



International Institute of Tropical Agriculture (IITA)
Institut International d'Agriculture Tropicale (IITA)
Instituto Internacional de Agricultura Tropical (IITA)

Maladies du soja : biologie, identification et lutte

Chrysantus N. Akem

Research Guide
Guide de recherche
Guia de Pesquisa

40

Guide de recherche de l'IITA No. 40

Maladies du soja : biologie, identification et lutte

Chrysantus N. Akem

Novembre 1992

Institut international d'agriculture tropicale Tél.: 400300 - 318
Programme de la formation Télécopie: 874 - 1772276
PMB 5320 Câble: TROPFOUND Ikeja
Ibadan Tlx: 31417 + 31159 TROPB NG
Nigéria E-mail: Dialcom 157:CGI 072; Internet@CGNET.COM

Guides de recherche de l'IITA

Les guides de recherche de l'IITA informent et guident les chercheurs et techniciens engagés dans des activités de recherche essentielles pour le développement agricole. Ils peuvent être utilisés pour la recherche et la formation et sont périodiquement mis à jour afin de refléter l'évolution de la connaissance scientifique.

L'IITA autorise la reproduction de ce document à des fins non lucratives. Pour toute reproduction de nature commerciale, contacter le Service des publications de l'IITA.

Texte	:	Kehinde Jaiyeoba
Mise en page	:	Nancy Jadu
Traduction de l'anglais	:	Caroll Moudachirou
Coordination	:	Rainer Zachmann

Akem, C.N. 1992. Maladies du soja : biologie, identification et lutte. Guide de recherche de l'IITA No. 40. Programme de la formation, Institut international d'agriculture tropicale (IITA), Ibadan, Nigéria. 37 p.

Maladies du soja : biologie, identification et lutte

Objectif. Ce guide a pour objectif de vous permettre de :

- déterminer l'importance des maladies du soja;
- préciser les principes de gestion des maladies;
- protéger les cultures de soja des maladies;
- définir l'importance, les symptômes, le cycle pathologique et l'épidémiologie des maladies virales, bactériennes et cryptogamiques;
- reconnaître les nématodes pathogènes;
- lutter contre les maladies du soja.

Matériel nécessaire

- Données statistiques sur l'importance des maladies.
- Echantillons de végétaux infectés et infestés.
- Milieux de croissance.
- Microscopes.

Travaux pratiques

- Identifier les maladies en plein champ.
- Mettre en pratique et évaluer les méthodes de lutte.
- Isoler les maladies sur des milieux de croissance.
- Préparer des lames de microscope à partir des isolats.
- Faire la démonstration des méthodes de lutte.

Questionnaire

- 1 Où et quand la domestication du soja a-t-elle commencé ?
- 2 Combien d'agents pathogènes ont une importance économique dans les cultures de soja ?
- 3 De quels facteurs dépend la gravité des maladies du soja ?
- 4 Dans quelle mesure les maladies du soja réduisent-elles les rendements dans la plupart des zones de production ?
- 5 Quels sont les principes fondamentaux de la lutte contre les maladies ?
- 6 Sur quels facteurs faut-il baser le choix d'une stratégie de lutte donnée ?
- 7 Quelles sont les approches préconisées par l'exclusion ?
- 8 Quelles sont les maladies importantes du soja dont la propagation peut être limitée par exclusion ?
- 9 Quelles sont les méthodes impliquées dans l'éradication ?
- 10 Quelles sont les techniques impliquées dans la protection ?
- 11 Pourquoi la résistance spécifique à la race est-elle peu efficace ?
- 12 Définissez la protection intégrée.
- 13 Où est-ce que le traitement chimique des semences n'est pas nécessaire ?
- 14 Quelles sont les conditions qui, du stade R1 au stade R2, favorisent l'incidence des maladies ?
- 15 Quels agents pathogènes peut-on combattre à l'aide de fongicides appliqués au sol ?
- 16 Pourquoi faut-il limiter le recours aux nématoïdes ?
- 17 Quels sont les produits disponibles sur le marché pour la lutte biologique contre les maladies du soja ?

Maladies du soja : biologie, identification et lutte

- 1 Importance des maladies du soja**
- 2 Principes de gestion des maladies**
- 3 Protection**
- 4 Virus**
- 5 Maladies bactériennes**
- 6 Maladies cryptogamiques**
- 7 Nématodes**
- 8 Recherche future**
- 9 Bibliographie**

Résumé. Plus de 100 agents pathogènes s'attaquent au soja, mais seulement un tiers d'entre eux sont d'importance économique. Les baisses de rendement généralement observées varient de 10 % à 30 %. Les maladies du soja sont causées par des virus, des bactéries, des champignons et des nématodes. La gestion des maladies est fondée sur plusieurs principes de lutte qui, de préférence, devront être combinés dans le cadre d'une approche de protection intégrée.

1 Importance des maladies du soja

La domestication du soja (*Glycine max* (L) Merrill) a commencé en Chine aux environs de 1700-1100 av. J-C. Pendant des années, les peuples du sud-est asiatique se sont servis du soja pour se nourrir, pour alimenter leurs bêtes et pour se soigner. Le soja est arrivé en Amérique du Nord en 1765 en passant par Londres, puis en Afrique avec les missionnaires au début du 19^e siècle.

Avec l'expansion de la production du soja dans le monde entier, les maladies de cette culture se sont accrues en nombre et en gravité. En 1988, les pertes de soja imputables aux maladies étaient estimées à 10,5 millions de tonnes environ dans le monde.

Plus de 100 agents pathogènes s'attaquent au soja, mais un tiers seulement de ceux-ci revêtent une importance économique. L'ampleur des pertes culturelles dépend de l'agent pathogène, des conditions climatiques, du stade de développement de la plante, de la gravité du cas de chaque plant et du nombre de plants infectés.

De nombreux agents pathogènes ne déclenchent la maladie que dans des conditions spécifiques du milieu. La gravité des maladies du soja dépend du degré de compatibilité entre l'hôte et l'agent pathogène, et de l'influence de l'environnement sur cette association. Des insectes et d'autres vecteurs transmettent des virus. En se nourrissant, les nématodes et les insectes occasionnent des lésions favorables à l'entrée des agents pathogènes, ce qui peut prédisposer le soja aux attaques d'organismes infectant les racines, induisant le flétrissement des feuilles ou pourrissant les graines. Ces facteurs interviennent souvent ensemble et causent le développement de nombreuses maladies.

