

- Intérêt des Méthodes de Contaminations Artificielles dans l'Amélioration du Mais. Ann. l'Amélioration Plantes III, 383—390 (1956). — 36. MESSIAEN, C. M., et R. LAFON: Les Champignons Nuisibles aux Semis de Mais. I. Organismes Responsables et Conditions d'Infection. Ann. Epiphyties I, 111—126 (1957). — 37. MESSIAEN, C. M., et R. LAFON: Les Champignons Nuisibles aux Semis de Mais. II. — Essais de Traitements de Semences. Ann. Epiphyties II, 209—224 (1957). — 38. MILLER, J. H.: The Presence of Internal Mycelium in Corn Grains in Relation to External Symptoms of Corn Ear Rot. Phytopathology 42, 286 (Abstr.) (1952). — 39. NEMLIENKO, F. J.: Krankheiten der Maiskolben (russ.). Selektion und Samenzüchtung 12, 69—70 (1950). — 40. NEMLIENKO, F. J.: Control of Maize Diseases during the Prae-sowing and Sowing Periods (russ.). Plant Prot. Moscow 2, 32—35 (1957).\* — 41. PHILIPP, A.: Untersuchungen über *Marasmus* spec. an Mais. Ein Beitrag zur Kenntnis der Keimlings- und Fußkrankheiten des Maises. Kühn-Archiv 73, 42—84 (1959). — 42. PODHRADSKY, J.: Die Krankheiten des Maises in Ungarn und ihre Bekämpfung. Acta agronom. Acad. Sci. hung. VI, 143—147 (1956). — 43. PONCHET, J.: Les Maladies Cryptogamiques du Mais. Agriculture 17, 31 bis 33 (1954). — 44. RĂDULESCU, E.: Despre aspectul fitopatologic al culturii porumbului. Probleme Agricole 9, 65—74 (1957). — 45. REDDY, C. S.: *Basisporium* Dry Rot of Dent Corn as Related to Temperature and Cob Reaction. Phytopathology 21, 129—130 (Abstr.) (1931). — 46. REDDY, C. S.: *Basisporium* Dry Rot of Corn. Phytopathology 22, 22—23 (Abstr.) (1932). — 47. REDDY, C. S.: Pathogenicity of *Basisporium gallarum* to Corn. Rep. Agr. Res. Iowa Agric. Exp. Sta., Teil II, 51 (1940). — 48. REDDY, C. S., and J. R. HOLBERT: The Black Bundle Disease of Corn. J. agric. Res. 27, 177—206 (1924). — 49. REDDY, C. S., J. R. HOLBERT, and A. T. ERWIN: Seed Treatments for Sweet-corn Diseases. J. agric. Res. 33, 769—779 (1926). — 50. SĂVULESCU, Tr.: Starea fitosanitara in Romania in Anul 1929—1930. Anal. Inst. Cerc. Agron. României 3, 223—239 (franz. 240—256) (1931). — 51. SĂVULESCU, Tr., și T. RAYSS: Putrezirea uscată a stiuțelor de porumb în România (rumän. m. franz. Zus.fass.). Anal. Inst. Cerc. Agron. României 5, 3—112 (1933). — 52. SĂVULESCU, Tr., und T. RAYSS: Der Einfluß der äußeren Bedingungen auf die Entwicklung der *Nigrospora oryzae* (B. und Br.) Petch. Phytopathol. Z. 5, 153—172 (1933). — 53. SĂVULESCU, Tr., et T. RAYSS: La Résistance de Différentes Lignées de Mais au *Nigrospora oryzae* (B. et Br.) Petch et une Méthode nouvelle pour la Détermination de „L'Effet Parasitaire“. Bull. Acad. Roumaine, Sect. Scient. 17, 138—141 (1935—1936). — 54. SĂVULESCU, A.: Bolile Porumbului (646—714). Porumbul. Studiu monografic. Red. princ. T. Săvulescu. Bucuresti 1957. — 55. SEMENIUK, G., C. M. NAGEL, and J. C. GILMAN: Observations on Mold Development and on Deterioration in Stored Yellow Dent Shelled Corn. Iowa Agric. Exp. Sta. Res. Bull. 349, 253—284 (1947). — 56. SENN, P. H.: The Effect of the Sugary Gene in Corn on Resistance to Seeding Blight Caused by *Gibberella saubinetii*. Phytopathology 22, 675—697 (1932). — 57. SHERBAKOFF, C. D.: Fusaria of Corn. Phytopathology 12, 251 (Abstr.) (1922). — 58. SMITH, A. L., and J. R. HOLBERT: Cornstalk Rot and Ear Rot. Phytopathology 21, 129 (Abstr.) (1931). — 59. SMITH, F. L., and C. B. MADSEN: Susceptibility of Inbred Lines of Corn to *Fusarium* Ear Rot. Agronomy J. 41, 347—348 (1949). — 60. SSIDENKO, I. E., und T. L. KUTSCHURA: Maiskrankheiten und ihre Bekämpfung (russ.). Kukuruza H. 1, 44—48 (1960). — 61. STANDEN, J. H.: Prevalence of *Basisporium gallarum* in Arrested Axillary Shoots and Secondary Ears of Maize. Phytopathology 29, 656—657 (1939). — 62. STANDEN, J. H.: The Growth of *Basisporium gallarum* in Maize Cobs. Phytopathology 31, 21/22 (Abstr.) (1941). — 63. STANDEN, J. H.: Chemical and Physical Characteristics of Maize Cobs in Relation to the Growth of *Nigrospora oryzae*. Phytopathology 34, 315—323 (1944). — 64. STANDEN, J. H.: *Nigrospora oryzae* (B. and Br.) Petch on Maize. Phytopathology 35, 552—564 (1945). — 65. STEVENS, N. E., and J. I. WOOD: Losses from Corn Ear Rots in the United States. Phytopathology 25, 281—283 (1935). — 66. TSCHEREMISSINOW, N. A.: Wege der Pilzinfektion beim Maisaatgut und Maßnahmen der Prophylaxe. Sowjetwissenschaft, Nat. wiss. Beitr. 294—297 (1958). — 67. TSCHEREMISSINOW, N. A.: Die Anwendung der Mitschurinschen Lehre bei der Bekämpfung der Maiskrankheiten. Sowjetwissenschaft, Nat. wiss. Beitr. 1316—1332 (1958). — 68. TSCHEREMISSINOW, N. A.: Die Pilzerkrankungen des Maises und die Infektionswege ihrer Erreger. Sowjetwissenschaft, Nat. wiss. Beitr. 1276—1286 (1960). — 69. TSCHERNETZKAYA, Z. S.: Dry Rot (Fusariose) of Corn in the Foothill Region of the Northern Caucasus (russ. m. engl. Zus.fass.). Bull. appl. Bot. Genet. Plant Breed. Leningrad 2, 3—60 (1932). — 70. ULLSTRUP, A. J.: Diseases of Corn. In: G. F. SPRAGUE, Corn and Corn Improvement, S. 482 bis 492. New York 1955. — 71. VOORHEES, R. K.: *Gibberella moniliformis* on Corn. Phytopathology 23, 368—378 (1933). — 72. WOLLENWEBER, H. W., und O. A. REINKING: Die Fusarien. Berlin 1935. — 73. YOUNG, H. C.: The Toothpick Method of Inoculating Corn for Ear and Stalk Rots. Phytopathology 33, 16 (Abstr.) (1943). — 74. ZWILLENBERG, H. H. L.: *Colletotrichum graminicola* (Ces.) Wils. auf Mais und verschiedenen anderen Pflanzen. Phytopathol. Z. 34, 417—425 (1959).

