

Aus dem Institut für Pflanzenzüchtung Bernburg der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin

Züchtung auf zwei Samen pro Hülse bei Rotklee (*Trifolium pratense* L.)

I. Unter Anwendung einfacher Selektion*

Von JOHANNES SCHIEBLICH

Mit 5 Abbildungen

Umfangreiche Bemühungen sind in den vergangenen Jahrzehnten unternommen worden, um die Befruchtungsverhältnisse und, damit im Zusammenhang stehend, die Samenerträge bei Rotklee auf züchterischem Wege zu verbessern und sicherer zu gestalten.

Da der Rotklee, eine unserer wichtigsten Futterpflanzen, die längste Blütenröhre aller genutzten Kleearten besitzt und somit vorzugsweise nur die zahlenmäßig geringer auftretenden langrüsseligen Insekten in der Lage sind, bis zum Nektar auf dem Blütengrund vorzudringen, lag es nahe, die große Variabilität der Blütenröhrenlänge zur Züchtung eines kurzröhriegen Rotkleeps zu nutzen, damit auch kurzrüsselige Insekten, insonderheit unsere Hausbienen, sich in stärkerem Maße an der Befruchtung beteiligen. Dieses Zuchziel hat die Züchter nahezu 50 Jahre beschäftigt. Alle diese Bemühungen sind aber bis heute aus vorwiegend zwei Gründen erfolglos geblieben. Es wird übereinstimmend berichtet, daß Kurzröhigkeit bei Rotklee offenbar mit Inzuchtdépressionen verbunden ist, die sich in herabgesetzter Wuchsigkeit, Ausbildung einer geringeren Zahl Blütenköpfchen und Fertilitätsstörungen ausprägt. Diese Inzuchtschädigungen sind aber wahrscheinlich eine Folge davon, daß die Ausgangsbasis des Zuchtmaterials zu eng gewählt worden ist. Wesentlich wichtiger für die Erfolglosigkeit dieser Bemühungen aber ist die Erkenntnis, daß kurzrüsselige Insekten, beispielsweise Bienen, gar nicht daran denken, kurzröhriegen Rotklee vorzugsweise zu befliegen. Das gleiche gilt übrigens auch für langrüsselige Bienen, die sich nicht als Spezialisten für langröhige Blüten betrachten, ja selbst die Hummeln mit ihrem langen Rüssel befliegen lieber Blüten, bei denen der Nektar mühselos und ohne besonderen Kraftaufwand erreichbar ist.

Da der Rotklee zu den strengen Fremdbefruchtern zählt, wurde eine weitere Möglichkeit, zu sicheren Samenerträgen zu kommen, darin erblickt, nach selbstfertilen Formen zu suchen. Die Selbststerilität des Rotkleeps wird durch eine Serie multipler S-Allele bedingt, wozu sich noch teilweise Intersterilität gesellt. Ganz abgesehen davon, daß Selbstfertilität bei Rotklee nur äußerst selten auftritt, sind auch hier Inzuchtschäden nicht vermeidbar, so daß diese Möglichkeit in der Endkonséquenz für die praktische Nutzbarkeit ebenfalls ausscheidet.

Es besteht jedoch züchterisch noch ein dritter, und soweit aus den hier zu berichtenden Ergebnissen ersichtlich, gangbarer Weg, die Samenerträge des Rotkleeps zu verbessern. Der Fruchtknoten des Rotkleeps besitzt stets zwei, in seltenen Fällen sogar drei

oder vier Samenanlagen, die aber in der Regel nur einen Samen ausbilden. Das gelegentliche Auftreten von zwei Samen pro Hülse war Anlaß, zu versuchen, ob es möglich ist, auf züchterischem Wege das Auftreten von Doppelsamigkeit zu erhöhen und diese Eigenschaft zu manifestieren:

