

werte, da die Extraktion unter den gegebenen Bedingungen keine quantitative ist.

Zur Prüfung der Spezifität des Verfahrens wurden neben senföl- bzw. senföglucosidhaltigen Samen (Raps, Rübsen, weißer und schwarzer Senf) solche Samen geprüft, die frei von diesen Stoffen sind (Soja, Lupinen, Galega, Trigonella, Lein Perilla). Dabei wurde gefunden, daß sich bei den ersten kräftige, sich rasch absetzende schwere Fällungen bildeten, während bei den letzteren keine Fällungen auftraten oder nur schwache Trübungen, die nach kurzem Stehen unter Bildung von groben, leichten Flocken verschwanden (Tab. 2). Andere schwefelhaltige Verbindungen (anorganisches Sulfat, Eiweißschwefel usw.), die nur in Spuren in die wässrige Lösung übergehen könnten, stören also den Nachweis nicht.

Für Serienuntersuchungen hat sich die folgende Arbeitsweise als geeignet erwiesen: 1 g Rapssamen werden im Reagenzglas mit 5 ccm Wasser übergossen, je 100 Gläser in einen Reagenzglaskorb eingestellt und in diesem  $\frac{1}{2}$  Std. im Wasserbad gekocht. Darauf wird das Kochwasser in Reagenzgläser, die in einem zweiten Korb bereit stehen, abgegossen und jeweils mit 1 ccm 5%iger Bariumchloridlösung und  $\frac{1}{2}$  ccm konz. Salpetersäure versetzt und nochmals eine halbe Stunde im Wasserbad gekocht. Nach kurzem Stehen werden die Gläser auf Vorhandensein und Stärke der Fällungen durchgesehen. Da beim

Stehen in der Kälte Bariumnitrat ausfallen kann, muß die Durchsicht bald nach Durchführung der Reaktion vorgenommen werden.

Tabelle 2. Ausfall der Bariumsulfat-Reaktion bei senföhlhaltigen und senfölfreien Samen.

Material	Niederschlag
Raps . . . . .	kräftig, weiß, schwer
weißer Senf . . . . .	
schwarzer Senf . . . . .	
gelbe Lupinen . . . . .	
Soja . . . . .	kein Niederschlag
Hafer . . . . .	
Datura . . . . .	
Galega . . . . .	sehr schwach, schmutzig
Trigonella . . . . .	grau, grobflockig, leicht
Perilla . . . . .	

Die in der vorliegenden Arbeit beschriebenen Methoden sind in enger Fühlungnahme mit Herrn Dr. TROLL, Müncheberg, in dessen Händen die Bearbeitung von Problemen der Züchtungsforschung beim Raps liegt, entstanden.

#### Literatur.

1. KELLNER, O.: Grundzüge der Fütterungslehre. Berlin 1929.
2. SCHNEIDER, W.: Lauch- und Senföle. Senfölglycoside. In KLEIN: Handbuch der Pflanzenanalyse 3, II, 1963. Wien 1932.
3. SCHRÖCK, O.: Der Züchter 10, 276 (1938).
4. NEUBERG, C. und I. WAGNER: Biochem. Ztschr. 174, 457 (1926).

## Blütenbiologie und Samenansatz bei *Vicia villosa*.

Von M. v. SCHELHORN.

In den Jahren 1939 bis 1943 wurden die blütenbiologischen Verhältnisse bei der Zottelwicke (*Vicia villosa*) studiert. Ziel und Zweck dieser Untersuchungen war, von der biologischen Seite her Hinweise zu der Frage zu finden, wie der schlechte und unsichere Samenansatz dieser wertvollen Futterpflanze, sei es auf anbautechnischem oder auf züchterischem Wege, verbessert werden könnte.

Die Untersuchungen fanden am Institut für Acker- und Pflanzenbau der Technischen Hochschule München unter Oberleitung von anfänglich Herrn Geheimrat KISSLING, später Herrn Prof. Dr. KREUTZ bzw. Herrn Prof. Dr. SCHEIBE statt und erfreuten sich der wohlwollenden Förderung dieser Institutsleiter, wofür auch an dieser Stelle herzlich gedankt sei. Die Finanzierung der Arbeiten erfolgte durch den Forschungsdienst.