\* nur im Referat zugänglich

Aus dem Institut für Pflanzenzüchtung Quedlinburg  
der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin  
(Quedlinburger Beiträge zur Züchtungsforschung Nr. 48)

## Über Beziehungen zwischen Bakterienfäule und Blattlausbefall am Chinakohl, *Brassica pekinensis* Rupr., und ihre züchterische Bedeutung\*

Von H. J. MÜLLER und K. SKIEBE

Mit 1 Abbildung

Alle Bestrebungen, den hochwertigen Chinakohl in den Gemüsebau Deutschlands einzuführen, stießen bisher auf erhebliche Schwierigkeiten. Soweit sie sich auf die Anbaueignung beziehen, sind es mangelnde Schoßfestigkeit und Anfälligkeit gegen eine Bakterienfäule. Nachdem schon in einer früheren Arbeit (STEIN, SKIEBE u. JAHR, 1960) die Probleme

der Schoßfestigkeit betrachtet wurden, soll nun auf die Bakterienfäule näher eingegangen werden.

Die Krankheit wird hervorgerufen durch *Erwinia carotovora* (Jones) Holland und *E. aroideae* (Townsend) Holland. Sie ist besonders unangenehm, weil bei ihr eine direkte Bekämpfung nicht möglich ist. Resistente Sorten hätten daher eine große Bedeutung. Nun gibt es aber nach CHIU, CHANG u. TAO (1955) keine absolut resistenten Typen. Auch wir konnten in unserem umfangreichen Sortiment keine resisten-

\* Herrn Professor Dr. Dr. h. c. H. STUBBE zum 60. Geburtstag gewidmet.

ten Varietäten beobachteten. Man findet zwar Formen, die bei einem Freilandanbau im Herbst gesund bleiben. Dieselben Varietäten werden aber unter bestimmten Bedingungen, besonders wenn der Herbst sehr warm ist, größtenteils auch krank. Bei einem Anbau unter Glas, wo der Chinakohl warm kultiviert werden muß (etwa 20 °C), erkranken selbst die teilweise resistenten Varietäten regelmäßig.

Nach unseren Erfahrungen dürfte es sehr schwierig sein, diese unvollkommene Resistenz so weit zu steigern, daß entsprechende Sorten bei Freilandanbau in warmen Jahren sowie bei Anbau unter Glas frei von der Bakteriose bleiben. Wir haben schon seit mehreren Jahren immer nur die gesunden Pflanzen zur Weiterzucht verwendet und trotzdem die Widerstandsfähigkeit des Chinakohls gegen die Weichfäule nur wenig verbessern können. Man muß deshalb nach anderen Wegen suchen, um durch weitere züchterische Maßnahmen das Auftreten der Krankheit zu verhindern. Nach den bisherigen Vorstellungen über die Entstehung der Krankheit können die Bakterien in erster Linie nur durch Wunden in die Pflanzen eindringen. CHIU, YUEN u. WANG (1955) sowie HACKEL (1960) nehmen an, daß Insekten nicht nur die notwendigen Wunden schaffen, durch welche die Bakterien in die Pflanzen eindringen können, sondern daß die Erreger auch durch Insekten übertragen werden. Mit der Züchtung von insektenresistenten Sorten wäre demnach dem Auftreten der Krankheit wirksam zu begegnen. Unter deutschen Verhältnissen kommen nach HACKEL (1960) von den Insekten, die mit der Bakterienfäule in einen Zusammenhang gebracht werden, die Larven von Kohlfliegen, anderen Dipteren sowie Erdflöhe, aber auch saugende Insekten in Frage. Nach STEIN et al. (1960) müßten dabei die Blattläuse zumindest im Gewächshaus als Hauptvektoren der Bakterien fungieren, da dort ein starkes Auftreten der Weichfäule erfahrungsgemäß immer mit einem Massenbefall der Grünen Pfirsichblattlaus, *Myzus persicae* Sulzer, einhergeht. Außerdem werden beim Anbau unter Glas im Herbst wie auch im Frühjahr als Schadinsekten fast nur Blattläuse beobachtet.

