

## Faszination Bioforschung: Das Immunsystem von Pflanzen anregen

Beitrag zur Medienkonferenz Faszination Bioforschung  
vom 31.1.2001

Beitrag von Dr. Lucius Tamm, Phytopathologe, FiBL

Pflanzen können sich aktiv gegen Krankheitsbefall wehren; sie haben Abwehrkräfte, die sie mobilisieren können. Wo der Mensch zielgerichtet versucht, diese Abwehrkräfte anzuregen, zu fördern, die Pflanze gleichsam zu «impfen», spricht man von induzierter Resistenz.

Mechanismen der induzierten Resistenz können nach einer Behandlung der Pflanze mit geeigneten mikrobiologischen oder chemischen Mitteln wirksam werden. Zuerst wird induzierte Resistenz in der Regel an der behandelten Stelle beobachtet, man spricht von lokaler induzierter Resistenz (local acquired resistance). Einige Zeit später lassen sich Abwehrmechanismen auch auf entfernteren Pflanzenteilen feststellen. In diesem Falle handelt es sich um systemische induzierte Resistenz (systemic acquired resistance) (Agrios 1988).

Wegbereitend für die Erforschung des Phänomens der induzierten Resistenz war zu Beginn der 80er Jahre ein Experiment, das mit Gurke und dem Erreger *Colletotrichum lagenarium* durchgeführt wurde: Bei der einen Gurkenpflanze wurde das unterste Blatt infiziert, eine Kontrollpflanze blieb unbehandelt. Nach einer Woche wurden die ganzen Pflanzen mit einer krankheitserregenden Sporensuspension behandelt. Nach Ablauf einer weiteren Woche zeigte sich, dass die bereits infizierte Pflanze keine weiteren Infektionsstellen aufwies, während die Kontrollpflanze mit Infektionsstellen übersät war. Die Forscherinnen und Forscher schlossen daraus, dass die erste Infektion Prozesse ausgelöst hatte, die zur Resistenzbildung in den anderen Blättern führte.

Inzwischen ist klar, dass Pflanzen sich aktiv gegen Krankheitsbefall wehren können. Die induzierten Gurkenpflanzen waren gegen mindestens 13 Krankheitserreger immun. Verschiedene Forschungsgruppen trugen in der Folge zum besseren Verständnis der Prozesse bei (Reviews siehe Kessmann et al. 1994a; Kessmann et al. 1994b; Uknes et al. 1995).

---

### Merkmale und Mechanismen

Nach einer Infektion mit einem Krankheitserreger zeigen Pflanzen verschiedene Abwehrmechanismen. Als erstes tritt oft das spontane Absterben der befallenen Zellen auf. Dadurch soll dem Krankheitserreger die Lebensgrundlage entzogen werden. Dieses Phänomen wird als hypersensitive Reaktion bezeichnet. Später werden Phytoalexine\* gebildet, die den Krankheitserreger eingrenzen und abtöten.

Das rechtzeitige Erkennen eines Angriffs durch einen Erreger spielt eine entscheidende Rolle. Die induzierte Resistenz, so wird vermutet, basiert hauptsächlich auf der Aktivierung der pflanzeigenen Erkennungssysteme und rechtzeitigen Bildung von Phytoalexinen. Sofern die Wirtspflanze einen Angriff rechtzeitig erkennt, kann sie die Infektionsstelle isolieren und die weitere Ausbreitung der Krankheit stoppen. Welche Stoffe für das systemische Signal in der Pflanze zuständig sind, ist nicht bekannt. Man hat jedoch zeigen können, dass Acetylsalicylsäure an der Übertragung des Signals beteiligt ist (Ryals et al. 1996).

Mit der Resistenzinduktion geht eine Akkumulation von besonderen Proteinen, sogenannten pathogenesis-related proteinen einher. Einige dieser Proteine wurden als  $\beta$ -1,3-Glucanasen, Chitinasen und Thaumatin-ähnliche Proteine identifiziert. Das sind Enzyme, die pilzliche oder bakterielle Zellwände abbauen können.

Histologische Studien haben ferner gezeigt, dass in induzierten Gurken die Penetration durch die Krankheitserreger gehemmt wird. Es wird daher angenommen, dass die Bildung von Papilla \*\* und die Verholzung der Zellwände mit induzierter Resistenz in Zusammenhang stehen (Kessmann et al. 1994b).

---

## **Resistenzinduktoren**

Mikroorganismen, mikrobielle Extrakte oder chemische Substanzen, die Resistenzen induzieren können, nennt man Induktoren. Mikrobiologisch kann zum Beispiel durch die Behandlung der Pflanze mit einem nicht virulenten Stamm des Krankheitserregers oder durch eine Infektion mit dem Krankheitserreger selbst Resistenz induziert werden. So lassen sich etwa Kartoffeln durch eine lokale Präinfektion mit dem harmlosen Pilz *Phytophthora cryptogea* induzieren. Sie sind in der Folge tolerant gegen den krankheitserregenden Pilz *Phytophthora infestans* und gegen das Bakterium *Erwinia carotovora* (Dutton et al. 1997). Maispflanzen kann man mit einer gutartigen Variante des Krankheitserregers *Cochliobolus carbonum* induzieren. Sie zeigen in der Folge Resistenz gegen diesen Erreger, der die Helminthosporium-

Blattflecken verursacht (Cantone und Dunkle 1990a; Cantone und Dunkle 1990b). In anderen Studien konnte mit wachstumsfördernden Rhizobakterien Resistenz induziert werden. Dieser Ansatz besteht insofern, dass Krankheitsregulierung und Förderung der Pflanzengesundheit mit ein und derselben Behandlung erfolgen können.