2 Principes de gestion des maladies

Les maladies du soja réduisent les rendements de 10 à 30 % dans la plupart des zones de production. Les pertes sont généralement occasionnées par l'effet cumulé de plusieurs maladies, plutôt que par l'effet d'une maladie particulière. Il est possible de réduire les pertes en mettant en œuvre un programme complet de gestion des maladies fondé sur les principes de lutte suivants :

- exclusion,
- éradication,
- protection,
- résistance,
- protection intégrée.

Le choix d'une stratégie de lutte particulière dépend de l'estimation des pertes que peuvent causer les maladies, du coût et des bénéfices, ainsi que de l'impact à long terme sur l'environnement.

Exclusion. L'exclusion peut se faire par le biais de la législation et par le recours à des semences saines.

L'exclusion est utile dans un environnement exempt d'un pathogène donné et où l'agent pathogène ne peut pas survivre entre les campagnes. Les embargos législatifs, la quarantaine ou l'inspection des semences sont largement appliqués pour empêcher l'introduction d'agents phytopathogènes dans les régions où ils n'existent pas.

Parmi les maladies importantes du soja dont la propagation peut être limitée par exclusion, l'on peut citer :

- la rouille,
- la bactériose,
- la cercosporiose,

-
- le nématode à kystes du soja,
 - l'anthracnose,
 - les viroses transmises par les graines.

Eradication. L'éradication implique l'élimination totale de l'inoculum et l'anéantissement de son efficacité. La *rotation culturale* et le *labour* constituent deux méthodes d'éradication.

La *rotation culturale* est une méthode efficace pour combattre les maladies du soja, surtout si elle fait appel à des membres de la famille des graminées comme le maïs, le sorgho et le blé. Citons, par exemple, la rotation avec des cultivars résistants pour lutter contre le nématode à kystes du soja et la rotation avec le sorgho grain pour atténuer la gravité de la pourriture charbonneuse. Quand ces cultures sont produites en rotation avec le soja pendant plus d'une campagne, les pathogènes du soja disparaissent progressivement ou leur inoculum s'amenuise nettement.

Le *labour* détruit les résidus culturaux et représente un moyen efficace pour réduire le nombre de bactéries et de champignons qui infectent le feuillage et les tiges. La plupart de ces agents pathogènes survivent sur des résidus infestés. Lorsque les résidus végétaux pourrissent, les agents pathogènes meurent.

Protection. L'utilisation de pesticides et la lutte culturale font partie des techniques de protection. Les pesticides sont les produits utilisés pour traiter les semences, les fongicides appliqués au feuillage, les nématicides, les agents de lutte biologique, etc. Pour la lutte culturale, il faut, entre autres précautions, maintenir un niveau optimum des éléments nutritifs et du pH du sol, éviter tout excès ou toute carence d'eau, plan-

ter des semences de bonne qualité, combattre les adventices, obtenir une densité optimale pour le soja, récolter et battre à la maturité.

Résistance. L'utilisation de cultivars résistants constitue la méthode la plus économique et la plus efficace pour combattre les maladies, si le rendement de ces cultivars est supérieur à celui des variétés locales. Si leur rendement est inférieur, les cultivars résistants peuvent être utilisés en rotation pour réduire le niveau d'inoculum. La résistance spécifique à la race est souvent moins efficace contre le nématode à kystes du soja, la rouille et la cercosporiose, car il existe plusieurs races d'agents pathogènes. Il importe donc de connaître les races prédominantes.

Protection intégrée. Il est difficile de combattre de manière durable les maladies et les ravageurs du soja en adoptant une seule méthode de lutte. La protection intégrée comprend l'utilisation de plantes hôtes résistantes, l'enrobage des semences, les pulvérisations chimiques et les pratiques culturales en suivant différentes combinaisons dans le cadre des pratiques agronomiques et des considérations économiques. La protection intégrée fait appel aux niveaux de dégâts économiques, aux seuils économiques, à la surveillance, au stockage des données et à la cartographie des aires d'incidence des ravageurs dans une gestion culturale planifiée et compatible avec les situations prévalant au niveau local.

3 Protection

Enrobage des semences. Le traitement chimique des semences n'est pas nécessaire lorsque des semences de bonne qualité sont plantées en suivant une dose appropriée. En revanche, il est utile lorsque la qualité des semences est médiocre en raison de dégâts mécaniques ou de facteurs physiologiques. L'enrobage des semences est également utile lorsque la mauvaise qualité des semences est due à une infection cryptogamique, lorsque la dose semencière appliquée est faible ou lorsque la germination risque d'être retardée. Le traitement peut effectivement réduire les pertes imputables à *Pythium* sp. et *Rhizoctonia solani*. Les produits disponibles à cet effet se présentent sous forme de poudre, de liquide et de poudre mouillable.

Fongicides foliaires. Les fongicides appliqués sur le feuillage sont couramment utilisés pour combattre des affections telles que l'anthracnose, la cercosporiose, la septoriose, ainsi que la brûlure des gousses et des tiges qui sévissent au cours des stades de croissance de R1 à R5, réduisent les rendements et détériorent les semences.

En règle générale, les fongicides appliqués du stade R2 au stade R5 favorisent un rendement et une qualité semencière maximums. Les systèmes de prédiction sont basés sur le suivi sur le terrain, les données météorologiques et la date de semis. Des fongicides systémiques et des fongicides de protection peuvent être utilisés.

Les fongicides systémiques donnent de meilleurs résultats que les fongicides de protection. Il importe d'assurer une application correcte, avec le moins de perte possible par dérive, et une bonne pénétration de la couverture foliaire, pour réussir tout programme de pulvérisation sur le soja. L'application peut se faire

aussi bien sur le feuillage que sur le sol. L'application foliaire est plus pratique. Les fongicides appliqués sur le sol permettent de combattre les agents pathogènes transmis par le sol : la pythiose des racines et la rhizotoniose.