Die Bakterien können allerdings nicht über den Nahrungskanal und die Speicheldrüsen mit dem Blattlausspeichel direkt in die Pflanzengewebe injiziert werden. Der Durchmesser des Nahrungskanals an der Spitze des Stechborstenbündels von *Myzus persicae* beträgt nach elektronenmikroskopischen Messungen VAN HOOF (1958) nur 0,35 μ, während für die genannten *Erwinia*-Bakterien von HACKEL (1960) mittlere Breiten von 0,8 μ angegeben werden. Es läßt sich weiterhin ausschließen, daß die Bakterien sekundär durch die winzigen Wunden eindringen, welche die Stechborstenbündel bei den Einstichen im Pflanzengewebe hinterlassen. Histologische Bilder zeigen, daß die Stichkanäle der Blattläuse wie anderer pflanzensaugender Hemipteren von einer erhärtenden Speichelscheide ausgefüllt werden, die der zuletzt ausgeschiedene Speichel beim Herausziehen des Stechborstenbündels zwangsläufig wie mit einem Ppropf verschließt, so daß den Bakterien damit der Weg ins Pflanzeninnere an diesen Stellen verwehrt sein dürfte. Es bleibt jedoch die Möglichkeit einer direkten Schmierinfektion; denn nach elektronenoptischen Aufnahmen (VAN HOOF, 1958) tragen die

Stechborsten an der Spitze außen Chitinkleisten und Rillen, zwischen denen Spuren infektiösen Pflanzensaftes haften bleiben und im gesunden Gewebe abgestreift werden könnten. Dabei ist zu berücksichtigen, daß speziell die Geflügelten bei der Besiedlung neuer Wirtspflanzen auf einer ganzen Reihe von Pflanzen kurzfristige und meist nur wenig tief eindringende, sogenannte Probestiche, ausführen, bevor sie sich endgültig ansiedeln und tiefer einstechen (s. u. a. HENNIG, 1962). In Analogie zu den Verhältnissen bei der Übertragung nonpersistenter Viren wäre anzunehmen, daß diese Probestiche der Aphiden für Schmierinfektion durchaus genügen. Mithin könnte unter Umständen ein Chinakohlbestand auch durch vorübergehende Besuche infektiöser Blattläuse infiziert werden, ohne daß eine Besiedlung und Massenvermehrung derselben auf ihm stattfindet. Es ist außerdem vorstellbar, daß die Pflanzen bei einem Massenbefall mit Blattläusen schon allein durch den Saftverlust so geschwächt werden, daß die Bakterieninfektionen leichter gelingen, auch wenn die Aphiden sie nicht direkt übertragen. Möglicherweise könnte auch die starke Honigtauproduktion der Blattläuse, zumal bei relativ hoher Luftfeuchtigkeit, die Ausbreitungsfähigkeit der nach HACKEL (1960) lebhaft beweglichen Bakterien auf feuchten Pflanzenoberflächen so begünstigen, daß sie besonders leicht andere Eintrittspforten, wie Wunden und Spaltöffnungen, aufzufinden die Chance hätten. Es liegen nun andererseits in der Literatur kaum Hinweise dafür vor (DUNCAN u. GÉNÉREUX, 1960), daß phytopathogene Bakterien durch Aphiden von Pflanze zu Pflanze übertragen werden können. Desgleichen ist uns auch nichts darüber bekannt, daß durch Blattlausbefall geschwächte bzw. mit Honigtau benetzte Pflanzen von Bakterien stärker befallen werden. Wir hielten es daher für notwendig zu prüfen, ob zwischen Bakteriose und „Aphidiose“ eine enge Beziehung besteht, oder ob Bakterien und Blattläuse nur ähnliche Ansprüche an die Umweltbedingungen stellen.

### Methoden

Da die Bakterienfäule regelmäßig beim Anbau unter Glas vorkommt und als Schadinsekten dabei fast ausschließlich Blattläuse auftreten, wurden unsere Versuche im Gewächshaus vorgenommen. Der Chinakohl ist dabei zunächst insektenfrei vorkultiviert und dann erst in Topfballen in einer Entfernung von 0,30 × 0,40 m ausgepflanzt worden. Um ein frühzeitiges Schossen der Pflanzen zu verhindern, mußte die Kultur bei etwa 20 °C erfolgen (STEIN et al., 1960). Die relative Luftfeuchtigkeit betrug etwa 70%.

Als Ausgangsmaterial verwendeten wir 2x- und 4x-Chiliarten, da diese für den Anbau in Deutschland die größte Bedeutung haben (STEIN et al., 1960). Im ersten Versuch sollte geprüft werden, ob starker Blattlausbefall einerseits und starker Blattlausbesuch andererseits Unterschiede im Auftreten der Fäule bedingen. Zu diesem Zweck ließen wir es auf einer Parzelle zu einem starken Befall kommen, indem die Blattläuse in keiner Weise beeinträchtigt wurden. Auf drei anderen Parzellen wurden dagegen Insektizide versprüht. Wir haben mit Absicht drei verschiedene Mittel verwandt, um festzustellen, ob

sich zwischen den einzelnen Präparaten Unterschiede ergäben. So benutzten wir ein kombiniertes Hexa- und DDT-Präparat: eine 0,3%ige Fekamabrühe sowie zwei systemische Mittel: eine 0,1%ige Metasystox bzw. eine 0,05%ige Tinoxbrühe. Jede der drei Parzellen wurde wöchentlich einmal (montags) mit dem entsprechenden Mittel besprüht, so daß auf dem Chinakohl keine nennenswerte Blattlausentwicklung möglich war. Es konnte jedoch auf ihnen ein starker Blattlausbesuch stattfinden, da aus den übervölkerten Kolonien der benachbarten unbehandelten Parzelle sehr viele Geflügelte zuflogen, die der Giftwirkung erst erlagen, nachdem sie viele Probestiche ausgeführt bzw. sich auf den Pflanzen niedergelassen hatten. Alle Parzellen wurden in wöchentlichen Abständen (sonnabends) auf ihren Gesundheitszustand, insbesondere auf Bakterienfäule und Blattlausbefall, bonitiert. Eine eingehende Kontrolle der Blattläuse erfolgte auf 32 Pflanzen jeder Parzelle. Der Chinakohl für diesen ersten Versuch wurde am 23. Januar 1961 ausgesät. Jede Parzelle hatte 160 Pflanzstellen. Die Auspflanzung erfolgte am 10. März.

