

20 Jahren angebauten Kulturen von *Antirrhinum majus* nicht beobachtet worden. Daß sie als Folge der Reizung auftraten, unterliegt somit keinem Zweifel. Ähnliche Formen wurden nach Radium- und Röntgenbestrahlung und nach Behandlung der Pflanzen mit abnormalen Temperaturen erhalten.

Die bisherigen Ergebnisse zeigen, daß die Faktor *mutationsrate* durch die Behandlung nicht ge-



Abb. 17. Links normaler Blütenstand, rechts Blütenstand einer „mutierten“ Pflanze. (Großmutter 2stündiges Wasserbad von 39°.)

steigert wurde, denn es handelt sich bei den experimentell erzeugten „Mutationen“ um Formen, deren Wesen und vor allem deren Erblichkeit bei dem heutigen Stand der Untersuchungen noch nicht analysiert werden konnte. Dazu sind mehrere Jahre experimenteller Arbeit erforderlich. Erschwert wird die Analyse durch die meist weitgehend gestörten Fertilitätsverhältnisse und die gleichfalls stark herabgesetzte Vitalität der neuen Formen.

Man hat im allgemeinen den Eindruck, als ob es sich bei den experimentell erzeugten „Mutationen“ lediglich um pathologisch veränderte, wenig leistungsfähige Formen handelte. Diese Annahme ist zweifellos berechtigt, doch sind bereits Fälle bekannt, in denen Formen auftraten, die größer und üppiger waren als die

Kontrollpflanzen. In jedem Fall besteht theoretisch die Möglichkeit, daß praktisch wichtige Ergebnisse — etwa gegen Parasiten immune Pflanzen — auf diesem Wege erzielt werden können, wenn nur mit großem Material gearbeitet und wenn systematisch experimentiert wird.

Eine Prüfung der Frage, ob behandelte Samen, Keimlinge oder junge Pflanzen den größten Prozentsatz veränderter Nachkommen in der F_1 erzeugten, ergab, daß von 1480 behandelten Samen 138, also 9,32%, von 468 behandelten Keimlingen 43, also 9,18%, und von 46 zentri-fugierten Pflanzen 21, also 45,65%, mindestens einmal, meist mehrmals in der F_1 mutiert waren. Wurden schwache Reize verwendet, so war die F_1 völlig normal, erst in der F_2 wurde in dieser Versuchsserie, in der zusammen 216 Pflanzen in Zentrifugen und Tauchbädern behandelt waren, „Mutationen“ festgestellt. Und zwar lieferten 147 P-Pflanzen, also 68%, in der F_2 mindestens eine, meist mehrere „Mutationen“.

Aus Parallelversuchen mit physikalischen Methoden, besonders mit Röntgenstrahlen und abnormalen Temperaturen, kann geschlossen werden, daß die Behandlung von Geschlechtszellen am wirksamsten ist. Daß auch Chemikalien schädigend auf den normalen Verlauf der Reifungsteilungen der Geschlechtszellen einwirken können, ist durch die Untersuchungen einiger Botaniker, F. v. Wettstein, Sakamura u. a., längst erwiesen. Ähnliche Versuche am Gartenlöwenmaul sind bereits begonnen, doch liegen bisher keine Zahlen vor.

Der Weg für die experimentelle Weiterarbeit ist aus den bisherigen Ergebnissen klar vorgezeichnet. Neben einer genetischen Analyse der gefundenen „Mutationen“ sind weitere Gruppen von Chemikalien mit derselben oder variierter Versuchstechnik zu prüfen. Die als wirksam erkannten sollen für Versuche mit Kulturpflanzen benutzt werden, die bereits im vorigen Jahr auf breiter Basis eingeleitet wurden.

