

REPONSES DES PLANTES A L'AGRESSION PARASITAIRE

Jean-Paul GEIGER

ORSTOM, Laboratoire de Phytopathologie
B.P. 5045 3400 Montpellier Cedex 1 France

Résumé: Chez la plante - tout comme chez les autres organismes vivants - la "maladie" est un événement exceptionnel, soit parce que l'agent potentiellement infectieux est incapable d'attaquer physiquement ou chimiquement les barrières préformées de la plante, soit que à une étape donnée de la pathogénèse, l'agent est reconnu comme agresseur et déclenche chez son hôte une réaction suffisamment forte pour le neutraliser.

La réaction des plantes est complexe; elle concerne des molécules résultant directement du métabolisme primaire - telles que les PR-protéines, des enzymes lytiques, des polypeptides capables d'inhiber l'activité des enzymes excrétées, in vivo, par l'agent pathogène ou encore des protéines modifiant la composition de la paroi cellulaire de la plante; elle concerne également des produits du métabolisme secondaire: polymères (lignine, subérine, callose) impliqués dans l'édification de barrières mécaniques ainsi qu'une grande variété de molécules organiques à effet antibiotique (phytoalexines) ou "imprégnant" les parois.

Il convient d'être très prudent avant d'affirmer qu'une modification du métabolisme de la plante est réellement assimilable à une réaction de défense et donc qu'elle conditionne ou, au minimum, qu'elle module la pathogénèse. Plusieurs critères sont à examiner, tels que:

- la **cinétique** d'apparition et de développement de la réaction: dans le cas d'une résistance induite le délai séparant l'attaque initiale de la mise en place des réactions est un facteur primordial; la plante (individu, cultivar ou variété) a d'autant plus de "chance" d'échapper au développement de l'infection que ce délai est plus court. Il peut être apprécié soit par dosage direct de la molécule étudiée (chimique ou enzymatique,... selon le cas), soit par estimation de l'apparition de mRNA lorsque les sondes adéquates sont disponibles;
- la **localisation** de la réaction: cette dernière, pour être efficace, doit se situer au niveau des points d'infection ou à proximité immédiate des agents pathogènes. Des techniques modernes, immunocytochimie dans le cas de molécules immunogènes, ou hybridation in situ, permettent de mener cette investigation au niveau non plus du tissu, mais de la cellule. Par ailleurs, la précision de cette recherche conduit à une meilleure estimation de la concentration réelle des molécules étudiées dans l'environnement immédiat du parasite;
- les **caractéristiques physico-chimiques** de la molécule elle-même (solubilité en milieu aqueux, par exemple).

In fine, la démonstration de l'implication réelle d'une molécule dans la pathogénèse passe par la voie génétique; c'est cette approche qui a fourni la preuve définitive du rôle de la pisatine en tant que facteur de résistance du pois vis à vis de parasites tels que *Fusarium solani*.

Si l'identification des molécules impliquées dans la résistance des plantes est toujours activement en cours, un autre aspect se développe depuis plusieurs années, relatif aux premières étapes, cruciales, de la pathogénèse: étape de la reconnaissance du pathogène par la plante, étape de transmission des signaux de cellule à cellule et, enfin, étape d'élicitation des mécanismes de défense d'une part (côté plante) et du "système d'agression" d'autre part

(côté parasite). Le développement du processus pathogénique est le résultat d'interactions complexes entre les deux protagonistes - plante et agent pathogène. La non-reconnaissance, par la plante, de l'agent pathogène en tant qu'agresseur - soit dès l'instant où le contact s'établit, soit dès la pénétration dans la plante - conduit au développement de l'infection. La reconnaissance (interaction positive entre le produit d'un gène de résistance et le produit d'un gène d'avirulence) conduit à l'élicitation de réactions de défense qui, si elles sont efficaces, aboutit à l'élimination de l'agent pathogène ou à son confinement. Ce schéma est le plus simple possible; le plus souvent il s'établit une succession d'actions et de réactions, la réponse de l'hôte induisant, chez le parasite, de nouvelles armes (enzymes de détoxification, suppresseurs de reconnaissance...) qui, elles-mêmes, élicitent de nouvelles réactions de défense. On assiste ainsi à un véritable "Kriegspiel" (war game) entre les protagonistes où le vainqueur sera: le plus rapide et/ou le plus puissant et/ou le plus subtil (dans la mesure où il disposera d'un plus large éventail d'armes ou de contre-mesures de défense) et/ou, degré de complexité supplémentaire, dans la mesure où il se trouvera dans l'environnement le plus favorable à la manifestation de ses potentialités, l'expression des gènes étant modulée par des facteurs de ce type (température, par exemple).