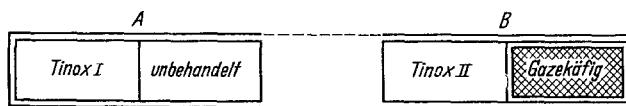


Abb. 1. Schematischer Plan des Versuchs II.

In einem zweiten Versuch sollte die Entwicklung der Weichfäule 1. bei starkem Blattlausbefall, 2. bei starkem und 3. bei schwachem Besuch sowie 4. unter Ausschluß von jeglichem Kontakt mit den Blattläusen beobachtet werden. Zu diesem Zweck führten wir die Chinakohlkultur in zwei räumlich voneinander getrennten Gewächshausabteilungen A und B durch (Abb. 1). Auf einer Parzelle der Abteilung A durften sich die Blattläuse wieder ungestört entfalten, so daß es zu einem starken Befall kam. Starker Besuch entstand dann automatisch auf der benachbarten Parzelle, die nur zur Verhinderung der Ansiedlung wöchentlich eine Insektizidbegiftung erhielt. Wir benutzten diesmal nur ein Präparat: 0,1%ige Tinoxbrühe. Räumlich davon getrennt befand sich in der Abteilung B eine Parzelle, die mit einem perlóngaze-bespannten Käfig überdeckt war. Die unteren Kanten des Käfigrahmens trugen einen hohen Blechkragen, der so tief in den Erdboden gedrückt wurde, daß hier keine Zuwanderung von Aphiden erfolgen konnte. Auf dieser Parzelle war bis zum Abschluß des Versuches weder Besuch noch Befall von Blattläusen möglich. In der benachbarten Parzelle wurde wieder wöchentlich eine Tinox-Behandlung vorgenommen. Da infolgedessen in dieser Gewächshausabteilung keine Massenvermehrung von Blattläusen stattfand, konnte auf der begifteten Parzelle nur schwacher Besuch von gelegentlich durch die Fenster zugeflogenen Blattläusen erfolgen. Mit Ausnahme der Pflanzen unter dem Gazekäfig wurden alle Pflanzen des zweiten Versuchs wöchentlich einmal genau auf Blattlausbefall untersucht und außerdem eine Bonitur der Pflanzen sämtlicher Parzellen auf Weichfäule durchgeführt.

Der Chinakohl wurde am 5. Mai 1961 ausgesät. Am 30. Mai erfolgte die Auspflanzung. Jede Parzelle hatte 32 Pflanzstellen.

Schließlich wurde in einem dritten Versuch an mehreren Einzelpflanzen geprüft, ob Pfirsichblattläuse von fäulekranken Pflanzen durch kurzfristige Probestiche oder dauernde Ansiedlung die Weichfäule auf gesunde Pflanzen zu übertragen vermögen. Diese Versuche liefen in den Monaten Juni und Juli, entfernt von allen anderen Chinakohlzuchten in einer Kabine des Freilichtlabors der Entomologischen Abteilung, so daß Fremdinfectionen ausgeschlossen waren.

### Ergebnisse

#### Versuch I:

Bereits eine Woche nach der Auspflanzung trugen in der unbehandelten Parzelle mehr als 75% der Pflanzen *Myzus persicae*-Initialkolonien, während die insektizidbegifteten Parzellen befallsfrei waren. Lediglich in der unmittelbar an die unbehandelte Parzelle grenzenden Randreihe der Metasystox-Parzelle fanden sich auf einzelnen Pflanzen vorübergehend einzelne Überläufer, die aber alsbald der Giftwirkung zum Opfer fielen. Drei Wochen nach der Auspflanzung waren alle Pflanzen der unbehandelten Parzelle schwer verlaust, die der anderen Parzellen praktisch blattlausfrei, alle Pflanzen im Hinblick auf die Fäule noch völlig gesund. Bereits acht Tage später (am 8. April) entließen die übervölkerten Pflanzen der unbehandelten Parzelle in zunehmendem Maße geflügelte Pfirsichläuse, die man von nun an in steigender Anzahl — meistens tot (ca. 75%), seltener noch lebend — auch auf fast allen kontrollierten Pflanzen der insektizidbehandelten Parzellen feststellen konnte. Ihre Leichen sammelten sich in den Blattstiellrinnen der älteren Blätter. Die Aphiden erlagen offenbar regelmäßig der Insektizidwirkung, so daß sich auf den Pflanzen dieser Parzellen auch in Zukunft keine *Myzus persicae*-Kolonien entwickeln konnten. Dennoch zeigten zum gleichen Termin mit einsetzender Kopfbildung 53, 56 und 66% der insektizidbehandelten und 79% der unbehandelten Pflanzen mehr oder weniger schwere Fäulnissymptome. Diese Unterschiede in der Anzahl bakterienfauler Individuen zwischen blattlausbefallenen und -besuchten Parzellen sind signifikant (Nullhypothese bei  $\alpha = 1\%$  verworfen). In den nächsten 14 Tagen war eine durch den Abflug vieler Geflügelter bedingte vorübergehende Verödung der Blattlauskolonien auf den unbehandelten Pflanzen festzustellen, die jedoch bald von einer zweiten Befallswelle auf den rasch nachwachsenden jungen Blättern abgelöst wurde, so daß die Produktion von Nymphen und Geflügelten kaum ins Stocken kam. Die Bakterienfäule hatte nun bereits mehr als 96% aller Pflanzen erfaßt, und zwar unterschiedslos in allen vier Parzellen. Am 29. April, sieben Wochen nach der Auspflanzung und 4–5 Wochen nach dem Erscheinen der ersten Fäulesymptome, waren alle Pflanzen ausnahmslos schwer krank. Bei einer durchschnittlichen Versuchstemperatur zwischen 21° und 25 °C und einer um 70% wenig schwankenden relativen Luftfeuchtigkeit hatte sich also die Bakteriose mit katastrophaler Geschwindigkeit ausgebreitet und dabei keinen Unterschied zwischen verlausten und blattlausfreien Pflanzen gemacht. Allerdings waren zweifellos alle Pflanzen, auch die mit Insektiziden behandelten, sehr häufig von Geflügelten besucht

