

## Befruchtungsschwierigkeiten bei Autopolyploiden und ihre Überwindung.

Von **Ludwig-Arnold Schlösser**, Berlin.

Mehr als bisher üblich wird man in der Zukunft bei der züchterischen Bearbeitung der Kulturpflanzen die Ergebnisse der theoretischen Polyploidenforschung auf genetischem, entwicklungsphysiologischen und stoffwechselphysiologischen Gebiete mit berücksichtigen müssen. Dabei handelt es sich nicht nur etwa darum, durch Anwendung der einfachen geradzahigen Genomvermehrung (von  $2n$  auf  $4n$ ,  $6n$ ) eine Steigerung des Gesamtmassenertrages in der Zeiteinheit zu erreichen. Diese Methode verspricht nur Erfolg bei Pflanzen, die durch Samen vermehrt werden, und bei denen es in erster Linie auf eine Erhöhung des Massenertrages herauskommt — die meisten Futterpflanzen und viele Gemüse gehören hierher. Für eine andere Gruppe von Nutzpflanzen verspricht ein weiterer Weg größere Erfolge. Bei Formen, die vegetativ vermehrt werden, bei denen es also auf reichlichen und regelmäßigen Samen-ertrag nicht ankommt, wird es möglich werden, über die Triploidie und in weiterer Folge hiervon die verschiedensten  $2n + 1$ ,  $2n + 2$ ,  $3n + 1$ ,  $3n + 2$ ,  $3n - 1$  usw.-Formen zu einer wesentlichen Ertragssteigerung in den gewünschten Eigenschaften zu kommen. Wenn auch bestimmt für jedes einzelne Objekt viele züchterische Vorarbeiten geleistet werden müssen, so kann man doch auf Grund der vorliegenden Ergebnisse rein theoretischer Untersuchungen sagen, daß der züchterische Erfolg dieser Untersuchungen nicht ausbleiben kann, denn die Hinzufügung eines oder mehrerer Chromosomen zu einem vorhandenen Genom bringt ja nicht nur, wie bisher manchmal angenommen wurde, eine fast mechanisch zu errechnende Veränderung einzelner, gerade in diesem Falle betroffener Eigenschaften. Die Änderung eines Genoms in der eben angeführten Weise schafft vielmehr darüber hinaus für die ganze Pflanze eine vollkommen neue Situation. Und es muß sich in jedem einzelnen Falle erweisen, wie diese neu-geschaffene Chromosomenkombination sich für die Einzeleigenschaften hemmend oder fördernd auswirkt, oder ob eine ausgeglichene Leistung nicht zustande kommen kann. Eine letzte Möglichkeit, aus den Ergebnissen theoretischer Untersuchungen die nötigen Folgerungen für die Pflanzenzüchtung zu ziehen, bietet die planvolle Anwendung der Allopolyploidie, die bei allen

Nutzpflanzen durchzuführen ist und wesentliche Ergebnisse verspricht. Doch soll von dieser letzten Methode in diesem Zusammenhang nicht ausführlich gesprochen werden.

Die experimentelle Herstellung von Triploiden geht über  $2n \times 4n$  oder  $4n \times 2n$ -Kreuzungen. Spontan auftretende Triploide zu verwenden, ist nicht ratsam, da in vielen Fällen weder zytologisch noch im genetischen Versuch nachgewiesen werden kann, ob diese Pflanze wirklich 3 gleiche Genome hat, oder ob nur eine zufällige Zahlentriploidie vorliegt. Ein Blick auf das vorhandene Schrifttum aus diesem Gebiete zeigt, daß sich bei den Kreuzungen von autopolyploiden Diploiden und Tetraploiden untereinander in vielen Fällen sehr große Befruchtungs- und Ansatzschwierigkeiten zeigen, die sich mit zunehmender Reinheit der zum Versuch verwendeten Sippe steigern und im Endfalle sogar die Durchführung der Versuche unmöglich machen. Im allgemeinen sind die Kreuzungen, bei denen der Tetraplont als Mutter verwendet wird, fruchtbarer, als in dem umgekehrten Falle, in dem der Diplont als Mutterpflanze dient. Bei *Datura Stramonium*, *Solanum Lycopersicum*, *Primula sinensis* und *Campanula persicifolia* waren die Kreuzungen  $2n \times 4n$  bisher in allen Versuchen steril. Auch bei den günstigeren Kombinationen  $4n \times 2n$  ist in allen Fällen der Samenertrag sehr schwankend und zeigt starke Abhängigkeit von Außenbedingungen.

