

c) Weiße Blütenfarbe

Diese Form wurde als Einzelpflanze in einer X_2 -Nachkommenschaft des Gülzower Stammes HEKW aufgefunden. Der Stamm HEKW enthält das Gen für schwefelgelbe Blütenfarbe *sulfureus*. Die X_2 -Nachkommenschaft bestand aus fünf Pflanzen, von denen eine Pflanze durch weiße Blüten mit schwach angelegter gelblicher Tönung auffiel. Diese Einzelpflanze war vollfertil und brachte einen sehr guten Samenertrag. Die Bestätigung dieser Form durch die Nachkommenschaftsprüfung steht allerdings noch aus.

Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wird über die Vererbung einer kleinsamigen, einer mittellang behaarten und einer orange-gelb blühenden Mutation von *Lupinus luteus* berichtet. Die drei Merkmale werden bei der Kreuzung mit der Normalform rezessiv vererbt. Die neu analysierten Gene wurden mit *parvus*, *semilongus* und *rufus* bezeichnet. Wie die Untersuchungen ergaben, wird durch das Gen *semilongus* gleichzeitig die Behaarungslänge und die Behaarungsdichte beeinflusst. Die Vermutung, daß ähnlich wie bei der Samenfarbe auch bei der Blütenfarbe eine Serie multipler Allele

vorliegt, konnte nicht bestätigt werden, *rufus* liegt an anderer Stelle des Genoms als *sulfureus*.

Im zweiten Teil der Arbeit werden drei neu aufgefundene röntgeninduzierte Mutationen von *Lupinus luteus* beschrieben, eine Form mit kurzer und geringer Behaarung, eine Mutation, welche eine schwach gesprenkelte Kornfarbe bedingt und eine Form mit weißer Blütenfarbe. Es wurden vergleichende Untersuchungen der Behaarungslänge und der Behaarungsdichte zwischen der kurzbehaarten Mutation und zwei Gülzower *angustifolius*-Stämmen durchgeführt. Die Behaarungslängen der drei Formen wiesen keine großen Unterschiede auf. Die Behaarungsdichte der kurzbehaarten *luteus*-Mutation ist aber wesentlich geringer als die der geprüften *angustifolius*-Stämme.

Literatur

1. KRESS, H.: Ergebnisse der Röntgenbestrahlung bei der Gülzower Süßen Gelblupine (*Lupinus luteus*). Der Züchter **23**, 168—172 (1953). — 2. HACKBARTH, J.: Versuche mit Röntgenbestrahlung zur Mutationsauslösung bei *Lupinus luteus*, *Lupinus angustifolius* und *Lupinus albus*. Z. f. Pflanzenzüchtg. **34**, 375—390 (1955). — 3. KRESS, H. u. F. ZACHOW: Ergebnisse von Untersuchungen an kurzbehaarten und kleinsamigen Mutanten von *Lupinus luteus*. Der Züchter **26**, 207—210 (1956). — 4. HACKBARTH, J.: Die Gene der Lupinenarten, II. Schmalblättrige Lupine (*Lupinus angustifolius* L.). Z. f. Pflanzenzüchtg. **37**, 81—95 (1957).

Aus der Forschungsstelle für Agrobiologie und Pflanzenzüchtung der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin in Gülzow-Güstrow.
Leiter: Prof. Dr. H. KRESS

Ein Beitrag zur Selbstfertilität beim Weißklee

1. Mitteilung

Von HEINZ KRESS und ARMIN FUCHS

Mit 9 Textabbildungen

Einleitung

Der Weißklee-anbau stößt in der Praxis immer wieder auf den Mangel an Saatgut einheimischer Produktion als verbreitungsbegrenzenden Faktor. Wenn dieser Mangel zwar auch bei den übrigen mehrjährigen Futterleguminosen, wie z. B. Rotklee und Luzerne, in Erscheinung tritt, so wird er doch beim Weißklee noch dadurch verschärft, daß dieser seine besondere Bedeutung als Untersaat im Zwischenfruchtanbau hat, wobei eine Saatgutgewinnung nicht möglich ist. Infolgedessen wird der Weißklee relativ weniger reproduktionsfähige Flächen haben als die übrigen, fast ausschließlich als mehrjährige Hauptfrüchte angebauten Futterleguminosen. Es ist daher verständlich, daß die Samenertragsfähigkeit des Weißkleees zu einem mindestens ebenso wichtigen Leistungsmerkmal wie die Grünmasseertragsfähigkeit wird. Leider haben die seit längerer Zeit vorgeschlagenen ackerbaulichen Maßnahmen zur Erhöhung der Saatguterträge (stark verdünnte Aussaat, Einzelpflanzenanbau wie bei den Hackfrüchten, Bespritzen der Kleesamenträger mit Borlösungen, Ausfahren von Bienenkästen auf die Kleeschläge) in der breiten Praxis wegen der damit verbundenen zusätzlichen Arbeitsbelastungen oder besonderen Anbautechnik nicht zu dem gewünschten Erfolg geführt. Daraus resultiert die Aufgabenstellung, auf züchterischem Wege eine Steigerung der Weißklee-samenerträge zu erreichen.

Es ist seit langem bekannt, daß die Samenerträge aller mehrjährigen insektenbestäubten Futterleguminosen sich fast in vollständiger Abhängigkeit von der Niederschlagsmenge und -verteilung während der Sommermonate befinden. Dabei wirken die Feuchtigkeitsverhältnisse während der Vegetationszeit mittelbar über zwei Faktoren auf den Samenertrag ein. Da ist einmal die negative Korrelation zwischen der Ausbildung vegetativer und generativer Pflanzenorgane, die sich in feuchten Jahren zugunsten der vegetativen und zuungunsten der generativen Pflanzenorgane gestaltet. Dazu kommt als zweiter, verschärfender Faktor der geringe Insektenflug während niederschlagsreicher Perioden, die nicht selten gerade in die Blütezeit des Kleees fallen. Darüber hinaus besteht gerade in niederschlagsreichen Jahren die Gefahr, daß der Blütenstaub feucht wird und dadurch schnell seine Lebensfähigkeit verliert, was für die Befruchtung ein weiterer negativer Faktor ist. Als Endresultat ergeben sich dann die für feuchte Jahre typischen äußerst niedrigen Kleesamenerträge. Aus den genannten Ursachen folgen auch die zwei wesentlichsten biologischen Besonderheiten, die eine Weißklee-sorte, welche in ihrer Samenleistung mehr oder weniger unabhängig von der Witterung sein soll, haben müßte. Es muß die negative Korrelation zwischen der Ausbildung vegetativer und generativer Pflanzenorgane gebrochen oder stark gemildert sein und die unbedingte Abhängigkeit von der

Insektenbestäubung darf nicht mehr bestehen. Während sich die erste Aufgabe, nach den Züchtungserfolgen bei Kulturen mit analogen Verhältnissen (z. B. Buchweizen) zu urteilen, noch relativ am leichtesten lösen läßt, ist die Beseitigung der unbedingten Abhängigkeit von der Insektenbestäubung offensichtlich die schwierigere Aufgabe. Bei der Fremdbefruchtung handelt es sich doch um eine Eigenschaft, die sich im Verlaufe gewaltiger Zeiträume durch die Evolution herausgebildet und gefestigt hat. Die mit der Fremdbestäubung verbundene laufende Neukombination pflanzlicher Eigenschaften und Merkmale führt sowohl bei den Wildpopulationen als auch bei den Land- und Zuchtsorten zu einer großen Variationsbreite und guten Anpassungsfähigkeit an die unterschiedlichsten Klima- und Bodenbedingungen, was besonders für die mehrjährigen Pflanzen, deren Lebenszeit sich in der Regel über einige witterungsmäßig recht unterschiedliche Jahre erstreckt, von großer Bedeutung ist.