In der Literatur sind nur wenige Angaben über das Vorkommen von zwei Samen pro Hülse bei Rotklee zu finden. So gibt SCHLECHT (1922) die Häufigkeit des Auftretens zweikörniger Hülsen mit 1,2% sämtlicher befruchteter Hülsen an. Im allgemeinen waren die „Doppelkörner“ kleiner und wiesen ein um ca. 20% geringeres Tausendkorngewicht auf. NESSLER (1930/31) fand bei frei abgeblühten Pflanzen 1,29% zweisame Hülsen. BOGAERT (1958) arbeitete mit 13 Herkünften bzw. Sorten und ermittelte im Ausgangsmaterial zwischen 2,56 und 7,87% (im Durchschnitt = 4,73%) Hülsen mit zwei Samen. An einzelnen Köpfchen, von deren Samen Nachkommenschaften angezogen wurden, konnten zwischen 11,86 und 45,16% zweisame Hülsen festgestellt werden. Innerhalb von 6 Generationen war es möglich, den Anteil Hülsen mit zwei Samen auf 29,6% zu steigern. BOGAERT unterstreicht, daß diese Eigenschaft genetisch bedingt und komplexer Natur ist. Untersuchungen über den Erbgang sind äußerst schwierig, da bei Rotklee vollständige Selbststerilität vorliegt. Ebenso wie SCHLECHT stellte auch BOGAERT ein niedrigeres Tausendkorngewicht bei den Samen aus zweisamen Hülsen im Vergleich zu den aus einsamen Hülsen fest. Das Tausendkorngewicht einsamer Hülsen betrug im Durchschnitt 1,78 g, während 1000 Samen aus doppelsamen Hülsen 1,54 g wogen, das entspricht einer Differenz von 13,5%.

BINGEFORS und QUITTENBAUM (1960) berichten über das Vorkommen von zwei Samen pro Hülse in Schweden. Nach diesen Angaben treten im Durchschnitt 2,1% mehrsamige Hülsen im Verhältnis aller samenträgenden Hülsen auf, wobei allerdings Schwankungen von 0 bis 9,4% zu verzeichnen waren. Das Vorkommen mehrsamiger Hülsen bei Lokalstämmen wird mit 0,1 bis 0,5% angegeben. Auffallend war, daß der Stamm 'Merkur' einen höheren Anteil mehrsamiger Hülsen als der Stamm 'Ultuna' aufwies. Die großen Unterschiede, die bei Kreuzungsmaterial auftraten, lassen deutlich erkennen, daß hier eine erblich bedingte Eigenschaft vorliegt. Bei tetraploidem Rotklee wurden keine mehrsamigen Hülsen gefunden.

Material und Methode

In der Annahme, daß in einem möglichst heterogenen Material die Eigenschaft, zwei Samen pro Hülse auszubilden, mit größerer Wahrscheinlichkeit als innerhalb einer einzigen Sorte anzutreffen ist, wurde

* Herrn Professor Dr. OBERDORF zum 65. Geburtstag gewidmet.

als Ausgangsmaterial für die Untersuchungen ein Gemisch aus den Sorten 'Marino' und 'Ostsaaat' sowie aus den Landsorten 'Sulzbacher', 'Probsteier', 'Thüringer' und 'Cottewitzer' verwendet. Die Aussaat erfolgte jeweils Ende Januar oder Anfang Februar im Gewächshaus, und in der ersten Aprilhälfte sind die Pflanzen einzelpflanzenweise ins Freiland gepflanzt worden.

Methodisch gelangte in den ersten Jahren nur die einfache Selektion zur Anwendung. Es ist vorgesehen, erst nach einer gewissen Ausprägung und Konstanz des Merkmals Zweisamigkeit mit planmäßiger Kombinationszüchtung zu beginnen. Bei der Auslesezüchtung ist so verfahren worden, daß im Aussaat- bzw. Pflanzjahr sämtliche Pflanzen geerntet und auf das Vorkommen von zwei Samen pro Hülse untersucht wurden. Im darauffolgenden zweiten Lebensjahr blühten dann nur die auf Grund der Ergebnisse des Vorjahres selektierten Pflanzen mit einem gewissen Anteil von zwei Samen pro Hülse gemeinsam untereinander ab, die restlichen wurden vernichtet. (Eine Ausnahme bildet die Ernte 1961.)

