutierten Gewebes im grünen Blattbereich gegenüber den normalen Geschwisterpflanzen sichern.

Die Messungen sagen aus, daß mit der stark veränderten Blattform der gelbgeränderten Mutanten auch die Spaltöffnungen abgewandelt wurden, und zwar haben auch sie eine Verkleinerung, wie die Blattfläche allgemein, erfahren. Es sind weitere Untersuchungen an den Mutanten, insbesondere über Veränderungen in der Chlorophyllzusammensetzung, ge-

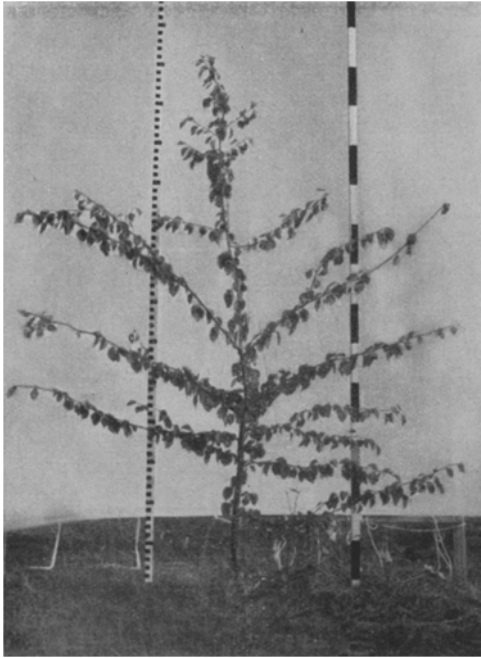


Abb. 6. Verzweigungsmutante mit fächerartiger Kronenbildung der *Betula pubescens*. Die Seitenzweige liegen in einer Ebene.

plant, deren Veröffentlichung an anderer Stelle erscheinen wird, weshalb diese Angaben vorläufig genügen mögen.

Bei den Pflanzen der *Betula pubescens* wurden zwei Verzweigungsmutanten gefunden, von denen eine auf Abb. 6 zu sehen ist. Ihr fehlen Zweige zweiter und dritter Ordnung fast ganz. Die Blätter sitzen unmittelbar am Stamm, und die Krone des Bäumchens ist nicht, wie gewöhnlich, allseitig ausgebildet, sondern wirkt wie ein Fächer, da die Zweige erster Ordnung fast alle in einer Ebene liegen.

Die zweite Verzweigungsmutante besitzt gestauchte kräftige Triebe, bleibt im Höhenwuchs merklich hinter den Geschwisterpflanzen zurück und zeigt eine typisch pyramidale buschige Wuchsform. Die Blätter entsprechen in Farbe und Form dem normalen *Betula pubescens*-Blatt.

Zur Erzeugung der X_2 -Generation, bei der erst eine größere Zahl von Mutanten zu erwarten ist, wurden an insgesamt 345 weiblichen Blütenständen Selbstungen vorgenommen, die jedoch leider ergebnislos verliefen. Die geernteten Samen besaßen keine Keimfähigkeit. Wenn man je Blütenstand mit etwa 200 bis

¹ Herrn Professor HOFFMANN, der mir freundlicherweise die Benutzung des Röntgengerätes seines Institutes in Hohenthurm gestattete und dadurch die Durchführung des Versuches ermöglichte, möchte ich hiermit meinen herzlichsten Dank aussprechen.

250 Samenanlagen rechnet, so zeigt sich die hohe Selbststerilität der im Versuch befindlichen Birken. Schon äußerlich unterschieden sich die aus Selbstungen hervorgegangenen Samen durch deutliche Deformationen von den aus Kreuzungen stammenden.

Zur weiteren Klärung der Wirkung von Röntgenstrahlen auf unsere forstlichen Holzarten konnte im Jahre 1955 eine neue Versuchsserie angesetzt werden¹.

Material und Methoden des Mutationsversuches von 1955

Bestrahlungsbedingungen: Das Röntgengerät ist vom Typ Therapix V der Firma Koch & Sterzel, Dresden. Es wurde mit 170 kV, 9 mA und 40 cm Abstand vom Focus bei einem Gesamtfilterwert von 4,5 mm Al bestrahlt. Der Gesamtfilterwert setzt sich zusammen aus dem Leerfilter, der Röhrenwand, Öl usw. mit einem Wert von 2,5 Al und einem 2 mm Al-Filter.