Trotz dieser für die pflanzliche Evolution progressiven Wirkung der Fremdbefruchtung nimmt diese in der Natur durchaus keine Monopolstellung ein. Im Gegenteil ist die Autogamie ziemlich verbreitet und kommt in den verschiedensten Pflanzenordnungen vor. In dieser Beziehung sind die Autogamieerscheinungen bei verschiedenen Arten, die unter ungünstigen Bedingungen in Hochgebirgs-, Steppen- oder Wüstengebieten wachsen, sehr interessant. HAGERUP (2), zitiert nach KUGLER (4), stellte fest, daß die 138 Blütenpflanzen der heißen Bodenzone von Timbuktu (Bodentemperaturen liegen bei 70—80°) Selbstbestäuber sind. Insektenbestäubung ist bei diesen Pflanzen nicht gegeben, da die Insekten die niederen heißen Luftschichten meiden. Überhaupt scheinen die Fertilitätsverhältnisse bei den verschiedenen Pflanzenarten in unmittelbarem kausalem Zusammenhang mit den Umweltbedingungen zu stehen, unter denen sich die Arten oder Pflanzenformen formierten. KUGLER (4) führt eine ganze Reihe von Pflanzenarten an, die neben kleistogamen Blüten auch chasmogame Blüten bilden. Dabei entstehen die kleistogamen Blüten unter ungünstigen Ernährungsbedingungen. Daß die Selbstfertilität bei Fremdbefruchtern weitgehend vom physiologischen Zustand des pflanzlichen Organismus abhängt und durch die Umweltbedingungen beeinflusst wird, geht auch aus den Beobachtungen von EAST (1) hervor, der feststellte, daß viele der gegen Ende der Vegetation gebildeten Blüten langsamer als die vorher gebildeten Blüten welken und nach Selbstung leichter zur Samenbildung kommen. Von SAIKOWSKAJA (6) liegen neuere Beobachtungen über die Fertilitätsverhältnisse an Zuckerrüben vor. Danach tritt in niederschlagsreichen Jahren bei Zuckerrüben verstärkt Selbstbefruchtung ein.

Die hier kurz skizzierten Fertilitätsverhältnisse bei verschiedensten Pflanzengruppen geben Veranlassung zu der Schlußfolgerung, daß die Züchtung des Weißklee auf Selbstfertilität den Gesetzmäßigkeiten der organischen Welt nicht widerspricht und somit Aussicht auf Erfolg hat. Daneben ist die erzwungene Inzucht bei Fremdbefruchtern auch unter anderen Gesichtspunkten von Interesse, worauf KUCKUCK und MUDRA (3) mit Nachdruck verweisen. Man kann durch Selbstung sehr schnell zu ziemlich homozygoten Formen kommen, die für die Schaffung synthetischer Populationen mit ausgeglichenen Ertrags- und Quali-

tätsmerkmalen und eventuell für die Heterosiszüchtung von großer Bedeutung sein können.

In der vorliegenden Arbeit sollen die ersten Ergebnisse der in Gülzow durchgeführten Weißkleezüchtung auf Selbstfertilität beschrieben werden.

Versuchsergebnisse

Die Arbeiten zum Auffinden selbstfertiler Formen des Weißklee (*Trifolium repens*) begannen im Jahre 1951. Als Ausgangsmaterial stand eine Population aus Lettland zur Verfügung, die sich den norddeutschen Verhältnissen recht gut angepaßt zeigte.

Die Versuchspflanzen der lettischen Weißkleepopulation kamen in zwei Varianten zur Aussaat. Eine kleinere Partie Saatgut wurde am 22. 3. 1951 unbehandelt in Pikierkästen ausgesät, am 16. 5. in Erdtöpfe pikiert und am 1. 6. ins Freiland verpflanzt. Eine größere Saatgutpartie wurde vorher zur Erhöhung der Vitalität mit Colchicin behandelt. Nach SCHRÖCK (7) führte eine solche Behandlung bei Birkensamen zu einer Erhöhung der Keimenergie und stimulierte die Wuchsleistung der Sämlinge bis zu 1½ Jahr nach der Behandlung. Zur Cochicinstimulierung wurden die Samen auf eine Agar-Agar-Schicht in Petrischalen ausgesät, die aus 1 Teil Agar-Agar und 1½ Teilen einer 0,006%igen Colchicininlösung zusammengesetzt war. Die Aussaat der Weißkleesamen auf die colchicin-haltige Agar-Agar-Schicht erfolgte zu 3 Terminen: für die erste Aussaatgruppe am 31. 3., für die zweite am 5. 4. und für die dritte am 26. 4. 1951. Die keimenden Samen verblieben zur Stimulierung auf dem Agar-Agar 100 Stunden. Danach wurden sie in Kästen pikiert. Am 9. 5. bzw. am 16. 5. und 4. 6. (für die zweite und dritte Aussaatgruppe) erfolgte ein abermaliges Pikieren der stimulierten Pflanzen in Erdtöpfe. Am 1. 6. wurden die Pflanzen der ersten und zweiten Aussaatgruppe zusammen mit den unbehandelten Pflanzen ins Freiland gebracht, während die stimulierten Pflanzen der dritten Aussaatgruppe am 19. 6. 1951 ausgepflanzt wurden. Gepflanzt wurde mit einem Abstand von 50 cm in der Reihe und von 62 cm zwischen den Reihen. Insgesamt wurden 34000 stimulierte und etwa 9200 unbehandelte Pflanzen angebaut. Wie erwartet, zeigten die colchicinstimulierten Einzelpflanzen sichtbar besseren Wuchs als die unbehandelten.

Am 5. 7. 1951 begann die Tütenisolation der Versuchspflanzen. An jeder kontrollierten Pflanze wurden 2—5 noch nicht aufgeblühte Blütenköpfchen mit Papiertüten isoliert. In der Zeit vom 5. 7. bis 31. 7. konnten auf diese Weise Blütenköpfchen von etwa 29000 Pflanzen isoliert werden. Es dauerte im Durchschnitt 20—25 Tage, bis die Blüten unter der Tüte völlig abgeblüht waren und der Ansatz geprüft werden konnte. Unter den 29000 kontrollierten Pflanzen wurden drei gefunden, auf deren Köpfchen die Hälfte der Blütchen Samen angesetzt hatte. An den aufgefundenen drei ziemlich selbstfertilen Pflanzen wurden nochmals Kontrollisolationen vorgenommen, die ein ähnliches Ergebnis brachten. Alle drei Pflanzen entstammten der stimulierten Gruppe. An ihnen und ihren Nachkommenschaften wurden die weiteren Fertilitätsuntersuchungen und die Auslese auf Selbstfertilität durchgeführt.

