

der erwiesenen Chimärenbildung und der denkbaren Burdonenentstehung hat die dritte Möglichkeit, die wechselseitige spezifische Beeinflussung der Pfropfpartner, Realität.

#### Literatur.

1. BAUR, E.: Pfropfbastarde. Biol. Zbl. **30**, 497—514 (1910). — 2. BAUR, E.: Referat über WINKLER, Weitere Mitteilungen über Pfropfbastarde. Z. f. ind. Abst.- und Vererbungslehre **3**, 111—113 (1910). — 3. BAUR, E.: Einführung in die Vererbungslehre. 1930. — 4. BUDER, J.: Studien an *Laburnum Adami*. I. Die Verteilung der Farbstoffe in den Blütenblättern. Ber. dtsch. bot. Ges. **28**, 188—192 (1910). Studien an *Laburnum Adami*. — 5. BUDER, J.: II. Allgemeine anatomische Analyse des Mischlings und seiner Stammpflanzen. Z. ind. Abst.- u. Vererbungslehre **5**, 209—284 (1911). — 6. DARWIN, CH.: Das Variieren der Tiere und Pflanzen im Zustande der Domestikation. Deutsche Ausgabe, Stuttgart 1878. — 7. FOCKE, W. O.: Die Pflanzen-Mischlinge. Berlin 1881. — 8. GLUSTSCHENKO, I. J.: Die vegetative Hybridisation von Pflanzen. Berlin 1950. — 9. HABERLANDT, G.: Über den Blattbau der *Crataegomespili* von Bronvaux und ihrer Eltern. S.-B. preuß. Akad. Wiss., physik.-math. Kl. **170**—208 (1926). — 10. HABERLANDT, G.: Sind die *Crataegomespili* von Bronvaux Verschmelzungspfpfropfbastarde oder Periklinalchimären? Biol. Zbl. **47**, 129—151 (1927). — 11. HABERLANDT, G.: Das Wesen der *Crataegomespili*. S.-B. preuß. Akad. Wiss., physik.-math. Kl. **374**—394 (1930). — 12. HABERLANDT, G.: Was sind die *Crataegomespili*? Biol. Zbl. **51**, 253—259 (1931). — 13. HABERLANDT, G.: Zur Physiologie und Pathologie der Spaltöffnungen. II. Mitteilung: Die Spaltöffnungen von Artbastarden. S.-B. preuß. Akad. Wiss., phys.-math. Kl.

**115**—151 (1934). — 14. HABERLANDT, G.: Blattepidermis und Palisadengewebe der *Crataegomespili* und ihrer Eltern. S.-B. preuß. Akad. Wiss., phys.-math. Kl. **178**—190 (1934). — 15. HABERLANDT, G.: Über die Sonnen- und Schattenblätter der *Crataegomespili* und ihrer Eltern. S.-B. preuß. Akad. Wiss., phys.-math. Kl. **365**—376 (1934). — 16. HABERLANDT, G.: Über den Blattbau sexueller Bastarde zwischen Mispel und Weißdorn. S.-B. preuß. Akad. Wiss., phys.-math. Kl. **120**—143 (1935). — 17. HABERLANDT, G.: Beiträge zum *Crataegomespilus*-Problem. S.-B. preuß. Akad. Wiss., phys.-math. Kl. **480**—499 (1935). — 18. HABERLANDT, G.: Über das Wesen der morphogenen Substanzen. S.-B. preuß. Akad. Wiss., phys.-math. Kl. **3**—10 (1941). — 19. HABERLANDT, G.: Erinnerungen, Erkenntnisse und Betrachtungen. Berlin 1933. — 20. HJELMQUIST, H.: Ein paar neue *Crataegomespili*. Hereditas **22**, 376—394 (1937). — 21. KRENKE, N. P.: Wundkompensation, Transplantation und Chimären bei Pflanzen. Deutsche Ausgabe von Busch und Moritz. Berlin 1933. — 22. LINDEMUTH, H.: Vegetative Bastarderzeugung durch Impfung. Landwirtschaftliche Jahrbücher **7**, 887—939 (1878). — 23. MEYER, ARTHUR: Notiz über die Bedeutung der Plasmaverbindungen für die Pfropfbastarde. Ber. dtsch. bot. Ges. **32**, 447—456 (1914). — 24. MEYER, JOHANNES: Die *Crataegomespili* von Bronvaux. Z. ind. Abst.- u. Vererbungslehre **13**, 193—233 (1915). — 25. MITSCHURIN, I. W.: Ausgewählte Werke. Moskau 1949. — 26. RUDLOFF, G.: Pfropfbastarde (Sammelreferat). Züchter **3**, 15—28 (1931). — 27. VÖCHTING, H.: Über Transplantation am Pflanzenkörper. Tübingen 1892. — 28. WINKLER, H.: Untersuchungen über Pfropfbastarde. Jena 1912. — 29. WINKLER, H.: Über zwei *Solanum*-Chimären mit Burdonenepidermis. Planta **21**, 613—656 (1934). — 30. WINKLER, H.: Chimären und Burdonen. Die Lösung des Pfropfbastardproblems. Der Biologe **279**—290 (1935).