Die Bedeutung derartiger Experimente geht jedoch weiter, weil wir auf Grund der hier nur skizzierten Versuche wissen, daß schwere Schädigungen der Konstitution auch da auftreten können, wo man sie nie erwartet, und daß bei völlig normalen Eltern sich oft erst in der Enkelgeneration sichtbare genotypisch bedingte Störungen als Folge mutationsauslösender Einflüsse bemerkbar machen.

[A. 39.]

Oxyde und Carbonate von Metallen als Kontaktinsektizide.

Von Reg.-Rat Dr. FRIEDRICH ZACHER, Mitglied der Biologischen Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft. Berlin-Steglitz.

(Eingeg. 24. April 1930.)

Die Bekämpfung des Kornkäfers bildet nicht nur in Deutschland, sondern auch in den anderen Getreidebaugebieten der gemäßigten Zone ein schweres Problem. Der Kornkäfer ist ja einer der hartnäckigsten Schädlinge, der vielen Giften widersteht, die andere Käfer ohne Schwierigkeiten töten. An Blausäure verträgt er ein Mehrfaches der Dosis, mit der die Mehlmotte in allen ihren Entwicklungsstadien restlos abgetötet werden kann. Mit anderen Vergasungsmitteln (z. B. Areginal) hat man zwar gleichfalls günstige Ergebnisse erzielt, doch lassen sich diese bei der leichten Bauart, den durchlässigen Dächern und Wänden der meisten landwirtschaftlichen Speicher nicht immer ohne Schwierigkeiten anwenden, besonders aber dann nicht, wenn, wie es so häufig der Fall ist, sich der Speicher über dem Viehstall befindet. Flüssige Mittel können nur zur Behandlung des Holzwerkes der Dielen, Wände und Balken und zur Vernichtung der darin sitzenden Käfer verwandt werden. Für den unmittelbaren Schutz des Getreides gegen Angriffe von Kornkäfern eignen sich dagegen besonders pulverför-

mige Mittel, die man direkt mit dem Korn mischen kann, so daß sie dessen Oberfläche als feiner Staub überziehen.

Von den im Handel befindlichen Präparaten schienen mir die Trockenbeizmittel Aussicht auf erfolgreiche Verwendung zum Kampf gegen die Kornkäfer zu bieten, und ich prüfte deshalb bereits vor zwei Jahren ihre Wirkung. Es zeigte sich, daß alle Kornkäfer bei Behandlung mit Kupfercarbonat, Tutan, Abavit und Segetan in kurzer Zeit (3 bis 18 Tagen) abstarben.

Ebenso wie gegen Brandsporen ist für die Kornkäferbekämpfung eine Menge von 150 g Trockenbeize auf den Zentner Getreide ausreichend. Kupfercarbonat ist in Deutschland als Trockenbeizmittel nicht eingeführt, da es unter den in Deutschland herrschenden klimatischen Bedingungen auf Brandsporen nicht sicher genug wirkt. Dagegen wird es in Amerika in großem Umfange angewendet. Die anderen gegen den Kornkäfer wirksamen Trockenbeizen enthalten teils Kupfer-, teils auch Arsen- oder Quecksilberverbindungen, also Stoffe, die auch für Menschen und Haustiere sehr giftig sind. Die Verwen-

dung von Trockenbeizen zum Schutz von Getreide gegen Kornkäfer kommt daher nur für Saatgut in Frage, keinesfalls aber für Brotgetreide oder Futtergetreide. Damit ist die Anwendungsmöglichkeit beschränkt. Immerhin war durch meine Untersuchungen im Prinzip die Bekämpfung des Kornkäfers durch Stäubemittel als möglich erwiesen.

Die Aufgabe war nun, solche Stoffe zu finden, die weniger giftig oder wenn möglich völlig unschädlich für Menschen und Haustiere und trotzdem wirksam gegen die Kornschädlinge sind. Ein bekanntes Mittel, das diese Forderungen erfüllt, ist gutes persisches oder dalmatinisches Insektenpulver. Es ist aber erstens zu teuer, um im großen angewandt zu werden, und zweitens verliert es an der Luft sehr schnell seine Wirksamkeit. Schwefelpräparate erwiesen sich als ungeeignet. Borax und Borsäure wirkten gleichfalls zu schwach, um praktisch in Betracht zu kommen.