Die drei selbstfertilen Pflanzen wurden am 26. 9. 1951 verklont und im Jahre 1952 durch Tütenisolation er-



Abb. 1. Weißklee-Isolationsparzelle. Isolation mehrerer Köpfchen an einer Pflanze durch Tüten und Isolation der ganzen Pflanze durch Gazekästen.

neut auf Selbstfertilität geprüft. Im Durchschnitt waren 71,7% der untersuchten Köpfchen selbstfertil. Allerdings zeigte sich bereits an der Elterngeneration im zweiten Prüfungsjahr eine starke Variabilität der Selbstfertilität. Hatten die Klonmutterpflanzen im Jahre 1951 auf den kontrollierten Blütenköpfchen noch zu etwa 50% selbstfertile Blüten gebildet, so sank deren Anteil bei den Klonpflanzen im Jahre 1952 auf 21,4%. Dieser prozentige Anteil der selbstfertilen Blüten an der Gesamtzahl der gebildeten Blüten je Köpfchen stellt einen außerordentlich variablen Mittelwert dar. Wie aus Tab. 1 zu ersehen ist, erreichte die Streuung (s) der einzelnen Werte 74–100% der Größe des Mittelwertes. Bei der Klonpflanze Nr. 1 z. B. schwankte der prozentige Anteil der selbstfertilen Blüten auf den Köpfchen mit Selbstungsansatz von 1,3% bis zu 79,6%.

Auf eine sehr starke Streuung der Fertilitäts- und Vitalitätswerte bei Inzucht weist auch THOMAS (8) hin, der ähnliche Arbeiten am Rotklee (*Trifolium pratense*) durchführte.

Tabelle 1. Anteil der selbstfertilen Blüten auf den Köpfchen mit Selbstungsansatz. Elterngeneration (I_0) Prüfungsjahr 1952.

Nr. des Klones	Gesamtzahl der Blüten je Köpfchen		Relativer Anteil der selbstfertilen Blüten in % ¹		
	\bar{x}	s	\bar{x}_{rel}	s_{rel}	$s_{rel} \%$
1	61,0	13,9	23,0	17,5	76
2	50,1	15,3	22,0	22,0	100
3	39,0	12,2	17,8	13,2	74

¹ Um für verschiedene Jahre vergleichbare Werte zu schaffen, wurde der Anteil der selbstfertilen Blüten in Prozent ausgedrückt. Die Umrechnung der absoluten Werte in die Relativwerte (\bar{x}_{rel} , s_{rel}) erfolgte auf der Grundlage der Dreisatzrechnung.

Da die untersuchten Klonpflanzen vegetativ vermehrte Nachkommen der drei aufgefundenen selbstfertilen Pflanzen waren und folglich den jeweiligen Mutterpflanzen genetisch gleich sein mußten, ist der Selbstfertilitätsrückgang im Vergleich zum Vorjahr ausschließlich den auf die Selbstfertilität einwirkenden Umweltfaktoren zuzuschreiben. Tatsächlich waren die Witterungsbedingungen für die Weißklee-Entwicklung im Jahre 1952 sehr ungünstig. Im Juni, als

der Weißklee blühte und zum Samenansatz kam, erreichten die Niederschläge 160% der üblichen Norm des Monats, während die Temperaturen nur bei 92% der Norm lagen (s. Abb. 6). Somit schwankte bei der Elterngeneration (I_0) die Selbstfertilität in Abhängigkeit von den Witterungsbedingungen in der gleichen Weise wie die in der Praxis beobachtete Fertilität bei freier Bestäubung.

Im Jahre 1953 wurde die erste Inzuchtgeneration angebaut und auf Selbstfertilität geprüft. Die Pflanzen dieser und aller späteren Generationen wurden nach folgendem Schema aufgezogen:

Etwa Mitte März erfolgte die Aussaat im Treibhaus in Holzkästen. 4 Wochen danach, Mitte April, wurden die Pflanzen in Erdtöpfe pikiert und in abgedeckte Mistbeetkästen gebracht, wo sie wiederum 4 Wochen verblieben. Mitte Mai erfolgte das Auspflanzen ins Freiland. Die Standweite betrug 50 cm in der Reihe und 62 cm zwischen den Reihen.

Die Samen der I_0 wurden zur Verbesserung der Vitalität (Ausschaltung von Inzuchtdepressionen) vor der Aussaat in die Holzkästen am 16. 3. 1953 nochmals auf die gleiche Weise mit Colchicin stimuliert wie die Samen im Jahre 1951.

Insgesamt wurden 8000 Einzelpflanzen angebaut, von denen nur 7000 auf Selbstfertilität geprüft werden konnten, da verschiedene Pflanzen sehr spät oder gar nicht zur Blüte kamen. Zur Selbstfertilitätskontrolle wurden an jeder Pflanze wiederum 1–8 Blütenköpfchen im Knospenzustand eingetütet. Von den 7000 kontrollierten Pflanzen erwiesen sich 20% als mehr oder weniger selbstfertil. Das entspricht einem Aufspaltungsverhältnis selbstfertiler zu selbststeriler Pflanzen von 1:4. Zur weiteren züchterischen Bearbeitung wurden jedoch nur 536 der selbstfertilsten und massenwüchsigsten Pflanzen in Aussicht genommen. Diese Pflanzen wurden einer Fertilitätsanalyse unterworfen. Auf Grund der dabei festgestellten durchschnittlichen Samenmenge je geselbstetes Köpfchen wurden nochmals 423 Pflanzen ausgeschieden, so daß das Saatgut für die zweite Inzuchtgeneration von den 113 selbstfertilsten und massenwüchsigsten Pflanzen gewonnen wurde. Das sind 1,4% der insgesamt ausgesäten Pflanzen. Man kann hier bereits von einem gewissen



Abb. 2. Weißkleepflanze, die dem Zuchtziel in ihren morphologischen Merkmalen entspricht. Die Pflanze ist vital und genügend fertil.

Selektionserfolg der im Jahre 1951 durchgeführten Auslese sprechen, da ja bei jener ersten Auslese nur 0,0103% selbstfertile Pflanzen gefunden wurden (drei aus 29000 isolierten Pflanzen). Somit handelt es sich also bei der Selbstfertilität der drei Ausgangspflanzen um ein erbliches Merkmal, wenn es auch infolge des stark heterozygoten Charakters des Versuchsmaterials bei der Selbstung noch zu einer bedeutenden Aufspaltung in selbstfertile und selbststerile Formen kommt.