(Zentralforschungsanstalt für Pflanzenzucht Müncheberg/Mark.)

## Zwillingauslese als Möglichkeit zur Züchtung von Fremdbefruchtern.

Von KARL ZIMMERMANN.

Mit 2 Textabbildungen.

Die Züchtung der fremdbefruchtenden Kulturarten, wenn auch nicht gerade vernachlässigt, so doch bei weitem nicht mit der Intensität betrieben worden, wie diejenige der selbstbefruchtenden Arten. Sie erfordert einen wesentlich größeren Aufwand und die Anwendung umständlicher Verfahren. Die Hybridmaiszüchtung, das Kleinwanzelebener Verfahren zur Züchtung von Zuckerrüben, das Petkuser Schema der Roggenzüchtung, die Pärchenzüchtung bei Futterrüben sind Versuche zur züchterischen Bearbeitung der Fremdbefruchter, die Teilerfolge gebracht haben. Andere fremdbefruchtende Kulturarten, insbesondere Futterleguminosen (Luzerne, Klee), Gräser, Gemüse u. a. sind heute mehr oder weniger unverändert gegenüber den Wildformen. Eine planmäßige Kombinationszüchtung kann mit diesen Arten mangels der Möglichkeit, zu reinen Linien zu gelangen, nicht betrieben werden. Auch die Heterosiszüchtung, sowie die Mutationszüchtung einschließlich der Polyploidiezüchtung, scheitert teilweise an der Möglichkeit, homozygotes Pflanzenmaterial zu erhalten. Andererseits enthalten die Fremdbefruchter gerade wegen dieser Umstände noch eine erhebliche Leistungsreserve. Warum soll es nicht gelingen, aus dem Roggen die gleiche Leistungsfähigkeit herauszuzüchten, wie sie der Weizen heute aufweist? Zu Beginn der planmäßigen Züchtungsarbeit am Weizen war dessen Ertragsniveau nicht höher als das heutige des Roggens.

Ob bei der Roggenzüchtung in den vergangenen Jahrzehnten überhaupt ein Züchtungsfortschritt erzielt worden ist, kann nur schwer nachgewiesen werden, da Verbesserung der Ackerkultur und Züchtung in der gleichen Richtung liefen. Daß der Züchtungserfolg bei allen Futterpflanzen sehr gering ist, kann leicht dadurch bewiesen werden, daß Wildformen von Gräsern und Leguminosen den Zuchtsorten im Ertrag nicht wesentlich nachstehen.

Im folgenden soll auf eine Möglichkeit hingewiesen werden, der Züchtung von Fremdbefruchtern einen neuen, vielleicht entscheidenden Auftrieb zu geben. TSCHERMAK (1) hat in einer neueren Arbeit über „Reizbefruchtung“ den Anstoß zu einer Reihe von Versuchen gegeben. Er behauptet, durch den Bestäubungsreiz die Auslösung der Zellteilung in der unbefruchteten haploiden Eizelle bewirken zu können. Die Bestäubung erfolgt mit totem Pollen, Talkpuder, Mehl und anderen Stoffen. Die Versuche wurden von ihm an Arten aus zahlreichen Familien, jedoch an einem sehr kleinen, wahrscheinlich zu kleinen Material durchgeführt. In vielen Fällen soll es zum Fruchtausatz gekommen sein. Nachprüfungen an mehreren Stellen haben nicht zu dem gleichen Erfolg geführt. TSCHERMAK sagt, daß die Überführung der Haplophase in die Diplophase automatisch erfolge, was ich für unwahrscheinlich halte. Immerhin ist vom Nestor der Pflanzenzucht ein Weg gewiesen, der für die

Züchtung von außerordentlicher Bedeutung werden kann, wenngleich TSCHERMAK selbst nicht die Konsequenz für die praktische Züchtung zieht. Diese ist:

Haploide Pflanzen ergeben nach Diploidisierung mittels Colchicin oder Hitzeschock und nachfolgender Selbstung absolut homozygote Linien. Mit diesen kann gearbeitet werden wie mit reinen Linien der Selbstbefruchter. Mit dieser Formulierung ist die Problemstellung auf die einfachste Formel gebracht. Ich bin mir darüber im klaren, daß durch Selbststerilität, Homozygotwerden von Letalfaktoren und andere Einflüsse der Weg der Züchtung erschwert wird.