Nématicides. Les nématicides servent à combattre le nématode à kystes, le nématode à gales et d'autres nématodes nuisibles au soja. Pour des raisons économiques et écologiques, ils ne doivent être utilisés que là où des cultivars résistants sont disponibles ou bien les méthodes culturales comme l'assolement sont inefficaces.

Lutte biologique. Les agents biologiques appliqués aux semences ou au sol sont actuellement le point de mire de la recherche dans plusieurs régions du monde. Des champignons parasites du sol peuvent servir à réduire les populations de nématodes. A l'heure actuelle, aucun produit n'est encore disponible sur le marché pour la lutte biologique contre les maladies du soja.

Lutte culturale. L'épandage correct d'engrais, le maintien d'un pH approprié, l'apport d'eau en quantité suffisante, la lutte contre les adventices, l'adoption d'une densité de peuplement appropriée et l'utilisation de semences de bonne qualité sont des pratiques culturales efficaces qui permettent de réduire les dégâts de nombreuses maladies. Les plants sains et vigoureux souffrent moins des maladies que les plants soumis à des contraintes. La maîtrise de l'eau est particulièrement importante pour éviter les maladies des racines. Les sols saturés créent des conditions favorables à l'infection par *Pythium* et *Phytophthora*. Le manque d'eau contribue aux pertes occasionnées par les nématodes et la pourriture charbonneuse. Un pH optimal du

sol (6,2-7,0) est important pour la nodulation des racines. L'acidité du sol accroît les dégâts de la sclérotiose.

Il est important de maintenir une fertilité optimale du sol, en particulier un niveau suffisant de potassium et de phosphore, pour combattre la bactériose, les pustules bactériennes, la pourriture charbonneuse et le nématode à kystes du soja. Les doses de semis et les densités de peuplement excessivement élevées contribuent à accroître les dégâts causés par la pourriture charbonneuse, la sclérotiose, la rhizoctoniose et la pythiose. Les doses de semis doivent être ajustées en tenant compte de la fertilité du sol, de l'humidité du sol, de la qualité des semences, des facteurs culturaux et de l'architecture de la variété.

Parmi les autres méthodes de lutte culturale, l'on peut citer le labour approprié du sol, l'élimination des adventices au moment opportun (les mauvaises herbes peuvent servir d'hôtes aux maladies), le bon choix de l'herbicide à utiliser (certains herbicides aggravent les affections), l'adoption d'un espacement approprié entre les rangs (les rangs serrés aggravent l'incidence des agents pathogènes), la prise en compte de l'architecture de la culture, la confection d'un bon lit semencier et le choix d'une bonne date de semis.

Virus de la mosaïque du soja (SMV). Le SMV est également connu sous le nom de virus de la frisolée du soja.

Importance. Le SMV est répandu partout dans le monde et a été signalé pour la première fois aux Etats-Unis au début des années 1900, probablement en provenance des champs de soja en Asie. Ce virus est capable de réduire les rendements de 50 %.

Symptômes. Le SMV peut être transmis par les semences. Les plantules infectées sont étiolées, avec des feuilles plissées n'ayant plus qu'une seule foliole. Les plants infectés dès le début de la campagne sont rabougris et ont des pétioles et des entre-nœuds raccourcis. Les feuilles sont réduites et généralement difformes et plissées. Les feuilles les plus jeunes qui poussent le plus vite révèlent les symptômes les plus graves. Le SMV peut infecter plusieurs autres hôtes parmi les *Fabaceae*. Il provoque des symptômes systémiques sur le soja.

Cycle de la maladie. Le SMV se transmet facilement par la sève, avec ou sans abrasif. Le virus peut se transmettre par greffe. Certaines des semences des plants infectés portent le virus qui peut rester viable pendant deux années au moins dans les semences. Au moins 31 espèces de pucerons transmettent le virus de manière non persistante.

Les virus doivent se multiplier dans les cellules infectées pour se déplacer et provoquer l'infection systémique. Le SMV se déplace verticalement dans les plants et peut être décelé dans toutes les parties des plants systématiquement infectés.

Lutte :

- utiliser des semences de bonne qualité, exemptes de virus;
- éliminer par épuration les plants infectés en plein champ;
- utiliser des variétés résistantes au SMV.

5 Maladies bactériennes

Bactériose. Agent causal : *Pseudomonas syringae* pv. *glycines* (Coerper). Dans l'agar nutritif où elles sont élevées, les colonies sont blanches. La température optimale pour la croissance est de 24 à 26 °C. En culture, l'agent pathogène produit des toxines qui réagissent à certains symptômes.

Importance. La bactériose sévit dans le monde entier. C'est la maladie bactérienne la plus courante du soja, en particulier par temps frais et humide, et la plus visible dans les champs en milieu de saison. Les bactéries restent actives jusqu'à ce qu'elles soient anéanties par la chaleur et la sécheresse. La bactériose est parfois rencontrée en combinaison avec les pustules bactériennes.

Symptômes. Les lésions sont visibles sur les feuilles, mais elles affectent aussi les tiges, les pétioles et les gousses. De petites taches anguleuses, translucides et détrempées, de couleur jaune à marron clair apparaissent sur les feuilles. Le centre de ces taches se dessèche et noircit (brun rougeâtre à noir). En général, celui des vieilles lésions tombe ou se déchire, laissant les feuilles dans un état délabré, surtout après des pluies et des vents forts. Les feuilles inférieures peuvent tomber prématurément. Les graines s'infectent et finissent parfois par se couvrir d'une couche bactérienne visqueuse.

Cycle de la maladie. L'agent pathogène passe la saison dans les résidus culturaux en surface et dans les graines. Les graines peuvent s'infecter par l'intermédiaire des gousses pendant la campagne culturale, ou par invasion au cours de la récolte. Les bactéries se propagent à la faveur des pluies torrentielles et, pendant la culture, lorsque le feuillage est mouillé. Elles

pénètrent la plante par les stomates et se multiplient dans les lacunes intercellulaires du mésophylle. Le temps frais et pluvieux favorise le développement de la bactériose. La maladie est rarement dévastatrice pour la culture.

