

(Aus der Abteilung für Klee und Gras des Schwedischen Saatzuchtvereins, Svalöf)

Über die Effekte der Röntgenbestrahlung bei *Poa pratensis*

Von GÖSTA JULÉN\*

Mit 5 Abbildungen

In einer früheren Veröffentlichung (JULÉN, 1954) wurden die in der ersten Generation bemerkbaren Effekte von Röntgenbestrahlung an *Poa pratensis* beschrieben. Trockene Samen eines einzigen Klons wurden mit einer Röntgendosierung von 12 500 bis 30 000 r behandelt. Die Keimfähigkeit der Samen und noch mehr die Lebensfähigkeit der erhaltenen Pflanzen wurden sehr stark herabgesetzt, um so stärker, je höher die Röntgendosierung war. Nach einer Bestrahlung von 30 000 r wurden keine überlebenden Pflanzen erhalten. Unter den erhaltenen Pflanzen gab es eine verhältnismäßig große Anzahl von Pflanzen, die von dem Kontrollmaterial abweicht. Die Häufigkeit solcher Pflanzen war um so größer je stärker die Röntgenbestrahlung gewesen war. Während man in dem Kontrollmaterial zwei Prozent abweichende Pflanzen fand, war die entsprechende Zahl nach einer Röntgenbestrahlung mit 20 000 oder 25 000 r 14,2 bzw. 14,1 Prozent. Von allen abweichenden Pflanzen wurde eine Anzahl von Stecklingen ausgepflanzt, und es konnte nun festgestellt werden, daß die Mehrzahl dieser Aberranten Chimären waren. Allgemein fand man bei jeder Pflanze zwei verschiedene Typen, aber in einigen Fällen konnten bis zu vier Typen unterschieden werden. Abweichende Pflanzen können sexuelle Aufspaltungen sein, und wenn die ganze Pflanze einheitlich ist, ist es unmöglich zu entscheiden, ob die Abweichung auf eine sexuelle Spaltung oder eine Mutation zurückzuführen ist. In den Pflanzen, die Chimären sind, haben aber mit größter Wahrscheinlichkeit Mutationen stattgefunden. Es mag hervorgehoben werden, daß alle Zwillingspflanzen unmittelbar nach der Keimung weggenommen worden waren.

Nach freiem Abblühen wurden Samen von allen abweichenden Pflanzen geerntet. Bei allen Chimären wurden Samen von den verschiedenen Typen besonders geerntet. Von jeder Samenprobe wurden 25 Samen auf Filterpapier gekeimt. Alle Zwillingspflanzen wurden ausgeschieden, die übrigen in Töpfchen gepflanzt. Nachdem die Pflanzen gut entwickelt waren, wurden von jeder Familie zwölf Pflanzen ausgelesen und in das Feld ausgesetzt. Unmittelbar im Anschluß an jede Familie wurden drei Setzlinge der Ursprungsklone und drei Setzlinge der Mutterpflanze der Sämlinge ausgepflanzt, so daß man die drei Generationen unmittelbar vergleichen konnte. Das Material umfaßte 286 solcher Familien. Die Mutterpflanzen waren in 65 Fällen durch einen, in 77 Fällen durch zwei, in 21 Fällen durch drei und in einem Fall durch vier Typen repräsentiert. Die Pflanzen wurden im Frühjahr 1955 ausgesetzt, und die Untersuchungen daran wurden hauptsächlich im Sommer 1956 durchgeführt.

Bei einem wiederholten Vergleich zwischen den Ursprungsklonen und dem  $X_1$ -Material konnte wieder festgestellt werden, daß eine große Anzahl der Pflanzen sehr stark von dem Ursprungsklon abwich. Die Mutationen waren in vielen Fällen sehr drastisch. Andererseits fand man doch in vielen Fällen, daß Pflanzen, die man bei früheren Untersuchungen als abwei-