Im folgenden soll berichtet werden über in großer Zahl durchgeführte Kreuzungsversuche mit Polyploiden zweier Wildtomatensippen. Diese beiden Sippen — eine von ihnen stammte aus dem Formenkreis *L. cerasiforme*, die andere aus dem Formenkreis *L. racemigerum* — waren schon während vieler Generationen in der Kultur auf ihre Homozygotie hin geprüft worden. Sie hatten sich als außerordentlich rein erwiesen, eine Tatsache, die wohl auf die obligate Selbstbefruchtung dieser Stämme zurückzuführen sein dürfte. Da im Zuge bestimmter Untersuchungen die Prüfung hypo- und hyperdiploider Formen stand, so wurden vorerst von den beiden normalen diploiden Ausgangssippen Tetraplonten hergestellt. Hierbei gelangten zwei Methoden zur Anwendung: einmal über die Störung der Reifungsteilungen durch Temperaturschocks im

geeigneten Augenblick, und dann die bei den gut regenerierenden Solanaceen gebräuchlichere Köpfung junger Pflanzen und Isolierung tetraploider Adventivsprosse aus dem Wundkallusgewebe. Im allgemeinen treten 4—8% 4n-Sprosse auf. Doch gelingt es, durch einen einfachen Kunstgriff, die Zahl solcher tetraploider Sprosse erheblich zu vermehren. Man erhält eine Steigerung bis zu 16%, wenn man den



Abb. 1. 4n-Sprosse, entstanden aus dem Kallus eines abgeschnittenen Achsel sprosses einer diploiden Pflanze von *Lycopersicon cerasiforme*.

Kallus bei maximalem Zellteilungsablauf mit einem chloralhydratgetränktem Wattebausch für einige Minuten narkotisiert, um dann durch Kultur unter optimalen Bedingungen möglichst viele Sprosse zu „treiben“.

Die so erhaltenen 4n-Pflanzen, die erscheinungsbildlich sofort durch ihren kennzeichnenden Polyploidewuchs sich feststellen ließen, und deren Chromosomensatz mit der Heitzschen Schnellmethode geprüft wurde, erwiesen sich, nachdem sich in den ersten Stecklingsgenerationen erhebliche Fertilitätsstörungen bemerkbar machten, in frühestens der 3. Stecklingsgeneration als normal fruchtbar. Sie wurden dann durch Samen vermehrt. In Abb. 1 ist ein tetra-

ploider Sproß aus dem Kallus eines Achsel sprosses noch in Verbindung mit der Mutterpflanze gezeigt, im Vergleich mit einem normalen Diplonten der gleichen Pflanze.

In Abb. 2 und 3 sind diploide und tetraploide Blüten beider verwendeten Tomatenarten gezeigt.

Mit diesen so hergestellten Tetraplonten wurden in sehr großer Zahl in beiderlei Richtung Kreuzungen mit den diploiden Ausgangssippen vorgenommen. Doch blieben alle Bemühungen erfolglos. Zwei Tage nach der Bestäubung warfen die Diplonten die mit dem Pollen der 4n-Pflanze belegten Blüten ab, während bei

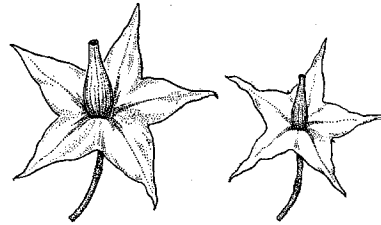


Abb. 2. Blüte einer 2n- (rechts) u. 4n- (links) Pflanze von *L. cerasiforme*.

umgekehrter Kombination die Blüten der 4n-Pflanzen sich bis zum 3., ja in einigen Fällen sogar bis zum 4. Tage an der Mutterpflanze hielten. Doch in keinem Falle zeigten sich die

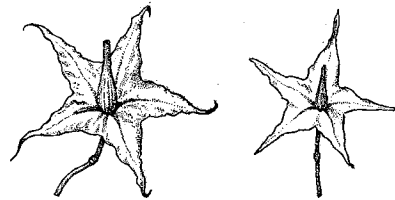


Abb. 3. Blüte einer 2n- (rechts) und 4n-Pflanze (links) *L. racemigerum*.

bei diesen Wildformen der Tomate so leicht feststellbaren Kennzeichen der erfolgten Befruchtung, Verdickung und Festwerden des Blütenstieles besonders in der Nähe des vorgebildeten Trennungsgewebes und ein Anschwellen des Fruchtknotens.