Lutte :

- éviter de planter des cultivars très sensibles dans les régions où la maladie pose des problèmes;
- planter des graines exemptes d'agents pathogènes;
- cultiver le soja en rotation avec des cultures non sensibles à l'agent pathogène, tels le maïs et le sorgho;
- après la récolte, enfouir complètement les résidus culturaux en labourant soigneusement le champ;
- éviter de cultiver lorsque le feuillage est mouillé;
- utiliser des variétés résistantes.

Pustules bactériennes. Agent causal : *Xanthomonas campestris* pv. *glycines* (Nakano) Dye. Dans l'agar nutritif, les colonies sont petites et lisses, de couleur jaune pâle, avec une marge entière. La température optimale pour leur croissance est de 30 à 33 °C.

Importance. Les pustules bactériennes ont été signalées dans toutes les régions du monde où prévalent chaleur et pluies fréquentes pendant la campagne de culture du soja. La défoliation prématurée causée par les bactéries entraîne des baisses de rendement en réduisant la taille et le nombre des graines. Des cas de défo-

liation grave ont été observés dans des champs de soja au Nigéria.

Symptômes. Les premiers symptômes sont de minuscules taches vert pâle avec des centres saillants sur une face ou les deux faces foliaires. Par la suite, une petite pustule claire et saillante se forme au centre et provoque généralement des lésions sur la face inférieure de la feuille. Les feuilles paraissent déchiquetées lorsque les parties mortes sont arrachées par le vent. Quand elle est sévère, l'infection entraîne souvent la défoliation. Les taches foliaires se forment parfois sans produire de pustules. Les symptômes des pustules bactériennes ressemblent parfois à ceux de la bactériose. Les lésions pustuleuses ne sont toutefois pas gorgées d'eau aux premiers stades; ce sont généralement de minuscules pustules saillantes au centre.

Cycle de la maladie. La bactérie passe la saison dans la graine de soja et dans les débris cultureux à la surface du sol. Certaines adventices en sont également les hôtes. Certaines souches infectent les haricots et le niébé. Les bactéries se propagent par les éclaboussements d'eau ou les pluies torrentielles et par le feuillage mouillé pendant la période de culture. Elles pénètrent la plante par les ouvertures naturelles et les lésions. Contrairement à la bactériose, cette maladie n'est pas anéantie par la chaleur.

Des réinfestations peuvent survenir tout au long de la campagne culturale, chaque fois que prévalent des conditions humides ou pluvieuses. La maladie peut être grave sous les tropiques.

Lutte :

- utiliser des variétés résistantes;
- suivre les autres méthodes préconisées pour la bactériose.

6 Maladies cryptogamiques

Cercosporiose. La cercosporiose est également appelée taches foliaires à *Cercospora*. Agent causal : *Cercospora sojina* Hara. Il s'agit d'un agent pathogène extrêmement variable. Les isolats sporulent peu sur la plupart des milieux; les meilleurs résultats sont obtenus sur l'agar de jus V-8 ou de haricot de Lima. Les colonies se développent sur l'agar de dextrose de pomme de terre en tapis de mycélium compacts. Elles sont généralement de couleur brun clair à sombre.

Importance. La cercosporiose a été signalée pour la première fois sur le soja en 1915 au Japon, et elle est actuellement présente dans le monde entier. Elle est surtout répandue dans les régions chaudes par temps chaud et humide. L'utilisation généralisée de variétés de soja résistantes, surtout dans les grandes régions de culture du soja, a réduit l'incidence de cette maladie dans le monde et écarté les grosses pertes économiques.

Les rendements des cultivars sensibles peuvent chuter de 20 % ou davantage. Au Nigéria, les baisses de rendement ont atteint 50 %. La qualité des semences est affectée par la décoloration et la germination réduite. En Afrique tropicale, la cercosporiose représente un problème au Nigéria, au Zaïre et en Zambie.

Symptômes. La cercosporiose est essentiellement une maladie du feuillage, mais les tiges, les gousses et les graines peuvent également être infectées. Des taches minuscules (circulaires à anguleuses) de couleur brun rougeâtre apparaissent d'abord sur la face supérieure des feuilles. Au fur et à mesure que les lésions s'élargissent et vieillissent, la partie centrale devient gris cendre et est cerclée par une mince ligne brun rougeâtre foncé. Plusieurs taches peuvent se joindre pour former des taches plus grandes et irrégulières.

Lorsque les lésions sont nombreuses, les feuilles se flétrissent et tombent prématurément. Les lésions sur les gousses sont circulaires à allongées, légèrement enfoncées et de couleur brun rouge.

Cycle de la maladie. *C. soja* survit sous forme de mycélium dans les graines infectées et dans les débris de soja infestés. La germination des graines infectées est légèrement réduite. Les graines qui germent produisent parfois des plantules faibles et rabougries, avec des lésions sur les cotylédons. La sporulation sur les lésions du cotylédon fournit l'inoculum qui infecte les jeunes feuilles. Par temps chaud et humide, la sporulation est profuse dans les lésions qui apparaissent.

Les conidies sont transportées sur de courtes distances par les courants d'air et les éclaboussements de la pluie. En conditions favorables, l'on peut observer une infection secondaire des feuilles, des tiges et des gousses. La décoloration des graines est courante en cas d'infection grave. Les réactions de différents cultivars à *C. soja* varient de l'immunité à la sensibilité extrême.

Lutte :

- cultiver des variétés résistantes adaptées;
- planter des semences de bonne qualité exemptes de pathogène;
- procéder à une rotation du soja avec d'autres cultures (non hôtes);
- traiter les graines au fongicide avant les semis;
- appliquer des fongicides aux stades de croissance R1 à R5;

-
- enfouir les résidus culturaux à la fin de la campagne.

Maladie des taches rouges des feuilles. Agent causal : *Dactuliochaeta glycines* (R.B. Stewart) - *Pyrenochaeta glycines*. Lorsqu'elle forme des scléroses, cette maladie est causée par *Dactuliophora glycines* Leakey. Les isolats diffèrent parfois par la pigmentation des colonies, en fonction du milieu utilisé. Les milieux couramment utilisés sont l'agar de farine de maïs et l'agar de malt.