Es gelangte Saatgut von 3 bestwüchsigen Auslesebäumen in lufttrockenem Zustand und angekeimt zur Bestrahlung. Von den drei angesetzten Serien mußten 2 infolge zu geringer Keimkraft ausscheiden, obgleich das Saatgut der Ernte 1954 ein durchaus befriedigendes Keimprozent besessen hatte. Es soll daher nur die Serie SA 209 hier weiter betrachtet werden. Sie konnte

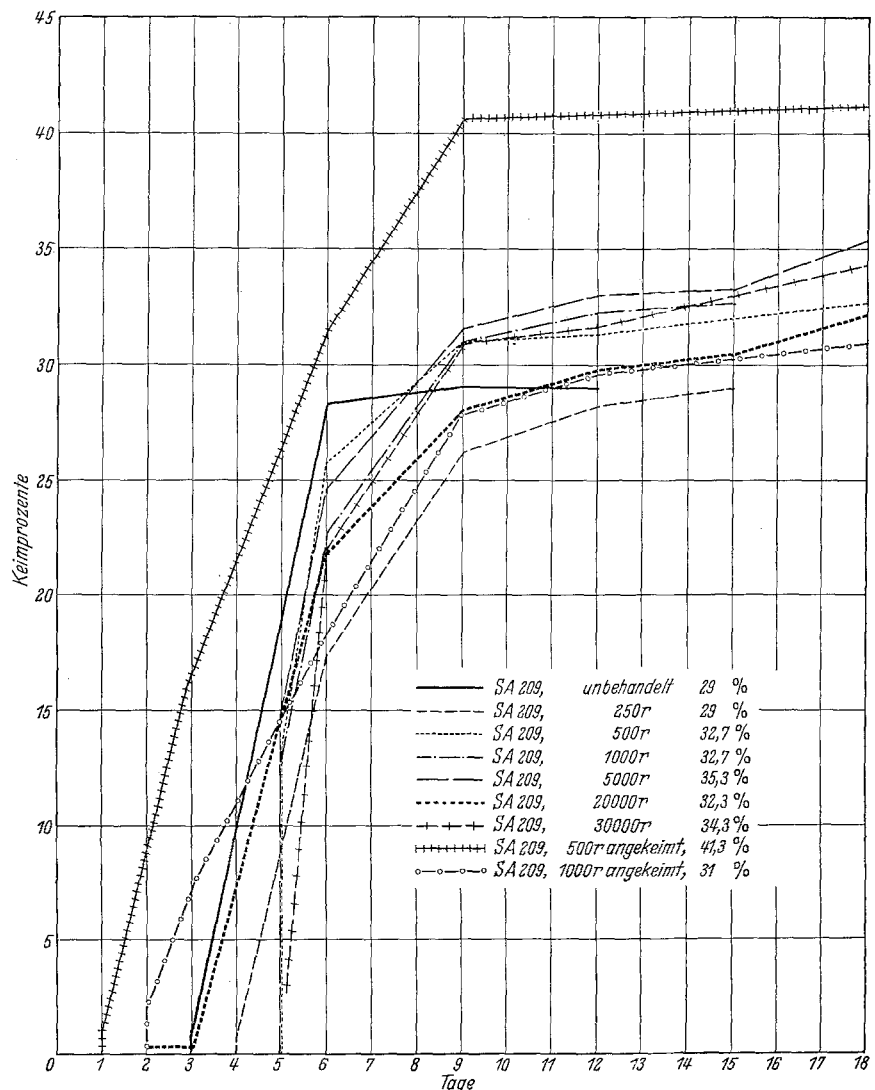


Abb. 7.

mit je 20 Gramm Birkensaatgut pro Röntgendosis, das von einem Auslese-Baum in der Letzlinger Heide stammt, in folgenden Abstufungen angesetzt werden:

Kontrolle (unbehandelt)
250 r
500 r
1 000 r
5 000 r
20 000 r
30 000 r

Außerdem wurde noch angekeimtes Saatgut, das 73,5 Stunden einer Temperatur von 22—24 Grad in Glasgefäßen (unter Hinzugabe von Wasser) ausgesetzt war, bestrahlt, und zwar mit 500 und 1000 r. Zur Berechnung des Keimprozentens wurden je 100 Samen je Röntgendosis in dreifacher Wiederholung herangezogen.