Über Teilergebnisse der Arbeiten wurde bereits berichtet (1942). In der vorliegenden Veröffentlichung soll der neueste Stand der Untersuchungen, besonders auf Grund der Beobachtungen und Versuche der Jahre 1942 und 1943, zusammengestellt werden.

Im Laufe der Untersuchungen schälten sich folgende Fragenkomplexe heraus:

1. Ist *Vicia villosa* im allgemeinen als Fremdbestäuber oder als Selbstbestäuber anzusehen?
2. Besteht die Rolle der Insekten beim Zustandekommen des Samenansatzes lediglich in mechanischer Einwirkung oder ist zur Befruchtung fremder Blütenstaub wesentlich?

3. Inwieweit vermögen Honigbienen und andere Apiden die Bestäubung zu vermitteln?

#### 1. Zur Frage der Fremd- oder Selbstbestäubung.

Nachdem in den Jahren 1939, 1940 und 1941 festgestellt worden war, daß mittels Pergamintüten und Gazekästen isolierte Blüten nur zu einem ganz geringen Prozentsatz Samen ansetzten, wurden 1942 die Beziehungen zwischen Insektenbesuch und Samenansatz im Käfigversuch nachgeprüft. Versuchsanstellung und Ergebnis dieser Käfigversuche sei kurz geschildert:

Die Versuchskäfige waren je 2 m hoch, 2 m lang, 1 m breit und mit feinmaschiger Gaze überzogen. Als Vertreter der Zottelwickenformenkreise „behaart“ und „unbehaart“ wurden die Zuchtsorten „Ostsaat“ und „Poppelsdorfer“ verwendet. Von jeder dieser Sorten wurden je 20 Pflanzen in einem Käfig mit Bienen beschickt, bzw. ohne Bienen isoliert. Die Versuchspflanzen wurden aus Hochzuchtsaatgut als Frühjahrsansaat in Töpfen herangezogen und kurz vor dem Aufblühen in die Käfige gebracht. Sie blühten im Käfig sehr reich. Nachdem im Käfig genügend Blütenstände so weit entwickelt waren, wurden je Pflanze 15—20 Blütenstände ausgewählt, bei denen die untersten Blüten voll aufgeblüht waren. Diese Blütenstände wurden markiert und die Blüten bzw. Knospen daran gezählt. Sodann wurde in je einen Käfig „Ostsaat“ und „Poppelsdorfer“ ein Versuchsbienenvölkchen eingebracht. Diese Versuchsbienenvölkchen —

reinrassige Sklenarbienen, einige 100 Bienen in einem Königszuchtkästchen — stellte freundlicherweise Herr Landwirtschaftsrat SCHREIBER zur Verfügung, dem ich auch an dieser Stelle für sein reges Interesse und seine vielfache Unterstützung der Versuche herzlich danken möchte. Die Bienen wurden so lange in den Käfigen belassen, bis alle markierten Blütenstände abgeblüht waren (5. 7.—13. 7. 1942). Die Bienen besuchten, begünstigt durch gutes Wetter, die Blüten während der ganzen Versuchsdauer sehr eifrig. Der Bienenbesuch erfolgte während der ganzen Dauer dieses Versuches in der Weise (vgl. Lit. und S. 24 vorliegender Veröffentlichung), daß der Rüssel von vorne in die Blüten eingeführt wurde.

Schon nach wenigen Tagen war deutlich ersichtlich, daß in den mit Bienen versehenen Käfigen das Blühen der Pflanzen nachließ und der Hülsenansatz begann. Dagegen blieben die Pflanzen in den Kontrollkäfigen ohne Bienen viel länger in Vollblüte. Nach Entfernung der Bienen blieben die Pflanzen noch so lange in den Käfigen, bis auch bei den Kontrollen ohne Bienen sämtliche markierten Blütenstände vollständig verblüht waren.

Bei der Reife wurden an den markierten Blütenständen die angesetzten Hülsen (mit mindestens 1 Samen) gezählt. Es ergaben sich die folgenden Ansatzverhältnisse:

Sorte	mit Bienen		ohne Bienen	
	Hülsen in % der Blüten D von 20 Pflanzen	m	Hülsen in % der Blüten D von 20 Pflanzen	m
Ostsaaat . . . . .	9,66	± 1,20	0,30	± 0,20
Poppelsdorfer . . . .	8,51	± 0,59	1,03	± 0,36

Dieses Versuchsergebnis beweist erneut die große Bedeutung, welche dem Insektenbeflug für den Samenansatz der Zottelwicke zukommt.