Importance. La maladie des taches rouges des feuilles de soja a été signalée pour la première fois en 1957 en Ethiopie. Son importance s'est accrue avec l'augmentation de la production du soja en Afrique australe, en particulier en Zambie et au Zimbabwe. La maladie a également été signalée en Afrique centrale et orientale, y compris au Cameroun, au Malawi, en Ouganda et au Zaïre. Des pertes de récolte estimées à 7 à 37 % ont été enregistrées dans à peu près 25 % de la région productrice de soja en Zambie. Les pertes enregistrées dans certaines provinces du Zimbabwe sont de l'ordre de 10 à 50 %.

Symptômes. *D. glycines* cause des lésions sur les feuilles, les pétioles, les gousses et les tiges du soja, tout au long de la campagne culturale. Les lésions sont souvent associées aux nervures des feuilles primaires. Sur les feuilles trilobées complètement épanouies, les lésions sont rouge sombre sur la face supérieure et brun rougeâtre sur la face inférieure.

Les lésions s'agrandissent et convergent pour former de grosses taches nécrotiques pouvant atteindre 2 cm de diamètre. Les plants fortement infectés perdent leurs

feuilles et meurent prématurément. La sénescence prématurée contribue aux pertes de récolte. Sur les vieilles lésions, des sclérotés apparaissent d'abord sur la face inférieure des feuilles et des pycnides se développent sur leur face supérieure.

Cycle de la maladie. La maladie des taches rouges affecte souvent le soja qui est planté sur des terres fraîchement défrichées. L'origine de l'inoculum pour ces épizooties n'est pas connue; il pourrait s'agir de conidies ou de sclérotés provenant de plants infectés. En général, la maladie se propage de façon uniforme dans tout le champ touché. L'agent pathogène peut être transporté d'un champ à un autre par les sclérotés qui peuvent, à leur tour, être véhiculés dans du sol contaminé au cours d'opérations agricoles ordinaires.

Lutte. A l'heure actuelle, aucune procédure commerciale n'a été adoptée ou recommandée pour combattre les taches rouges des feuilles. Des fongicides (acétate de fentine) sont à l'étude de même que la résistance variétale.

Anthracnose. Agent causal : *Colletotrichum truncatum* (Schw.), *C. glycines*. L'anthracnose se caractérise par des acervules noirs et denses apparaissant sur les stromas bien développés. Elle se développe bien sur la farine d'avoine et la dextrose de pomme de terre en alternant 12 heures de lumière avec 12 heures d'obscurité à une température optimale de 25 °C. Elle produit des colonies blanchâtres qui noircissent finalement avec l'abondance des acervules. Les isolats varient considérablement quant à leurs caractéristiques, la taille de leurs structures fructifères et la pathogénicité de leurs colonies.

Importance. L'antracnose a été signalée pour la première fois en Corée en 1917, et elle sévit partout où le soja est cultivé. Cette maladie cause des dégâts dans les régions chaudes et humides. Elle rabougrit les plants, réduit la qualité des graines et baisse les rendements de 16 à 26 %, voire de 100 % dans certains cas. Aucune épidémie de l'agent pathogène n'a encore été signalée sous les tropiques.

Symptômes. Le soja est sensible à l'antracnose à tous les stades de sa croissance. De façon typique, les symptômes se manifestent au début des stades de reproduction sous forme de zones brunes irrégulières sur les tiges, les gousses et les pétioles. Aux stades avancés, généralement vers la fin de la phase de reproduction, les tissus infectés sont couverts de corps fructifères noirs (acervules) qui produisent de minuscules épines noires (soies) visibles à l'œil nu.

Parmi les symptômes foliaires qui se manifestent après des périodes prolongées de forte humidité, l'on peut citer la nécrose des nervures laminaires, l'enroulement des feuilles, les lésions chancreuses des pétioles et la défoliation prématurée.

Les gousses prématurément infectées ne produisent pas de graines ou produisent de rares graines desséchées. Il arrive que la gousse se remplisse de mycélium et que les graines moisissent.

Cycle de la maladie. *C. truncantum* et *C. glycines* peuvent survivre au fil des campagnes sous forme de mycélium dans des résidus culturaux infestés ou dans des graines infectées. Les plants sont sensibles à l'infection à tous les stades de leur croissance, en particulier de la floraison au remplissage des gousses.

Lutte :

- planter des graines relativement exemptes d'agent pathogène;
- traiter les graines infectées à l'aide d'un fongicide recommandé;
- enfouir les résidus culturaux;
- pulvériser les fongicides appropriés lorsque les conditions sont favorables à l'infection, entre la floraison et le remplissage des gousses;
- cultiver le soja en rotation avec d'autres cultures.

Corynesporose. Agent causal : *Corynespora cassicola* (Berk & Curt). Au moins deux races du champignon sont connues. Le champignon qui infecte l'hypocotyle, les racines et les tiges diffère du point de vue pathologique et morphologique du champignon qui infecte les feuilles, les gousses et les graines. Les deux champignons correspondent vraisemblablement à des espèces différentes. *C. cassicola* se développe et sporule bien dans la dextrose de pomme de terre, le Czapek et le jus V-8, à un pH de 6,5 avec de la lumière en permanence. La température optimale est généralement de l'ordre de 18 à 21 °C.

Importance. La corynesporose a été signalée pour la première fois aux Etats-Unis en 1945 et sévit maintenant au Zaïre, au Cameroun et au Nigéria. Des pertes de récolte de 18 à 32 % ont été enregistrées sur des lignées de soja très sensibles cultivées pendant les années où la pluviométrie est au-dessus de la normale au cours de la campagne. C'est une maladie considérée comme étant potentiellement grave, surtout sur les cultivars tardifs.

Symptômes. La maladie affecte les feuilles, les tiges, les gousses, les graines, les hypocotyles et les racines. Les lésions foliaires ont une forme ronde à irrégulière et une coloration brun rougeâtre. Elles sont souvent entourées par un halo vert terne ou jaunâtre. Des taches plus grandes apparaissent souvent en zones distinctes, d'où l'appellation parfois de "maladie des taches à *Corynespora*". Les feuilles gravement infectées tombent prématurément.