Eingang wurde bereits erwähnt, daß KUCKUCK und MUDRA (3) der erzwungenen Inzucht bei Selbstbefruchtern große Bedeutung beimessen, da sie zur Zerlegung der Population in homozygote Formen führt. Vom Standpunkt unseres Zuchtzieles (Züchtung einer von der Bienenbefruchtung unabhängigen Weißklee-sorte) aus ist es interessant zu untersuchen, ob die

Von den 113 analysierten Pflanzen wurden alle isolierten Köpfchen untersucht und dazu von jeder Pflanze noch 10 nichtisolierte Köpfchen. Die geselbsteten Köpfchen brachten einen Samenertrag von 30—140mg. In Tab. 2 haben wir die Pflanzen der Selbstfertilität nach zu 5 Ertragsgruppen zusammengestellt und den mittleren Samenertrag der geselbsteten und frei abgeblühten Köpfchen der Pflanzen jeder Gruppe bestimmt. Wenn bei den untersuchten Pflanzen eine Korrelation zwischen der Fertilität bei Selbstung und bei freiem Abblühen bestanden hätte, so müßte sie in dieser Tabelle zum Ausdruck kommen. Abgesehen von den Pflanzen der ersten Gruppe hat aber diese Korrelation im Jahre 1953 nicht bestanden. Der steigenden Fertilität der Gruppen bei Selbstung stand keine sich gesetzmäßig verändernde Fertilität bei freier Bestäubung gegenüber. In der ersten Gruppe, welche die geringste

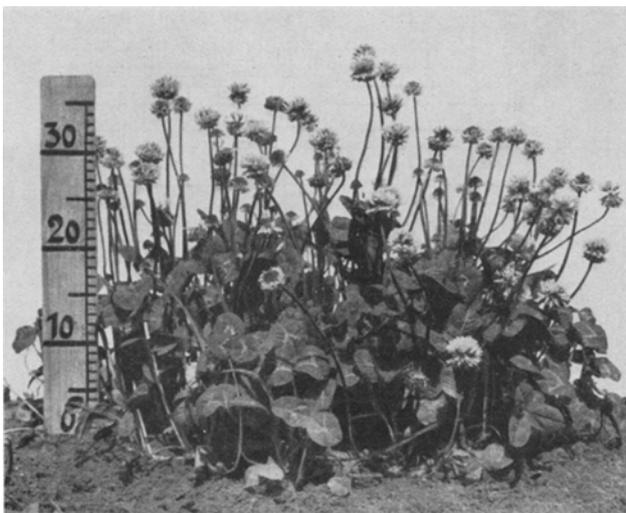


Abb. 3. Bei der Inzucht aufgetretener Typ mit weit über den Busch hinausragenden Blütenköpfchen.

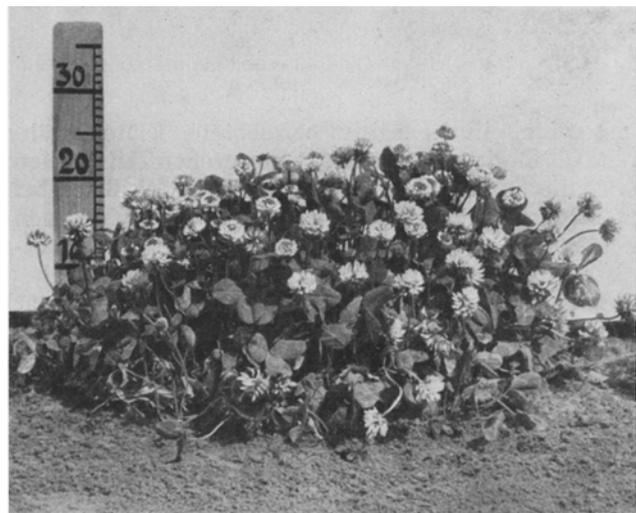


Abb. 4. Bei der Inzucht aufgetretener Typ mit Blütenköpfchen, die in den Busch gezogen sind.

herausgespalteten selbstfertilen Formen auch bei freier Bestäubung die größte Fertilität besitzen. Wäre das der Fall, so könnte die Fertilität des Weißklee (und wahrscheinlich auch anderer Arten) dadurch verbessert werden, daß man bei Pflanzen einer Population mehrere Jahre lang Inzucht erzwingt und damit die am wenigsten fertilen Formen aus der Population ausscheidet. Die im Jahre 1953 aufgefundenen 113 selbstfertilsten und wüchsigsten Pflanzen wurden deshalb einer eingehenden Fertilitätsanalyse unterworfen. Sie brachte leider in dieser Hinsicht keine positiven Resultate. In Tab. 2 sind die Ergebnisse der Fertilitätsanalyse zusammengefaßt.

Tabelle 2. Fertilitätsanalyse der frei und isoliert abgeblühten Köpfchen von 113 Pflanzen. 1. Inzuchtgeneration Prüfungsjahr 1953.

Gruppe	Selbstbefruchtet			Fremdbefruchtet		
	Amplitude des Samengewichts je Köpfchen in mg	Anzahl der Pflanzen	Durchschn. Samenmenge je selbstfert. Köpfchen in mg	Samenmenge je Köpfchen in mg		
				\bar{x}	s	p%
1	30—50	37	43,6	31,3	16,8	—
2	51—70	38	59,0	45,5	26,2	0,59
3	71—90	25	78,3	38,1	19,8	17,70
4	91—110	10	97,8	41,8	25,6	23,40
5	111—140	3	140,0	36,0	12,0	55,40
S	30—140	113	61,6	38,4	—	—

Selbstfertilität besaß, war zwar auch die geringste Fertilität bei freier Bestäubung zu verzeichnen; sie ließ sich aber gegenüber den Gruppen 3, 4 und 5 nicht sichern (p-Werte 17,70—55,40%). Lediglich gegenüber der zweiten Gruppe war eine genügende Sicherung gegeben (p = 0,59%). Allerdings darf man anhand der Untersuchungen des Jahres 1953 noch keine endgültigen Schlußfolgerungen ziehen, da dieses Jahr für die Fertilität nicht unbedingt typisch war. Es zeigte sich nämlich, daß die isolierten Köpfchen im Durchschnitt 61,6 mg Samen gebildet hatten, während die frei abgeblühten Köpfchen nur 38,4 mg Samen bildeten. Die Ursache diese beträchtlichen Fertilitätsabfalles bei freier Bestäubung ist nicht klar. Man kann aber annehmen, daß die geringe Fertilität der frei abgeblühten Köpfchen auf mangelnde Bienenbestäubung und Feuchtigkeitsschäden des Blütenstaubes zurückzuführen ist, da das Jahr 1953 bis Ende Juni weit über der Norm liegende Niederschläge brachte (s. Abb. 6). Bei dieser Argumentation taucht allerdings die Frage auf, warum dann die frei abgeblühten Köpfchen die Fertilität nicht durch Selbstungsansatz verbessern konnten, wie es bei den isolierten Köpfchen der gleichen Pflanzen geschah. In dieser Frage kann vielleicht eine sehr interessante Arbeit PAUSCHEWAS (5) Aufschluß geben, die allerdings am Buchweizen, *Fagopyrum esculentum*, durchgeführt wurde. Bekanntlich ist der

Buchweizen zu legitimer und illegitimer Befruchtung befähigt, befruchtet aber in der Regel legitim. Bestäubt man nun zwangsweise illegitim, so kommt es bei den so bestäubten Blüten ohne weiteres zur Befruchtung, wenn nicht am gleichen Blütenstand auch legitime Befruchtung stattfand. Bei gemischter, also legitimer und illegitimer Befruchtung ging der Nährstoffstrom (mit radioaktiven Isotopen festgestellt) in

auf Selbstfertilität geprüften Pflanzen war nur 1,1% selbststeril. Damit kann angenommen werden, daß die I_5 in Hinsicht auf die Selbstfertilität weitgehend homozygot war. Das Zuchtziel, nämlich die Schaffung einer von der Bienenbestäubung unabhängigen Sorte des Weißklee, ist aber damit bei weitem noch nicht erreicht. Der Anteil der selbstfertilen Pflanzen an der Gesamtzahl der Pflanzen gibt ja noch kein umfassendes Bild von der wirklichen, oder wie man sagen könnte, von der „effektiven“ Selbstfertilität; denn jede an sich selbstfertile Pflanze bildet noch Köpfchen aus, die bei Selbstung keine Samen ansetzen, und jedes an sich selbstfertile Köpfchen trägt noch eine Anzahl Blüten, die sich bei Selbstung als steril erweisen. Diese letztgenannten Fertilitätselemente konnten aber durch die Auslese kaum beeinflußt werden. Sie unterlagen

