

Die Variation bezüglich der Effektivität der Kreuzbarkeit ist nach Kreuzung verschiedener Arten bzw. Arthybriden größer als innerhalb der Sortengruppe *R. nigrum* conc. *europaeum*. Optimale Bestäubungskombinationen wurden bisher nur dann gefunden, wenn *R. nigrum* × *R. ussuriense*-Nachkommen mit *R. nigrum*-Sorten zurückgekreuzt wurden. Die Effektivität der Kreuzbarkeit von Arthybriden ist jedoch oft schlecht, besonders wenn *R. nigrum* × *R. ussuriense*-Nachkommen aus der ersten Hybridgeneration durch *R. nigrum* × *R. dikuscha*-Nachkommen bestäubt wurden. Die genetischen Differenzen dürften also eine wichtige Rolle bei der Ausbildung der Effektivität der Kreuzbarkeit spielen.

Innerhalb der Sortengruppe *R. nigrum* conc. *europaeum* scheint die Effektivität der Kreuzbarkeit eng mit dem Grad der Selbstkompatibilität im Zusammenhang zu stehen. Selbstinkompatible Mutterarten zeigen in der Regel eine größere Variation nach Bestäubung mit verschiedenen Vatersorten. Sorten mit hochgradiger Selbstkompatibilität geben im allgemeinen rel. gute Resultate sowohl als Mutterarten bei Bestäubung mit Pollen von Sorten verschiedener Selbstkompatibilitätsgruppen als auch als Pollenspenden für andere Sorten.

Die Effektivität der Kreuzbarkeit darf jedoch nicht einfach als Folge der genetischen Abstammung oder des Grades der Selbstkompatibilität der Kreuzungspartner angesehen werden. Bestäubungskombinationen zwischen Sortenpaaren von analoger genetischer Abstammung und reziproke Kombinationen können wesentliche Unterschiede in der Effektivität der Befruchtung ergeben.

Die Befruchtungsrate der Bestäubungskombinationen variiert auch in den einzelnen Jahren beträchtlich, weil sie auch im Falle von künstlicher Bestäubung durch Wärme und Sonnenschein während der Blütezeit gefördert werden muß. Die erhaltene Jahresvariation berührt jedoch im allgemeinen die Rangordnung der verschiedenen Bestäubungskombinationen nicht.

Untersuchungen über die Variation der Befruchtungsverhältnisse bei Blüten in verschiedener Position in der Traube nach freier Abblüte bzw. künstlicher Bestäubung weisen auf die relative Bedeutung des Auxinhaushalts gegenüber den ernährungsphysiologischen Faktoren hin.

Literatur

- 1 BALDINI, E., e P. PISANI: Ricerche sulla biologia florale e di fruttificazione del ribes nero. Riv. Ortoflorofrut. ital. **45**, 619–639 (1961). — 2. FERNQVIST, I. B.: Blombiologiska undersökningar hos svarta och röda vinbär samt krusbär. Kungl. Skogs- o. Lantbruksakad. Tidsskr. **100**, 357–397 (1961). — 3. KLÄMBT, H. D.: Untersuchungen über Entwicklung und Wuchsstoffhaushalt bei *Ribes*-Arten. I. Planta **50**, 526–556 (1958). — 4. LÖCSEI, M., and A. PREININGER: Importance of varietal characters in fertilization and premature drop of black currants (ungarisch). Kísérletügyi Közl. **56/C**, 21–65 (1964). — 5. NEUMANN, U.: Untersuchungen über die Ursache des vorzeitigen Fruchtfalls bei Schwarzen Johannisbeeren. Archiv f. Gartenb. **1**, 1–2 (1953). — 6. NEUMANN, U.: Die Bedeutung der Befruchtungsverhältnisse und Pflegemaßnahmen für den vorzeitigen Fruchtfall bei Schwarzen Johannisbeeren. Archiv f. Gartenb. **3**, 339–354 (1955). — 7. TAMÁS, P.: Über die Zusammenhänge zwischen Fertilität und Beerengröße bei Schwarzen Johannisbeeren. Züchter **33**, 302–306 (1963). — 8. TAMÁS, P.: Svarta vinbär — kan fertilitetsundersökningar ge oss ökade sködar? Bärödl. **7**, 5–8 (1965). — 9. TAMÁS, P.: Einige physiologische und züchterische Probleme der Befruchtung in der Gattung *Ribes*. II. Eine Schnellmethode zur Ermittlung des Selbstkompatibilitätsgrades bei Schwarzen Johannisbeeren. Der Züchter (im Druck). — 10. TEAOTIA, S. S., and L. C. LUCKWILL: Fruit drop in black currants: I. Factors affecting "running off". A. R. Long Ashton agric. hort. Res. Stat. pp. 64–74 (1956). — 11. TERPÓ, A.: Die Probleme des Artbegriffes bei den kultivierten Pflanzen (ungarisch). Kert. Szöl. Föisk. Közl. **28**, Heft 3, 67–79 (1964). — 12. WELLINGTON, R., R. G. HATTON, and J. AMOS: The "running off" of black currants. Journ. Pomol. **2**, 160 (1921). — 13. WILLIAMS, R. R., and R. D. CHILD: Some preliminary observations on the development of self- and cross-pollinated flowers of black currants. A. R. Long Ashton agric. hort. Res. Stat. pp. 59–64 (1962). — 14. WRIGTH, S. T. C.: Studies of fruit development in relation to plant hormones. III. Auxins in relation to fruit morphogenesis and fruit drop in the black currant *Ribes nigrum*. Journ. Hort. Sci. **31**, 196–211 (1956).