Cycle de la maladie. *C. cassicola* passe les saisons dans les tiges, les racines et les graines de soja infectées. Ce champignon est capable de survivre pendant plus de deux ans dans le sol des jachères. Il peut coloniser une grande variété de résidus végétaux dans le sol.

Les feuilles ne sont infectées que lorsque l'humidité relative est supérieure ou égale à 80 %, ou quand les feuilles sont mouillées. La sécheresse inhibe l'infection des feuilles et des racines. La maladie est moins grave sur le soja planté tardivement. L'agent pathogène est cosmopolite et abonde surtout sous les tropiques où il occasionne des taches foliaires distinctes sur un large éventail de plantes hôtes, dont le manioc, le niébé et le coton.

Lutte :

- recourir à des variétés résistantes ou tolérantes là où c'est possible;
- utiliser des fongicides (une résistance au benomyl a été signalée).

Rhizoctoniose. Agent causal : *Rhizoctonia solani* Kuhn. *R. solani* est extrêmement variable quant à ses caractéristiques culturales, sa pathogénicité et sa réac-

tion aux changements de l'environnement. Les isolats qui causent la pourriture des racines et des tiges de soja ne causent pas forcément la pourriture des parties aériennes et des feuilles. Les isolats se classent par groupes d'anastomose (GA) 1 à 4. La plupart des agents pathogènes du soja entrent dans la catégorie GA-4 et se développent bien à 25-30 °C dans l'agar de dextrose de pomme de terre.

Importance. La présence du champignon a été signalée dans les régions subtropicales et tropicales. Il a été trouvé pour la première fois aux Philippines en 1918 et il est maintenant présent en Chine, en Inde, au Mexique, aux Etats-Unis, au Nigéria, au Zaïre, en Zambie et au Cameroun. Des pertes de récolte atteignant 35 % ont été attribuées à cette maladie. *R. solani* s'attaque aussi fréquemment au haricot et au riz.

Symptômes. Les symptômes apparaissent sur les feuilles, les tiges et les gousses, en commençant par la base ou le milieu de la plante et en progressant vers le sommet. Dans un premier temps, les feuilles infectées sont gorgées d'eau, puis elles prennent un aspect brun verdâtre à rougeâtre et deviennent plus tard ocre, brunes ou noires. Dans les vieilles lésions qui ne s'élargissent plus, les tissus malades tombent généralement par temps sec, ce qui produit un effet délabré et donne l'impression que les feuilles sont parcourues de trous de balle. Les plants gravement touchés peuvent être entièrement défoliés. L'infection des graines va de pair avec l'infection des gousses.

Cycle de la maladie. La maladie sévit dans les régions géographiques caractérisées par des périodes prolongées de forte humidité et de chaleur. Les symptômes peuvent apparaître à n'importe quel stade du développe-

ment de la plante. Les sclérotés, qui survivent pendant longtemps dans le sol, servent d'inoculum de base.

Lutte :

- le traitement des semences limite le développement précoce de la maladie;
- appliquer un fongicide foliaire dès l'apparition des premiers symptômes de la maladie;
- utiliser des cultivars résistants partout et chaque fois que cela est possible.

Sclérotiose. La sclérotiose est également connue sous le nom de pourriture des tiges. Agent causal : *Sclerotium rolfsii* Sacc. *S. rolfsii* produit des hyphes cloisonnés et funiformes. Les sclérotés sphériques ont 12 mm de diamètre et apparaissent 6 à 12 jours après la formation du tapis mycélien.

Importance. La sclérotiose est généralement considérée comme une maladie mineure du soja, mais elle peut prendre des proportions épidémiques. Des pertes de récolte substantielles peuvent être enregistrées en monoculture de soja ou dans les rotations courtes du soja avec d'autres cultures sensibles à la maladie.

Décrite pour la première fois sur la tomate en 1893 en Floride, la sclérotiose a par la suite été signalée sur 500 espèces appartenant à 100 familles végétales. Elle est habituellement rencontrée sous les tropiques et dans les régions chaudes du monde entier, mais son incidence ne se limite pas à ces contrées.

Symptômes. Le soja est sensible à la sclérotiose à tout moment, depuis la levée des plantules jusqu'au remplissage des gousses. Les infections surviennent géné-

ralement à la surface du sol ou juste en dessous. Les lésions brun clair s'assombrissent rapidement et s'élargissent jusqu'à l'annélation de l'hypocotyle ou de la tige. Les premiers symptômes sont généralement le jaunissement ou le flétrissement des plants. Les feuilles des plants infectés brunissent, se dessèchent et restent souvent accrochées à la tige morte. Le signe le plus caractéristique de l'agent pathogène est un tapis blanc de mycélium cryptogamique qui se forme sur la base des tiges, sur les débris foliaires et sur le sol autour des plants infectés. De nombreux sclérotés ocres à bruns et sphériques se forment sur les végétaux infectés et sur le sol.

Cycle de la maladie. La sclérotiose survient par temps chaud et humide. Elle atteint l'apogée de son développement à une température de 25 à 35 °C, la température optimale pour le développement du mycélium et la formation des sclérotés. Les dégâts sont favorisés par les hauts niveaux d'humidité, à la fois dans le sol et sous le couvert végétal.

Les sclérotés qui se trouvent sur le sol ou près de la surface du sol survivent plus longtemps que ceux qui sont enterrés dans le sol. D'après certaines observations, la maladie peut être transmise par les semences. La germination des sclérotés dans le sol est stimulée par les exsudats organiques volatiles qui émanent des résidus culturels.

Lutte :

- alterner le soja avec des cultures non hôtes comme le maïs;
- mettre les champs en jachère pendant près de deux ans afin de réduire le niveau d'inoculum;

-
- enfouir les résidus culturaux à une profondeur de 15 à 25 cm afin de réduire l'inoculum et de retarder l'incidence de la maladie;
 - planter des cultivars résistants ou tolérants.