Ein durchschnittlicher Ansatz von 8—10 % der Blüten ist freilich ein recht geringer. Aber auch im Feldbestand frei abgeblühte Pflanzen erreichten im gleichen, verhältnismäßig warmen und trockenen Sommer 1942 ebenfalls nur Durchschnittsansatzverhältnisse derselben Größenordnung. Auch bei künstlicher Selbst- und Fremdbestäubung konnten im allgemeinen nie höhere Ansatzprozente erzielt werden. Warum auch bei reichlicher Bestäubung nur ein so geringer Prozentsatz der Blüten ansetzt, ist noch nicht geklärt. Der weitaus größte Teil aller Blüten fällt einige Tage nach dem Verblühen ab. Diese Erscheinung tritt auch im Käfigversuch trotz reichsten Bienenbefugs ein. Sobald aber dieser erste Blüten- bzw. Fruchtfall abgeschlossen ist, fallen — bei ausreichender Stütze<sup>1</sup> der Bestände — nur mehr sehr wenige Hülsen im halbreifen Zustand, also mit mehr oder weniger in Ausbildung begriffenen Samen, ab. Ich möchte daher annehmen, daß weniger mangelnde Ernährung der jungen Hülsen als fehlende Befruchtung die Ursache für den Blütenfall ist. In den Käfigversuchen wäre zwar die Möglichkeit der Bestäubung günstig. Es ist aber denkbar, daß infolge der unnatürlichen Licht- und Feuchtigkeitsverhältnisse die Befruchtung nicht

<sup>1</sup> Selbstverständlich soll hier von dem Abfaulen halbreifer und reifer Hülsen bei ungenügender Stütze und damit Lageung abgesehen werden, einer Erscheinung, die zwar in der Praxis eine sehr große Rolle spielt, aber nicht im Rahmen der vorliegenden Untersuchung behandelt wird.

bei allen bestäubten Blüten eintrat. Aber auch andere Ursachen, so z. B. Intersterilität, könnten bei der mangelhaften Befruchtung mitspielen.

Auch bei Ausschluß von Bienen wurden einige Hülsen angesetzt. Allerdings ist noch nicht ganz sicher, ob diese wenigen, an isolierten Pflanzen gebildeten Hülsen, durch spontane Selbstbestäubung oder durch die Mitwirkung kleinerer Insekten, z. B. Blasenfüße, entstanden sind. Natürlich wären Pflanzen mit stärkerer Neigung zu spontaner Selbstbestäubung von großem Interesse. Die Möglichkeit ihrer züchterischen Auswertung steht und fällt allerdings mit dem nun zu besprechenden Problem, nämlich mit der Frage, ob Fremdbefruchtung zum Samenansatz und zur Erzeugung lebensfähiger Nachkommenschaften notwendig ist.

## 2. Ist *Vicia villosa* als Fremdbefruchteter anzusehen?

Die Zottelwicke ist, wie zahlreiche Selbstungsversuche ergaben, nicht in dem Ausmaß, wie etwa Rottklee, selbststeril. Es gelang in vielen Fällen bei künstlicher Selbstbestäubung, Samenansatz und lebensfähige Nachkommen zu erzielen. Dennoch dürfte *Vicia villosa* im allgemeinen als Fremdbefruchteter anzusprechen sein, obwohl bei freier Bestäubung infolge des Baues der Blüten und des großen Blütenreichtums der Pflanzen vermutlich mindestens ebensoviel blüten- und pflanzeneigener Pollen auf die empfängnisfähige Narbe gelangt wie fremder Blütenstaub.