Die Peroxydase- und Polyphenoloxydase-Aktivität in gesunden und fußkranken Erbsenkeimlingen unterschiedlich anfälliger Sorten *

E. CLAUSS

Institut für Pflanzenzüchtung Quedlinburg der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin

Peroxidase and polyphenol oxidase activity in healthy and food-infected pea seedlings of differently susceptible varieties

Summary. In roots, sprouts and cotyledons of seven day old pea seedlings considerable peroxidase activity but only minimal polyphenol oxidase activity was found. There was no relationship between the enzyme activities of different pea varieties and their footrot resistance. In *Ascochyta pinodella*-infected seedlings of the same age the enzyme activities are increased, but there is no clear correlation between the degree of resistance and the increase

of enzyme activity after infection. The peroxidase test cannot be used for selecting *Ascochyta* footrot resistant pea varieties.

Changes of peroxidase activity in healthy and infected seedlings of a very susceptible variety (*Bördi*) and a relatively resistant one (*SE*) were tested during germination. The change of activity in healthy seedlings of *Bördi* and *SE* is alike, however, the two varieties differ distinctly in the course of activity change caused by infections.

Die unterschiedliche Widerstandsfähigkeit innerhalb des Erbsensortiments gegenüber den Erregern der Fußkrankheit, *Mycosphaerella pinodes* (Berk. et

* Quedlinburger Beiträge zur Züchtungsforschung Nr. 80.

Blox.) Stone und *Ascochyta pinodella* Jones** beruht offensichtlich auf zwei verschiedenen Resistenzmechanismen. Bei den wildtypartigen, buntblühenden Sorten wird die hochgradige Widerstandsfähigkeit durch die barriereartige Schutzwirkung der leucoanthocyanhaltigen Samenschalen verursacht. Der Mechanismus dieser Scheinresistenz ist im wesentlichen aufgeklärt (CLAUSS 1963). Die weißblühenden Schal- und Markerbsen haben mutativ die Fähigkeit der Leucoanthocyan synthese verloren, so daß deren Samenschalen die ursprüngliche Schutzfunktion nicht mehr besitzen und darüber hinaus sogar in ein attraktives Nährsubstrat für die parasitischen Pilze umgewandelt worden sind. Die bei diesen Sorten dennoch vorhandene abgestufte Anfälligkeit kann daher nur auf differenzierten stoffwechselphysiologischen Reaktionen des lebenden Gewebes der Keimlinge beruhen. Diese Resistenzunterschiede, über deren physiologische Ursachen bisher praktisch nichts bekannt ist, sind zweifellos auch bei den buntblühenden Sorten vorhanden, hier aber durch die massive Schutzwirkung der Leucoanthocyane überlagert, so daß sie nur von sekundärer Bedeutung sind und wenig sichtbar in Erscheinung treten.

Zur Klärung der stoffwechselphysiologisch bedingten unterschiedlichen Anfälligkeit der weißblühenden Sorten ergibt sich die Notwendigkeit, die physiologische Variabilität im Keimlingsstadium und die sortenspezifische Reaktion auf eine Fußinfektion zu untersuchen. Wir bestimmten in diesem Zusammenhang die Peroxydase (PO)- und Polyphenoloxydase (PPO)-Aktivität in den Organen gesunder und mit *Ascochyta pinodella* infizierter Keimlinge verschiedener Erbsensorten, da einerseits die Bedeutung dieser und anderer Oxydoreduktasen bei Pflanzenkrankheiten zahlreichen Untersuchungen (vgl. FARKAS u. KIRALY 1958) zu entnehmen ist und andererseits die Bestimmung der beiden Fermente relativ einfach ist, so daß im Falle einer Korrelation zwischen Resistenz und Fermentaktivität eine serienmäßige Testung von Zuchtmaterial möglich wäre.

Versuchsmaterial und Methoden

Von den Erbsensorten Bodeperle, Bördi, Frühe Harzerin, Graue Buntblühende Zuckererbse, Maipal, Maiperle, Swanhild, Wunder von Kelvedon und den Stämmen Fl, OA und SE wurden Keimlinge halbsteril auf Filterpapier und mit Leitungswasser in Petrischalen (\varnothing 25 cm, h. 6,5 cm) angezogen. Die Anzucht erfolgte in einem Dunkelraum bei einer täglichen Beleuchtung von 5 bis 20⁰⁰ mit Leuchtstoffröhren (BGW 40/120 Warmton; ca. 3000 Lux in den Petrischalen). Die Temperatur betrug in der Dunkelheit 21–22 °C, während der Belichtung 23–25 °C.

Zu Beginn des 4. Keimtages wurde mit Konidien-suspensionen von *A. pinodella* (10 Tage alte Kulturen auf Erbsen-Hafer-Agar) infiziert. Unter den gegebenen Wuchsbedingungen erwiesen sich die Sorten und Stämme Bördi, Wunder von Kelvedon und Fl als hochgradig anfällig, Frühe Harzerin, Maiperle, Swanhild und OA von mittlerer und Bodeperle, Graue Buntblühende, Maipal und SE von geringer Anfälligkeit. Im wesentlichen stimmen diese Feststellungen mit der beobachteten Feldresistenz überein.

Für die Fermentbestimmungen erfolgten die Probenahmen stets in der Lichtperiode zwischen 10³⁰ und 12⁰⁰.

** *A. pinodella* wird neuerdings auch als *Phoma medicaginis* var. *pinodella* (Jones) Boerema aufgefaßt (BOEREMA u. a. 1965).

Die Keimlingsproben wurden in Wurzeln, Sprosse (je nach Alter 1,5–5 g) und Kotyledonen (immer 5 g) getrennt und bis zur Verarbeitung, maximal eine Woche, bei –22 °C eingefroren.