Vergleichende Untersuchung des vorgebildeten Trennungsgewebes im Blütenstiel vor und in verschiedenen Abständen nach der Befruchtung bei selbstbestäubten Diplonten und bei Kreuzungen  $2n \times 4n$  und umgekehrt erbrachten das sichere Ergebnis, daß der morphologische Zustand des Trennungsgewebes, besonders des Korkgewebes und der angrenzenden parenchymalen Schichten, sicher erkennen läßt, ob eine Befruchtung stattgefunden hat oder nicht. So wurden für bestimmte Fälle Untersuchungen von Rasiermesserlängsschnitten durch das Gebiet

der vorgebildeten Trennungsschicht zu Rate gezogen, da eine solche Untersuchung viel rascher und mit der gleichen Sicherheit über stattgefundene Befruchtung Aufklärung verschaffen kann als Fruchtknotenuntersuchungen, die bei diesem Objekt fast nur bei Mikrotomschnitten sichere Aussagen zulassen.

Da Entwicklungsgeschwindigkeit der Blüten und Versuchssicherheit verlangen, daß bei diesen Versuchspflanzen bei der Kastration nicht nur die Antheren entfernt werden, sondern auch der noch unentfaltete Kranz der Blütenblätter abpräpariert werden muß, so war die Möglichkeit offen, daß vielleicht ein zu starker Wundreiz der Anlaß des frühen Abwurfes der bestäubten Blüten sein könnte. Diese Möglichkeit wurde ausgeschaltet durch geeignete Kontrollen. Ebenso kastrierte Diplonten und Tetraplonten wurden mit zugehörigem Pollen bestäubt. Im Gegensatz zu den Kreuzungsversuchen führten hier über 93% der Selbstungen zur Befruchtung und zur Fruchtentwicklung. Der Wundreiz, der ja sonst bei Abwurf von pflanzlichen Organen oft eine auslösende Wirkung ausübt, spielte also hier keine wesentliche Rolle.

Da diese ersten Versuche alle in einem Versuchsgewächshaus durchgeführt worden sind, das ein verhältnismäßig trockenes Klima hatte, wurden nun erneut größere Versuchsserien angesetzt in einem Versuchsgewächshaus mit ausgesprochen feuchtwarmem Klima. Diese Versuchsanordnung änderte die Ergebnisse nur soweit, daß nun die bestäubten Blüten durchschnittlich um die Hälfte länger an der Pflanze blieben, ehe sie abfielen. Doch am Ansatz änderte sich nichts, die Versuche blieben ohne den gewünschten Erfolg.

Da für die benutzten Versuchspflanzen bekannt ist, daß der Ansatz bei den verschiedenen Blüten des Blütenstandes unterschiedlich ist — die zuerst aufblühenden setzen oft mit einem höheren Prozentsatz an als die später erblühenden —, so wurden auch, um solche Fehlermöglichkeiten auszuschalten, in dieser Richtung, in der Wahl verschiedenster Blüten am Stande, viele Versuche angestellt, doch stets mit dem gleichen negativen Erfolg.

Schon sollten diese Untersuchungen der Kreuzungen von Gliedern einer Autopolyploidenreihe abgebrochen werden, als die Ergebnisse aus vergleichend physiologischen Polyploidenuntersuchungen einen neuen Weg wiesen. Die Bestimmungen der osmotischen Werte von unter gleichartigen Bedingungen gewachsenen diploiden und tetraploiden Sippen des gleichen

Stammes hatten zum Ergebnis gehabt, daß im Hinblick auf diese Eigenschaft unter den Gliedern einer Polyploidenreihe sehr starke Unterschiede bestehen. Mit steigendem Genomgehalt sinkt der osmotische Wert. Ähnliche Beobachtungen machte BECKER bei seinen zellphysiologischen Untersuchungen an den Protonemen von polyploiden Funariaceen, für höhere Pflanzen wies SCHLÖSSER zuerst bei diploiden und tetraploiden Winterrüben das Vorhandensein der gleichen Gesetzmäßigkeit nach. Um nur einige Zahlen zu nennen, so beträgt bei einer diploiden Sippe der osmotische Wert, kryoskopisch bestimmt am Preßsaft der ganzen Pflanze, etwa 8 Atmosphären, der Durchschnittswert der vergleichsweise untersuchten 4n-Reihe von Pflanzen dagegen hat nur die Höhe von 4,7 Atmosphären. Wenn also die Chromosomenzahl verdoppelt wird, sinkt der osmotische Wert nicht etwa auf die Hälfte, also 4 Atmosphären herab, sondern auf Dreifünftel vom Werte des Diplonten. Dieser Wert von Dreifünftel ist an großzahligen Versuchsserien fehlerstatistisch absolut gesichert. Verschiebt man in der Gewächshauskultur das Klima der zusammengezogenen und gleichalten Pflanzen der diploiden und tetraploiden Sippe etwa von warmer „Feuchtkultur“ nach warmer „Trockenkultur“, so gelingt es ohne Schwierigkeit auf diesem modifikatorischem Wege den osmotischen Wert der Versuchspflanzen wesentlich zu erhöhen. Doch wenn auch die absoluten Werte auf diese Weise leicht abzuändern sind, so bleibt doch das Durchschnittsverhältnis  $4n : 2n = 3 : 5$  erhalten.