chende Pflanzen bezeichnet hatte, diesmal der Ursprungspflanze sehr ähnelten. Daß viele  $X_1$ -Pflanzen das gleiche Aussehen besitzen wie die Ursprungsklone, ist natürlich, da in den meisten Fällen, falls man es mit Chimären zu tun hat, einer der Typen nicht von dem Ursprungsmaterial abweichend ist. Doch gab es auch mehrere Pflanzen, die keine Chimären waren und die man nun bei dem wiederholten Vergleich von den Ursprungsklonen nicht unterscheiden konnte. So verhielt es sich bei 30 der 65 Pflanzen, die keine Chimären waren. In diesen Fällen müssen die früher notierten Abweichungen entweder auf unregelmäßigen Milieuverhältnissen oder auf physiologischen Nachwirkungen der Röntgenbestrahlung beruhen. Diese letzte Erklärung erscheint nicht unwahrscheinlich, da man nach der stärksten Röntgenbestrahlung (25 000 r) die größte Prozentzahl von solchen Fällen fand. In dem Material, das nach Bestrahlung mit 15 000, 17 500 und 20 000 r erhalten wurde, waren in dieser Aussaat ungefähr 25 Prozent der  $X_1$ -Pflanzen dem Ursprungsmaterial sehr ähnlich, während in dem Material, das mit 25 000 r behandelt war, nicht weniger als 68 Prozent dasselbe Aussehen hatten. Unter dem gesamten Material von 286  $X_1$ -Pflanzen konnten 73 nicht von dem Ursprungsklon unterschieden werden und 37 ähnelten dem Ursprungsklon so stark, daß die Verschiedenheit als unsicher bezeichnet wurde. 176 Pflanzen waren jedoch unzweifelhaft von dem Ursprungsklon abweichend. Unter diesen waren 163 schwächer und in den meisten Fällen viel schwächer als die Ursprungspflanze, während 13 Pflanzen deutlich kräftiger waren. Vier von diesen Pflanzen zeigten eine beträchtliche Zunahme der Länge des Strohs (Abb. 1, 2).

Bei einem Vergleich zwischen den  $X_2$ -Familien und ihren Mutterpflanzen fand man, daß 101 Familien vollständig uniform waren, und daß die Nachkommen den Mutterpflanzen vollständig ähnelten. Diese Nachkommenfamilien waren also auf dem für *Poa pratensis* gewöhnlichen apomiktischen Weg entstanden. In 38 Familien waren aber alle Pflanzen untereinander ungleich und auch von den Mutterpflanzen verschieden. In diesen Fällen muß also die Vermehrung auf sexuellem Wege vor sich gegangen sein. Bei den übrigen 147 Familien fand man ein bis zehn abweichende Pflanzen, und hier scheint es, als ob die Mutterpflanzen partiell sexuell gewesen sind (siehe Tab. 1).

In dem Gesamtmaterial gab es 23,8 Prozent Pflanzen, die von ihren Elternpflanzen abwichen. In dem ursprünglichen Kontrollmaterial fand man ungefähr 2 Prozent abweichende Pflanzen, welche wahrscheinlich sexuelle Aufspaltungen waren. Wenn man alle vollständig apomiktischen Familien mit allen Familien mit einer abweichenden Pflanze zusammennimmt, erhält man durchschnittlich 3,2 Prozent abweichende Pflanzen, also eine Frequenz, die nur wenig höher ist als in dem ursprünglichen Material, und diese abweichenden Pflanzen können also als eine für diese Klone normale Aufspaltung von sexuell gebildeten Pflanzen betrachtet werden. Alle  $X_1$ -Pflanzen, die in ihrer Nachkommenschaft mehr als eine abweichende Pflanze aufweisen, müssen indessen als Pflanzen mit unnatür-

\* Herrn Prof. Dr. R. v. SENGBUSCH zum 60. Geburtstag gewidmet.

Tabelle 1. Anzahl von Familien mit verschiedenem Grad von Sexualität und Frequenz abweichender Pflanzen.

	Anzahl abweichende Pflanzen per Familie												Total	
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		12
Anzahl Familien	101	63	32	19	14	6	6	4	1	1	1	0	38	286
Gesamtanzahl der Pflanzen	1212	756	384	228	168	72	72	48	12	12	12	0	456	3432
Anzahl von abweichenden Pflanzen	0	63	64	57	56	30	36	28	8	9	10	0	456	817
Prozent der abweichenden Pflanzen	0	8,3	16,7	25,0	33,3	41,7	50,0	58,3	67,7	75,0	83,3	—	100,0	23,8

lich hochgradiger Sexualität betrachtet werden. Im folgenden werden die Pflanzen mit 0 oder einer abweichenden Pflanze in der Nachkommenschaft als apomiktische, die mit zwei bis neun abweichenden Pflanzen als partiell sexuell, und die mit zehn bis zwölf abweichenden Pflanzen als total sexuell bezeichnet (Abb. 3, 4, 5).