Zur Peroxydasebestimmung benutzten wir den sogen. Benzidin-Ascorbinsäure-Test nach LYR (1957), der sich besonders günstig für Serienuntersuchungen eignet. Mit der in einigen Fällen vergleichsweise durchgeführten Pyrogallol-Methode erhielten wir weitgehend übereinstimmende Werte. Die eingefrorenen Keimlingsproben wurden mit der zehnfachen Menge dest. H₂O unter Eis-Wasser-Kühlung bei 5000 U/min im Bühler-Homogenisator 1 min homogenisiert und anschließend 5 min bei 6000 U/min zentrifugiert. Fermentansatz: In ein Reagenzglas wird 1 ml 0,02%iges Benzidin (in 0,1 n Acetatpuffer pH 5,3) mit 1 ml 0,1%iger Ascorbinsäurelösung und 1 ml Homogenat versetzt. Das Gemisch wird im Wasserbad von 20 °C durch einen zur Ausschaltung der Ascorbinsäureoxydase-Aktivität O₂-freien, langsamen Luftstrom umgewälzt. Nach kurzem Temperaturausgleich wird rasch 1 ml 0,3%iges H₂O₂ zugesetzt und die Zeit bis zum Beginn der Blaufärbung gemessen.

Zur Messung der Polyphenoloxydase-Aktivität benutzten wir in Anlehnung an WILLSTÄTTER u. STOLL (1918) Pyrogallol als Substrat und bestimmten das gebildete Purpurogallin kolorimetrisch im Pulfrich-Photometer. Homogenisiert und zentrifugiert wurde wie bei der PO-Bestimmung. Fermentansatz: 20 ml 0,5%ige Pyrogallollösung (in m/150 Phosphatpuffer pH 6,4) werden in einen 50 ml-Meßzylinder gegeben und bei einer Temperatur von 20 °C unter Belüftung 5 ml Homogenat zugesetzt. Nach 10 min wird die Reaktion mit 2 ml 2 n H₂SO₄ gestoppt. Das Gemisch (ebenso Blindproben) wird mit 50 ml Chloroform ausgeschüttelt; das gebildete Purpurogallin geht quantitativ in die Chloroformphase über und diese Lösung wird kolorimetriert.

Ergebnisse

Die Peroxydase-Aktivität

Zunächst bestimmten wir in 5 Versuchsserien die PO-Aktivität in den Organen gesunder und mit *Ascochyta pinodella* infizierter, 7 Tage alter Keimlinge, da sich einerseits zu diesem Zeitpunkt (4 Tage nach der Infektion) die Fußkrankheit gut manifestiert hat und andererseits der Entwicklungsgrad der Keimlinge für serienmäßige Untersuchungen recht günstig ist.

In den gesunden Keimlingen ließ sich eine teilweise erhebliche PO-Aktivität nachweisen, die in der Regel in den Wurzeln am höchsten, etwas geringer in den Kotyledonen und am niedrigsten in den Sprossen ist (Abb. 1). Obwohl zwischen den einzelnen Sorten z. T. deutliche Unterschiede gefunden wurden, ist eine Beziehung zu dem in den Infektionsversuchen beobachteten Resistenzgrad nicht ersichtlich. Die Infektion mit *A. pinodella* führte in allen Keimlingsorganen zur Aktivitätserhöhung. Unter unseren Versuchsbedingungen waren von der Fußkrankheit besonders die Wurzeln und Kotyledonen betroffen, an den Sprossen kam es dagegen lediglich an der Basis des Epikotyls zur Bildung weniger, meist punktförmiger Läsionen. Entsprechend verhielt sich die Erhöhung der PO-Aktivität: Im Vergleich zu gesunden Organen war sie in den Wurzeln und Kotyledonen um etwa 100 bis 200% gesteigert, in den Sprossen nur um etwa 50 bis 100%. Eine direkte Beziehung zwischen der Aktivitätserhöhung und der Resistenz scheint bei den 11 untersuchten Sorten nach unserer Auffassung nicht zu bestehen. Die bei den gesunden wie auch fußkranken Keimlingen gemessenen Maximal- bzw. Minimalwerte stammen, bis auf wenige Ausnahmen, aus je einer Versuchsserie; in der glei-

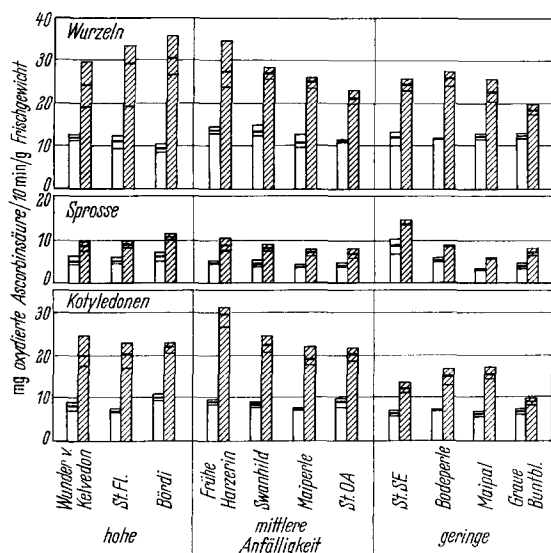


Abb. 1. Die Peroxydase-Aktivität in 7 Tage alten, gesunden und fußkranken Keimlingen unterschiedlich anfälliger Erbsensorten. Links gesunde Kontrollen, rechts infiziert (am 4. Keimtag); Extrem- und Mittelwerte aus 5 Versuchsserien.

chen Weise gehören auch die höheren bzw. niedrigeren Zwischenwerte zusammen.