Selbstverständlich läßt sich dieser Unterschied, der zuerst im Gesamtpreßsaft nachgewiesen wurde, auch mit allen anderen Methoden — Blattstreifenmethode, plasmometrische Methode — für die einzelnen Gewebe oder Zellen feststellen. Ausgezeichnete Objekte sind hier die mehrgliedrigen Borstenhaare. Erwähnenswert ist hier, daß die verschiedenen Methoden an den gleichen Geweben nur geringe Unterschiede in den Ergebnissen zeigten — Beobachtungen, die schon in ähnlicher Art von früheren Untersuchern an anderen Objekten gemacht worden sind. Diese ganz allgemeine Feststellung, daß mit steigendem Genom der osmotische Wert sinkt, war im Hinblick auf die oben geschilderten Kreuzungsschwierigkeiten ein Hinweis, die Keimungsphysiologie der haploiden und diploiden Pollenkörner zu untersuchen und die physiologischen Grundlagen der gesamten Befruchtungsbio-logie zu bearbeiten. Vielleicht ließ sich von dieser Seite das Problem der Befruchtungs-

schwierigkeiten bei Autopolyploiden irgendwie klären.

Als erstes wurde untersucht, bei welchem osmotischen Werte das Keimungsoptimum für die haploiden und diploiden Pollenkörner liegt. Größte Pollenschlauchlänge bei höchstem Keimprozentatz kennzeichnen dieses Optimum. Die Versuche wurden durchgeführt auf Objektträgerkulturen unter der feuchten Glocke. Als Kulturmedium diente Rohrzuckeragar von 6 bis 30% in acht verschiedenen Stufen. Der Agar wurde in dünnen Lamellen auf den Objektträgern ausgegossen. Zur Aussaat gelangten nur haploide und diploide Pollenkörner, die aus Antheren genommen waren, die sich soeben geöffnet hatten. Diese Versuche, die in verschiedenen Serien wiederholt wurden, erbrachten das Ergebnis, daß auch auf dem Gebiet der Keimungsphysiologie des Pollens sich die oben festgestellten Unterschiede für den osmotischen Wert nachweisen ließen. Das Keimungsoptimum für den 2n-Pollen der tetraploiden Pflanzen lag bei 13% Zucker, das des 1n-Pollens der diploiden Pflanzen bei 22% Zucker. Es liegen hier also die Verhältnisse zwischen diploiden und haploiden Zellen ebenso, wie bei den tetraploiden und diploiden Zellen und Geweben der Mutterpflanzen beider Sippen. Da sich nun in den oben dargestellten Modifikationsversuchen gezeigt hatte, daß es durch geeignete Änderung der Umweltsbedingungen ohne weiteres möglich gemacht werden kann, den osmotischen Druck in den Geweben der 2n- und 4n-Pflanzen nach beiden Seiten zu verschieben, so wurden entsprechende Pollenkeimungsversuche unternommen. Hierbei diente als Versuchsmaterial Pollen von 2n- und 4n-Pflanzen, die in Trocken- oder Feuchtkultur vom ersten Eintopfen ab gezogen worden waren, bei denen also der osmotische Wert des Zellsaftes herauf- oder herabgesetzt worden war. Während also der Pollen eines Diplonten, der bei mittleren Kulturbedingungen einen kryoskopisch bestimmten osmotischen Wert von 8 Atmosphären hat, sein Keimungsoptimum bei 22% Rohrzucker hat, liegt der gleiche Punkt für den Pollen einer 2n-Pflanze aus Trockenkultur (osmotischer Wert 11—12 Atmosphären) bei 29% Rohrzucker, während für eine 2n-Pflanze aus Feuchtkultur, die einen am Preßsaft bestimmten osmotischen Wert von 6,2 Atmosphären hat, das Keimungsoptimum des reifen Pollens bei 17% Rohrzucker. Es schwankte also bei diesen Versuchen der osmotische Wert des Preßsftes von 6,2 bis 12 Atmosphären und in Parallele damit änderten sich die Keimungsoptima von 17—29% Rohr-