In Verfolgung der Frage, ob unter natürlichen Umweltbedingungen Selbstbefruchtung oder Fremdbefruchtung bei der Zottelwicke vorherrscht, wurden vor allem Nachkommenschaften aus freier Bestäubung von Pflanzen, die sich durch ein rezessiv erbliches Merkmal auszeichneten, analysiert. Blühten solche abweichende Einzelpflanzen inmitten der Normalbestände frei ab, so konnte aus der Zusammensetzung der Nachkommenschaften auf stattgefundene Selbstbefruchtung oder Fremdbefruchtung geschlossen werden. So wurde vor allem in Beständen von Zuchtsorte und Wildpopulationen nach weiß und einfarbig helllila blühenden Pflanzen gesucht. Durch Selbstung und Kreuzung wurde festgestellt, daß diese Blütenfarben sich rezessiv vererbten. Die betreffenden Pflanzen blühten inmitten der normalblühenden Umgebung frei ab, und die daraus erwachsenen Samen wurden wieder ausgesät. Der Nachbau war in solchen Fällen größtenteils, meist 100%ig, normalblühend und bewies damit seine Herkunft aus Fremdbefruchtung. Besonderer Wert muß dabei auf die Nachkommenschaft von Pflanzen gelegt werden, die nicht untereinander verwandt und nicht bereits in früheren Generationen der Inzucht unterworfen waren.

Natürlich lassen diese Beobachtungen am Nachbau einzelner Individuen aber noch kein endgültiges Urteil darüber zu, ob und inwieweit auch mehr oder weniger zur Selbstbefruchtung neigende Formen von *Vicia villosa* gefunden werden können.

Einen weiteren Beweis für die Annahme, daß *Vicia villosa* im allgemeinen als Fremdbefruchteter anzusprechen ist, gab auch die Beobachtung typischer „Inzuchterscheinungen“, nämlich des Auftretens chlorotischer Kümmerpflanzen in Sippen, die durch mehrere Generationen geselbstet wurden.

Die Frage, ob Fähigkeit zur Selbstbestäubung und damit Selbstbefruchtung ein mögliches und lohnendes

Zuchziel bei *Vicia villosa* darstellt, muß noch offen gelassen werden.

### 3. Hummeln und Bienen, besonders Honigbienen, als Blütenbesucher.

Bei Beobachtungen, die sich vom Alpenrand bis zum Wiener Becken und zum fränkischen Jura erstreckten, wurde festgestellt, daß unter süddeutschen Verhältnissen vor allem folgende Hummel- und Wildbienenarten als Bestäuber bei der Zottelwicke zu wirken vermögen: *Bombus agrorum*, *Bombus pratorum*, *Bombus hortorum*, *Bombus lapidarius*, *Eucera longicornis*, *Anthidium montanum*. Dagegen treten *Bombus terrestris* und *Bombus mastrucatus* als Honigräuber auf, indem sie in bekannter Weise die Oberseite der Kronröhre an ihrem hinteren Ende aufbeißen.

Nachdem bekanntlich die angeführten bestäubenden Hummel- und Wildbienenarten in vielen Gegenden zu spärlich auftreten, um ausreichenden Samenansatz zu gewährleisten und außerdem erst in der zweiten Hälfte des Sommers in größerer Zahl zur Verfügung stehen, wäre, analog den Verhältnissen bei Rotklee, die Möglichkeit einer ausreichenden Bestäubung der Zottelwickenbestände durch Honigbienen von großer wirtschaftlicher Tragweite. Daher wurde dem Besuch der Zottelwickenblüten durch Honigbienen größte Aufmerksamkeit geschenkt.

Die seit einer Reihe von Jahren in den angeführten Gegenden Süddeutschlands durchgeführten Beobachtungen über das Verhalten von Honigbienen beim Besuch von *Vicia villosa* lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

Im Frühsommer (je nach Gegend und Witterung Anfang Juni bis Anfang Juli) besuchten alle oder mindestens die überwiegende Mehrzahl der Honigbienen die Zottelwickenblüten in der Weise, daß sie ihren Rüssel vom vorderen Eingang der Blütenkrone durch deren ganze Länge bis zu dem am Blütengrunde befindlichen Honig führten. Daß dabei tatsächlich Saugen von Nektar und nicht nur Pollensammeln stattfindet, konnte in zahlreichen Fällen festgestellt werden. Es ist anzunehmen und wurde auch durch den entsprechenden Samenansatz (z. B. in dem auf S. 22 angeführten Käfigversuch) bestätigt, daß die Honigbienen bei dieser Art des Blütenbesuches als Bestäuber wirksam sind.