Die Tatsache, daß sich die höchsten gemessenen Werte (Einzel- wie auch Mittelwerte) von den Wurzeln und besonders von den Kotyledonen im wesentlichen auf die Sorten hoher und mittlerer Anfälligkeit konzentrieren, dürfte nur insofern mit der Resistenz zusammenhängen, als stärkere Anfälligkeit einen besseren Infektionserfolg und einen höheren Grad der Erkrankung zur Folge hat, und vom Ausmaß der Erkrankung hängt die Aktivitätssteigerung wesentlich ab. Die Schwierigkeit, die Infektionen bei den einzelnen Versuchsserien genau zu reproduzieren, erklärt auch, warum hier die Werte einer stärkeren Schwankung unterliegen als die von den Organen gesunder Keimlinge; eine eigenartige und nicht sicher erklärbare Erscheinung ist die auffällig starke Schwankung der PO-Aktivität in den fußkranken Wurzeln der hochanfälligen W. v. Kelvedon, St. Fl., Bördi sowie von Frühe Harzerin.

Der folgende einfache Versuch unterstrich die Annahme, daß die Aktivitätssteigerung vom Ausmaß der Erkrankung abhängt. Von ungleich infizierten Kotyledonenpaaren wurden die jeweils schwächer infizierten von den stärker infizierten Keimblättern getrennt und mit der normalen durchschnittlichen Probenahme verglichen. In den schwach infizierten Keimblättern fanden wir eine niedrigere und in den stark infizierten eine höhere Aktivität (Tab. 1). Das aus beiden Werten errechnete Mittel kommt bei allen drei geprüften Sorten dem Wert aus der normalen Probenahme sehr nahe. Die auffallend geringe Aktivitätserhöhung in den Kotyledonen der Sorte Graue Buntblühende, die auf den durch die leucoanthocyanhaltige Testa verursachten, hier mangelhaften In-

fektionserfolg zurückzuführen ist, entspricht ebenfalls dieser Feststellung (vgl. Abb. 1).

Da es von Interesse schien, welchen Veränderungen die PO-Aktivität im Verlaufe der ersten Keimtage unterliegt und wie sich die Aktivitätssteigerung nach der Infektion entwickelt, wurden für hierzu durchgeführte Versuche die hochanfällige Bördi und der relativ widerstandsfähige Stamm SE ausgewählt; beide lieferten gesunde und wüchsige Kontrollsämlinge.

Das unterschiedliche Verhalten von Bördi und SE nach der Infektion war bezeichnend: Bei Bördi traten bereits 24 h nach der Infektion eben sichtbare hellbraune, punktförmige Läsionen an der oberen Wurzelhälfte auf, die an den folgenden Tagen zu braunen Flächen zusammenfloßen, die ständig größer wurden. Nach 48 h hatten die Konidien die Samenschalen durchwachsen, so daß zu dieser Zeit punktförmige Infektionsherde auf den Kotyledonen sichtbar wurden. Auch hier breiteten sich die Läsionen im Laufe der folgenden Tage rasch zu großen braunen Flächen aus. Nach 8 Keimtagen verfäulten, beschleunigt durch Sekundärinfektionen, bei mehr als 50% der fußkranken Keimlinge die Wurzeln und Keimblätter. Die Bestimmung der PO-Aktivität erschien daher nur bis zum 9. Keimtag zweckmäßig. Bei dem Stamm SE wurden erst nach 48 h punktförmige Infektionsstellen an der oberen Wurzelhälfte und sehr vereinzelt an den Keimblättern sichtbar. Im Verlaufe der folgenden Tage machte die Fußkrankheit nur langsame Fortschritte, so daß die Läsionen bei der Mehrzahl der Keimlinge im wesentlichen ihren punktförmigen Charakter behielten.

Die Veränderungen der PO-Aktivität während der Keimung verliefen bei beiden Sorten weitgehend übereinstimmend. Die Aktivität stieg in den Wurzeln von 4. zum 9. Keimtag relativ gleichmäßig auf das ca. 2,5–3fache an. In den Sprossen erfolgte ein bedeutender Anstieg auf das ca. 2fache nur zwischen dem 4. und 6. Keimtag; in den Kotyledonen blieb die Aktivität ohne erwähnenswerte Veränderung (Tab. 2).

Die Fußinfektion führte bei den beiden Sorten zu einer bemerkenswert unterschiedlichen Reaktion: Während in den Wurzeln der anfälligen Bördi die Aktivität zügig anstieg — vor allem zwischen dem 3. und 4. Tag nach der Infektion — und am 9. Keimtag (= 5. d. p. i.) rund 280% der gesunden Kontrolle erreichte, hatte sie in den Wurzeln der widerstandsfähigen SE 3 Tage p. i. ihr Maximum von ca. 170% und blieb annähernd auf diesem Wert, bzw. schien sich am 9. Keimtag ein schwaches Absinken abzuzeichnen. In den Sprossen war die Aktivität postinfektionell sowohl bei Bördi als auch bei SE bereits nach 48 h auf ca. 150% gesteigert. Während sie bei der Bördi ohne wesentliche Veränderung blieb, sank sie bei SE bis zum 4. Tag p. i. auf rund 110% ab. In den Kotyledonen stieg die Aktivität bei Bördi — der raschen Ausbreitung der Fußkrankheit entsprechend — bis zum 4. Tag p. i. auf fast 320% an. In den wesentlich schwächer befallenen Keimblättern der SE erfolgte der Anstieg

Tabelle 1. Die Peroxydase-Aktivität in den Kotyledonen 7 Tage alter Keimlinge (= 4 Tage p. i.) in Abhängigkeit vom Ausmaß der Erkrankung.