Das Wesentliche ist, haploide Formen der Kulturarten zu erhalten.

Bei eigenen Versuchsserien hatte ich zunächst die Absicht, bei verschiedenen Pflanzen (Pilze, Moose, höhere Pflanzen) die Auslösung der Zellteilung in der unbefruchteten Eizelle durch chemische, physikalische und andere Reize zu erzwingen und die Diploidisierung (oder auch Polyploidisierung) durch einen Schock im geeigneten Augenblick zu bewirken. Diese Versuche scheiterten schon am Anfang an technischen Schwierigkeiten bei der Anzucht der niederen Organismen. Auch sind die Kenntnisse über die Art der Reize, die möglicherweise die Zellteilung der haploiden Eizelle auslösen, zu gering, um zu brauchbaren Erfolgen zu gelangen. Zu den erforderlichen umfangreichen Vorarbeiten fehlen mir die Mittel.

Die Versuche wurden auch deshalb unterbrochen, weil sich inzwischen ein neuer Weg, zu haploiden Pflanzen zu gelangen, eröffnet hatte. Bekanntlich treten bei vielen, vielleicht bei allen Pflanzen Zwilling-, Drillings- und Vierlingsembryonen auf. Aus einem Samenkorn erwachsen zwei bis vier selbständige Pflanzen. Die Häufigkeit des Auftretens von Zwillingen ist sehr verschieden. Die meisten dieser Zwillingspflanzen haben die normale diploide Chromosomenzahl. Es kommen aber nicht selten Pflanzen mit Abweichungen von der normalen Chromosomenzahl vor. Chromosomenaberrationen, überzählige Chromosomen und andere Erscheinungen sind von mehreren Autoren beschrieben worden (2), (3), (4), (5). Wesentlich für die vorliegende Fragestellung ist, daß unter ihnen auch in einem gewissen, sehr kleinen Prozentsatz rein haploide Pflanzen zu finden sind. Ein Versuch von SENGBUSCHS (2), auf dem Wege über die Zwillingsauslese zu tetraploiden Formen zu gelangen, ist trotz Verarbeitung eines sehr umfangreichen Materials von Winterroggen gescheitert. Er erwähnt aber, daß haploide Pflanzen gefunden wurden.

Über das Zustandekommen der Zwillinge ist m. W. nichts Positives bekannt. Es bestehen theoretisch folgende Möglichkeiten:

1. Die Zygote zerfällt in den ersten Teilungsstadien in zwei Teile, die sich zu zwei diploiden selbständigen Embryonen entwickeln.

2. Außer der Zygote entwickelt sich eine diploide Somazelle apomiktisch zu einem Embryo. Ergebnis: 2 diploide Embryonen.

3. Die diploide Zygote geht zugrunde, und es entwickeln sich 1—4 Somazellen zu Embryonen. Ergebnis: 1—4 diploide muttergleiche Keimlinge. Drillinge und Vierlinge kommen gelegentlich vor. Diese

Art der apomiktischen Vermehrung ist bei Gräsern häufig. Bei *Poa fertilis* z. B. ist sie die Regel. Bei diesen Gräsern kommen Zwillinge und Drillinge häufiger vor als bei solchen Pflanzenarten, die sich normalerweise sexuell fortpflanzen.

4. Die Zygote und 1—2 haploide Synergiden entwickeln sich zu Embryonen. Dadurch entstehen Zwillinge oder Drillinge, von denen ein Teil haploid ist.

5. Die Zygote geht zugrunde und eine haploide Synergide entwickelt sich zu einem Keimling. Es entstehen haploide Einlinge, die zu finden dadurch fast unmöglich ist, daß ein riesiges Pflanzenmaterial cytologisch untersucht werden muß. Vielleicht sind aber haploide Pflanzen häufiger als wir annehmen.

Die Reihe der theoretischen Erwägungen läßt sich noch fortsetzen. Wahrscheinlich ergeben sich bei intensiver Beschäftigung mit dem Problem Möglichkeiten zur experimentellen Auslösung der Zwillingbildung.

Die Vitalität der haploiden Pflanzen ist meist herabgesetzt.