und mit Probestichen belegt worden. Da diese Besucher in überwiegendem Maße von den riesigen Kolonien auf den unbehandelten Pflanzen stammten und diese wenigstens im Anfang stärker erkrankt waren als die durch Insektizide vor einem Befall geschützten, war die Möglichkeit nicht auszuschließen, daß diese Überflieger die Bakterien erst durch ihre Probestiche auf die behandelten Parzellen übertragen hatten und diese bei völliger Ausschaltung der Blattläuse vielleicht gar nicht oder weniger erkrankt wären. Darüber sollten die Ergebnisse der folgenden Versuche Klarheit bringen.

#### Versuch II:

Schon wenige Tage nach dem Auspflanzen wiesen fast 50% der Pflanzen der Abteilung A junge Initialkolonien von *Myzus persicae* auf. Infolge der regelmäßigen Tinox-Behandlungen wurden sie jedoch in der Tinox-Parzelle schließlich ganz ausgelöscht, während sie auf den benachbarten unbehandelten Pflanzen schon nach 14 Tagen auf allen Pflanzen einen Massenbefall ergaben. Dieser griff mit einzelnen Überläufern, ab Ende Juni aber mit zahllosen Geflügelten immer wieder auf die Tinox-Parzelle über. Dort konnte es natürlich nur zu Probestichen oder kurzfristiger Ansiedlung kommen. Besonders deutlich zeigte sich der Überflug gelegentlich der planmäßigen Kontrolle am 1. Juli, wo zahlreiche junge Geflügelte von den übervölkerten Kolonien der unbehandelten Pflanzen starteten und im Gewächshaus (Abteilung A) schwärzend auch auf den Tinox-Pflanzen einfielen. Bei etwas wechselnder Intensität des Massenbefalls der unbehandelten Pflanzen, auf denen die Befalls- und Verödungswellen infolge der stärkeren Hemmung des Pflanzenwachstums durch den Läusebesatz weniger gut erkennbar waren als in Versuch I, erhielt also die Tinox-Parzelle A zahlreichen Besuch „infektiöser“ Läuse, wie auch aus den vielen sich hier ansammelnden Leichen erkennbar war.

Im Gegensatz dazu konnten auf den tinoxbegiftenen Pflanzen der Abteilung B nur ganz vereinzelte tote *Myzus persicae* nachgewiesen werden. Diese Parzelle erhielt also, da keine Blattlausquellen in der Nähe waren, nur ganz vereinzelt Besuch von Blattläusen, die durch die Fenster zuflogen. Die Pflanzen im Gazekasten der vierten Parzelle blieben planmäßig völlig frei von Aphiden. Schon eine einzelne, etwa eingedrungene Blattlaus hätte binnen kurzem zu einer Massenvermehrung führen müssen, die dann auch schon von außen erkennbar gewesen wäre. Tatsächlich ließen sich nach der Entfernung des Gazekastens am Ende des Versuchs Anfang August auch nicht die geringsten Spuren von Blattlausbefall auf den Pflanzen nachweisen.

Damit waren die Voraussetzungen für eine klare Beurteilung der anstehenden Frage gegeben: Unter sonst identischen Anzucht- und Aufwuchsverhältnissen (relative Luftfeuchtigkeit durchschnittlich zwischen 65 und 75%, Temperatur zwischen 21° und 27 °C) wies eine Chinakohlpflanze schweren Blattlausmassenbefall auf, der sogar zu einer deutlichen Schwächung des Pflanzenwachstums führte, eine zweite erhielt von dort Massenzuflug und demnach viele kurzfristige Besuche und Einstiche eventuell infektiöser Blattläuse, ohne daß es zu Dauereinstichen und Koloniebildung kommen konnte, die dritte

dagegen wurde nur von wenigen Blattläusen beflogen und auf der vierten sowohl Befall wie Besuche von Aphiden absolut verhindert.

Wie im Versuch I erkrankten aber auch diesmal sämtliche Pflanzen in allen vier Parzellen unterschiedslos an Bakterienfäule! Wieder blieben die Pflanzen nur während der ersten drei Wochen gesund. Aber bereits einen Monat nach der Auspflanzung waren in der unbehandelten Parzelle über 70%, in allen anderen rund 40% erkrankt (Unterschied signifikant, Nullhypothese bei  $\alpha = 5\%$  verworfen). Schon acht Tage später waren auch diese Intensitätsunterschiede verschwunden und in jeder Parzelle rund 80% der Pflanzen sichtbar von der Bakteriose befallen. 7—8 Wochen nach der Auspflanzung gab es keine gesunde Pflanze mehr. Der Krankheitsverlauf glich nach Tempo und Ausmaß völlig dem des Versuchs I.