Im Jahre 1952 gelangte das Sorten- und Landsortengemisch erstmalig zur Aussaat. Die Ernte des gleichen Jahres ergab, daß innerhalb von 18000 untersuchten Einzelpflanzen 0,6% aller befruchteten Hülsen zwei Samen enthielten. Der Anteil doppelsamiger Hülsen pro Pflanze schwankte zwischen 0 und 7,1%. Sämtliche Pflanzen mit doppelsamigen Hülsen, unabhängig vom Anteil pro Pflanze, blühten 1953 geschlossen untereinander ab, und 218 sind geerntet worden. Diese 218 Einzelpflanzen wurden im Jahre 1954 nachkommenschaftsweise ausgesät, einzelpflanzenweise ins Freiland verpflanzt, und nach erfolgter Ernte sind sie auf zwei Samen pro Hülse untersucht worden. Alle Pflanzen (1508 Stück) aus den 218 Nachkommenschaften mit doppelsamigen Hülsen blühten im Jahre 1955 wieder gemeinsam untereinander ab. Nach anschließend erfolgter Untersuchung wurden alle die Pflanzen ausgeschieden, die nicht mindestens 15% zweisamige Hülsen pro Pflanze aufwiesen, so daß für die Aussaat 1956 661 Einzelpflanzennachkommenschaften zur Verfügung standen. Im Jahre 1957 wurden nach Vorselektion 1956 9176 Pflanzen mit doppelsamigen Hülsen gefunden; von diesen sind bei der Endselektion alle Pflanzen ausgeschieden worden, die nicht mindestens 25% Hülsen mit zwei Samen aufwiesen, so daß 1958 56 Einzelpflanzennachkommenschaften zur Aussaat gelangten. Ab 1958 sind schon bei der Vorselektion Pflanzen, die nicht einen bestimmten Prozentsatz doppelsamiger Hülsen aufwiesen, ausgeschieden worden, im Jahre 1958 lag dieser Prozentsatz bei 25%. Nach der nunmehr veränderten Vorselektion im Ansaatjahr 1958 blühten von den 56 Nachkommenschaften im Jahre 1959 noch 3330 Pflanzen gemeinsam untereinander ab.

Vom Jahre 1959 an erfuhr der bisher eingehaltene Selektionszyklus eine Änderung. Die Verarbeitung des aus der Ernte 1959 stammenden Materials konnte im Winter 1959/60 bis zum Saattermin 1960 nicht abgeschlossen werden, so daß eine Überlagerung des gesamten Materials bis zum Winter 1960/61 erforderlich wurde, und eine Neuansaat erst wieder 1961 erfolgte.

Von den 3330 Pflanzen der Ernte 1959 wurden diejenigen von der weiteren Zuchtarbeit und für die nächste Aussaat ausgeschlossen, die bei der Endselektion nicht mindestens 50% doppelsamige Hülsen aufwiesen, so daß im Frühjahr 1961 48 Einzelpflanzennachkommenschaften zur Aussaat gelangten. Infolge Fraßschäden durch Hasen und teilweise mangelhafter Ausreife konnten im gleichen Jahr davon 2837 samenreife Pflanzen geerntet werden. Die Vorselektion wurde in diesem Material wie üblich durchgeführt, und es war vorgesehen, für die Endselektion alle die Pflanzen nicht zur Blüte kommen zu lassen, die bei der Vorselektion nicht schon mindestens 30% Hülsen mit zwei Samen aufwiesen. Da aber im Winter 1961/62 sämtliche Pflanzen auswinteren, mußten im Frühjahr 1962 Einzelpflanzennachkommenschaften zur Aussaat gelangen, die eigentlich nur zur Vorselektion verwendet werden sollten. Die Aussaat 1962 erfolgte dann in drei Gruppen. Die Gruppe A, bestehend aus 23 Einzelpflanzennachkommenschaften, enthieilt alle die Pflanzen, die mindestens 65% doppelsamige Hülsen aufwiesen; Gruppe B, bestehend aus 8 Einzelpflanzennachkommenschaften, enthieilt die Pflanzen, die 60,0 bis 64,9% Doppelsamige enthielten, und die Gruppe C, bestehend aus 15 Einzelpflanzennachkommenschaften von Pflanzen mit 50,0—59,9% doppelsamigen Hülsen.

Die Reduzierung des Zuchtmaterials ab 1958 wurde nötig, weil dessen Verarbeitung sonst nicht mehr zu bewältigen gewesen wäre. Des weiteren wurde erhofft, auf diese Weise schneller zu hochgradig homozygoten Formen zu kommen.

Die Zahl der pro Nachkommenschaft angezogenen Einzelpflanzen belief sich bis zum Jahre 1958 auf durchschnittlich 50, sie wurde ab 1958 auf 80 bis 100 erhöht.

Was die Zahl der pro Pflanze verarbeiteten Fruchtstände betrifft, so wurden bis zum Jahre 1957 sämtliche Köpfchen einer Pflanze untersucht. Eine statistische Auswertung des bis zu diesem Termin verarbeiteten Materials sowie von Stichproben aus den folgenden Untersuchungen ergab, daß die Verarbeitung von 10 gut ausgereiften Fruchtständen pro Pflanze als repräsentativ angesehen werden kann.