Diese durch die Röntgenbestrahlung hervorgebrachte Verschiebung von totaler Apomixis bis zu mehr oder weniger ausgeprägter Sexualität scheint nicht mit den morphologischen Mutationen in direktem Zusammenhang zu stehen. Auch unter den Pflanzen, die man von dem Ursprungsklon nicht unterscheiden kann, findet man sowohl partiell sexuelle als total sexuelle Pflanzen. Apomiktische, partiell sexuelle und total sexuelle Pflanzen verteilten sich unter den Pflanzen, die dem Ursprungsklon ähnelten, und unter die von dem Ursprungsklon abweichenden Pflanzen in folgender Weise:

	Gesamtzahl	Apom.	Part. sex.	Tot. sex.
Dem Ursprungsklon ähnliche Pflanzen	110	81	22	7
in Prozent		73,6	20,0	6,4
Vom Ursprungsklon abweichende Pflanzen	176	83	61	32
in Prozent		47,2	34,6	18,2

Sexuelle Pflanzen sind zwar viel gewöhnlicher unter den Pflanzen, die morphologisch von den Ursprungsklonen abweichen, aber man hat doch 6,4 Prozent total sexuelle Pflanzen unter denen, die man von den Ursprungsklonen morphologisch nicht unterscheiden kann, gefunden. Dies zeigt, daß man diesen mutativen Effekt der Röntgenbestrahlung auf das Vermehrungssystem erhalten kann, auch wenn man keine sichtbaren morphologischen Mutationen erhalten hat. Der Übergang von der Apomixis bis zur totalen Sexualität kommt sowohl bei solchen Pflanzen vor, die morpho-

Tabelle 2. Apomixis und Sexualität bei Chimärenpflanzen mit zwei Pflanzentypen.

Morphologische Verhältnisse	Beide Pflanzen apom.	Beide Pflanzen part. sex.	Beide Pflanzen tot. sex.	Eine Pflanze apom., eine part. sex.	Eine Pflanze apom., eine tot. sex.	Eine Pflanze part., eine tot. sex.	Total
Beide Pflanzen dem Ursprungsklon ähnlich	11			1	1		13
Eine Pflanze ähnlich, eine abweichend von dem Ursprungsklon	12	3	1	11		2	29
Beide von dem Ursprungsklon abweichend, aber gegenseitig ähnlich	6	1	3	6	1	1	18
Beide von dem Ursprungsklon abweichend u. gegenseitig nicht ähnlich	3	2		9		3	17
Summe	32	6	4	27	2	6	77

logisch besser als die Ursprungsklone sind, als auch bei solchen, die schwächer sind. Unter den 13 abweichenden Pflanzen, die kräftiger als die Ursprungsklone waren, waren 3 total sexuell, und unter den 163 Pflanzen, die schwächer als die Ursprungsklone waren, haben 28 vollständige Sexualität gezeigt. Soweit man es nach diesem kleinen Material beurteilen kann, ist die Frequenz in beiden Fällen ungefähr dieselbe gewesen.

Von speziellem Interesse ist es, das Auftreten der verschiedenen Typen von Chimären zu studieren. Die Verhältnisse in 77 Fällen, in denen man zwei verschiedene Typen von derselben Mutterpflanze erhalten hat, sind in Tab. 2 zusammengestellt.

Man findet hier wieder, daß die morphologischen Mutationen und die Veränderungen in dem Apomixis-Sexualitätssystem voneinander vollständig unabhängig sind. Eine Pflanze kann also in Hinsicht auf ihre Sexualitätsverhältnisse eine Chimäre sein und gleichzeitig auch morphologisch Chimärencharakter besitzen oder nicht, und sie kann ferner sowohl von dem Ursprungsklon morphologisch abweichen oder nicht. Dasselbe wird sehr klar illustriert an Pflanzen, die durch drei Typen repräsentiert sind. In zwei Fällen waren hier alle drei Pflanzen dem Ursprungsklon ähnlich und apomiktisch. In einem anderen Fall waren zwei Pflanzen morphologisch der Mutterpflanze ähnlich, eine von diesen war apomiktisch und die andere total sexuell; die dritte Pflanze, die morphologisch abweichend war, war apomiktisch. In noch einem anderen Falle waren alle drei Pflanzen von der Ursprungspflanze abweichend und gegenseitig unähnlich. Eine Pflanze war hier apomiktisch, eine partiell sexuell und eine total sexuell. Zwischen diesen Extremen findet man in den 17 übrigen Fällen 13 verschiedene Kombinationen zwischen morphologischen und sexuellen Abweichungen.