Fusariose. *Fusarium oxysporum* et d'autres espèces du genre *Fusarium* (*F. semitectum* - pourriture des gousses; *F. orthoceras* - pourriture racinaire), ainsi que des formes spécifiques (*F. oxysporum* f.sp. *tracheiphilum* et f. sp. *vasinfectum*) sont à l'origine du flétrissement et de la pourriture racinaire du soja. En raison de leur spécificité à l'hôte, les isolats de *F. oxysporum* sont différenciés en fonction de leur pathogénicité sur les cultures et sont classés en formes spécifiques (f. sp.). Sur l'agar de dextrose de pomme de terre, le mycélium paraît blanc ou teinté de violet. *F. semitectum* cause la pourriture des gousses et du collet chez le soja.

Importance. Les maladies induites par *Fusarium* surviennent dans la plupart des régions productrices de soja dans le monde. Les pertes économiques dues à une formation réduite de gousses peuvent atteindre 50 %; 59 % de pertes sont attribuées au flétrissement et 64 % à la pourriture racinaire.

Symptômes. Les symptômes apparaissent vers le milieu de la campagne. Les symptômes caractéristiques sont le brunissement ou le noircissement du système vasculaire des racines et des tiges.

La pourriture racinaire survient généralement sur les plantules et les jeunes plants par temps frais. Dans les cas graves, la levée des plantules est lente et médiocre, et les plantules affectées sont rabougries et faibles. L'infection se limite habituellement aux racines et à la

base des tiges. L'infection des gousses peut entraîner la transmission de l'agent pathogène par les graines.

Cycle de la maladie. *F. oxysporum* colonise les résidus de diverses plantes dans le sol et survit d'une campagne à l'autre sous forme de chlamydospores ou de mycélium. L'inoculum primaire provient du sol et pénètre dans les plants de soja par les lésions. Les ravages du nématode à kystes du soja prédisposent les plantules et les jeunes plants à l'infection. La pourriture des racines est causée par une interaction de *F. oxysporum* avec *R. solani*.

Lutte :

- planter des cultivars résistants à *Fusarium*, au nématode à kystes et au nématode à galles du soja;
- planter des semences de bonne qualité dans des sols chauds et bien drainés;
- retarder la culture jusqu'à ce que l'humidité du sol soit faible;
- dans les champs qui ont été précédemment touchés par la maladie, billonner le sol autour de la base des plants afin de promouvoir la production de racines adventives à la base des tiges.

Pourriture charbonneuse. Agent causal : *Macrophoma phaseolina* (Tassi). Le champignon infecte plus de 500 hôtes, y compris des cultures et des adventices. Il se développe bien sur l'agar de dextrose de pomme de terre et produit des microscélérates en abondance. La température optimale pour son développement varie de 28 à 35 °C.

Importance. L'agent pathogène s'attaque à la plante tout au long de la campagne. Le champignon est largement répandu dans les sols et se rencontre dans le monde entier. Sous les tropiques où il cause la pourriture des racines des plantules, les pertes atteignent 77 %.

Symptômes. Les plantules infectées ont une coloration brun rougeâtre au point d'émergence de l'hypocotyle. La zone décolorée devient brun sombre à noire et les plantules infectées meurent. Chez les plants plus âgés, la phase de pourriture charbonneuse apparaît au cours de la deuxième moitié de la campagne. Les feuilles infectées jaunissent et se flétrissent, mais restent fixées à la plante. Il arrive fréquemment que des microscélérotés soient produits dans la partie moelleuse de la tige.

Cycle de la maladie. Les microscélérotés sont capables de survivre pendant longtemps dans le sol ou dans les résidus de leur hôte. Les microscélérotés commencent à se développer dans le sol grâce à leur réserve nutritive et ils poursuivent leur développement, même quand le niveau d'éléments nutritif du sol est insuffisant pour les champignons concurrents. La population de microscélérotés s'accroît dans le sol quand le soja est continuellement cultivé dans le même champ. *M. phaseolina* cause probablement la maladie en introduisant des microscélérotés dans les vaisseaux du xylème et en produisant des toxines.

Lutte :

- dans les champs gravement infectés, cultiver le soja pendant un ou deux ans en rotation avec des céréales ou d'autres cultures moins hospitalières au champignon;

-
-
- éviter les doses de semis excessives (les densités trop élevées donnent lieu à des plantules faibles et plus vulnérables);
 - fertiliser les cultures pour favoriser une croissance vigoureuse des plants;
 - irriguer pour augmenter l'humidité du sol, ou inonder le champ pendant 3 à 4 semaines avant les semis.

Nématode à kystes du soja. Organisme causal : *Heterodera glycines*. Les kystes du nématode sont en forme de citrons. Les jeunes femelles sont blanches et jaunissent avec l'âge. A leur mort, la paroi de leur corps durcit et devient un kyste marron. La femelle produit une matrice gélatineuse au niveau de la vulve, et son corps est complètement rempli d'œufs. Les mâles sont vermiformes et longs. Le cycle biologique du nématode comporte un stade d'œuf, quatre stades juvéniles et un stade adulte.

Les exsudats racinaires stimulent l'éclosion des œufs dans le corps de la femelle. Les larves pénètrent alors dans les racines et commencent à s'en nourrir. Au fur et à mesure, elles se développent, grossissent et deviennent sédentaires. Les mâles atteignent la maturité plus vite que les femelles et leur présence est requise pour la reproduction. Les œufs à l'intérieur du kyste peuvent survivre pendant longtemps, jusqu'à 11 ans. Les nématodes peuvent être disséminés par le vent, l'eau, le sol et les outils aratoires.

Symptômes. Les symptômes foliaires des plantules vont du léger rabougrissement à la chlorose aiguë et à la mort. Les plants mûrs peuvent être rabougris, chlorotiques ou les deux à la fois. Pour un bon diagnostic, il importe de ne pas tenir uniquement compte des symptômes, car les carences en N₂ et K peuvent causer des symptômes similaires sur les plants. En raison des risques de confusion, tout diagnostic doit aussi prendre en considération les femelles blanches à jaunes qui sortent des racines. Le système racinaire révèle des symptômes qui vont d'une légère décoloration à une nécrose aiguë.