Die im Jahre 1959 abgeernteten Einzelpflanzen wurden nicht wie üblich umgebrochen, sie sollten noch ein drittes Lebens- bzw. zweites Samenjahr stehenbleiben, um festzustellen, ob eventuell die Jahreswitterung einen Einfluß auf die Ausbildung von zwei Samen pro Hülse ausübt. Für diese Prüfung sind 42 vollständig und ungeschwächt überlebende Pflanzen der Ernte 1959 mit mindestens 30% doppelsamigen Hülsen im Jahre 1960 ein zweites Mal auf die Häufigkeit des Auftretens von zwei Samen pro Hülse untersucht worden. Bei diesem Versuch ist der glückliche Umstand zu verzeichnen, daß in bezug auf die Rotkleesamenbildung ein sehr gutes (1959) und ein schlechtes Jahr (1960) verglichen werden können.

Im Jahre 1961 gelangten, wie bereits dargelegt, die Nachkommenschaften der Einzelpflanzen aus der Ernte 1959 zur Aussaat, die nach der Endselektion mindestens 50% Hülsen mit zwei Samen aufwiesen. Von diesen Einzelpflanzen wurden aber die Samen aus doppelsamigen Hülsen und die Samen aus einsamigen Hülsen nachkommenschaftsweise getrennt

Tabelle 1. Effekt der Auslese auf 2 Samen pro Hülse bei Rotklee.

	Zahl der untersuchten Pflanzen	Pflanzen mit 1 Samen pro Hülse in %	Pflanzen mit 2 Samen pro Hülse in %	2 Samen pro Hülse im Ø aller Pflz. in %	Höchstwert zweisamiger Hülsen pro Pflanze in %	
Ausgangsmaterial	18 000	—	—	0,6	7,1	
1955	1 508	55,6	44,4	2,1	26,8	+
1957	9 176	42,3	57,7	5,7	56,9	+
1959	3 330	6,2	93,8	12,8	67,2	+
1961	2 837	0,2	99,8	30,0	73,5	—

Ohne Einbeziehung der Vorselektion:

Zahl der untersuchten Pflanzen

Zahl der untersuchten Köpfchen

Zahl der untersuchten Blütchen

34 851

753 503

64,82 Mill.

+ nach Vorselektion und

nachfolgendem gemeinsamem Abblühen

— ohne Vorselektion

ausgesät und anschließend isoliert voneinander gepflanzt. Es sollte ermittelt werden, ob hierbei Unterschiede in der Häufigkeit des Auftretens doppelsamiger Hülsen zu verzeichnen sind.

Die Untersuchungsmethode erfordert einen großen Zeit- und Arbeitsaufwand, da jede Hülse einzeln verarbeitet werden muß. Insgesamt wurden — ohne Einbeziehung der bei der Vorselektion verarbeiteten Pflanzen — bis 1961 34 851 Pflanzen mit 753 503 Köpfchen und 64,82 Millionen Hülsen untersucht (Tab. 1).



Abb. 1. Doppel- und einsame Hülse bei Rotklee.

Eine Vereinfachung der Untersuchungsmethode mit Hilfe des Spiegeldiaphanoskopes verlief negativ. Der Zeitaufwand war hier höher als bei der direkten Methode, außerdem können dann jeweils nur soviel Personen arbeiten, wie Geräte verfügbar sind. Auch die Größe, insbesondere die Breite der Hülsen mit zwei Samen, ist kein absolut sicheres Unterscheidungsmerkmal gegenüber den einsamen Hülsen, wie aus den Abbildungen 1 und 2 ersichtlich ist.

Die angegebenen Prozentzahlen für doppelsame Hülsen beziehen sich stets auf die Anzahl fruchtragender Hülsen, die tauben Hülsen sind also hier unberücksichtigt geblieben. Die Befruchtungsrate schwankte je nach Samenjahr zwischen 74,3 und 92,2% und lag im Durchschnitt bei 84,7%.

Ergebnisse

Wie aus Tab. 1 ersichtlich ist, war es durch ausschließliche Anwendung der Selektion möglich, innerhalb von vier Generationen (das Ausgangsmaterial nicht eingerechnet) die Anzahl Pflanzen mit nur einem Samen pro Hülse von 55,6% (1955) auf 0,2% (1961) zu reduzieren. Analog stieg die Anzahl der

Pflanzen, die Hülsen mit zwei Samen aufwiesen (Anteil doppelsamiger Hülsen pro Pflanze unterschiedlich) von 44,4 auf 99,8%. Der durchschnittliche Anteil doppelsamiger Hülsen aller untersuchten Pflanzen konnte innerhalb von fünf Generationen von 0,6% beim Ausgangsmaterial auf 30,0% bis zum Jahre 1961 erhöht werden. Die Höchstwerte zweisamiger Hülsen je Pflanze stiegen innerhalb der gleichen Zeit von 7,1 auf 73,6% an.