Es ist also an diesem Material gelungen, durch Röntgenbestrahlung nicht nur erhebliche morphologische Variationen bei dieser apomiktischen Art zu erhalten, es gelang auch, eine deutliche Verschiebung von Apomixis bis zu mehr oder weniger ausgeprägter Sexualität hervorzubringen. Diese Verschiebung kann die Folge entweder einer physiologischen Nachwirkung der Röntgenbestrahlung oder einer durch die Röntgenbestrahlung hervorgerufenen genischen Mutation sein. In dem heutigen Stadium der Untersuchung ist es nicht möglich zu entscheiden, welches die richtige Deutung ist. Das Verhältnis Apomixis contra Sexualität ist aber sehr labil und kann oft von äußeren Bedingungen beeinflusst werden (NYGREN 1953, 1954), und es wäre deshalb gar nicht erstaunlich, wenn



Abb. 1. Normale, apomiktische Familie (Kontrolle).



Abb. 2. Apomiktische Familie mit starker Verlängerung des Strohs.



Abb. 3. Partiiell sexuelle Familie, durchschnittlich später als die Kontrolle und mit geringer Ausläuferbildung.



Abb. 4. Total sexuelle Familie.

eine Behandlung mit Röntgenbestrahlung eine direkte physiologische Einwirkung auf dieses Verhältnis ausüben würde, aber es ist doch zweifelhaft, ob diese physiologische Nachwirkung noch drei und einhalb Jahr nach der Behandlung zum Ausdruck kommen würde. Die Vererbungsverhältnisse der Apomixis sind noch nicht klargestellt, aber wahrscheinlich sind sie multifaktoriell und eine Störung dieses Aufbaues bricht das System auseinander, häufig mit hochgradiger Sexualität als Folge (ÅKERBERG und NYGREN, im Druck). Wenn dieses richtig ist, ist zu erwarten, daß man durch Röntgenbestrahlung ziemlich leicht solche Mutationen erhalten wird, die ein Zerbrechen der Apomixis zur Folge haben. An dem hier beschriebenen Material sind neue kontrollierte Kreuzungen an allen den Pflanzen durchgeführt, die sich sexuell vermehren haben. Daneben wurden Samen von jeder Nachkommenpflanze aller dieser sexuellen Pflanzen geerntet. Ein näheres Studium der davon erhaltenen Pflanzen wird es wahrscheinlich möglich machen zu entscheiden, ob die Sexualität, die man hier gefunden hat, auf einer physiologischen Nachwirkung der Rönt-



Abb. 5. Große Unterschiede zwischen Pflanzen sexueller Familien sind gewöhnlich. — Alle Photographien sind an demselben Tag aufgenommen. Photo, Verif.

genbestrahlung oder auf einer genischen Mutation beruht.

Von der Ursache der Sexualität abgesehen, ist es züchterisch von größtem Interesse, daß man auf diesem Weg Sexualität hervorrufen kann. Der Züchter erhält dadurch große Möglichkeiten Kreuzungen durchzuführen und in der nächsten Generation neue Typen auszulesen, die wieder apomiktisch sind. Es bestehen nämlich große Möglichkeiten, nach Kreuzungen zwischen sexuellen Typen oder zwischen einem apomiktischen und einem sexuellen Typ in den folgenden Generationen apomiktische Nachkommenschaft auszulesen (NYGREN 1953).

Auch wenn noch viele wichtige Probleme über den Effekt der Röntgenbehandlung bei dieser Art ungelöst sind, kann man doch auf der Grundlage der bisher erhaltenen Erfahrungen folgendes sagen: Durch Röntgenbestrahlung kann man eine große morphologische Variation bei dieser apomiktischen Art erhalten. Die erhaltenen Aberranten sind zumeist weniger produktiv als die Ursprungspflanzen, aber bisweilen treten doch auch Aberranten auf, die kräftiger als die Mutterpflanze sind, und wahrscheinlich kann man deshalb direkt neue apomiktische Typen erhalten, die vom praktischen Gesichtspunkt aus wertvoll sind. Daneben kann man eine verhältnismäßig große Anzahl von Pflanzen erhalten, in denen die Vermehrungsform von der Apomixis zur Sexualität übergegangen ist, wodurch man vergrößerte Möglichkeiten erhält, eine systematische Kreuzungszüchtung bei dieser apomiktischen Art durchzuführen.