zucker. Hierbei sind bestimmt noch nicht die möglichen Extreme erreicht, diese Gegensätze waren bei den gegebenen Kulturmöglichkeiten ohne irgendwelche großen Hilfsapparaturen nicht herzustellen. In entsprechender Weise wurde der Pendelbereich für die Tetraploiden unter den gleichen Bedingungen abgetastet. Dabei zeigte es sich, daß 4n-Pflanzen, die unter mittleren Kulturbedingungen herangezogen waren, bei einem osmotischen Wert des Preßsftes von etwa 4,7 Atmosphären das Keimungsoptimum des Pollens bei 13% Rohrzucker lag, stieg dieser Wert bei Trockenkultur, bei einem osmotischen Wert von 6,3 Atmosphären, auf ebenfalls 17% Rohrzucker. Feuchtkultur dagegen senkte den osmotischen Wert des Preßsftes auf 3,9 Atmosphären und parallel dazu das Keimungsoptimum des Pollens bei 10% Rohrzucker. Es war somit eine starke Modifizierbarkeit des osmotischen Wertes bei den Pollen der Glieder einer Autopolyploidenreihe das allgemeine Ergebnis dieser Untersuchungen gewesen. Wenn die osmotischen Werte des Gesamtpreßsftes und die Werte für die Keimungsoptima und Entwicklungsoptima der zugehörigen Pollen nicht gleich sind, sondern oft ganz beträchtliche, aber gesetzmäßige Unterschiede aufweisen, so liegt dies in der Tatsache begründet, daß in den einzelnen Organen und Geweben einer jeden Pflanze zur gleichen Zeit oft ganz erhebliche Verschiedenheiten auftreten.

Als nächstes wurde nun untersucht, wie das Pollenschlauchwachstum im Griffelgewebe einer Pflanze mit anderer Genomzahl abläuft im Vergleich mit den Verhältnissen im eigenen Griffelgewebe. Diese Untersuchungen wurden durchgeführt an Mikrotomlängsschnitten, die in bestimmten Zeitabständen nach der Bestäubung mit dem hierfür besonders geeigneten Nawaschinschen Gemisch fixiert wurden. Auf die Einzelheiten der Färbetechnik soll hier aus Raumgründen nicht eingegangen werden. Im wesentlichen gelangte die von BUCHHOLTZ in seiner mit BLAKESLEE an *Datura* durchgeführten Methode zur Anwendung. Werden bei der Kreuzung der 2n- und 4n-Pflanzen solche verwendet, die unter gleichen Kulturbedingungen herangezogen waren, so ließ sich aus den Schnitten ersehen, daß in beiden Fällen das Wachstum der jungen Pollenschläuche im Vergleich mit den Kontrollselbstungen, innerhalb der ersten 12 Stunden nach der Bestäubung sehr langsam weiter fortschreitet und dann bald zum Stillstand kommt, ohne zur Befruchtung geführt zu haben. Die Verhältnisse liegen bei den beiden wechselseitigen Kreuzungen nicht gleich. Die

Kreuzung  $4n \times 2n$  scheint die begünstigtere zu sein. Schon auf der Narbe zeigt sich, daß der Keimprozentatz vom Pollen des Diplonten auf dem Tetraplonten sehr viel höher ist als im umgekehrten Falle, wo im Narbensekret höchstens 10% der Pollenkörner überhaupt mit dem Keimen beginnen. Noch ausgeprägter wird der Unterschied, wenn man Pollenschlauchlänge im Griffelgewebe und ihre Wachstumsdauer vergleichend betrachtet. Weiter wachsen die Pollenschläuche des Pollens der  $2n$ -Pflanze in dem Griffelgewebe des Tetraploiden im Laufe von 10—12 Stunden bis zu einer Länge von höchstens Zweidrittel der Griffellänge, während bei der reziproken Kombination die wenigen Pollenschläuche, die überhaupt in das Griffelgewebe der diploiden Pflanzen eindringen können, im gleichen Zeitraum im Höchstfalle ein Drittel des diploiden Griffelgewebes durchwachsen. Es ergab sich also aus diesen umfangreichen Untersuchungen mit Sicherheit, daß mechanische Gründe — mangelndes Wachstum der Pollenschläuche und damit Nichterreichen der Samenanlagen — die Ursache sind, daß es bei den Kreuzungen der Glieder dieser Autopolyploidenreihe nicht zur Befruchtung kommt.

Da die oben dargestellten Pollenschlauchversuche auf verschieden konzentriertem Rohrzuckeragar hatten gezeigt, daß es gelingt, bei Modifikation der  $2n$ - und  $4n$ -Pflanzen im Gegensinne die Keimungsoptima für den Pollen zur Deckung zu bringen. Bei Feuchtkultur des Diplonten lag ja das Keimungsoptimum bei 17%, bei Trockenkultur das des Tetraplonten ebenfalls bei 17% Rohrzucker. Es wurden nun zwischen vielen Einzelpflanzen solcherart modifizierter  $2n$ - und  $4n$ -Pflanzen in beiden Richtungen Kreuzungen vorgenommen. Von diesen Versuchen waren nun eine große Anzahl erfolgreich. Bei den mit größter Vorsicht vorgenommenen Kreuzungen war die Kombination  $4n \times 2n$  mit 18% erfolgreich, während die umgekehrte Kombination in 3,4% der Kreuzungen Ansatz erbrachte.