Die Abb. 3 veranschaulicht den Selektionserfolg in graphischer Darstellung*. Die auf der Ordinate vermerkten Werte geben den Anteil (in %) aller untersuchten Pflanzen mit einem auf der Abszisse verzeichneten Prozentsatz doppelsamiger Hülsen pro Pflanze an. Um eine bessere Übersichtlichkeit zu



Abb. 2. Rotklee-Hülse mit 2 Samen, schmale Form.

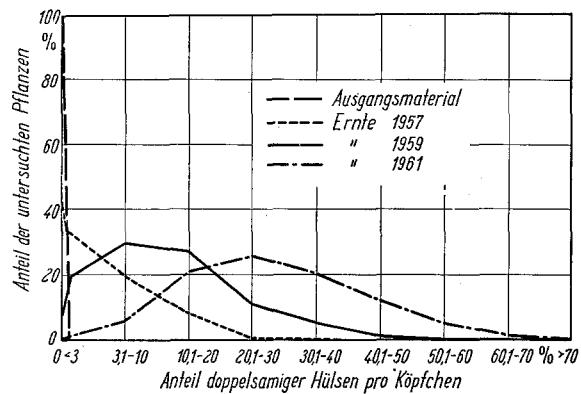


Abb. 3. Ausleseeffekt auf 2 Samen pro Hülse bei Rotklee in graphischer Darstellung. Die auf das Ausgangsmaterial folgende Generation der Ernte 1955 wurde hier weggelassen.

gewährleisten, ist der prozentuale Anteil doppelsamiger Hülsen pro Pflanze auf der Abszisse in Gruppen zusammengefaßt worden. So besagt z. B. der Scheitelpunkt der Kurve IV, daß bei der Ernte

* Die Generation der Ernte 1955 wurde zwecks Wahrung einer besseren Übersichtlichkeit weggelassen.

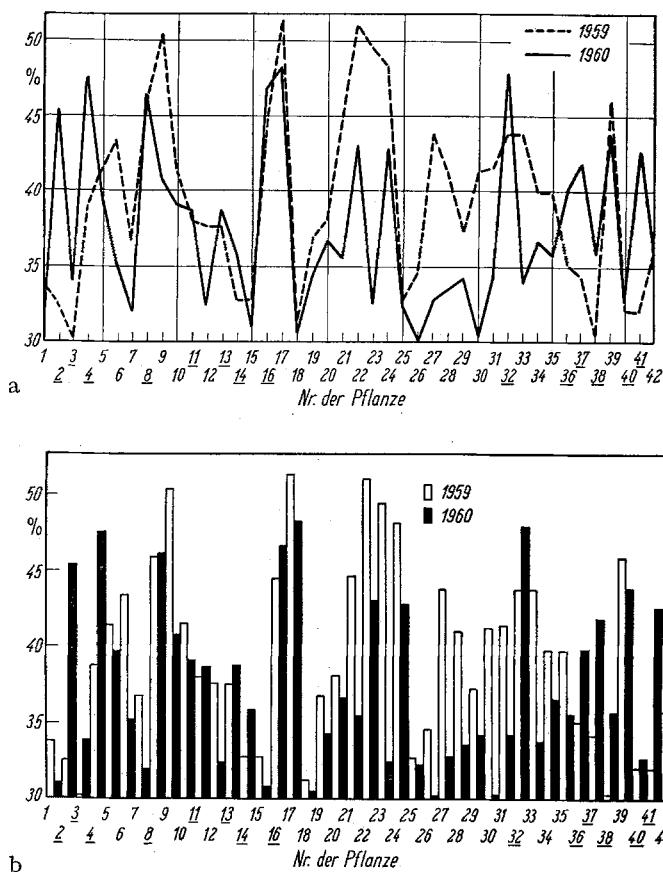


Abb. 4a und 4b. Anteil doppelsamiger Hülsen an gleichen Pflanzen in den 2 verschiedenartigen Jahren 1959 und 1960.

1961 27% aller untersuchten Pflanzen zwischen 20,1 und 30,0% zweisamige Hülsen pro Pflanze aufwiesen. Der Selektionserfolg wird daraus ersichtlich (Abb. 3), daß sich einerseits die Häufigkeitsmaxima der Kurve und andererseits auch die Höchstwerte zweisamiger Hülsen pro Pflanze in den einzelnen Erntejahren bzw. Generationen immer weiter nach rechts verschieben.