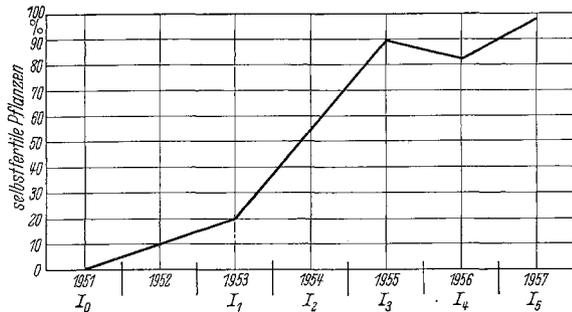


Abb. 5. Anteil der selbstfertilen Pflanzen an der Gesamtzahl der geprüften Pflanzen in % (1951—1957).

erster Linie in die legitim befruchteten Blüten, während die illegitim befruchteten zum großen Teil abfielen oder die Samen abortierten. Ob beim Weißklee bei Selbstung und Fremdbefruchtung auf verschiedenen Blüten ein und desselben Köpfchens dieselben Verhältnisse auftreten, ist noch nicht geklärt. Es könnte aber eine Erklärung für das Zurückbleiben der Fertilität frei abgeblühter Köpfchen bei mangelndem Bienenflug sein.

Die weiteren Fertilitätsuntersuchungen an den Inzuchtgenerationen bis zum Jahre 1957 zeigten einige Besonderheiten bei der Herausbildung der Selbstfertilität beim Weißklee. Da bereits anhand der Selbstfertilitätsprüfung der ersten Inzuchtgeneration die Erbllichkeit der Selbstfertilität bei verhinderter Fremdbestäubung festgestellt worden war, konnte angenommen werden, daß die Anzahl der aus den aufeinanderfolgenden Inzuchtgenerationen herausspaltenden

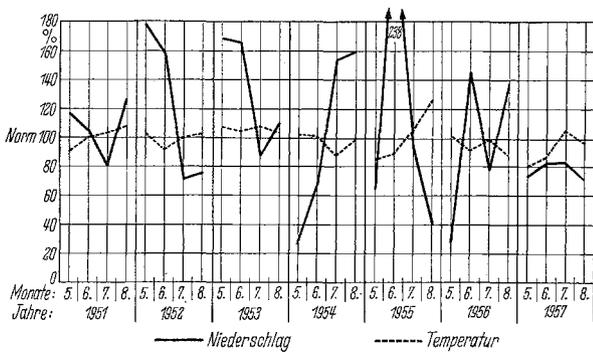


Abb. 6. Temperaturen und Niederschläge in % zum langjährigen Monatsmittel.

selbststerilen Pflanzen von Jahr zu Jahr geringer wird. Diese Entwicklung trat auch ein und wurde durch die rücksichtslose Auslese aller in der Selbstfertilität und Vitalität nicht befriedigenden Pflanzen wahrscheinlich noch unterstützt. In Abb. 5 ist der prozentige Anteil der selbstfertilen Pflanzen an der Gesamtzahl der Pflanzen, die in den Jahren 1951 bis 1957 auf Selbstfertilität geprüft wurden, dargestellt.

Aus der Kurve ist zu ersehen, daß bereits in der I_5 die Aufspaltung in selbstfertile und selbststerile Pflanzen praktisch aufgehört hatte. Von den im Jahre 1957

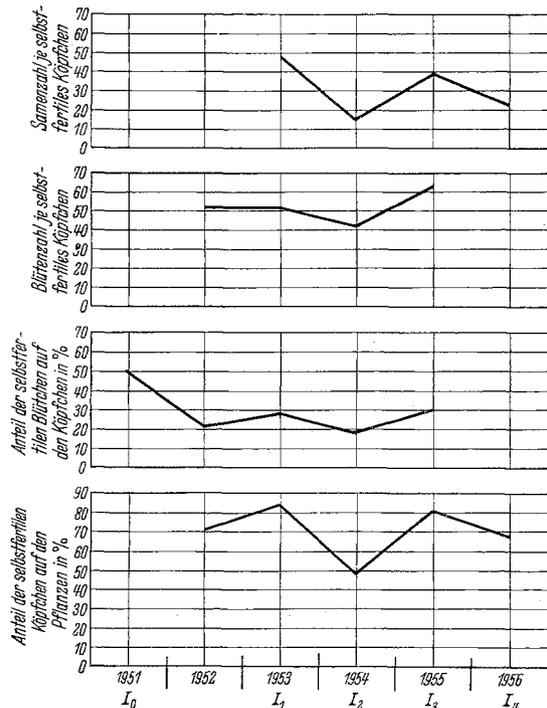


Abb. 7. Die Entwicklung von Fertilitätselementen beim geselbsteten Weißklee in den Jahren 1951—1956.

lediglich jährlichen Schwankungen, die offensichtlich durch die Witterungsbedingungen hervorgerufen wurden. Das läßt sich aus Abb. 7 erkennen und wird bei einem Vergleich dieser Abbildung mit Abb. 6 noch viel offensichtlicher.

Im Jahre 1953 kam es z. B. gegenüber dem Jahre 1952 zu einer allgemeinen Verbesserung der Selbstfertilität. Die Blütenzahl je selbstfertiles Köpfchen blieb auf der gleichen Höhe wie im Vorjahr, aber der Anteil der selbstfertilen Blüten auf den Köpfchen und der Anteil der selbstfertilen Köpfchen auf den Pflanzen stieg an. Aus Abb. 6 ist ersichtlich, daß in jenem Jahre auf eine niederschlagsreiche Periode bis Mitte Mai eine Periode normaler Niederschlagsverteilung mit etwas über der Norm liegenden Temperaturen folgte, was sich auf die Selbstfertilität günstig ausgewirkt hat.

Gänzlich anders lagen die Witterungsverhältnisse im folgenden Jahr. Für 1954 zeigt Abb. 6 nach einem trockenen Frühsommer bis in den Juni hinein ein starkes Ansteigen der Niederschläge in den Monaten Juli und August und einen gleichzeitigen Temperaturrückgang unter die langjährige Norm. Das Resultat

dieser Witterungsbedingungen spiegelt sich in geradezu idealer Weise am Kurvenverlauf der Abb. 7 wider. Bei allen dort aufgeführten vier Fertilitätselementen kam es zu einem teilweise recht scharfen Rückgang, der bis unter das Niveau des Jahres 1952 reichte.