Da die Chinakohlpflanzen auch unter völligem Ausschluß von Blattläusen in gleichem Maße wie die von Blattläusen mehr oder weniger häufig besuchten und befallenen an *Erwinia*-Fäule erkrankten, können die Pfirsichläuse nicht als die wesentlichen Überträger und auch kaum als Förderer dieser Bakterien fungieren. Ihr gleichzeitiges Auftreten bei Gewächshauskultur von Chinakohl kann nur darauf beruhen, daß ihnen diese ungeheuer wüchsigen, zarten Pflanzen bei den herrschenden Umweltbedingungen, d. h. optimaler Temperatur (von 20—25 °C) und Luftfeuchtigkeit (von ca. 70%), ebenso ideale Entwicklungsmöglichkeiten bieten wie den Bakterien. Es ist allgemein bekannt [Literaturangaben bei BÖRNER u. HEINZE (1957) sowie bei BODENHEIMER u. SWIRSKI (1957)], daß die raschste und intensivste Vermehrung der meisten Blattläuse zwischen 20° und 27 °C und bei etwa 70% Luftfeuchtigkeit stattfindet. Die simultane Massenvermehrung beider Organismen ist also nicht wechselseitig bedingt, sondern von der gleichzeitigen optimalen Ausbildung dritter Faktoren abhängig, die für beide in annähernd gleichem Maße Gradationsbedingungen darstellen. Lediglich das unter den Versuchsumständen um etwa acht Tage frühere Erkranken der von Blattläusen befallenen Pflanzen könnte als eine Folge des Blattlausbefalls gedeutet werden. Es ist ohne weiteres vorstellbar, daß die durch den Saftentzug schwer geschädigten Pflanzen den Bakterien weniger Widerstand bieten können, so daß die Symptome der Bakterienfäule etwas früher sichtbar werden als an blattlausfreien.

Besonders im zweiten Versuch war deutlich zu sehen, daß die Pflanzen unter dem Massenbefall mit Pfirsichläusen sogar weit mehr littten als unter der Fäule. Sie blieben im Wuchs immer mehr hinter den nicht befallenen zurück, kümmerten und ließen die Umblätter auf den Boden hängen. Ihre Farbe veränderte sich zunehmend von Hellgrün zu dunklem, trübem Graugrün. Die saftige Turgeszenz der Blätter wich schließlich einer dünnen Mumifizierung.

#### Versuch III:

Um diese an sich eindeutigen Ergebnisse der in mancher Hinsicht groben und mehr oder weniger „passiven“ Gewächshausversuche noch zu sichern,

wurden an Einzelpflanzen und mit individuell erfaßten Blattläusen aktive Übertragungsversuche im Freilichtlabor ausgeführt, wo die *Erwinia*-Fäule primär nicht auftreten und etwa schon vor dem Kontakt mit den Aphiden ausbrechen konnte.

An dieser Stelle haben wir Herrn stud. biol. R. Möbius für gewissenhafte Hilfe zu danken.

Auf einzelne gesunde, blattlausfrei im Freilichtlabor bei 10—15 °C angezogene Pflanzen wurde jeweils eine einzelne geflügelte *Myzus persicae* angesetzt, die kurz zuvor von schwer fäulekranken Pflanzen der unbehandelten Parzelle des Gewächshausversuchs II entnommen worden war. Sie durfte unter fortgesetzter Kontrolle durch den Beobachter bis zu 10 Probestiche auf den Blättern der Pflanzen ausführen. Flog sie ab oder setzte sie sich für längere Zeit (>5 min.) fest, so schied sie aus und wurde durch eine neue ersetzt, bis die Pflanze insgesamt 100 Probestiche erhalten hatte. Die Dauer der Probestiche wurde mit einer Stoppuhr registriert und betrug im Mittel  $39,0 \pm 6,3$  sec. Insgesamt wurden Mitte Juli 1961 fünf Pflanzen in dieser Weise behandelt. Eine sechste erhielt sogar 850 Stiche (300 am ersten, 300 am vierten und weitere 250 am siebenten Tage). Die sechs Pflanzen blieben zusammen mit unbeschädigten Kontrollpflanzen anschließend noch für mehrere Wochen in einer isolierten Kabine bei 20—25 °C und etwa 60% relativer Luftfeuchtigkeit frei stehen. An keiner von ihnen zeigten sich irgendwelche Symptome bakterieller Erkrankung. Da sie nicht weiter umgetopft wurden, begannen sie schließlich zu vergilben.

Offensichtlich konnten also die *Erwinia*-Bakterien durch so kurzfristige Einstiche nicht von kranken auf gesunde Pflanzen übertragen werden, obwohl wir uns bemühten, Läuse zu benutzen, die in der Nähe äußerlich sichtbar erkrankten Gewebes gesessen hatten.

In ähnlicher Weise wurde deshalb geprüft, ob durch dauernde Ansiedlung und Koloniebildung von *Myzus persicae*-Läusen eine Übertragung der *Erwinia*-Fäule von kranken auf gesunde Pflanzen möglich sei. Auf fünf gesunde, in einer Isolierkabine aufgezogene Pflanzen wurden ausgeschnittene Stücke fäulekranker und mit Larven und Ungeflügelten von *Myzus persicae* besetzte Blattstücke gelegt und die Pflanzen dann einzeln unter Gazekäfighauben (H. J. Müller u. Strübing, 1958) gesetzt. Die von den welkenden Blattstücken abwandernden Läuse erzeugten auf dem Chinakohl alsbald riesige Kolonien. Zur Kontrolle dienten zwei Pflanzen, auf die Pfirsichläuse aus einem auf *Sinapis alba* gehaltenen Zuchttamm übertragen wurden, die also keine *Erwinia*-Bakterien mitbringen konnten, sowie zwei weitere Pflanzen, die überhaupt keine Blattläuse erhielten.

Während sich die blattlausfreien Kontrollen gesund weiterentwickelten, fielen alle übrigen Pflanzen schließlich der Übervölkerung mit den Blattläusen zum Opfer, ohne jedoch irgendwelche *Erwinia*-Symptome zu zeigen. Dabei traten ganz ähnliche, von den Blattläusen hervorgerufene Schadbilder in Erscheinung wie in der unbehandelten Parzelle des Versuchs II.