Außer 2 Samen pro Hülse wurden bei dem untersuchten Material bisher 85mal drei Samen und 4mal vier Samen pro Hülse gefunden.

Die Häufigkeit des Auftretens doppelsamiger Hülsen pro Pflanze in zwei aufeinanderfolgenden Jahren an 42 gleichen Pflanzen veranschaulichen die Abbildungen 4a und 4b. Das Jahr 1959 war für die Rotkleeersamenproduktion außerordentlich günstig, während das Jahr 1960 schlechte Rotkleeproduktion erträge brachte. Die beiden graphischen Darstellungen der Abb. 4a und 4b lassen erkennen, daß der Anteil zweisamiger Hülsen bei gleichen Pflanzen jahrweise recht unterschiedlich sein kann. Von den geprüften 42 Pflanzen wiesen 28 (= 66,7%) im günstigen

Samenjahr 1959 einen höheren Anteil doppelsamiger Hülsen als im schlechten Samenjahr 1960 auf. Vierzehn Pflanzen (= 33,3%) ließen ein entgegengesetztes Verhalten erkennen, hier lag der Anteil zweisamiger Hülsen 1960 höher als 1959. Bei den 28 Pflanzen mit höherem Anteil doppelsamiger Hülsen im Jahre 1959 schwankten die Differenzen im Vergleich zu 1960 zwischen 0,1 und 16,8% und im Durchschnitt brachten die 28 gleichen Pflanzen im Jahr 1959 5,3% mehr Zwillingssamen als 1960. Die 14 Pflanzen mit höherem Anteil zweisamiger Hülsen im Jahre 1960 wiesen im Vergleich zu 1959 Schwankungen in den Differenzen zwischen 0,2 und 10,8% auf, während sie im Durchschnitt 1960 4,7% mehr Zwillingssamen bildeten als 1959. Die durchschnittliche Befruchtungsrate lag 1959 bei 87,3% und 1960 bei 76,1%. Bei der Bestimmung des Anteiles doppelsamiger Hülsen pro Pflanze blieben auch hier die nicht befruchteten, tauben Hülsen unberücksichtigt.

Das Auftreten von 2 Samen pro Hülse in den Nachkommenschaften der Ernte 1959 mit mindestens 50% doppelsamigen Hülsen, bei denen die Samen aus ein- und zweisamigen Hülsen 1961 getrennt ausgesät und untersucht worden waren, veranschaulicht Abb. 5. In den Nachkommen aus Samen einsamiger Hülsen traten Doppelsame etwa mit der gleichen Häufigkeit auf wie in den Nachkommen aus Samen zweisamiger Hülsen. Die beiden Kurven der Abb. 5 decken sich in fast idealer Weise, und zwar nicht nur in bezug auf die absolute Häufigkeit, sondern auch in bezug auf die Häufigkeit in den einzelnen Gruppen; die Abweichungen an den beiden Flanken der Kurven sind wahrscheinlich auf die in diesen Gruppen auftretende geringere Stückzahl zurückzuführen. Insgesamt umfaßte dieser Versuch 2837 Einzelpflanzen (Tab. 1).

Besprechung der Ergebnisse

Die unter Anwendung der Selektionsmethode erzielte Anhäufung doppelsamiger Hülsen bei Rotklee (Tab. 1, Abb. 3) läßt auf eine genetische Veranlagung zur Ausprägung dieser Eigenschaft schließen. Die von BINGEFORS und QUITTENBAUM (1960) sowie von BOGAERT (1958) geäußerte Vermutung, daß die Ausbildung von zwei Samen pro Hülse genetisch bedingt ist, kann auch aus den vorliegenden Untersuchungsergebnissen bestätigt werden. Unbekannt aber ist bis jetzt, welche morphologische Eigenschaften oder physiologische Funktionen genetisch gesteuert werden, d. h. durch welche morphologische oder physiologische Ursachen die Ausbildung von zwei Samen pro Hülse bedingt ist. Die Beobachtung von PANDEY (1955) trifft auch für das hier vorliegende Material zu, wonach bei Rotklee in den allermeisten Fällen stets beide Samenanlagen des Fruchtknotens befruchtet werden, einer der beiden Embryos aber nach einiger Zeit stirbt. PANDEY vermutet, daß das Absterben des einen Embryos von der Lage der beiden Samenanlagen zueinander abhängt. Wahrscheinlich liegt hier ein lagemäßig bedingter Ernährungseffekt vor.