Lutte :

- la rotation culturale est un moyen efficace pour combattre le nématode à kystes du soja, parce que très peu de cultures y sont sensibles;
- il est indiqué d'utiliser un cultivar résistant plutôt qu'une plante non hôte. Toutefois, l'utilisation continue et fréquente de cultivars résistants peut entraîner l'apparition de races résistantes;
- les nématicides sont efficaces, mais coûteux;
- pour une lutte durable, il faut envisager les solutions suivantes : rotation, résistance et bonne gestion des cultures dans le cadre d'une stratégie de protection intégrée.

Nématode à galles. Organismes causaux : *M. arena-ria*, *M. hapla*, *M. incognita* et *M. javanica*. *M. javanica* est probablement l'espèce la plus nuisible; celle-ci sévit dans la plupart des régions productrices de soja dans le monde.

Importance. Les dégâts du nématode à galles sur le soja sont relevés dans de nombreuses régions productrices de soja dans le monde. Son incidence dans les régions subtropicales est plus forte que dans les régions tempérées. Il est considéré comme un ravageur endémique aux sols chauds. Les pertes de récoltes varient selon les cas : elles peuvent être négligeables ou complètes. Les fortes incidences diminuent la formation de nodules et augmentent la sensibilité de l'hôte à d'autres pathogènes vasculaires.

Symptômes. Le premier symptôme permettant d'identifier la maladie est la présence de galles sur les racines infectées. Ces galles apparaissent parce que les

cellules des tissus infectés et des tissus avoisinants grossissent et se multiplient par réaction à l'alimentation du nématode à galles. Les éléments vasculaires des tissus infectés sont perturbés et cela peut inhiber la circulation de l'eau et des éléments nutritifs dans la plante.

Cycle de la maladie. Le cycle de la maladie dans le soja commence par l'invasion des racines, surtout près de la coiffe, par les larves de deuxième stade vermiformes. En principe, les larves s'installent et se nourrissent près du point d'entrée. La formation de galles commence à s'observer dans les 23 jours qui suivent. Les femelles gonflent et deviennent piriformes. Le nombre de nématodes dans les plants atteint son niveau maximum à la maturité de la culture. Ce nombre diminue rapidement lorsque les réserves alimentaires sont épuisées et que les micro-organismes prédateurs et parasites deviennent plus actifs dans le sol.

Lutte. Les dégâts s'observent après plusieurs années de culture du soja sans interruption. Une gestion préventive et corrective est requise pour éviter ces problèmes :

- nettoyer les outils aratoires pour les débarrasser du sol contaminé;
- combattre les adventices;
- pratiquer une rotation du soja avec des graminées moins sensibles aux nématodes afin de réduire les populations de larves restantes;
- utiliser des cultivars qui sont tout au moins tolérants aux nématodes;
- les nématicides sont rarement rentables dans la lutte contre les nématodes.

8 Recherche future

L'épidémiologie générale de la plupart des maladies qui affectent le soja en Afrique tropicale est mal connue. Une recherche plus approfondie permettrait de mieux connaître l'épidémiologie de ces maladies dans ces conditions.

L'on soupçonne l'existence de plusieurs races de pathogènes. Des travaux de recherche sont requis pour identifier les différentes races en vue de sélectionner des cultivars résistants.

9 Bibliographie

Dunleary, J.M. 1988. Bacterial, fungal and viral diseases affecting soybean leaves. P. 40-46. In: Wyllie, T.D.; Scott, D.H. (eds.). Soybean diseases of the North Central Region. American Phytopathological Society, St. Paul, MN, USA. 149 p.

Hartman, G.L.; Datnoff, L.E.; Levy, C.; Sinclair, J.B.; Cole, D.L.; Javahen, F. 1987. Red leaf blotch of soybean. Plant Disease 71: 113 - 118.

Oyekan, P.O.; Naik D.M. 1987. Fungal and bacterial diseases of soybean in the tropics. P. 47-52. In: Singh, S.R.; Rachie, K.O.; Dashiell, K.E. (eds.). Soybeans for the tropics. John Wiley, New York, USA. 230 p.

Sinclair, J.B.; Backman, P.A. (eds). 1989. Compendium of soybean diseases. American Phytopathological Society, St. Paul, MN, USA. 106 p.



International Institute of Tropical Agriculture (IITA)
Institut international d'agriculture tropicale (IITA)
Instituto Internacional de Agricultura Tropical (IITA)

The International Institute of Tropical Agriculture (IITA) is an international agricultural research center in the Consultative Group on International Agricultural Research (CGIAR), which is an association of about 50 countries, international and regional organizations, and private foundations. IITA seeks to increase agricultural production in a sustainable way, in order to improve the nutritional status and well-being of people in tropical sub-Saharan Africa. To achieve this goal, IITA conducts research and training, provides information, collects and exchanges germplasm, and encourages transfer of technology, in partnership with African national agricultural research and development programs.

L'Institut international d'agriculture tropicale (IITA) est un centre international de recherche agricole au sein du Groupe consultatif pour la recherche agricole internationale (GCRAI), une association regroupant quelque 50 pays, organisations internationales et régionales et fondations privées. L'IITA veut accroître durablement la production agricole, afin d'améliorer l'alimentation et le bien-être des populations de l'Afrique tropicale subsaharienne. Pour atteindre cet objectif, L'IITA mène des activités de recherche et de formation, fournit de l'information, réunit et échange du matériel génétique et encourage le transfert de technologies en collaboration avec les programmes nationaux africains de recherche et développement.

O Instituto Internacional de Agricultura Tropical (IITA) é um centro internacional de investigação agrícola pertencendo ao Grupo Consultivo para Investigação Agrícola Internacional (GCIAI), uma associação de cerca de 50 países, organizações internacionais e regionais e fundações privadas. O IITA procura aumentar duravelmente a produção agrícola para melhorar a alimentação e o bem-estar das populações da África tropical ao sul do Sahara. Para alcançar esse objetivo, o IITA conduz actividades de investigação e treinamento, fornece informações, reúne e troca material genético e favorece a transferência de tecnologias em colaboração com os programas nacionais africanos de investigação e desenvolvimento.