Sowohl mikrobiologische als auch chemische Induktoren greifen in die noch wenig verstandene Signalkette in der Pflanze ein. Der erste solche Stoff, mit dem die Signalkette künstlich in Gang gesetzt werden konnte, war Acetylsalicylsäure. Diese Verbindung wird von den Pflanzen allerdings schlecht aufgenommen, wenn man sie äusserlich auf das Pflanzengewebe spritzt. Ferner zeigt Acetylsalicylsäure starke toxische Wirkungen auf zahlreiche Pflanzen.

Weitere chemische Verbindungen, mit denen in Pflanzen Resistenz induziert werden kann, sind 2,6-Dichlor-Isonicotinsäure und ihr Methylester, die beide unter dem Namen INALaufen (Kessmann et al. 1994a). Der Resistenzinduktor Benzo[1,2,3]thiadiazol-7-Thiocarbonsäure-S-Methylester wurde von Ciba-Geigy (heute Syngenta) entwickelt. Er wurde Mitte der neunziger Jahre unter dem Handelsnamen Bion von der Herstellerfirma intensiv gefördert. Bion zeigt laut Forschungsberichten alle Eigenschaften eines chemischen Resistenzinduktors (CIBA 1995).

Ferner werden die Wirkungen des möglichen Resistenzinduktors PEN am Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL) erforscht. PEN ist ein wässriger Extrakt aus Zellwandbestandteilen des Pilzes *Penicillium chrysogenum*. Bisher konnte gezeigt werden, dass PEN als physiologische Barriere gegen Krankheitserreger wirkt und in Tomaten, Gurken und Reben – zumindest lokal – auch Resistenz induzieren kann (Rentsch 1998). Ob durch PEN auch systemische Resistenzmechanismen induziert werden, ist Gegenstand laufender Forschungsprojekte des FiBL.

---

## **Potenzial**

Das Konzept der induzierten Resistenz basiert vollständig auf natürlichen, in der Pflanze vorhandenen Abwehrmechanismen. Induzierte Resistenz kann die Anfälligkeit herkömmlicher Sorten reduzieren, womit sich ein gewisses Mass an Ertragssicherheit gewinnen lässt. Bestechend, obwohl noch weitgehend unverstanden, ist das Konzept der Resistenzinduktion über den Boden. Dieser Ansatz nimmt einen der grundlegendsten Gedanken der biologischen Anbauweise auf, nämlich die Produktion gesunder Pflanzen auf einem nachhaltig tragfähigen Boden. Dabei wird der Boden als vielseitiges ökologisches System verstanden.

Das grosse Potenzial der Resistenzinduktion erfordert eine starke Intensivierung der Forschung auf diesem Gebiet, um die hier ineinander greifenden Mechanismen besser zu verstehen und geeignete Präparate zu finden.

---

## Anmerkungen

\* Der Begriff Phytoalexine bezeichnet eine Vielzahl von Verbindungen, die von Pflanzen als Reaktion auf Krankheitsbefall gebildet werden. Häufig haben diese Substanzen eine fungizide Wirkung.

\*\* Lokale Verdickungen der Zellwände

---

## Literatur

- Agrios G.N. (1988): Plant Pathology. San Diego, 803 S.
- Cantone F.A. & Dunkle L.D. (1990a): Involvement of an inhibitory compound in induced resistance of maize to *Helminthosporium carbonum*. *Phytopathology*, 80 (11), 1225–1230
- Cantone F.A. & Dunkle L.D. (1990b): Resistance in susceptible maize to *Helminthosporium carbonum* race 1 induced by prior inoculation with race 2. *Phytopathology*, 80 (11), 1221–1224
- CIBA (1995): CGA 245704 – A Plant Activator for Disease Protection. Basel, Juni 1995, Technical Data Sheet
- Dutton M.V., Rigby N.M. & Macdougall A.J. (1997): Induced resistance to *Erwinia carotovora* ssp. *atroseptica*, through the treatment of surface wounds of potato tubers with elicitors. *Journal of Phytopathology*, 145 (4), 163–169
- Kessmann H., Staub T., Hofmann C., Maetzke T. & Herzog J. (1994a): Induction of systemic acquired disease resistance in plants by chemicals. *Annual Review of Phytopathology*, 32, 439–459
- Kessmann H., Staub T., Ligon J., Oostendorp M. & Ryals J. (1994b): Activation of systemic acquired disease resistance in plants. *European Journal of Plant Pathology*, 100, 359–369
- Rentsch C. (1998): Induced Resistance Caused by PEN in Tomato (*Phytophthora infestans*), Cucumber (*Colletotrichum lagenarium*/*Pseudoperonospora cubensis*/*Erysiphe* sp.) and Grapevine (*Plasmopara viticola*). Diplomarbeit, *Phytopathologie*, Botanisches Institut, Universität Basel, 65 S.
- Ryals J., Neuenschwander U.H., Willits M.G., Molina A., Steiner H.-Y. & Hunt M.D. (1996): Systemic Acquired Resistance. *The Plant Cell*, 8, 1809–1819
- Uknes S., Vernooij B., Williams S., Chandler D., Lawton K., Delaney T., Friedrich L., Weymann K., Negroto D., Gaffney T., Gut-Rella M., Kessmann H., Alexander D., Ward E. & Ryals J. (1995): Systemic Acquired Resistance. *HortScience*, 30 (5), 962–963

▲ nach oben

© 2008 FiBL Forschungsinstitut für biologischen Landbau

▶ [Fenster schließen](#) | ▶ [Drucken](#)