Eine morphologische und genetische Analyse dieser Eigenschaft wird erst möglich sein, wenn bezüglich der Ausbildung von zwei Samen pro Hülse eine gewisse Konstanz eingetreten ist. Bereits eingeleitete Kreuzungen

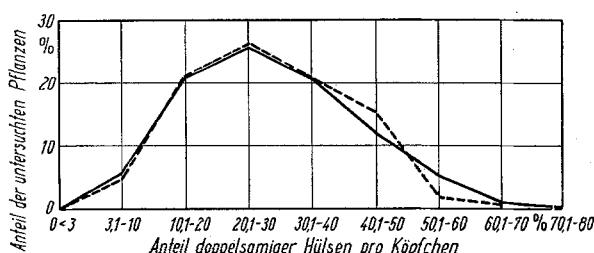


Abb. 5. Doppelsame Hülsen bei Rotklee der Ernte 1961. Nachkommen aus Samen einsamiger Hülsen (----) und Nachkommen aus Samen zweisamiger Hülsen (—). Die Mutterpflanzen wiesen mindestens 50% Hülsen mit 2 Samen auf.

zungen zwischen Plus- mit Plus-, Minus- mit Minus-, sowie Plus- mit Minusvarianten werden vielleicht schon einige vororientierende Hinweise geben. Bis zu welchen Höchstwerten die Doppelsamigkeit bei Rotklee sich wird steigern lassen, kann zur Zeit noch nicht gesagt werden. Ausgehend von den Erfahrungen von DE VRIES (1901/03) bei der Steigerung der Polyphylie des Rotkleeps müßte vermutet werden, daß 100% nicht erreichbar sind, zumal ja außerdem die Umweltverhältnisse bei der Ausprägung dieses Merkmals sicherlich mit beteiligt sind.

Für eine genbedingte Wirkung spricht weiterhin die Tatsache, daß in den Nachkommenschaften von Pflanzen mit einem Anteil von 50% doppelsamiger Hülsen die Pflanzen aus Samen einsamiger Hülsen etwa die gleiche Anzahl Hülsen mit zwei Samen aufweisen wie diejenigen aus Samen doppelsamiger Hülsen (Abb. 5).

Die genetische Veranlagung für diese Eigenschaft kann mit Sicherheit angenommen werden, für deren Ausprägung sind aber noch andere, vermutlich äußere, umweltbedingte Faktoren wirksam. Für die letztgenannte Vermutung sprechen die in den Abb. 4a und 4b wiedergegebenen Versuchsergebnisse, wonach bei 42 Pflanzen in dem günstigen Rotkleepfanzensamenzahl 1959 bei zwei Dritteln der Pflanzen ein höherer Anteil doppelsamiger Hülsen als 1960 auftrat. Die Befruchtungsrate, die 1960 um 11,2% niedriger als 1959 lag, ist auf den Anteil von zwei Samen pro Hülse hier ohne Belang, da die tauben Hülsen unberücksichtigt blieben. Die Befruchtungsrate gibt aber darüber Aufschluß, wie günstig die Witterungsbedingungen für die Samenbildung allgemein im Jahre 1959 waren. Gute Samenerträge als Folge günstiger Umweltverhältnisse werden aber auch eine bessere Ernährung der Embryonen gewährleisten und somit die Rate des Absterbens des zweiten Embryos reduzieren. Es wird also nicht nur der lagemäßig, sondern auch der durch die Umweltverhältnisse bedingte Ernährungseffekt bis zu einem gewissen Grade dafür verantwortlich sein, ob beide in den befruchteten Samenanlagen gebildete Embryonen am Leben bleiben oder ob einer davon abstirbt.

Bei einem Drittel der untersuchten 42 Pflanzen trat im schlechten Samenzahl 1960 ein höherer Anteil doppelsamiger Hülsen als im guten Samenzahl 1959 auf. Diese Erscheinung ist zweifellos auf die lange Blühdauer des Rotkleeps zurückzuführen. Rotklee besitzt im allgemeinen schon eine relativ lange Blühdauer, im vorliegenden Fall kommt aber noch hinzu, daß das sehr heterogene Versuchsmaterial an und für sich schon in der Blühzeit stark variierte. Die 14 Pflanzen mit dem höheren Anteil zwei Samen pro Hülse im Jahre 1960 blühten und fruchteten in einer Periode mit günstigen klimatischen Voraussetzungen für die Samenbildung.