Während die Temperatur in diesen Versuchen etwa 20 °C betrug, war die Luftfeuchtigkeit allerdings in den mit Gaze bespannten Käfigen und in

der betreffenden Kabine nicht so hoch (50—60%) wie in den Versuchen I und II. Der Übertragungsversuch wurde deshalb in kleinerem Maßstab unter Glaszylinern wiederholt. Obwohl darin so hohe Luftfeuchtigkeit herrschte, daß häufig Kondenswasserbildung eintrat, starben die läusebesetzten Pflanzen unter ganz ähnlichen Erscheinungen wie im vorhergehenden Versuch ab, meist nachdem die Blattläuse schon vorher von Pilzen stark dezimiert worden waren. Die Bakterienfäule trat aber auch hier nicht auf.

So ließ sich auch in aktiven Übertragungsversuchen mit Blattläusen die *Erwinia*-Fäule nicht von krankem auf gesunden Chinakohl überführen.

### Diskussion

Die vorliegenden Ergebnisse zeigen mit aller Deutlichkeit, daß für das Auftreten der *Erwinia*-Fäule Blattläuse, speziell Grüne Pfirsichblattläuse nicht erforderlich sind. Unter den Bedingungen, welche die Bakterienfäule stark begünstigen, können sich allerdings auch leicht Blattlausgradationen entwickeln, die den Chinakohl zusätzlich schädigen.

Auch ist es wenig wahrscheinlich, daß andere Insekten, insbesondere solche mit beißenden Mundwerkzeugen zur Ausbreitung der *Erwinia*-Fäule wesentlich beitragen. Bei den wöchentlich begifteten Parzellen sind natürlich nicht nur die Blattläuse, sondern zwangsläufig auch andere Insekten vernichtet worden. Nur jeweils am Ende der Gewächshausversuche wurden Larven und Imagines von Drosophiliden an den Chinakohlpflanzen festgestellt, die wahrscheinlich gegenüber den angewendeten Insektiziden resistent waren. Sie traten jedoch stets erst auf, wenn die Fäule fast alle Pflanzen bereits erfaßt hatte, offenbar erst sekundär angelockt von den Fäulnisprozessen. Vor allem aber konnten die Chinakohlpflanzen unter dem Käfig von keinem Insekt befallen werden, und trotzdem wurde die Parzelle krank.

Es ist also sicher, daß die Bakterienfäule auch ohne Insekten sehr stark auftreten kann. Wir vermögen deshalb die Ansicht von HWANG (1935), CHIU, YUEN u. WANG (1955) sowie HACKEL (1960) nicht zu bestätigen, daß für eine Übertragung der Bakterien in erster Linie Insekten und als Eintrittspforten mechanische Wunden notwendig sind, die ebenfalls vor allem durch beißende oder saugende Insekten verursacht werden. Daher kann auch die von CHIU, YUEN u. WANG (1955) sowie HACKEL (1960) geforderte intensive Insektenbekämpfung das Auftreten der Bakterienfäule nicht wesentlich einschränken.

Wir müssen darüber hinaus einsehen, daß eine Züchtung von insektenresistenten Sorten nicht geeignet ist, das Problem der Weichfäule zu lösen. In Anbetracht der schon oben (vgl. S. 211) getroffenen Feststellung, daß auch die Entwicklung von Formen, die gegen die Bakterien absolut resistent sind, wenig Erfolg verspricht, stellen diese Schlußfolgerungen die Züchtung vor eine schwierige Aufgabe.

Um zu einem Erfolg zu kommen, sehen wir noch eine Möglichkeit. Es müssen Chinakohlsorten gezüchtet werden, die sich unter Bedingungen kultivieren lassen, welche das Auftreten der Weichfäule verhindern. Wir hatten anfangs schon erwähnt, daß vor allem die Temperatur einen großen Einfluß auf

das Vorkommen der Bakteriose hat (vgl. S. 213). Wir wissen auch aus der Arbeit von HWANG (1935), daß *Erwinia*-Kulturen besonders bei hohen Temperaturen — am besten bei 29° bis 35 °C — wachsen. HACKEL (1960) gibt an, daß für ein stärkeres Auftreten der Weichfäule (neben einer ausreichenden Feuchtigkeit) vor allem Temperaturen von 20° bis 25 °C notwendig sind. Dabei ist zu berücksichtigen, daß hohe Temperaturen nur von Beginn der Kopfbildung an gefährlich sind, da erst dann die Bakterienfäule einsetzt. Wird bei Freilandanbau der Chinakohl nicht vor dem 15. Juli ausgesät, so erfolgt nach etwa vier Wochen die Auspflanzung und es beginnt erst nach weiteren vier bis fünf Wochen die Kopfbildung. Da im allgemeinen ab Mitte September mit hohen Temperaturen nicht mehr zu rechnen ist, bleiben die Chinakohlbestände dann gesund. Demgegenüber konnten wir beobachten, daß bei einer frühen Aussaat die Krankheit auftritt. So kam es beispielsweise 1961 nach Aussaat am 15. Juni mit Beginn der Kopfbildung Ende August zu fäulekranken Pflanzen. Durch die warme Jahreszeit begünstigt, war Anfang September der ganze Bestand restlos erkrankt. Ähnlich verhält es sich beim Anbau unter Glas. Erfolgt die Kultur im Gewächshaus bei mittlerer Temperatur (etwa 10 °C), dann bleibt der Chinakohl gesund. Ein solcher Anbau ist allerdings durch das Auftreten vorzeitig Schosser sinnlos. Wird dagegen im Gewächshaus bei hoher Temperatur kultiviert (über 20 °C), so erkrankt meistens der gesamte Bestand. Es sind also vor allem hohe Temperaturen, die bei Kultur im Freiland wie auch im Gewächshaus ausschlaggebend für das Auftreten der Bakterienfäule zu sein scheinen. Selbstverständlich haben auch noch andere Faktoren, vor allem die Feuchtigkeit (HACKEL, 1960), großen Einfluß auf das Zustandekommen der Krankheit. Es ist aber anzunehmen, daß unter den Bedingungen des Anbaues die Feuchtigkeit für diese Bakteriose immer ausreicht. Für den Anbau unter Glas müßten also Sorten entwickelt werden, die trotz niedrigerer Temperaturen nicht vorzeitig schließen. Der Anbau unter Glas kann dann bei mittleren Temperaturen erfolgen, wobei der Chinakohl nicht nur frei von der Bakterienfäule bleibt, sondern wahrscheinlich auch weniger unter Blattläusen leidet. Solche Idiotypen, die sehr schoßfest sind, könnten auch für einen Freilandanbau im Frühjahr von Bedeutung sein, der bisher in Mitteleuropa überhaupt noch nicht möglich ist. Zu dieser Zeit sind die Außentemperaturen im allgemeinen so niedrig, daß es zu keiner Bakterienfäule kommen kann.