Bei meinen weiteren Versuchen griff ich daher zunächst wieder auf das am wenigsten giftige Trockenbeizmittel zurück, das Kupfercarbonat, und prüfte im Anschluß daran andere Kupferverbindungen auf ihre Brauchbarkeit. Es zeigte sich, daß zwar eine Anzahl von Kupferverbindungen auf den Kornkäfer giftig wirkten, wenn sie in feiner Pulverform angewandt wurden, am stärksten jedoch Kupfercarbonat und Kupferoxyd. Bei Behandlung mit Kupfercarbonat waren die Kornkäfer nach vier Tagen tot. Kupferoxyd wirkte binnen fünf Tagen tödlich, Kupfersulfit in 16, Kupfersulfat (wasserfrei) in 15, Kupferacetat in 20 Tagen. Kupfersulfat und Kupferchlorid ergaben kein beschleunigtes Absterben gegenüber unbehandelten Kontrolltieren, die nach 25 Tagen tot waren.

Diese Ergebnisse ließen Kupfercarbonat und Kupferoxyd als eine Gruppe von besonderer Wirksamkeit erscheinen. Die Prüfung wurde daher auf die Untersuchung der Oxyde und Carbonate von anderen Metallen ausgedehnt. Über die überraschenden Ergebnisse dieser Untersuchungen habe ich in den „Mitteilungen der Gesellschaft für Vorratsschutz“ (5. Jahrg., Juli 1929, Nr. 4, S. 49–52) sowie im „Nachrichtenblatt für den Deutschen Pflanzenschutzdienst“ (9. Jahrg., Nr. 8, August 1929, S. 67–68) berichtet. Ich will hier nur kurz auf das hinweisen, was allgemeines Interesse hat. Bei Behandlung mit Zinkoxyd starben die Kornkäfer in acht, mit Zinkcarbonat in sechs, mit Magnesiumoxyd in fünf, mit Magnesiumcarbonat in sieben Tagen. Auch bei der Anwendung auf verschiedene andere Insekten hat sich immer wieder gezeigt, daß sie durch Zinkcarbonat, Magnesiumoxyd und Magnesiumcarbonat rasch getötet werden, während Zinkoxyd langsamer wirkt. Bei einem Versuch wurde in einer offenen Blechkiste 1 kg Weizen mit 10 g Magnesiumoxyd eingestäubt und dann 100 Kornkäfer hinzugesetzt. Von diesen wurden nach fünf Tagen, während deren der Kornhaufen unberrührt gelassen wurde, 99 tot aufgefunden, während einer entkommen war.

Es ergab sich ferner ausreichend schnelle abtötende Wirkung (als Grenze wurde 100%ige Abtötung binnen sechs Tagen angenommen) bei einer ganzen Reihe von Insektenformen, so z. B. dem Brotkäfer (*Sitodrepa panicea*), dem Mehlkäfer (*Tenebrio molitor*), dem Speckkäfer (*Dermestes lardarius*) und seiner Larve, der amerikanischen Schabe (*Periplaneta americana*), Ameisen, Bohnenkäfern (*Zabrotes subfasciatus*), der Mehlmotte (*Ephestia kuhniella*) und ihrer Raupe, jungen Raupen des Schwammspinner, Larven von Blattkäfern (*Ageleastica alni*), Erdflöhen (*Phyllotreta cruciferae*), Feuerwanzen (*Pyrrhocoris apterus*) u. a. m.