Die Samen aus zweisamigen Hülsen sind nicht so groß wie die aus einsamigen. BOGAERT (1958) ermittelte im Durchschnitt von 3 Jahren (1952–1954) ein um 13,5% verminderter Tausendkorngewicht bei Zwillingssamen. Bei den hier berichteten Versuchsergebnissen war das Tausendkorngewicht von Samen aus doppelsamigen Hülsen im Durchschnitt 9,8% niedriger als das von Samen aus einsamigen Hülsen, wobei Schwankungen von 0,3 bis 26,2% auftraten.

Eine vollständige Verdoppelung der Samenzahl pro Hülse ist also nicht einer 100%igen gewichtsmäßigen Erhöhung des Samenertrages gleichzusetzen.

Zusammenfassung

Rotklee bildet in der Regel nur einen Samen pro Hülse aus, obgleich der Fruchtknoten mindestens zwei Samenanlagen besitzt und beide Samenanlagen in den allermeisten Fällen befruchtet werden. Eine gewisse Zeit nach der Befruchtung stirbt ein Embryo ab. Die Rotkleepsamenzeugung könnte verbessert und sicherer gestaltet werden, wenn es gelänge, Formen zu züchten, die anstatt eines Samens pro Hülse zwei Samen ausbilden. In einem aus mehreren Sorten und Herkünften bestehenden sehr heterogenen Material konnte mit Hilfe einfacher Selektion der Anteil Hülsen mit zwei Samen pro Hülse innerhalb von 5 Generationen von durchschnittlich 0,6% auf 30,0% erhöht werden; die Höchstwerte zweisamiger Hülsen pro Pflanze stiegen innerhalb der gleichen Zeit von 7,1 auf 73,5%. Werden von Pflanzen mit einem hohen Anteil doppelsamiger Hülsen die Samen aus einsamigen Hülsen einerseits und die aus zweisamigen Hülsen andererseits getrennt ausgesät und untersucht, so ist der Anteil Hülsen mit 2 Samen in beiden Nachkommenschaftsgruppen etwa gleich hoch. Aus diesen Ergebnissen kann gefolgert werden, daß die Ausbildung von 2 Samen pro Hülse bei Rotklee genetisch bedingt ist. Morphologisch gesehen hängt nach PANDEY (1955) die Ausbildung des zweiten Samens pro Hülse von der Lage der Samenanlagen im Fruchtknoten zueinander ab. Es wird vermutet, daß hier ein lagemäßig bedingter Ernährungseffekt wirksam ist.

Die Untersuchungsergebnisse über das Auftreten von zwei Samen pro Hülse an 42 gleichen Pflanzen einmal in einem guten (1959) und ein anderes Mal in einem schlechten (1960) Rotkleepfanzensamenzahl lassen erkennen, daß neben der genkontrollierten Wirkung die Umweltverhältnisse, insbesondere die Witterung, einen nicht zu unterschätzenden Einfluß auf die Ausbildung von 2 Samen pro Hülse ausüben.

Die Samen aus doppelsamigen Hülsen wiesen gegenüber den aus einsamigen im Durchschnitt ein um 9,8% niedrigeres Tausendkorngewicht auf.

Literatur

1. BINGEFORS, S., u. G. QUITTENBAUM: Über das Vorkommen von mehrsamigen Hülsen bei schwedischem Rotklee. Z. f. Pflanzenzüchtg. **42**, 214–222 (1960). —
2. BOGAERT, VAN G.: La présence de gousses à plusieurs grains dans le trèfle rouge. Rev. Agric. (Bruxelles) **11**, 947–955 (1958). —
3. NESSLER, H.: Der Rotklee, *Trifolium pratense*. Eine Monographie. Archiv f. Pflanzenbau **5**, 649–694 (1930/31). —
4. PANDEY, K. K.: Seed development in diploid, tetraploid and diploid-tetraploid crosses of *Trifolium pratense* L. Ind. J. Genetics and Plant Breed. **15**, 25–35 (1955). —
5. POLJAKOWA, T. F.: Die Entwicklung des männlichen Gametophyten bei *Trifolium pratense* L. 1. Mitt. Veränderungen des vegetativen Kerns und Bildung der generativen Zelle (russisch). Zitiert nach Ref. Landw. Zbl. II, **5**, 423 (1960). —
6. POVILAITIS, B., and J. W. BOYES: Ovule development in diploid red clover. Canad. J. Bot. **38**, 507–532 (1960). —
7. SCHLECHT, F.: Untersuchungen über die Befruchtungsverhältnisse bei Rotklee (*Trifolium pratense*). Z. f. Pflanzenzüchtg. **8**, 121–157 (1922). —
8. VRIES, H. DE: Die Mutationstheorie I. Leipzig 1901.