Die Früchte, die das Ergebnis dieser Kreuzungen waren, gelangten fast alle zur Reife. Jene, die auf früherem Entwicklungsstadium ihr Wachstum einstellten, hatten, wie die Untersuchung ergab, eine zu geringe Zahl von befruchteten Samenanlagen, es war also der Reiz, der von den wachsenden Embryonen ausgeht, zu schwach gewesen. Kontrollversuche in einem anderen Zusammenhange hatten ergeben, daß bei den Diplonten im Durchschnitt 50 Samen in der Frucht zur Ausbildung gelangen, daß aber mindestens 14 Samen zur Entwicklung kommen

müssen, damit eine Entwicklung der Beere bis zur Reife gewährleistet ist. Im Gegensatz liegen die entsprechenden Werte für die tetraploide Sippe niedriger. Im Normalfall sind als Durchschnitt aus einer großen Auszählung 24 Samen in der Frucht zu zählen, doch kann diese Zahl auf 7 sinken. Bei den vorgenommenen Kreuzungen war die Zahl der sich entwickelnden Samen, die zur Fruchtbildung bis zur Reife nötig sind, um etwa 20% geringer, als bei den Selbstungen der reinen Ausgangssippen.

Von den aus diesen Versuchen gewonnenen Samen, es waren etwas über 300, keimten 43. Von diesen 43 entstammten 32 der Kombination  $4n \times 2n$ , die restlichen der reziproken Kombination  $2n \times 4n$ . Diese beiden Gruppen verschiedener Herkunft zeigten deutliche Unterschiede nur hinsichtlich der absoluten Größe. Die Pflanzen, die den Diplonten als Mutter hatten, waren kleiner als die, welche den Tetraploiden als Mutter hatte. Da jedoch in den für die Glieder von Polyploidenreihen besonders kennzeichnenden Unterschieden, den Maßen und Proportionen der Blätter keine Verschiedenheiten faßbar waren, so sind in diesem Falle diese beiden Gruppen zusammengefaßt. Diese Größenunterschiede der Pflanzen der beiden Gruppen haben ihre Ursache in bestimmten Verschiedenheiten der Kernplasmarelation, Zusammenhänge, auf die hier nicht näher eingegangen werden soll. In Abb. 4 sind entsprechende Fiederblätter einer  $2n$ , einer  $4n$  und eines triploiden Bastardes  $4n \times 2n$  gezeigt.

Die cytologische Untersuchung, die bei fast allen aufgezogenen Versuchspflanzen durchgeführt wurde, erbrachte den Nachweis, daß die Kreuzungsprodukte aus beiden Kombinationen wirklich echte Polyploide, nicht nur Zahlenpolyploide waren, denn in der Pollenreifung ließen sich die typischen Dreiergruppen der homologen Chromosomen in der Diakinese feststellen. Als Gesamtergebnis der Untersuchung ist also festzustellen, daß es mit einfachen physiologischen Modifikationsversuchen gelingt, bei genetisch Polyploiden einer Reihe, die sich in ihren osmotischen Grundwerten sehr stark unterscheiden und bei denen unter gleichartigen und normalen Bedingungen eine Kreuzung in beiderlei Richtung ohne Erfolg ist, eine Befruchtung zu erzwingen und zu triploiden Pflanzen einwandfreier Herkunft zu gelangen.

In welchen Gebieten der züchterischen Praxis können die Ergebnisse dieser Versuche Hinweise für geeignete Experimentalanordnungen bringen? Um aus der Fülle der Möglichkeiten nur einige wenige kurz zu streifen, seien Kartoffelzüchtung,

Getreidezüchtung, im besonderen Weizenzüchtung und schließlich Obstzüchtung erwähnt. Überall sind dort, wo die Kreuzungen verschiedener Polyploidstufen ohne Ergebnis verlaufen, große Erfolgswahrscheinlichkeiten für Modifikationsversuche in dem oben dargestellten Sinne. Es sei hier nur an die Schwierigkeiten erinnert, die KIHARA bei einigen seiner Untersuchungen über pentaploide Weizenbastarde hatte. In der Nachkommenschaft solcher 35-chromosomiger Pflanzen können erwartungsgemäß 28—42-chromosomige Individuen auftreten. Bei Kulturversuchen in den klimatisch sehr trockenen Gebieten Sepporos fallen die Mittelklassen, die um 35 Chromosomen zählen und die nach der

ist hier für verschiedene Beispiele aus dem Gesamtgebiet der Polyploidie aufgezeigt worden. Darüber hinaus können solche Modifikationsversuche aber auch von Nutzen sein, wenn etwa Kreuzungen zwischen Sippen und Arten vorgenommen werden sollen, die zwar der Zahl nach den gleichen Chromosomensatz aufweisen, aber verschiedenen ökologischen Standortsrassen angehören. Solche Rassen können neben anderen Eigenschaften in ihren osmotischen Werten so stark unterschieden sein, daß die Pollenschläuche der einen Form in dem Griffelgewebe nicht die richtigen Wachstumsbedingungen finden, und als Folge hiervon Befruchtungen selten oder gar nicht eintreten.