Sorten	normale Probenahme		ungleich infizierte Kotyledonenpaare		
	gesund (K)	infiziert (= % K)	schwach infiziert (= % K)	stark infiziert (= % K)	\bar{x} (= % K)
Kelvedon	8,8 ± 0,1	14,5 ± 0,1 (165)	10,8 ± 0,1 (123)	16,4 ± 0,2 (186)	13,6 (155)
Bördi	11,1 ± 0,1	22,8 ± 0,4 (205)	14,5 ± 0,1 (131)	27,7 ± 0,2 (250)	21,1 (190)
Maiperle	7,1 ± 0,1	15,7 ± 0,2 (221)	11,5 ± 0,2 (162)	19,1 ± 0,2 (269)	15,3 (215)

mg oxydierte Ascorbinsäure / min / g Frischgewicht

Tabelle 2. Die Veränderung der Peroxydase-Aktivität in gesunden und fußkranken Keimlingen während der Keimung.

	Sorte/Stamm	4. (Infektion)	6.	7.	8.	9. Keimtag
Wurzeln	Bördi K I = % K	5,9 ± 0,1	9,2 ± 0,0 16,5 ± 0,1 179	11,2 ± 0,0 22,1 ± 0,0 197	13,4 ± 0,2 35,3 ± 0,0 263	14,8 ± 0,2 41,9 ± 0,3 283
	St. SE K I = % K	5,2 ± 0,0	11,7 ± 0,0 17,9 ± 0,2 153	14,0 ± 0,1 23,5 ± 0,2 168	15,7 ± 0,3 26,1 ± 0,3 166	16,9 ± 0,3 26,9 ± 0,3 159
Sprosse	Bördi K I = % K	3,8 ± 0,0	7,0 ± 0,0 10,6 ± 0,0 151	7,2 ± 0,1 9,5 ± 0,0 132	7,8 ± 0,1 11,8 ± 0,2 151	—
	St. SE K I = % K	5,2 ± 0,0	10,7 ± 0,1 15,9 ± 0,1 149	10,7 ± 0,0 12,9 ± 0,2 121	12,7 ± 0,3 14,1 ± 0,2 111	—
Kotyledonen	Bördi K I = % K	8,7 ± 0,0	7,6 ± 0,1 9,6 ± 0,0 126	7,1 ± 0,2 14,3 ± 0,3 201	8,3 ± 0,2 26,4 ± 0,2 318	—
	St. SE K I = % K	5,4 ± 0,0	4,0 ± 0,1 5,5 ± 0,1 138	4,5 ± 0,1 6,0 ± 0,0 133	5,0 ± 0,1 8,5 ± 0,1 170	—

mg oxydierte Ascorbinsäure / min/g Frischgewicht; K = gesunde Kontrolle; I = infiziert

erheblich langsamer und erreichte zum gleichen Zeitpunkt nur 170% der Kontrolle. Die gleiche Tendenz der PO-Veränderung wurde in zwei weiteren Versuchsserien festgestellt.

Die Polyphenoloxydase-Aktivität

Einige Vorversuche wiesen bereits auf eine außerordentlich geringe PPO-Aktivität in den Erbsenkeimlingen hin, so daß eine bedeutende Rolle in resistenzphysiologischer Hinsicht schon aus diesem Grunde nicht zu erwarten war. Deshalb wurde die Aktivität auch nur bei 5 unterschiedlich anfälligen Sorten in 7 Tage alten, gesunden und fußkranken Keimlingen untersucht (Abb. 2). Da sich die PPO-Aktivität lediglich zwischen 0,2 und 1,0 mg Purpurgallin / 10 min / g Frischgewicht bewegte, sind die teilweise erheblichen Differenzen zwischen den 4 Versuchsserien verständlich. Die relativ höchsten Werte wurden im Gegensatz zur PO-Aktivität in den Sprossen gefunden; zwischen den Wurzeln und Kotyledonen fanden wir keine wesentlichen Unterschiede. Durch die Fußinfektion wurde die Aktivität in den Kotyledonen auf ca. 200–300%, in den Wurzeln auf ca. 150–200% der gesunden Organe erhöht. In den Sprossen war die Aktivität der PPO ähnlich wie die der PO nur wenig oder nicht gesteigert; als Sonderfall erwies sich die Maiperle, bei der sich in allen 4 Versuchsserien eine geringe Verminderung der Aktivität nachweisen ließ. Weder die geringfügigen Sortenunterschiede bei den gesunden Keimlingen noch die Aktivitätsveränderungen infolge der Fußinfektion deuten, soweit das aus dem Vergleich von nur 5 Sorten geschlossen werden kann, in irgendeiner Weise auf Beziehungen zur Resistenzabstufung hin.

Diskussion

Die Intensivierung des Atmungsstoffwechsels und die damit verbundene Veränderung der Aktivität

von Oxydoreduktasen ist als allgemeine Folge der Infektion der Pflanzen schon seit einiger Zeit aus einer Reihe von Beobachtungen bekannt und wiederholt zusammenfassend dargestellt worden (vgl. GÄUMANN 1951, FARKAS u. KIRALY 1958, EBERHARDT 1960). Wir können uns daher hier auf einige neuere Ergebnisse beschränken.