Abstract: *Illness is exceptional in plants, either because the potential pathogen cannot vanquish the plant's existing physical or chemical barriers or because at some stage of the pathogenesis, it is identified as an aggressor, which triggers a sufficiently strong neutralizing reaction in the host.*

Plant reactions involve the expression of proteins, such as the PR-proteins, lytic enzymes, polypeptide hormones capable of inhibiting the activity of the enzymes excreted in vivo by the parasite or some other proteins that alter the composition of the plant cell walls. It also concerns products from the secondary metabolism: polymers (lignin, suberin, callose) that contribute to the production of mechanical barriers, and a large variety of organic molecules that have an antibiotic effect (photoalexins) or that impregnate the cell walls.

Great caution is advised before asserting that a change in the plant metabolism can be considered to be a defence reaction, able to condition or at least modulate pathogenesis. Several criteria need to be considered e.g.:

- *the kinetics of the appearance and development of the reaction: in the case of induced resistance the time between the initial attack and the actual reaction is vital. The plant (individual, cultivar or variety) has a better chance of "escaping" infection if the reaction triggering time is shorter. It can be evaluated by direct measurement of the selected molecule, or in some cases by estimating the production of mRNA, if suitable probes are available;*
- *location of reaction: to be maximally effective, the reaction should be localized at the points of infection or near the pathogenic agents. Modern techniques, immunocytochemistry in the case of immunogenic molecules, or in situ hybridization now make it possible to investigate these phenomena at the cell level and allow a more accurate estimate of the real concentration of the relevant molecules in the parasite's immediate environment;*

- *physico-chemical characteristics of the molecule itself (solubility in a liquid medium for instance).*

Furthermore, the great precision of these methods lead to a better understanding of the molecular basis of pathogenesis. Nevertheless the genetic approach (classical or molecular) is the only one that can conclusively demonstrate the genuine involvement of a molecule in pathogenesis. This method was used to assess the importance of pisatine in the resistance of pea genotypes against attack by Fusarium solani.

Identifying molecules of importance to plant resistance is actively underway, but there is another aspect that has been under study for several years: the first, all-important phases of pathogenesis, the phases during which the plant "recognizes the pathogen, transmits signals from cell to cell, and finally activates its defence mechanisms, while the parasite activates its 'system of aggression'". The development of the pathogenic process is the result of complicated interactions between the two protagonists, the plant and the pathogen. If the plant does not recognize the pathogen as an aggressor, at the moment of contact or penetration into the plant, the infection will develop. Recognition (positive interaction between the product of a resistance gene and the product of an avirulence gene) leads to activation of defence reactions which, if they are effective, will manage to eliminate or confine the pathogen. This is the simplest pathway. More often that not, there is a succession of actions and reactions. The response of the host activates new "weapons" in the parasite (detoxification enzymes, recognition suppressors, etc.) which in turn trigger new defence reactions. The protagonists play a veritable war game, with the winner being the fastest and/or the mightiest, and/or the subtlest (if he has a large choice of weapons or counter-defence) and/or the one benefiting from the most favourable environment for the expression of the resistance gene.

**INTERACTIONS PLANTES
MICROORGANISMES**

**SENEGAL
FEBRUARY 1992**

ifs

Fondation Internationale pour la Science

INTERACTIONS PLANTES MICROORGANISMES

INTERACTIONS BETWEEN PLANTS AND MICROORGANISMS

**Compte rendu du séminaire régional organisé par
la Fondation Internationale pour la Science (IFS)
et l'Institut Français de Recherche Scientifique
pour le Développement en Coopération (ORSTOM)**

**Dakar, Sénégal
17-22 février 1992**

Organisateurs:

Fondation Internationale pour la Science (IFS)
Institut Français de Recherche Scientifique
pour le Développement en Coopération (ORSTOM)

Co-financé par:

Institut Français de Recherche Scientifique
pour le Développement en Coopération (ORSTOM)
Islamic Educational, Scientific and Cultural Organization (ISESCO)
Centre Technique de Coopération Agricole et Rurale (CTA)

Publié par:

Fondation Internationale pour la Science (IFS)
Grev Turegatan 19, 114 38 Stockholm, Sweden

Rédaction:

Judith N. Wolf

Les communications qui figurent dans cette publication ont été reproduites telles que soumises et n'ont pas été revues par des pairs, ni révisées du point de vue scientifique par la Fondation Internationale pour la Science (IFS). Les opinions exprimées n'engagent que les auteurs et pas la Fondation Internationale pour la Science (IFS).

La loi du 11 mars 1957 n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article 41, d'une part, que les "copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective" et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, "toute représentation ou reproduction intégrale, ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droits ou ayants cause, est illicite" (alinéa 1er de l'article 40). Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du Code Pénal.

ISBN: 91 85798 31 2