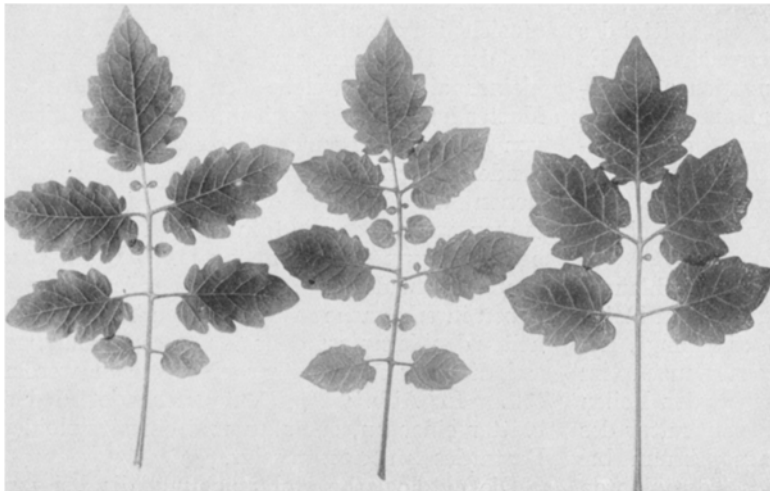


Abb. 4. Fiederblätter einer 2n- (links) und einer 4n- (rechts)Pflanze und eines Bastardes  $4n \times 2n$  (Mitte) von *L. esculentum*.

Erwartung am stärksten besetzt sein müßten, fast vollkommen aus. In dem zur Blütezeit jedoch feuchtwarmen Klima Kyotos sind die Glieder dieser Klassen sehr viel zahlreicher vertreten. In diesen Versuchen unter verschiedenen klimatischen Bedingungen spielt sich grundsätzlich das gleiche ab wie bei den oben geschilderten Modifikationsversuchen an Tomaten. Es wird, allerdings durch den Zufall, die Gesamthydration der Pflanze mit dem Anbau im feuchteren Klima geändert, und damit auch der osmotische Wert des Griffelgewebes, das nunmehr physiologisch gesehen die geeigneten Wachstumsvoraussetzungen gibt auch für die Pollenschläuche, die vorher unter den anderen klimatischen Bedingungen keine Entwicklungsmöglichkeiten hatten.

Die Bedeutung von Modifikationsversuchen des osmotischen Wertes für züchterische Arbeit

#### Ergebnis der Untersuchungen.

1. Kreuzungsversuche zwischen Pflanzen der 2n- und 4n-Sippen einer außerordentlich homozygoten Wildtomatenform waren, in beiderlei Richtung durch geführt, erfolglos.

2. Cytologische Untersuchungen an Längsschnitten durch die Griffel- und Fruchtknotengewebe beider Sippen, bestimmte Zeiten nach der Bestäubung fixiert, zeigten, daß unter normalen, nicht zu feuchten Kulturbedingungen der Pollen des Diplonten im tetraploiden Griffelgewebe nur bis zu Zweidrittel der

Griffellänge herabwächst und dann seine Entwicklung einstellt, während bei der umgekehrten Kombination nur ein geringer Prozentsatz der Pollenkörner des Tetraploiden im Narbensekret des Diplonten keimt und die auswachsenden Pollenschläuche höchstens ein Drittel der Griffellänge herabwachsen. Das Fehlschlagen der Versuche beruht also auf einem Ausbleiben der Befruchtung.

3. Andere Versuche hatten früher gezeigt, daß die verschiedenen Glieder einer Autopolyploidenreihe nicht nur morphologisch, sondern auch sehr wesentlich physiologisch unterschieden sind. Der osmotische Wert sinkt mit steigendem Genomgehalt, wie schon für Moosprotonemen von Funariaceen in BECKERs grundlegender Arbeit aufgezeigt war. Bei den hier verwendeten Versuchspflanzen haben unter mittleren Kulturbedingungen die diploiden Formen etwa acht

Atmosphären, die tetraploiden Formen etwa 4,7 Atmosphären osmotischen Wertes. Durch Änderung der Umweltbedingungen auf „Trockenklima“ oder „Feuchtklima“ lassen sich diese osmotischen Werte modifikatorisch stark ändern (2n von 6,2—12 Atmosphären, 4n von 3,9 bis 6,3 Atmosphären).