In der Regel führt die Infektion zur Aktivitätserhöhung der Oxydoreduktasen, von denen vor allem

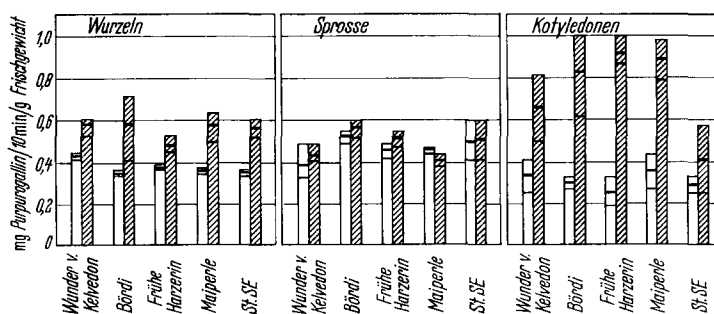


Abb. 2. Die Polyphenoloxydase-Aktivität in 7 Tage alten, gesunden und fußkranken Keimlingen unterschiedlich anfälliger Erbsensorten (Abstufung der Anfälligkeit vgl. Abb. 1). Links gesunde Kontrollen, rechts infiziert (am 4. Keimtag); Extrem- und Mittelwerte aus 4 Versuchsserien.

die Polyphenol- und Cytochromoxydasen, Peroxydasen und Katalasen untersucht wurden. Wie wir feststellen konnten, wird auch in den Organen der Erbsenkeimlinge die Aktivität der hier in beträchtlichen Mengen vorkommenden Peroxydase wie auch die der allerdings nur minimal vorhandenen Polyphenoloxydase durch die Fußinfektion mit *Ascochyta pinodella* teilweise erheblich gesteigert. In gewisser Übereinstimmung mit unseren Beobachtungen fanden z. B. HERRMANN (1957) und BÖTTCHER (1961) in frischen Gemüseerbsen ebenfalls eine relativ hohe Peroxydase-, aber keine nachweisbare Polyphenoloxydase-Aktivität. Auch in anderen gesunden Leguminosen scheint die PPO nur eine untergeordnete Rolle zu spielen. So ist sie z. B. in den Hypokotylen

von *Phaseolus vulgaris* L. ('Red Kidney') nicht oder kaum nachweisbar (BATEMAN u. MAXWELL 1965); die Infektion mit *Rhizoctonia solani* führt jedoch zu einem beträchtlichen Aktivitätsanstieg. In den Blättern der Luzerne ist ebenfalls erst nach der Infektion mit *Ascochyta imperfecta* eine starke PPO-Aktivität nachweisbar; gleichzeitig steigt die PO-Aktivität auf das 3–6fache an (HANCOCK u. MILLAR 1965). Eine 50%ige Aktivitätserhöhung der PO infolge der Infektion mit *Uromyces phaseoli* fanden weiterhin STAPLES u. STAHMANN (1964) in den Primärblättern von *Phaseolus vulgaris*.

Während sich in diesen und anderen Untersuchungen eine weitgehende Gleichsinnigkeit in den Ergebnissen, nämlich in der Bestätigung des intensivierenden Einflusses von Infektionen auf die Aktivität der Oxydoreduktasen zeigt, führten die Versuche, korrelative Beziehungen zwischen dem Resistenzgrad und den sortenspezifischen präinfektionellen bzw. den postinfektionell ebenfalls sortenspezifisch gesteigerten Fermentaktivitäten zu finden, zu differenzierten und sich teilweise widersprechenden Ergebnissen. So wurde z. B. bei Kartoffelsorten von KEDAR (1959) und UMAERUS (1959) eine positive Korrelation zwischen der relativen *Phytophthora*-Resistenz und der PO-Aktivität gefunden und die PO-Bestimmung als Resistenz-Schnelltest in Erwägung gezogen. HENNIGER u. BARTEL (1963) konnten jedoch derartige Zusammenhänge nicht bestätigen. Unterdessen fanden SAKAI u. a. (1964) erneut eine gewisse Korrelation zwischen *Phytophthora*-Resistenz und der PO- sowie PPO-Aktivität. Daß die Verhältnisse offenbar komplizierter sind, als ursprünglich zu vermuten war, und mit recht variablen Resistenzzusammenhängen zu rechnen ist, zeigen u. a. die Untersuchungen von PATIL u. a. (1964) zur *Verticillium*-Resistenz des Wurzelsystems verschiedener Kartoffelsorten. Die Autoren fanden hier die höchste PPO-Aktivität in der anfälligsten Sorte. Andererseits wurden aber zwischen der Schorf-Resistenz der Kartoffel und dem Phenoloxydase-Gehalt (HOLM u. ADAMS 1960) wie auch zwischen der *Botrytis*-Resistenz des Samenkapselgewebes von *Ricinus*-Sorten und der PO- und PPO-Aktivität (THOMAS u. ORELLANA 1964) keine Beziehungen gefunden. Eine Koppelung von Resistenz und postinfektioneller Fermentaktivierung fanden z. B. MENON u. SCHACHINGER (1957) bei mit *Fusarium ox. lycopersici* Sacc. infizierten Tomatenpflanzen; die widerstandsfähigere Sorte unterschied sich von einer anfälligeren durch eine stärkere PPO-Aktivierung. Eine besonders hohe PO-Aktivierung wiesen außerdem KRZYWANSKY u. BORIS (1964) in mit *Phytophthora*-Toxinen behandelten Blättern einer widerstandsfähigen Kartoffelsorte nach.

Nach unseren Untersuchungen existiert bei der Erbse weder zwischen den Sortenunterschieden der PO-Aktivität in gesunden Keimlingen noch zwischen der sortenspezifisch parasitogen gesteigerten Aktivität und der Fußkrankheitsresistenz eine Beziehung. Das gleiche trifft auch für die PPO-Aktivität zu, die aber schon nach ihren verschwindend geringen Werten als belanglos gelten kann. Die PO-Aktivität ist im wesentlichen bei den anfälligen Sorten am stärksten erhöht. Die Ursache dafür ist jedoch — worauf verschiedene Beobachtungen hindeuten — vor allem

das hohe Ausmaß der Erkrankung. Die PO-Bestimmung als Resistenz-Schnelltest ist demnach für Erbsenzuchtstämme zumindest in bezug auf die Fußkrankheitsanfälligkeit ungeeignet. Zu dem gleichen negativen Ergebnis gelangten auch BRUMSTEIN u. METLITZKI (1963) in bezug auf die *Botrytis*-Resistenz von Kopfkohlsorten.