Vorläufige Ergebnisse

Die ermittelten Keimprozentens waren folgende:

Kontrolle = 29 %
250 r = 29 %
500 r = 32,7%
1 000 r = 32,7%
5 000 r = 35,3%
20 000 r = 32,3%
30 000 r = 34,3%
(angekeimt) 500 r = 41,3%
„ 1 000 r = 31 %

Der Verlauf der Keimung ist der Abb. 7 zu entnehmen. Nach SIMÁK und GUSTAFSSON (17) wäre bei der Birke nur von den schwachen Dosen, also etwa von 250 r oder 500 r, eine geringe keimfördernde Wirkung zu erwarten gewesen, wie sie genannte Autoren bei der Erle festgestellt haben. Aus dem Verlauf der Kurven in Abb. 7 ist jedoch zu ersehen, daß gerade die schwächste Dosis von 250 r in gleicher Endhöhe mit der unbehandelten Kontrolle liegt. Alle mit höheren Dosen behandelten Samen übertreffen die Kontrolle im Keimprozent. Sogar noch bei der verhältnismäßig starken Dosis von 30000 r liegt das Keimprozent mit 34,3 über der unbehandelten Kontrolle mit 29%. Dieses unerwartete Ergebnis deutet darauf hin, daß die Birke wahrscheinlich noch weit höhere Röntgendosen benötigt, um in ihrer Keimkraft geschädigt zu werden. Bei den höheren Dosierungen, insbesondere bei 20 000 und 30 000 r sind Keimlinge mit deformierten Primärblättern zu beobachten. Die Deformationen sind beim ersten Primärblättchen am stärksten, nehmen meist beim zweiten oder dritten bereits ab, und das vierte und fünfte Blättchen besitzt oft bereits wieder völlig normale Form. Am stärksten sind diese zellphysiologischen Störungen bei 30 000 r zu beobachten. Die Absaaten stehen unter weiterer dauernder Beobachtung. Außerdem sind bereits weitere Versuche zur Überprüfung und Klärung der bisher gefundenen Ergebnisse eingeleitet.

Schlußfolgerungen

Der Röntgenversuch vom Jahre 1948 sowie die neu angesetzte Serie des Jahres 1955 lassen die Notwendigkeit großzügiger und intensiver Forschung auf dem Gebiete der forstlichen Mutationszüchtung erkennen, um überhaupt erst einmal die Grundlage für künftige Mutationsversuche mit forstlichen Objekten zu schaf-

fen. Hierbei sind die besonderen Schwierigkeiten, bedingt durch die Eigenschaften unserer Holzarten, zu berücksichtigen. Die durch Röntgenbestrahlung hervorgerufenen Mutanten sind bekanntlich meist rezessiver Art, mit deren Auftreten also erst in der X_2 -Generation zu rechnen ist. Es ist klar, daß für künftige Mutationsversuche selbstfertile Individuen, die zweifellos unter unseren Holzarten vorhanden sind, zu verwenden sind, um ohne Schwierigkeiten mit genügend Individuen in der X_2 -Generation arbeiten zu können. Dabei sollte nur Saatgut von den besten Ausleseebäumen, deren Überlegenheit und genetische Veranlagung im Zuge der Errichtung von Samenplantagen geprüft und erwiesen ist, herangezogen werden. Geht man von bestem Material aus, dürfte es einfacher sein, der an sich guten Wuchsleistung z. B. noch eine Resistenzeigenschaft hinzuzufügen, als wenn man von vornherein Material mit durchschnittlichen oder gar schlechten Eigenschaften in den Mutationsversuch hereinnimmt. An letzterem müßten dann mehrere Eigenschaften positiv mutieren, um zu wirtschaftlich wünschenswerten Formen zu gelangen, was zweifellos bedeutend seltener eintreten dürfte. In Erkenntnis dessen geht man in der Landwirtschaft stets von hochgezüchteten Sorten aus, sei es beim Flachs, bei der Lupine, der Gerste oder beim Weizen.

Überhaupt werden wir von den Erfahrungen der landwirtschaftlichen Mutationszüchtung sicher sehr viel Wertvolles für die Arbeit mit unseren wirtschaftlich wichtigsten Holzarten entnehmen können. Insbesondere sollten uns die bereits errungenen Erfolge der landwirtschaftlichen Züchtung Ansporn zu eigenen Taten sein. Aus der Fülle des bereits vorliegenden Materials seien in diesem Zusammenhang nur die Formen bei *Pisum arvense* SCHEIBE (16) genannt, die züchterisch wertvollen Mutanten, die HOFFMANN und ZOSCHKE (12) beim Flachs, STUBBE und BANDLOW (19) sowie GUSTAFSSON (10) bei der Gerste und anderen Getreidearten fanden. Wenn es der Landwirtschaft möglich war, standfestere und resistendere sowie ertragreichere Formen zu züchten, warum sollten wir in der Forstpflanzenzüchtung nicht schütterresistente Kiefern, resistente Ulmen, im Verzweigungstyp oder in der Holzqualität überlegene Birken finden. Sicher scheinen bei unseren Holzarten größere Schwierigkeiten als in der Landwirtschaft einer so intensiven züchterischen Bearbeitung entgegenzustehen. Das sollte jedoch nur die Notwendigkeit unterstreichen, sobald als möglich mit den Vorarbeiten zur Klärung der vielen noch ungelösten Fragen auf breiter Basis zu beginnen. Man darf auch nicht übersehen, welcher großen Impuls die Grundlagenforschung in der Forstpflanzenzüchtung durch die Mutationsforschung erfahren würde.