In eigenen Versuchen wurden Zwillinge ausgelesen aus Petkuser Winterroggen, Luzerne (eigene Zuchtstämme) und Crieuener Futterrüben. Die Körner wurden im Gewächshaus in Pikierkästen ausgesät bzw. einzelkornweise ausgelegt (Luzerne, Rüben) und die Zwillinge nach dem Aufgang ausgelesen. Sie wurden getrennt, sobald dies ohne Beschädigung der Pflanzen möglich war und einzeln eingetopft. Bei Rüben, an denen nur Tastversuche vorgenommen wurden, war wegen der Mehrsamigkeit der Knäule eine Vorbehandlung erforderlich. Sie wurden in einer gewöhnlichen Schrotmühle zerkleinert und mit Wind und Sieb gereinigt. Aus dem Rückstand wurden die unbeschädigten Samen ausgelesen. Von allen ausgelesenen Pflanzen aus dem Winterroggen wurden Wurzelspitzen cytologisch nach der Quetschmethode nach HERTZ untersucht. Bei einem Teil wurde ein neues Verfahren mit Oxychinolin angewendet. Nicht bei allen Einzelpflanzen war eine eindeutige Bestimmung der Chromosomenzahl möglich. Diese Arbeiten sind noch nicht abgeschlossen, insbesondere sollen bei der Luzerne die Pollenmutterzellen zur Untersuchung herangezogen werden, da die Wurzelspitzenuntersuchung zeitraubender ist.

Die Zusammenstellung gibt die bisherigen Untersuchungsergebnisse wieder:

#### Roggen.

ausgesäte Körner . . . . .	387 000
aufgefundene Zwillinge . . . . .	174
Zahl der Zwillingeinzelpflanzen . . . . .	348
1 Zwilling gefunden auf ausgesäte Körner . . . . .	2 224
cytologisch untersuchte Zwillingeinzelpflanzen . . . . .	268
davon mit einwandfreiem Zählungsergebnis . . . . .	197
davon mit 14 Chromosomen (diploid) . . . . .	190
und mit 7 Chromosomen (haploid) . . . . .	7

Von den 7 aufgefundenen haploiden Pflanzen sind 3 ziemlich früh eingegangen. Die Pflanze Nr. 13b wurde am 1. 11. 50 entdeckt und anschließend mit Colchicin behandelt. Sie wurde am 4., 5., 6., 7. 11. tagsüber in eine 0,05%ige Colchicininlösung mit den Wurzeln eingehängt und nachts in Wasser. Nach 2 Monaten wurde sie erneut cytologisch untersucht und fest-

gestellt, daß sie tetraploid geworden ist. Von Mitte Februar ab wurde sie zur Jarowisation ins Freie gebracht und hat Fröste bis  $-11^{\circ}\text{C}$  erlitten. Im Frühjahr 1951 ist sie in einem Zustand, der zu allen Hoffnungen bezüglich einer Weiterentwicklung berechtigt (Abb. 1).

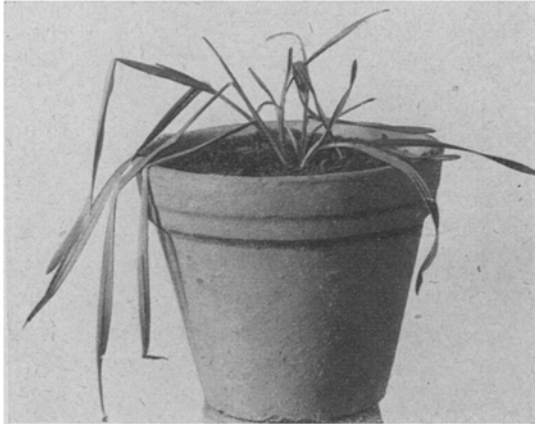


Abb. 1. Roggenpflanze 13b. Als haploide Pflanze gefunden, durch Colchicin tetraploid geworden, aufgenommen am 29. 3. 51.

Die Pflanzen Nr. 116a, 142a, 170a (Abb. 2) wurden im Januar, Februar und März im Kühlraum jarowisiert. Danach wurden sie in der oben beschriebenen Weise colchiciniert. Das Ergebnis steht zur Zeit noch aus.

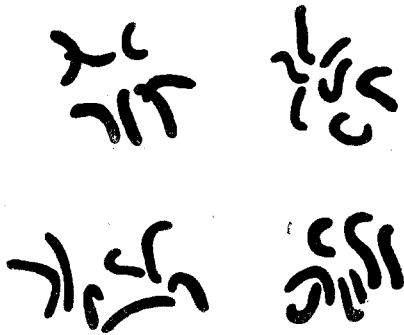


Abb. 2. Chromosomenbilder von haploiden Roggenpflanzen.