Im Gegensatz zur weitgehenden Bedeutungslosigkeit der Höhe der gemessenen PO-Werte scheint die Entwicklungstendenz der gesteigerten Aktivität auf gewisse Zusammenhänge mit der unterschiedlichen Anfälligkeit hinzuweisen. Bei der hochanfälligen Sorte Bördi steigt die PO-Aktivität p. i., der raschen Entwicklung der Fußkrankheit entsprechend, in Wurzeln und Kotyledonen zügig an und bleibt auch in den Sprossen ohne wesentliche Veränderung erhöht. In den Wurzeln des relativ widerstandsfähigen Stammes SE stagniert dagegen die Aktivität nach einer Anfangssteigerung bzw. es zeichnet sich eventuell eine leicht fallende Tendenz ab, die in den Sprossen nach einem ähnlichen Anfangsanstieg sogar sehr deutlich wird. In den Kotyledonen der SE erfolgt eine vergleichsweise langsame und geringe Aktivierung. Insgesamt scheint die Entwicklung der PO-Aktivierung in den fußkranken Bördi-Keimlingen der offenbar ungehinderten Ausbreitung der Krankheit zu entsprechen, die zum baldigen Absterben der Keimlinge führt. Bei dem Stamm SE scheint dagegen die Infektion unter Kontrolle gebracht bzw. überwunden zu werden. Inwieweit sich die gleiche Tendenz auch bei anderen Sorten nachweisen läßt und welche Rolle vor allem die Peroxydase in späteren Entwicklungsstadien der Erbsenpflanze z. B. hinsichtlich der Brennfleckenerkrankung spielt, bleibt noch zu untersuchen.

Zusammenfassung

In Wurzeln, Sprossen und Kotyledonen von 7 Tage alten Erbsenkeimlingen wurde eine beträchtliche Peroxydase-, aber nur eine minimale Polyphenoloxydase-Aktivität gefunden. Zwischen den Sortenunterschieden und der Fußkrankheitsresistenz besteht kein Zusammenhang. In den Organen von gleichalten, mit *Ascochyta pinodella* infizierten Keimlingen sind die Enzymaktivitäten erhöht. Zwischen der postinfektionellen, sortenverschiedenen Fermentaktivierung und dem Resistenzgrad besteht ebenfalls keine eindeutige Beziehung. Der Peroxydase-Test ist zur Selektion *Ascochyta*-resistenter Erbsenstämme nicht anwendbar.

Weiterhin wurde die Veränderung der Peroxydase-Aktivität und die postinfektionelle Entwicklung der Aktivitätssteigerung im Verlaufe der Keimung bei einer hochanfälligen Sorte (Bördi) und bei einem relativ widerstandsfähigen Stamm (SE) untersucht. Die Veränderung der Aktivität in gesunden Keimlingen erfolgt bei Bördi und SE im wesentlichen übereinstimmend. Beide unterscheiden sich jedoch deutlich in der Entwicklung der parasitogen gesteigerten Aktivität.

Literatur

1. BATEMAN, D. F., and D. P. MAXWELL: Phenoloxidase activity in extracts of *Rhizoctonia solani*-infected hypocotyls of bean and its distribution in relation to lesion areas. *Phytopathology* 55, 127 (1965). — 2. BOEREMA, G. H., M. M. J. DORENBOSCH and L. LEFFRING: A comparative study of the black stem fungi on lucerne and

red clover and the footrot fungus on pea. *Neth. J. Plant Path.* **71**, 79–89 (1965). — 3. BÖTTCHER, H.: Die Aktivität der Peroxydase und Polyphenoloxydase in frischem Gemüse. *Z. Lebensm.-Unters. u. -Forsch.* **115**, 527–534 (1961). — 4. BRUMSTEIN, W. D., u. L. W. METLITZKI: Anwendung eines biochemischen Verfahrens bei der Auswahl von Pflanzen zur Erhöhung ihrer Resistenz gegenüber Mikroorganismen. *Dokl. Akad. Nauk SSSR* **149**, 1197–1199 (1963). — 5. CLAUS, E.: Über physiologische Ursachen der *Ascochyta*- und *Mycosphaerella*-Resistenz der Erbse (*Pisum sativum* L.). Die phenolischen Inhaltsstoffe der Samenschale und ihre Bedeutung für die Fußinfektion. *Der Züchter* **33**, 323–337 (1963). — 6. EBERHARDT, F.: Der Einfluß von mechanischer Beanspruchung, Verletzung und Infektion auf die Atmung. In: *Handbuch der Pflanzenphysiologie*, herausgeg. von W. RUHLAND, Band XII/2, 388–415, Berlin 1960. — 7. FARKAS, G. L., and Z. KIRALY: Enzymological aspects of plant diseases. I. Oxidative enzymes. *Phytopath. Z.* **31**, 251–272 (1958). — 8. GÄUMANN, E.: Pflanzliche Infektionslehre. Basel 1951. — 9. HANCOCK, J. G., and R. L. MILLAR: Influence of infection by *Ascochyta imperfecta* on the concentration of certain oxidative enzymes in alfalfa leaves. *Phytopath. Z.* **54**, 53–59 (1965). — 10. HENNIGER, H., u. W. BARTEL: Die Eignung des Peroxydaseaktivitäts-Testes zur Bestimmung der „relativen *Phytophthora*-Resistenz“ (Feldresistenz) bei Kartoffeln. *Der Züchter* **33**, 86–91 (1963). — 11. HERRMANN, K.: Über Oxydationsfermente und phenolische Substrate in Gemüse und Obst. II. Mitt. Über den Gehalt des Gemüses an Peroxydase und o-Polyphenoloxydase. *Z. Lebensmittel-Unters. u. -Forsch.* **106**, 451–454 (1957). — 12. HOLM, E. T., and A. P. ADAMS: An investigation of the relationship of the chlorogenic acid and