Neben der Selbstfertilität ist die Empfindlichkeit der einzelnen Holzarten gegenüber Röntgenstrahlen zu prüfen und die zur Erzeugung möglichst vieler Mutanten günstigste Röntgendosis und Behandlungsmethode zu ermitteln. Hierzu ist das bisher übliche Keimprüfverfahren, wie es in der Forstwirtschaft gebräuchlich ist, ungeeignet. Das geht sowohl aus dem Mutationsversuch von 1948 sowie aus dem Tastversuch des Jahres 1955 hervor. Auch die in der Landwirtschaft gebräuchlichen Triebkraftprüfungen müßten für unsere forstlichen Objekte abgewandelt werden. Versuche zur Ermittlung eines Tastverfahrens, das die Beobachtung der behandelten Keimlinge über

längere Zeit hin gestattet, sind eingeleitet. Viel Arbeit wird noch zu bewältigen sein, bis auch die forstliche Röntgenmutationszüchtung den Anschluß an die Erfolge der landwirtschaftlichen Mutationszüchtung erreicht hat. Immerhin berechtigen die bereits gefundenen Mutanten zu der Zuversicht, daß auch wir positiv physiologisch veränderte Mutanten erwarten können, die von züchterischem Interesse sind.

Zusammenfassung

1. Es wurden die ersten forstlichen Röntgenmutanten, sieben Chlorophyllmutanten und zwei Verzweigungsmutanten, bereits in der X_1 -Generation gefunden.

2. Die Chlorophyllmutanten lassen sich in zwei Gruppen einteilen, von denen die Gruppe der vorläufig als gelb-geränderte Mutanten bezeichnete stärkere Abweichungen in der Blattform, Farbe und in der Ausbildung der Spaltöffnungen zeigt als die Gruppe der dunkel-gefleckten Mutanten.

3. Die Chlorophyllmutanten zeigen verändertes physiologisches Verhalten, das sich in einer verkürzten Vegetationsperiode äußert.

4. Die Verzweigungsmutanten gehören beide *Betula pubescens* an und sind ebenfalls voneinander zu unterscheiden.

5. Der Versuch, durch Selbstungen die X_2 -Generation zu erhalten, mißlang infolge hoher Selbststerilität der im Versuch enthaltenen Birken.

6. Das Keimprozent vom Birkensamen einer Versuchsserie, die in acht Abstufungen von 250 r bis 30 000 r angesetzt wurde, lag selbst bei 30 000 r noch über dem der unbehandelten Kontrolle.

7. Die Primärblätter zeigen zellphysiologische Störungen, die sich jedoch bereits beim 4. und 5. Blättchen wieder verlieren.

8. Die Ausarbeitung eines für forstliche Objekte geeigneten Tastverfahrens wird als notwendig erachtet zur Ermittlung der für jede Holzart jeweils günstigsten Röntgendosis, die möglichst viele Mutanten erzeugt. Die bisher in der Forstwirtschaft übliche Methode der Bestimmung des Keimprozentos kommt für die Feststellung der Halbwertdosis nicht in Betracht, da sie die Beobachtung der Keimlinge für längere Zeit nicht gestattet.

9. Es müssen die notwendigen Grundlagen für die forstliche Mutationszüchtung erarbeitet werden, bevor mit den eigentlichen Mutationsversuchen bestimmter Zielsetzung begonnen wird. Bei Anwendung der wertvollen Erfahrungen aus der landwirtschaftlichen Mutationszüchtung sind die Besonderheiten der forstlichen Holzarten zu berücksichtigen. Zukünftige Mutationsversuche sind mit selbstfertilen Individuen anzulegen.