Im Verlauf der Untersuchung zeigte sich, daß die Wirkung abhängig ist

1. von der Größe der behandelten Tiere bzw. von dem Verhältnis von Oberfläche und Körperinhalt. Denn große und dicke Tiere, wie Maikäfer, zeigten keine deutliche Wirkung. Wohl aber trat diese bei gleichfalls großen aber flachen Tieren wie Schaben (*Periplaneta americana*) ein;
2. von einer artspezifischen Resistenz, die sich bei manchen kleinen Insektenformen zeigte, z. B. erlagen der Wirkung nicht im üblichen Maße Reismehlkäfer (*Tribolium navale*), Larven des Mehlkäfers (*Tenebrio molitor*), des Kabinettkäfers (*Anthrenus*) und des Brasilbohnenkäfers (*Zabrotes subfasciatus*);
3. von den physikalischen Bedingungen, insbesondere Luftfeuchtigkeit und Wärme. Die Grenze der Wirksamkeit liegt etwa bei einer relativen Luftfeuchtigkeit von 70% und einer Wärme von 20° C. Bei feuchterer Luft und niedrigerer Temperatur bleibt die Wirkung aus.

Die Versuche, an denen seit Mai v. J. mein Assistent, Herr Dr. Kunike, mitgearbeitet hat, erstreckten sich auf zahlreiche Insektenformen und über 40 chemische Substanzen. Es bestätigte sich, daß gerade die Oxyde und Carbonate insektilide Eigenschaften besitzen, und zwar besonders die zwei- und vierwertigen, wie z. B. Kupferoxyd und -carbonat, Magnesiumoxyd und -carbonat, Zinkoxyd, nicht dagegen die dreiwertigen wie Eisenoxyd, Aluminiumoxyd, Wismutoxyd u. a.

Bezüglich der physiologischen Wirkung dieser Stoffe konnten wir feststellen, daß eine Einwirkung auf die Verdauungsorgane nicht in Frage kommt, da z. B. Puppen von *Zabrotes subfasciatus*, besonders schnell abgetötet werden. Eine Wirkung durch Eindringen in die Atmungsorgane und Verstopfung der Tracheen ist ausgeschlossen, da andere gleich feine Pulver, z. B. Talcum 0000, wirkungslos sind. Dagegen konnte durch Wägung ein starker Gewichtsverlust der mit Magnesiumoxyd eingestäubten Tiere festgestellt werden, der mit ziemlicher Sicherheit als Wasserverlust gedeutet werden kann, da die Feststellung des Trockengewichtes einen geringeren Substanzabbau nachweist als er bei lebenden, unbehandelten und gleich den Versuchstieren ohne Nahrung gehaltenen Kontrolltieren durch Hunger eintritt. Da Blutkohle gleichfalls schnell tödend auf Kornkäfer wirkt, so haben wir hiermit nachgewiesen, daß es Substanzen gibt, die auf Grund einer reinen Oberflächenwirkung insektilid sind.

Die Stäubemittel, die zu verschiedenen Zwecken im Pflanzenschutz gebräuchlich sind, teilt Trappmann in folgende Gruppen ein: Nicotin, Insektenpulver, kupferhaltige, schwefelhaltige, arsenhaltige und fluorhaltige Stäubemittel. Die beiden letzteren Gruppen sind auch für den Menschen sehr giftig. Die Kupfermittel werden fast ausschließlich zur Bekämpfung pilzlicher Schädlinge gebraucht, ebenso die Schwefelpulver, die daneben aber spezifisch wirksam gegen Milben sind. Nicotinstäubemittel wendet man hauptsächlich gegen Blattläuse, Blasenfüße und Raupen an. Durch die von uns geprüften Metallverbindungen wird diese Reihe der staubförmigen Insektilide in erwünschter Weise vermehrt, und besonders das ungiftige, leichte und verhältnismäßig billige Magnesiumoxyd dürfte für die praktische Anwendung im großen geeignet sein.

Eine ausführliche Darstellung unserer Untersuchungen wird in den „Arbeiten aus der Biologischen Reichsanstalt“ erscheinen.