4. Pollenschlauchkulturen von Pollen solcher unter extremen Bedingungen herangezogener Versuchspflanzen zeigen auch stark geänderte Wachstumsoptima. So haben „Feucht“-Pollen von Diplonten und „Trocken“-Pollen von Tetraplonten fast das gleiche Optimum.

5. Auf Grund dieser Ergebnisse wurden die Kreuzungsversuche mit Diplonten und Tetraplonten, deren osmotische Werte jedoch modifikatorisch einander angenähert worden waren,

wieder aufgenommen. Die Versuche waren mit vollem Erfolg gekrönt. Aus den erhaltenen Samen ließen sich Triploide bekannter Herkunft in größerer Zahl heranziehen, die das Ausgangsmaterial für weitere Versuche über Genetik und Physiologie Polyploider abgaben.

6. Es wird kurz aufgezeigt, für welche züchterischen Aufgaben die Ergebnisse dieser Untersuchungen von Bedeutung sein können.

#### Literatur:

BECKER, G.: Zeitschr. f. ind. Abst. u. Vererbungslehre 60 (1931).

BUCHHOLZ, J. T., u. BLAKESLEE, A. F.: Bot. Gaz. 90 (1930).

MÜNTZING, A.: Hereditas 21 (1936) (dort weitere Literatur).

SCHLÖSSER, L. A., Biol. Zentralbl. 54 (1934).

SCHLÖSSER, L. A., Der Züchter 8 (1936).

(Aus dem Kaiser Wilhelm-Institut für Züchtungsforschung, Müncheberg, Mark.)

## Eine Einzelpflanzendreschmaschine.

Von **R. v. Sengbusch** und **K. Zimmermann**.

Bei einer Reihe von züchterischen Arbeiten (Lupinen-, Getreidezüchtung) hat es sich als unumgänglich erwiesen, mit einem großen Einzelpflanzenmaterial zu arbeiten. Dabei stellte sich bald die Notwendigkeit heraus, eine Einzelpflanzendreschmaschine zu konstruieren, die eine erheblich höhere Leistung hat, als sie durch Handarbeit zu erreichen ist. Folgende Anforderungen müssen an eine solche Maschine gestellt werden:

1. Die Maschine muß sauber arbeiten, damit keine Vermischung der Samen verschiedener Einzelpflanzen eintritt.

2. Die gedroschenen Körner müssen frei von Spelzen bzw. Hülsen sein.

3. Es müssen die verschiedensten Kulturpflanzen mit der Maschine gedroschen werden können.

4. Die Keimfähigkeit der Samen darf nicht geschädigt werden.

5. Außer Einzelpflanzen müssen auch kleine Parzellen im kontinuierlichen Betrieb gedroschen werden können.

6. Die Leistung muß ein vielfaches der Handarbeit sein.

7. Die Bedienung muß so einfach sein, daß sie auch von Ungeübten vorgenommen werden kann.

8. Die Maschine muß so beschaffen sein, daß sie, wenn nötig, Tag und Nacht ununterbrochen arbeiten kann.

9. Der Preis muß niedrig sein.

Eine Maschine, die diesen Anforderungen genügt, gab es bisher nicht. Dr. v. ROSENSTIEL, Müncheberg (Mark), hat eine Einzelpflanzendreschmaschine entworfen, die von der Firma E. Leitz, Berlin, gebaut wurde (Züchter 1934, 119). Diese Maschine wirkt nach dem Prinzip des Handausreibens und eignet sich sehr gut für das Verarbeiten von Getreideeinzelpflanzen.

Wir fordern jedoch, daß vor allen Dingen Lupinen und daneben andere Kulturpflanzen als Einzelpflanzen und A-Stämme mit einer solchen Maschine gedroschen werden können.

Seit 1934 werden in der Abteilung Dr. R. v. SENGBUSCH des Kaiser Wilhelm-Instituts für Züchtungsforschung, Müncheberg (Mark), Versuche gemacht, eine Maschine zu bauen, die alle oben gestellten Forderungen erfüllt. Diese Versuche werden in enger Zusammenarbeit mit der Firma Sellin & Co., Müncheberg (Mark), durchgeführt. Der Schlosser PETHKE hat sich dabei besonders verdient gemacht. Für das freundliche Entgegenkommen dieser Firma sei an dieser Stelle gedankt. Von seiten des Instituts sind an der Konstruktion R. v. SENGBUSCH und K. ZIMMERMANN beteiligt.

Die erste Maschine war Modell A. Das Gestell war bei dieser Maschine aus Holz hergestellt. Im oberen Teil waren Trommel und Korb untergebracht. Durch den vom Ventilator erzeugten Wind wurde das gedroschene Material über ein Graepel-Sieb geblasen, wobei die Körner durch