### Summary

Title of the paper: On the effect of X-raying on *Poa pratensis*.

This paper is a continuation of an earlier paper (JULÉN, 1954) in which the effects of X-rays observed on *Poa pratensis*-plants obtained directly from X-rayed seed were described. In this paper the original untreated clone has been compared with the aberrants obtained and with the  $X_2$ -progenies from these aberrants. All together 286  $X_2$ -families, each consisting of twelve seedling-plants, were compared with their motherplants and with the original clone. Very often the directly obtained aberrants were chimaeras and in as many cases as possible different types from these chimaeras are represented in this material.

In the comparison between the original clone and the  $X_1$ -plants it was found in several cases, that plants

which in previous observations seemed to be different from the original clone, now could not be distinguished from the original material. In these cases the differences previously found must have been due to either different environmental conditions or to physiological aftereffects of the X-raying. Most of the plants originally classified as aberrants were, however, clearly different from the control. The majority of these plants were much weaker than the original clone but 13 were stronger. In four cases a remarkable lengthening of the straw had been obtained. It is thus possible by X-raying to increase the morphological variation in this apomictic species and it is probably also possible to obtain types, which are directly valuable in practical breeding.

In the comparison between the  $X_1$ -plants and their  $X_2$ -progeny it was found that in 101 cases all the progeny plants were exactly uniform and had the same appearance as the motherplant, and they had evidently developed in the ordinary apomictic way. On the other hand in 38 cases all the progeny plants were different from each other and from their motherplant. In these cases, thus, the motherplant had been completely sexual. In the remaining 147 cases from one up to ten of the progeny plants were different from the motherplant, and in these cases sexual as well as apomictic propagation had taken place. If these changes from apomixis into sexuality, caused by the X-raying, are due to physiological aftereffects or to real genic mutations is not possible to decide at this stage of the investigation. The breakdown of the apomixis seems not to be correlated with morphological mutations as in several cases total sexuality has been obtained in plants, which morphologically are exactly like the original clone. In the aberrants sexuality has been obtained in seemingly vital plants as well as in weak ones. Whether this sexuality is due to physiological aftereffects or to mutations the introduction of it by X-raying may be useful as a method for crossbreeding in this apomictic species. These sexual plants can be crossed with other high-productive apomictics and in the following generations it should be possible to select new valuable apomictic types.

### Literatur

1. ÅKERBERG, E. und A. NYGREN: in Druck, *Poa pratensis*, *trivialis*, *palustris*, *compressa* und verwandte Arten. Handbuch der Pflanzenzüchtung. II. Aufl., 4. — 2. JULÉN, G.: Observations in X-rayed *Poa pratensis*. Acta Agric. Scand., 4, 585—593 (1954). — 3. NYGREN, A.: How to breed Kentucky bluegrass, *Poa pratensis* L. Hereditas, 39, 51—56 (1953). — 4. NYGREN, A.: Apomixis in the Angiosperms. Bot. Rev. 20, 577—649 (1954).

Aus dem Institut für Pflanzenzüchtung der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg in Hohenthurm  
(Direktor: Prof. Dr. Walther Hoffmann)

## Versuche zur Herstellung synthetischer und semisynthetischer Rapsformen\*

Von WALTHER HOFFMANN und RUTH PETERS

Mit 7 Abbildungen

### A. Einleitung

Die Cruciferen-Unterfamilie der Brassicineen stellt eine sehr günstige Pflanzengruppe für die artifizielle Bildung neuer allopolyploider Formen oder die Syn-

thetisierung bestehender allopolyploider Arten dar (TISCHLER 1956). Diese Tatsache ist wohl darauf zurückzuführen, daß die Brassicineen als die jüngsten Formen der Familie anzusehen sind. DARLINGTON und JANAKI AMMAL (1945) nehmen an, daß der Raps (*Brassica napus*) erst um 1680 entstanden sei. Nach

\* Herrn Prof. Dr. R. v. SENGBUSCH zu seinem 60. Geburtstag gewidmet.