Fanden die Beobachtungen dagegen zu wenig späterer Jahreszeit, etwa unter Münchner Verhältnissen von Anfang Juli an, statt, so bot sich ein ganz anderes Bild: Im späteren Verlaufe des Sommers, so besonders in den Monaten Juli und August, wurden in den angeführten Gegenden auf den Zottelwickenbeständen so gut wie ausschließlich Bienen festgestellt, die unter Umgehung des Weges durch die Blütenkronröhre und damit ohne für die Bestäubung tätig zu sein, den Honig aus Löchern auf der Oberseite der Blütenkrone, nahe am Kelchrand, stahlen. Durchmusterte man in dieser Zeit ein blühendes Zottelwickenfeld, so war es beinahe unmöglich, intakte Blüten, die nicht an der angeführten Stelle durchlöchert waren, zu finden. Dieses Bild durchlöcherter Blüten und honigraubender Bienen boten die beobachteten Zottelwickenbestände den ganzen Sommer hindurch, erst im

Herbst konnten wieder unverletzte Blüten und normal saugende Honigbienen festgestellt werden.

In dem Bestreben, das geschilderte Verhalten der Honigbienen zu klären und Wege zu finden, wie die Honigbienen in den Dienst der Bestäubung der Zottelwickenbestände gestellt werden könnten, wurden im Sommer 1942 Käfigversuche durchgeführt.

In diesen Käfigversuchen erhielten je ein Versuchsvölkchen reinrassiger Sklenar-Bienen (langrüsselig) und reinrassiger Nigra-Bienen (kurzrüsselig) zunächst Pflanzen mit unverletzten Blüten. Weder die Nigra noch die Sklenar-Bienen lernten es während der 10-tägigen Versuchsdauer (16. 7. mit 25. 7. 1942), sich den bequemeren Weg zum Honig zu bahnen, obwohl sie die Blüten unermüdlich von morgens bis abends durchsuchten.

In Fortsetzung des Versuches wurden beiden Bienen-völkchen Blüten vorgesetzt, die von Hummeln „vorgebissen“ waren und wenige Stunden nach Einbringung dieser Pflanzen fanden sich bei beiden Bienenrassen Tiere, die sich die vorhandenen Bißstellen zum Honigraub zunutze machten. Durch Zeichnen von Bienen bei diesem Versuch sowie in anderen Fällen durch Freilandbeobachtung konnte festgestellt werden, daß ein und dasselbe Tier zu beiden Arten des Honigsammelns befähigt sein kann.

Somit dürfte die anfänglich als möglich ausgesprochene Annahme, daß nämlich langrüsselige Bienen den Normalbesuch, kurzrüsselige den Honigraub bevorzugen, bei *Vicia villosa* nicht zutreffen. Gegen diese Annahme spricht auch die Tatsache, daß bei Freilandbeobachtung vielfach auch langrüsselige Bienen (Krauner) beim Honigraub angetroffen wurden.

Wichtig ist auch die Feststellung, daß im Käfigversuch Honigbienen der verwendeten Rassen sich als unfähig erwiesen, die zum Honigraub notwendigen Löcher selbst herzustellen.

Die geschilderten Versuche und Beobachtungen vermögen das Problem, ob und inwieweit Honigbienen zur Hebung des Samenertrages bei der Zottelwicke eingesetzt werden können, noch nicht vollständig zu klären. Für die Weiterarbeit in der eingeschlagenen Richtung ergeben sich vor allem folgende Fragen:

1. Wie steht es mit dem Honigbienenbesuch in besonders hummelarmen Gegenden?
2. Ist es möglich, durch rechtzeitige Lenkung des Befluges im Frühsommer, bevor noch Honigraub einsetzt, die Bienen der Bestäubung von Zottelwicke beständen nutzbar zu machen?

### Zusammenfassung.

Die Zottelwicke (*Vicia villosa*) dürfte auf Grund der vorliegenden Beobachtungen und Versuche vorwiegend als Fremdbestäuber und Fremdbefruchteter anzusehen sein.

Von den für die Bestäubung in Frage kommenden Apiden verdient die Honigbiene besonderes Interesse.

Das Verhalten von Honigbienen beim Besuch der Zottelwickenblüten wurde in Freilandbeobachtung und Käfigversuchen studiert.

### Literatur.

M. v. SCHELHORN, Pflanzenbau 18, 1942, 312—320, daß selbst das ältere Schrifttum angeführt.