Im Jahre 1955 dagegen war wieder ein sehr starker Anstieg aller geprüften vier Fertilitätselemente zu verzeichnen. Die Niederschlags- und Temperaturkurve der Abb. 6 weist für jenes Jahr auf einen kühlen und sehr feuchten Vorsommer und einen trockenen und warmen Hochsommer hin, der für die generative Entwicklung des Weißklee sehr günstig war. Im Jahre 1956 ging die Samenzahl je selbstfertiles Köpfchen und der prozentige Anteil der selbstfertilen Köpfchen auf den Pflanzen wieder zurück. Die Niederschlagskurve der Abb. 6 zeigt zwar für das Jahr 1956 keinen so ausgeprägten Feuchtigkeitsüberschuß im Hochsommer wie etwa das Jahr 1954, war aber von Mai bis August von Temperaturen begleitet, die im Durchschnitt unter der Norm blieben, worauf wahrscheinlich der Selbstfertilitätsrückgang zurückzuführen ist.

Man könnte nun allerdings annehmen, daß die starken jährlichen Schwankungen der Selbstfertilität als Folge der wechselnden Witterungsbedingungen daraus resultieren, daß auf die in Abb. 7 aufgeführten Fertilitätselemente überhaupt keine Auslese stattgefunden hat, was dann zwangsläufig zu der großen Variabilität dieser Elemente führen mußte. Diese Annahme erscheint insofern berechtigt, als in der Tat die Auslese auf die Selbstfertilität an sich (die ja auch kontinuierlich anstieg) und auf die Vitalität der Pflanzen durchgeführt wurde. Dadurch mußten z. B. sehr selbstfertile, aber in der Vitalität nicht befriedigende Pflanzen ausgeschieden werden, die man vielleicht in späteren Generationen zur Kombinationskreuzung hätte verwenden können, um bei weniger selbstfertilen, aber vitalen Formen die Selbstfertilität zu erhöhen. Trotzdem zeigt die speziell unter diesem Gesichtspunkt durchgeführte Verarbeitung des Versuchsmaterials, daß es bei der Auslese auf Selbstfertilität in einzelnen Jahren automatisch auch zur Auslese auf die Fertilitätselemente Samenzahl je Köpfchen, Blütenzahl je Köpfchen, Anteil der selbstfertilen Blüten auf den Köpfchen und Anteil der selbstfertilen Köpfchen auf den Pflanzen gekommen ist. In Abb. 8 sind die Ergebnisse dieser Untersuchungen aufgeführt.

Nehmen wir z. B. den prozentigen Anteil der selbstfertilen Köpfchen auf den Pflanzen. Im Jahre 1953 lag der durchschnittliche Anteil der selbstfertilen Köpfchen bei allen auf Selbstfertilität geprüften Pflanzen bei 81%. Bei den daraus ausgelesenen Pflanzen lag er bei 96%. Das heißt also, daß die Auslese auf selbstfertile, vitale Pflanzen im Jahre 1953 gleichzeitig auch eine Auslese auf einen hohen Anteil selbstfertiler Köpfchen auf den Pflanzen war. Dessen ungeachtet sank im folgenden, ungünstigen Jahr 1954 der Anteil selbstfertiler Köpfchen auf 48% ab. Diese Tatsache sagt natürlich noch nichts über den Selektionserfolg aus, da man nicht weiß, auf welches Niveau in jenem Jahr der Anteil der selbstfertilen Köpfchen abgesunken wäre, wenn die Auslese nicht stattgefunden hätte. Trotzdem kann man mittelbar schließen, daß die Auslese nicht in der Lage ist, die starke Variabilität der verschiedenen Fertilitätselemente wesentlich einzuschränken. Das geht aus der Kurve des prozentigen Anteiles der selbstfertilen Blüten auf den

Köpfchen hervor. Im Jahre 1953, das zu einer allgemeinen Verbesserung der Fertilität führte, wurde die Auslese auf selbstfertile, vitale Typen automatisch von einer Auslese der Pflanzen mit dem höchsten Anteil selbstfertiler Blüten auf den Köpfchen begleitet. Das konnte nicht daran hindern, daß im folgenden ungünstigen Jahr 1954 der Anteil der selbstfertilen Blüten von 33% auf 18% zurückging. Im Jahre 1954 führte die Auslese auf Selbstfertilität und gute Vitalität zu einer Verringerung der Samenzahl je Köpfchen, der Blütenzahl je Köpfchen und des Anteiles der selbstfertilen Blüten auf den Köpfchen der durch die

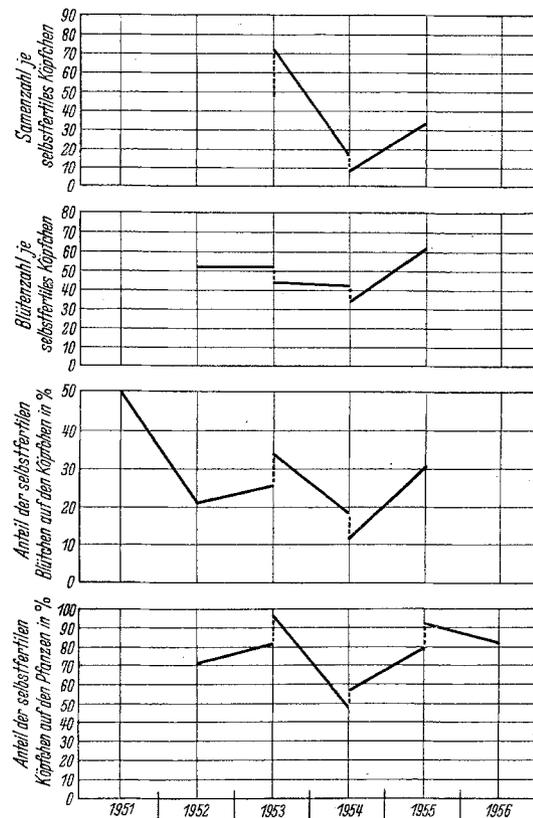


Abb. 8. Darstellung des Selektionserfolges.

Zur Erläuterung: Der Anfang jeder Teilkurve bezeichnet die Höhe des entsprechenden Wertes, welche die ausgelesenen Pflanzen im Durchschnitt hatten, während das Ende jeder Teilkurve anzeigt, auf welcher Höhe die aus diesen Pflanzen entstandene Generation lag. Die punktierte Linie verbindet die Durchschnittswerte aller Pflanzen mit den Werten der ausgelesenen Pflanzen.

positive Auslese erfaßten Pflanzen. Dieser zunächst überraschende Umstand erklärt sich daraus, daß für die Aussaat im Jahre 1955 einfach die fertilsten Köpfchen ohne Rücksicht auf die Leistung der Pflanze, die sie bildete, ausgeselen wurden. Die Köpfchen mit dem besten Selbstungsansatz waren aber größtenteils auf Pflanzen gefunden worden, die in ihrer Gesamtfertilität unter dem Durchschnitt der geprüften Pflanzen lagen. Ungeachtet dieser negativen Richtung der Auslese kam es im Jahre 1955 wieder zu einem starken allgemeinen Anstieg aller Fertilitätselemente.

Für die Züchtung auf Selbstfertilität ist die starke Veränderlichkeit der Selbstfertilität eine hinderliche Eigenschaft, die bei den ausgelesenen Formen in erster Linie beseitigt werden muß, um zu ausgeglichenen Samenleistungen zu kommen. Die züchterische Beseitigung der starken Variabilität setzt aber die Kenntnis ihrer Ursachen voraus. Ohne hier die möglichen Ursachen dieser Variabilität zu diskutieren, soll nur

auf eine Beobachtung hingewiesen werden, die uns in dieser Beziehung bemerkenswert erscheint.