phenol oxidase content of a potato variety and its resistance to common scab. *Enzymologia* (Den Haag) **22**, 245–250 (1960). — 13. KEDAR, N.: The peroxidase test as a tool in the selection of potato varieties resistant to late blight. *Amer. Potato J.* **36**, 315–324 (1959). — 14. KRZYWANSKY, Z., and M. BORIS: The influence of „toxins“ produced by *Phytophthora infestans* d. By. on the enzyme activity of leaves of late blight resistant and susceptible potato varieties. *Phytopath. Z.* **51**, 262–266 (1964). — 15. LYS, H.: Ein neues Peroxydase-Bestimmungsverfahren. *Biochem. Z.* **329**, 91–96 (1957). — 16. MENON, R., und L. SCHACHINGER: Die Rolle des Phenols bei der Widerstandsfähigkeit von Tomatenpflanzen gegen Infektionen. *Ber. dtsh. Bot. Ges.* **70**, 11–20 (1957). — 17. PATIL, S. S., R. L. POWELSON and R. A. YOUNG: Relation of chlorogenic acid and free phenols in potato roots to infection by *Verticillium albo-atrum*. *Phytopathology* **54**, 531–535 (1964). — 18. SAKAI, R., K. TOMIYAMA and T. TAKEMORI: Relation between physiological factors related to phenols and varietal resistance of potato plant to late blight. II. Experiments with the potato tubers. *Ann. phytopath. Soc. Jap.* **29**, 120–127 (1964). — 19. STAPLES, R. C., and M. A. STAHMANN: Changes in proteins and several enzymes in susceptible bean leaves after infection by the bean rust fungus. *Phytopathology* **54**, 760–764 (1964). — 20. THOMAS, C. A., and R. G. ORELLANA: Phenols and pectin in relation to browning and maceration of castorbean capsules by *Botrytis*. *Phytopath. Z.* **50**, 359–366 (1964). — 21. UMAERUS, V.: The relationship between peroxidase activity in potato leaves and resistance to *Phytophthora infestans*. *Amer. Potato J.* **36**, 124–131 (1959). — 22. WILLSTÄTTER, R., und A. STOLL: Über die Peroxydase. *Liebigs Ann. Chem.* **416**, 21–64 (1918).

Zur „Immunität“ der Sorte Saco gegenüber dem S-Virus der Kartoffel

M. VULIČ und W. HUNNIUS

Bayerische Landessaatzuchtanstalt, Weihenstephan

On the „immunity“ of the variety Saco to potato virus S.

Summary. During a breeding program for resistance to virus S, started in 1962, the immunity of the variety Saco to virus S was checked once again. The test was carried out both by rubbing in a sap containing virus S and by grafting a virus-S-infected scion of a susceptible variety. After rubbing in the virus containing sap no detectable virus multiplication could be observed, however in the first year's offspring 2 of 16 plants were infected, in the offspring of the second year no more virus S could be detected. Infection by grafting showed multiplication of virus S in 4 of 8 plants already in the year of infection. In the first generation 7 of 8 plants proved infected. The offspring of the second year also showed a reduction of virus S concentration and in number of virus S infected plants. In accordance with BAGNALL (1965) the performed trials show that the variety Saco possesses no immunity but a high degree of resistance to virus S.

In der Kartoffelzüchtung gewinnt in letzter Zeit die Resistenz gegenüber dem S-Virus zunehmend an Bedeutung. Daher wurde im Jahre 1962 an der Bayerischen Landessaatzuchtanstalt ein Programm zur Resistenzzüchtung bei S-Virus in Angriff genommen. Da im deutschen Kulturkartoffelsortiment nach bisher durchgeführten eigenen, noch unveröffent-

lichten Ergebnissen nur mit einer Infektionsresistenz gegenüber dem S-Virus zu rechnen ist, wurde auch die Sorte Saco als Kreuzungspartner verwendet, über deren Eignung BAGNALL und YOUNG (1959, 1960) berichten. Die Sorte Saco wurde bisher als immun gegenüber dem S-Virus angesehen (BAGNALL, LARSON und WALKER 1956, ALFIERI und STOUFFER 1957, BAGNALL, WETTER und LARSON 1959). Auf Grund neuerlicher Untersuchungen kommt BAGNALL (1965) jedoch zu dem Ergebnis, daß die Sorte Saco keine Immunität, sondern nur einen hohen Grad von Resistenz besitzt. Bei Pfropfung mit S-Virus verseuchten Reisern erzielte BAGNALL eine Verseuchung der als Unterlage verwendeten Saco-Pflanzen. In ähnlichen Versuchen konnte von LARSON und OSHIMA (1959) ein Vordringen des S-Virus aus den verseuchten Reisern in die Wurzel der Saco-Unterlage festgestellt werden.

Im Zuge unserer Züchtungsarbeiten wurde ebenfalls der Immunität der Sorte Saco nachgegangen.

Im Jahre 1964 wurden 24 Pflanzen der Sorte Saco (4.–5. Blattstadium) in 3 Gruppen zu je 8 virusfreien Pflanzen nach folgendem Plan zu infizieren versucht:

Gruppe 1 Abreibung von je 2 Blättern je Pflanze mit S-virushaltigem Preßsaft;