Die Auslese von Zwillingen aus Roggen wurde im Winter im Gewächshaus durchgeführt. Roggen trägt die Gewächshausbedingungen schlecht. Es ist besser, derartige Arbeiten im Sommer vorzunehmen. Es ergibt sich hierbei die Möglichkeit der Klonung, wodurch weniger Pflanzen eingehen. Ein Teil des Klones kann für die Untersuchungen geopfert werden.

#### Luzerne.

ausgesäte Körner . . . . .	90 100
aufgefundene Zwillinge . . . . .	92
1 Zwilling gefunden unter ausgesäten Körnern	979

Aus Vorversuchen ergab sich, daß die Samen mit Zwillingsembryonen größer sind als die Einlinge. Das verwendete Saatgut wurde mit einem geeigneten Sieb sortiert, wodurch das verhältnismäßig häufige Auf-

treten von Zwillingen zu erklären ist. Cytologische Untersuchungen an den aufgefundenen Zwillingen wurden vorerst noch nicht gemacht. Sie sollen im Sommer an Pollenmutterzellen vorgenommen werden.

#### Rüben.

Bei Rüben wurden im wesentlichen nur die Vorarbeiten für die Auslese durchgeführt. Eine Auslese im größeren Maßstab ist noch nicht erfolgt.

Aus den bisher vorliegenden Versuchsergebnissen ist m. E. zu entnehmen, daß der vorgeschlagene Weg zur Erzielung reiner Linien aus Fremdbefruchtern gangbar ist. Ein unschätzbare Vorteil entsteht dadurch, daß der in der Züchtung seltene Fall eintritt, daß der Zeitfaktor besiegt werden kann. Während normalerweise für die Anzucht von Inzuchtstämmen, z. B. beim Mais mit ausreichender (nicht absoluter!) Homozygotie 6—8 Generationen = Jahre erforderlich sind, dürfte es nach dem angegebenen Verfahren möglich sein, diese nach einem Jahr in die Hand zu bekommen.

Der Erfolg hängt von dem Umfang ab, in dem die Arbeiten durchgeführt werden. Es ist kein Problem, eine oder mehrere Millionen Körner auszusäen und die Zwillinge auszulesen. Die Schwierigkeit beginnt bei der cytologischen Untersuchung von Hunderten, vielleicht Tausenden von Einzelpflanzen. Bei guter Organisation und weitgehender Mechanisierung ist aber auch diese Arbeit zu bewältigen. Immer muß man sich vor Augen halten, daß die mögliche Einsparung von mehreren Jahren jeden Aufwand wettmacht.

Eine besondere Behandlung erfordern solche Kulturarten, die sich als tetraploide Formen im Anbau befinden, z. B. Luzerne. Die Einzelpflanzen der Zwillinge werden nur in seltenen Fällen haploid, meistens diploid sein. Ihre Variabilität ist gegenüber den tetraploiden Ausgangsformen zwar eingeschränkt, doch sind sie nicht homozygot. Unter den diploiden Formen muß nach entsprechender Vermehrung erneut nach Zwillingen gesucht werden, unter denen sich wahrscheinlich haploide Pflanzen finden werden.

Es ist bestimmt verfrüht, aus den wenigen, bisher vorliegenden Ergebnissen allgemein gültige Schlüsse zu ziehen. Es handelt sich bei der vorliegenden Arbeit auch mehr um eine theoretische Erörterung der Möglichkeiten. Diese scheinen mir wesentlich genug, um eine Abweichung von der Regel, daß die Ergebnisse sich auf einem breiten Tatsachenmaterial aufbauen sollen, gerechtfertigt erscheint.

#### Literatur.

1. SENGBUSCH, R. v.: Polyploider Roggen. Züchter 8, 165 (1940).
2. SKOVSTED, A.: Cytological studies in twin plants. Comt. rend. Labor. Carlsberg; ser. Physiolog. 22, 427 (1939).
3. STRAUB, J.: Die Erzeugung von Blütenpflanzen mit verminderter Chromosomenzahl (Hypodiploidie). Ber. d. Dtsch. Bot. Ges. 57, 144 (1939).
4. STRAUB, J.: Zytogenetik. Fortschr. Botanik 9, 323 (1940).
5. SWITH, L.: Haploidie in einkorn (*Trit. monoc.*). J. agric. Res. 73, 291 (1946).
6. TSCHERMAK: Reizbefruchtung (Samenbildung ohne Befruchtung). Biol. generalis Wien 19, Heft 1 (1949).