Die Isolation und die Ernte der geselbsteten Köpfchen wurde im Jahre 1954 an der I₂ zu 4 aufeinanderfolgenden Terminen durchgeführt, wobei mit dem ersten Termin die frühreifsten und mit dem letzten Termin die spätreifsten Pflanzen und Köpfchen erfaßt wurden. Die Köpfchen wurden getrennt nach Isolations- und Ernteterminen verarbeitet, zwischen denen jeweils etwa 10 Tage lagen, so daß sich die Ernte über einen Zeitraum von einem Monat erstreckte. In Abb. 9 und der Tab. 3 sind die Untersuchungsergebnisse angeführt.

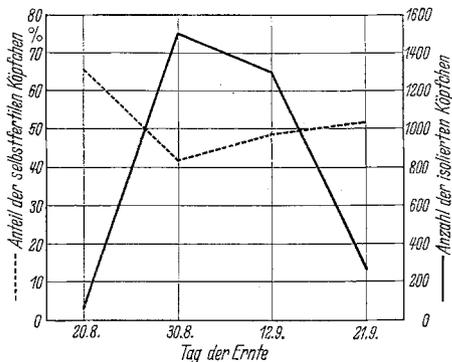


Abb. 9. Anteil der selbstfertilen Köpfchen an der Gesamtzahl der Köpfchen in Abhängigkeit von der Anzahl der blühenden Köpfchen.

Tabelle 3. Fertilitätsvergleich der zu verschiedenen Terminen geernteten Weißkleepflanzen. 2. Inzuchtgeneration Prüfungsjahr 1954.

Erntetag	Anzahl d. Blüten je s.-fertiles Köpfchen	S.-fertile Blüten je selbstfertiles Köpfchen		Samenzahl	
		in Stück	in %	je s.-fert. Köpfchen	in % zu den selbstfert. Blüten
20. 8.	43,2	9,9	23,0	16,5	167
30. 8.	43,4	7,2	16,6	13,4	186
12. 9.	39,2	7,7	19,6	17,1	222
21. 9.	48,4	7,8	16,0	17,2	221

Besonders ausgeprägte Unterschiede zwischen den einzelnen Ernteterminen traten im prozentigen Anteil der selbstfertilen Köpfchen auf. Dabei ließ sich, wie aus Abb. 9 hervorgeht, eine klare Abhängigkeit von der Gesamtzahl der gebildeten Köpfchen finden. Der Anteil der selbstfertilen Köpfchen an der Gesamtzahl der kontrollierten Köpfchen war am höchsten (66%), als die wenigsten Köpfchen blühten (20. 8.) und am geringsten (42,5%), als die meisten Köpfchen blühten (30. 8.). Es kann angenommen werden, daß die geringe Selbstfertilität besonders zum zweiten Erntetermin darauf zurückzuführen ist, daß infolge der einsetzenden Massenblüte die Ernährungsbedingungen für die sich entwickelnden, aus der Selbstung entstandenen Zygoten schlechter wurden und damit die Samenbildung zurückging. Die analoge Erscheinung trat ja auch in feuchten Jahren ein, wenn es zur bevorzugten Entwicklung der vegetativen Masse kam. Auch in diesem Fall entstanden für die generativen Organe infolge des sich fortsetzenden Wachstums der vegetativen Masse ungünstige Entwicklungsbedingungen, so daß die Selbstfertilität zurückging. Inwieweit die hier angedeuteten Ursachen im wesentlichen für die Fertilitätsschwankungen der geselbsteten Pflanzen verantwortlich zu machen sind, muß allerdings in kommenden Versuchen noch besonders untersucht werden.

Die zu den verschiedenen Isolationszeitpunkten verschiedene Blühintensität spiegelte sich nicht nur im Anteil der selbstfertilen Köpfchen wider, sondern auch in der Anzahl und im Anteil der selbstfertilen Blüten auf den Köpfchen und in der Samenzahl je selbstfertiles Köpfchen. In Tab. 3 sind die entsprechenden Ergebnisse aufgeführt.

Danach war die Anzahl der selbstfertilen Blüten auf den Köpfchen ebenfalls am höchsten (9,9), als die wenigsten Köpfchen blühten und am niedrigsten (7,2), als die meisten Köpfchen blühten. Die Samenzahl je selbstfertiles Köpfchen läßt die gleichen Schwankungen erkennen, nur steigt die Samenzahl der Köpfchen zu den letzten beiden Ernteterminen über das Niveau des ersten Erntetermines hinaus. Das liegt daran, daß gegen Ende der Blüte die durchschnittliche Samenzahl je Blüte zunahm und von 1,67 Samen/Blüte beim ersten Erntetermin auf 2,21 Samen/Blüte beim letzten Erntetermin anstieg. Nach den Angaben von EAST (1) zu urteilen, ist die Ursache darin zu suchen, daß viele Blüten gegen Ende der Vegetationszeit länger als sonst frisch bleiben und daher einen besseren Selbstungsansatz zeigen.

Mit diesen Versuchsergebnissen wird eine Besonderheit selbstfertiler Weißkleeformen bestätigt, auf die vor kurzem schon von ZWINGLI (9) anhand einer schweizerischen Weißkleepopulation hingewiesen wurde. Die Eigenschaft, bei Selbstung Samen anzusetzen, wird zwar bei den aufgefundenen Pflanzen erblich weitergegeben, unterliegt aber starken umweltbedingten Jahresschwankungen. Für die praktische Züchtung bedeutet das jedoch nicht, daß damit die weitere Auslese auf gesteigerte Selbstfertilität erfolglos sein müßte, wie man das unter Umständen aus Abb. 7 und 8 herauslesen könnte. Trotz der starken witterungsbedingten Jahresschwankungen kann man zwischen verschiedenen in dieser Hinsicht genauer geprüften Inzuchtstämmen erbliche Selbstfertilitätsunterschiede feststellen, die unter den verschiedenartigsten Witterungsbesonderheiten einzelner Jahre erhalten bleiben. So wurden z. B. 5 Inzuchtstämme im Verlaufe von 4 Jahren vergleichend auf Selbstfertilität geprüft. Dabei traten die Stämme 2, 6, und 15 durch eine im Vergleich zu den übrigen Stämmen ausgeglichene Selbstfertilität hervor. Der besseren Übersicht halber sind in der Tab. 4 die absoluten Fertilitätswerte in relative Werte aufgeschlüsselt worden. Die Note 1 bedeutet sehr gute, 2 — gute, 3 — mittlere und 4 — schlechte Selbstfertilität.

Tabelle 4. Leistungsvergleich einiger Inzuchtstämme (Notenbewertung).

Stamm	Jahr					σ
	1954	1955	1956	1957		
2	3	3	3	4	3,2	
6	3	3	4	3	3,2	
7	2	3	2	1	2,0	
12	2	3	3	4	3,0	
15	1	2	2	2	1,7	
17	3	3	2	1	2,2	

Während die Stämme 2 und 6 in 4 verschiedenen Jahren unter dem Durchschnitt liegende Selbstfertilität aufweisen, liegt der Stamm Nr. 15 in allen Jahren in der Selbstfertilität auf guten Positionen. Die trotz der starken Variabilität erblich bedingten Fertilitäts-

unterschiede zwischen den einzelnen Stämmen geben zu der Erwartung Anlaß, daß durch weitere züchterische Bearbeitung der selbstfertilen Weißkleeformen auf der Grundlage der Kombinationskreuzung eine Steigerung und Festigung der Selbstfertilität durchaus möglich ist.