Literatur

1. BANDLOW, G.: Mutationsversuche an Kulturpflanzen. III. Über genetischen Vorstufen der Kapuzengerste mit variabler Manifestierung bei röntgeninduzierten Mutanten. *Der Züchter* 24, 20—27 (1954).
2. BANDLOW, G.: Mutationsversuche an Kulturpflanzen. II. Züchterisch wertvolle Mutanten bei Sommer- und Wintergersten. *Der Züchter* 21, 357—363 (1951).
3. FREISLEBEN, R. und A. LEIN: Vorarbeiten zur züchterischen Auswertung röntgeninduzierter Mutationen. II. Mutationen des Chlorophyllapparates als Testmutationen für die mutationsauslösende Wirkung der Bestrahlung bei Gerste. *Ztschr. f. Pflanzenzüchtung* 15, (1943).
4. FREISLEBEN, R. und A. LEIN: Vorarbeiten zur züchterischen Auswertung röntgeninduzierter Mutationen. I. Die in der Behandlungsgeneration (X_1) sichtbare Wirkung der Bestrahlung ruhender Gerstenkörner. *Ztschr. f. Pflanzenzüchtung* 25, 236—254 (1943).
5. FREISLEBEN, R. und A. LEIN: Möglichkeiten und praktische Durchführung der Mutationszüchtung. *Kühn-Archiv* 60, 211—225, (1944).
6. FRÖIER, K. und O. GELIN und A. GUSTAFSSON: Mutationsforschung und Züchtung. *Bot. Not. (Lund)* (1941).
7. FRÖIER, K.: Keimung und Triebkraft bei Hafer und Weizen nach verschiedenen Röntgendosen. *Hereditas* 27, S. 360—370. (1941).
8. FRÖIER, K.: Aspects of the agricultural value of certain barley X-ray mutations produced and tested at the Swedish Seed Association, Svalöf, and its branch stations. *Swedish Seed Association, Svalöf. Acta Agric. Scand.* 4, 515—543 (1954).
9. GUSTAFSSON, A.: Mutationsforschung und Züchtung. *Züchter* 14, 57—64, (1942).
10. GUSTAFSSON, A.: Mutations In Agricultural Plants. *Hereditas* 33, 1—100 (1947).
11. HACKBARTH, J. und TROLL, H.-J.: Einige Spontanmutationen von *Lupinus luteus* und *Lupinus angustifolius*. *Ztschr. f. Pflanzenzüchtung* 34, 409—420 (1955).
12. HOFFMANN, W. und ZOSCHKE, U.: Röntgenmutationen beim Flachs. (*Linum usitatissimum* L.). *Der Züchter* 25, 199—206 (1955).
13. KAPLAN, R.: Versuche an *Antirrhinum majus* über die Häufigkeit von Faktorenmutationen nach Röntgenbestrahlung des Pollens in verschiedenen Quellungszuständen. *Ztschr. f. Vererbungslehre* 82, 164—186 (1948).
14. KNAPP, E.: Züchtung durch Mutationsauslösung. *Handbuch der Pflanzenzüchtung* I. S. 541—562, Berlin 1941.
15. KRESS, H.: Ergebnisse der Röntgenbestrahlung bei der Gülzower Süßen Gelblupine (*Lupinus luteus*). *Züchter* 23, 168—172 (1953).
16. SCHEIBE, A.: Die Wirkung der natürlichen Auslese bei *Pisum arvense* — Formen mit und ohne Wachsschicht. (Ein Beitrag zur Frage des Selektionswertes von Mutanten). *Der Züchter* 25, 97—103 (1955).
17. SCHICK, R.: Über einige für den Pflanzenzüchter interessante Mutanten von *Antirrhinum majus*. *Der Züchter* 6, 30—33 (1934).
18. SIMÁK, M. und A. GUSTAFSSON: X-ray photography and sensitivity in forest tree species. *Hereditas XXXIX, Sonderdruck*.
19. STUBBE, H. und G. BANDLOW: Mutationsversuche an Kulturpflanzen I. Röntgenbestrahlungen von Winter- und Sommergersten. *Der Züchter* 17/18, 366—374 (1947).
20. STUBBE, H.: Über einige theoretische und praktische Fragen der Mutationsforschung. *Math.-naturw. Klasse, Berlin, Akademie-Verl. Bd 47, S. 23, 1952*.
21. STUBBE, H.: Pflanzenzüchtung und Mutationsforschung. *Forschungsdienst, Sonderheft 16, S. 333—338, 1942*.
22. STUBBE, H.: Spontane und strahleninduzierte Mutabilität. *Leipzig 1937*.
23. STUBBE, H.: Über die Möglichkeit der experimentellen Erzeugung neuer Pflanzenrassen durch künstliche Auslösung von Mutationen. *Züchter* 1, 6—11 (1929).
24. TIMOFÉEFF-RESSOVSKY, N. W.: Experimentelle Mutationsforschung in der Vererbungslehre. *Dresden und Leipzig 1937*.