Um das an sich schon geringe Auftreten der Bakterienfäule beim Freilandanbau im Herbst, besonders auch in warmen Jahren, restlos auszuschalten, gibt es züchterisch ebenfalls einen Weg. Bisher kann man den Chinakohl nicht später als Mitte Juli aussäen, weil er sonst keine marktfähigen Köpfe mehr bildet. Es müssen daher für den Freilandanbau nicht nur schoßfeste, sondern auch besonders raschwüchsige Formen selektiert werden. Unter diesen Voraussetzungen könnte man den Chinakohl ohne Bedenken auch einige Tage später aussäen. Der Anbau erfolgt dann unter Bedingungen, wo zur Zeit

der Kopfbildung kaum noch höhere Temperaturen vorkommen. Solche Chinakohlbestände wären dann von der Bakterienkrankheit überhaupt nicht mehr bedroht.

### Zusammenfassung

1. Am Chinakohl, *Brassica pekinensis*, wurden die Beziehungen zwischen der durch *Erwinia carotovora* und *E. aroideae* hervorgerufenen Weichfäule und der Grünen Pfirsichblattlaus, *Myzus persicae*, untersucht, die sehr häufig nebeneinander in Massenvermehrung aufzutreten pflegen.

2. In Gewächshausversuchen entwickelte sich die Bakterienfäule ohne Unterschied in Parzellen, die schweren Blattlausbefall, starken oder schwachen Blattlausbesuch oder weder Befall noch Zuflug aufwiesen.

3. Bei Verwendung von Blattläusen kranker Pflanzen gelang es in aktiven Übertragungsversuchen weder durch kurzfristige Probestiche noch durch dauernde Ansiedlung, die Weichfäule auf gesundem Chinakohl hervorzurufen.

4. Das gleichzeitige starke Auftreten der Weichfäulebakterien und der Grünen Pfirsichblattlaus am Chinakohl ist daher auf die optimale Entfaltung von Umweltfaktoren zurückzuführen, die zu den wichtigsten Gradationsbedingungen für beide Organismen gehören.

5. Die Weichfäule kann ohne Blattläuse und auch ohne andere Insekten so stark auftreten, daß die Züchtung insektenresistenter Sorten nicht geeignet ist, das Vorkommen dieser Krankheit einzuschränken.

6. Da die Entwicklung von absolut bakterienresistenten Formen nach unseren Feststellungen ebenfalls wenig aussichtsreich ist, wird die Züchtung von Sorten empfohlen, die unter Umweltbedingungen kultiviert werden können, welche eine Bakterienfäule ausschließen.

### Literatur

1. BODENHEIMER, F. S., and E. SWIRSKI: The Aphidoidea of the Middle East. Jerusalem 1957. — 2. BÖRNER, C., und K. HEINZE: Aphidina — Aphidoidea. Handb. d. Pflanzenkrankheiten, 5. Aufl., 5, 4. Lief., 1—402 (1957). — 3. CHIU, W. F., C. T. CHANG and K. H. TAO: Varietal resistance of *Brassica pekinensis* Rupr. to bacterial soft rot (Chin. with Engl. summ.). Acta Phytopathol. Sinica 1, 61—69 (1955). — 4. CHIU, W. F., C. S. YUEN and C. K. WANG: Effect of insect control on the development of soft rot of Chinese cabbage in the field (Chin. with Engl. summ.). Acta Phytopathol. Sinica 1, 71—78 (1955). — 5. DUNCAN, J., et H. GÉNÉREUX: La transmission par les insectes de *Corynebacterium sepedonicum* (Speck. & Kott.) Skaptason et Burkholder. Canad. J. Plant Sci. 40, 110—116 (1960). — 6. HACKEL, E.: Zur Ätiologie einer Weichfäule des Chinakohls. Phytopathol. Z. 39, 361—388 (1960). — 7. HENNIG, E.: Neuere Untersuchungen über die Bedeutung der sogenannten Probesaugstiche bei Aphiden. Z. Pflkrkh. u. Pflsch. 69, 321—330. (1962). — 8. VAN HOOF, H. A.: Onderzoeken over de biologische overdracht van een non-persistent virus. Med. Inst. Plantenziekten, Onderzoek Wageningen no. 161 (1958). — 9. HWANG, L.: A preliminary study on bacterial soft rot of *Brassica pekinensis* and other vegetables in China. Coll. Agric. Univ. Nanking Bull. 33 (N.S.), 1—26 (1935). — 10. MÜLLER, H. J., und H. STRÜBING: Über einen neuen Zuchtkäfig für phytophage Insekten. Zool. Beitr. 3, 227—233 (1958). — 11. STEIN, M., K. SKIEBE und W. JAHR: Vordringliche Aufgaben bei der Züchtung des Chinakohls *Brassica pekinensis* Rupr. Der Züchter 30, 352—361 (1960).