Zusammenfassung

Es wurden aus einer lettischen Weißkleepopulation selbstfertile Formen ausgelesen und im Verlaufe von 7 Jahren geprüft. Dabei wurde festgestellt, daß die bei den fremdbestäubten Weißklee-Populationen in der Praxis beobachteten Schwankungen im Samenertrag auch bei den selbstfertilen Formen zu beobachten sind, obwohl diese vom Bienenflug nicht mehr unbedingt abhängig sind. Als Ursache dieser Schwankungen konnte die Witterungsgestaltung während der Vor- und Hochsommermonate ermittelt werden. Allerdings scheinen die Witterungsbedingungen nicht unmittelbar, sondern mittelbar über die negative Korrelation zwischen der Ausbildung vegetativer und generativer Pflanzenmasse auf die Selbstfertilität einzuwirken. Neben der starken Variabilität der Selbstfertilität traten aber auch erblich bedingte Selbstfertilitäts-

unterschiede auf, die sich von den Umweltbedingungen nicht verwischen ließen. Daraus wird die Möglichkeit abgeleitet, durch weitere züchterische Bearbeitung die noch sehr labil ausgebildete Selbstfertilität bei den ausgelesenen Pflanzen zu verbessern und zu festigen.

Literatur

1. EAST, E. M.: Self-Sterility. *Bibliographia genetica V* (1929).
2. HAGERUP, O.: On pollination in the extremely hot air at Timbuctu. *Dansk. bot. Arch.* **8** (1932).
3. KUCKUCK, H. u. A. MUDRA: Lehrbuch der allgemeinen Pflanzenzüchtung. Stuttgart 1950.
4. KUGLER, H.: Einführung in die Blütenökologie. Jena 1955.
5. PAUSCHWA, S. P.: Zur Biologie der Befruchtung und Bestäubung beim Buchweizen. *Agrobiologia* Nr. 4 (1956).
6. SAIKOWSKAJA: Die Bestäubungs- und Befruchtungsvariabilität bei Zuckerrüben in Abhängigkeit von den Außenbedingungen. *Doklady Akad. nauk SSSR.* **102**, 177—79 (1955).
7. SCHRÖCK, O.: Stimulierende Wirkung des Colchicins bei der Keimung und dem Wachstum der Sämlinge. *Der Züchter* **21**, 142—49 (1951).
8. THOMAS, H. L.: Inbreeding and selection of self-fertilized lines of red clover, *Trifolium pratense*. *Agronomy J.* **47**, 487—89 (1955).
9. ZWINGLI, W.: Untersuchungen über die Fertilitätsverhältnisse in schweizerischen Weißklee-Populationen mit ergänzenden zytologischen Studien. *Z. Pflanzenzüchtung* **36**, 237—88 (1956).

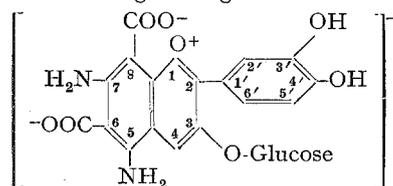
Aus der Zweigstelle Rosenhof des Max-Planck-Institutes für Züchtungsforschung (Erwin-Baur-Institut), Ladenburg b. Heidelberg (Leiter: Prof. Dr. E. KNAPP)

Analyse der Färbungen der *Beta*-Rüben, insbesondere der Futterrüben

Von ROSMARIE URBAN

Mit 12 Textabbildungen

Den *Beta*-Rüben sind chymochrome d. h. im Zellsaft gelöste Farbstoffe eigen, die sich von den normalen Anthocyanen und Flavonoiden dadurch unterscheiden, daß sie Stickstoff in ihrem Molekül enthalten (SCHUDEL 1918; ROBINSON und Mitarbeiter 1932, 1939; SCHMIDT 1937, 1956; SCHÖNLEBEN 1957). REZNIK konnte jüngst (1955, 1957) in zahlreichen pigmentanalytischen Testen nachweisen, daß die Fähigkeit zur Ausbildung dieser stickstoff-haltigen Pigmente ein für alle Familien der Centrospermen charakteristisches biochemisches Ordnungsmerkmal darstellt. Bislang hatte man über die chemische Struktur der N-haltigen Pigmente nur Vermutungen äußern können und sah sie als den normalen Anthocyanen im Grundbau recht nah verwandte Stoffe an (PUCHER, CURTIS und VICKERY 1938; SCHMIDT und SCHÖNLEBEN 1956; WYLER und DREIDING 1957). Durch die vorläufige Strukturauflklärung des Betanins der Roten Rübe (SCHÖNLEBEN 1957) wissen wir nun aber, daß diesem Pigment wirklich das Flavan-Skelett $C_6C_3C_6$ zu Grunde liegt und neben Hydroxyl- und Zuckerresten nur als Besonderheiten zwei Carboxyl- und zwei Aminogruppen auftreten. SCHÖNLEBEN gibt folgende Strukturformel an:



Betanin
3,3',4'-Trioxo-5,7-diamino-6,8-dicarboxyflavylum-3-monoglucosid

Die Aminogruppen lassen sich sehr leicht aus dem Molekül herauspalten, was sich in der bemerkenswerten Instabilität des Pigmentes bzw. aller N-haltigen Pigmente dieser Gruppe äußert.

Das Betanin, das Hauptpigment der Roten Speiserübe, ist das bisher am besten bekannte der N-haltigen Anthocyane. Während frühere Untersucher aus dem Rohextrakt einer Roten Rübe nur diesen einen Farbstoff isolieren konnten, vermögen wir heute mit Hilfe wirksamerer Analysemethoden — Papierchromatographie (ARONOFF und ARONOFF 1948) und besonders Ionophorese (LINDSTEDT 1956, REZNIK 1957) — den Extrakt in verschiedene Zonen aufzutrennen. Mittels der Hochspannungselektrophorese können bei der Roten Rübe nicht weniger als 4 violette und 10 gelbe bis orange-farbene Zonen nachgewiesen werden (Abb. 1).

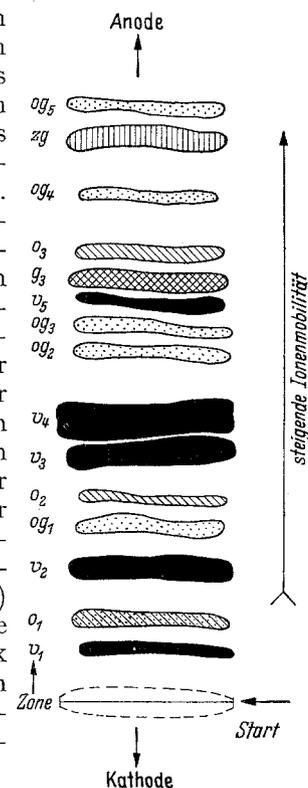


Abb. 1. Die Pigmentausrüstung der Roten Rübe „Rote Kugel“. Pherographische Trennung bei PH 6,64 (Phosphatpuffer nach SÖRENSEN), 1600 V und 60 mA.