



MANIOC, bulletin d'information

Volume 12 No. 1

Juin 1988

ISSN 1010-8254

Utilisation de *Baculovirus erinnyis* pour le contrôle biologique de la chenille à corne du manioc¹

Par Aurea Tereza Schmitt

La culture du manioc revêt une considérable importance socio-économique pour l'Etat de Santa Catarina, Brésil, du fait de sa situation caractéristique dans les petites fermes de moins de deux hectares. Bien qu'il ne sévisse que de manière cyclique, la chenille à corne du manioc (*Erinnyis ello*) représente le principal fléau de cette culture.

Un contrôle de ce fléau par l'emploi d'insecticides en pulvérisations a été effectué à Santa Catarina et dans toutes les régions du Brésil, productrices de manioc. Cependant, l'augmentation croissante des terres cultivées, associée à l'apparition cyclique du ver, a provoqué un manque d'insecticides dans le commerce, qui entraîne, dans la plupart des cas, de graves dommages dans les cultures.

Outre les pertes affectant la production et les récoltes, les préjudices subis s'étendent également au matériel destiné aux semis (boutures); sur le marché, le prix des racines provenant de cultures atteintes par la chenille à corne est défavorable; et aux champs, la présence du fléau entraîne une recrudescence de l'incidence des bactérioses, une des principales maladies de la culture.

Il a été démontré que l'usage indiscriminé et excessif des produits chimiques provoque un déséquilibre entre

1. Travail réalisé à l'Empresa Catarinense de Pesquisa Agropecuária (EMPASC) SC, Brésil.

Manioc, bulletin d'information

Volume 12 No. 1 Juin 1988

ISSN 1010-8254

Publication du Programme du Manioc du
CIAT

Sommaire

Utilisation de *Baculovirus erinnyis* pour le
contrôle biologique de la chenille à corne du
manioc 1

Insectes nuisibles du manioc en Thaï-
lande 5

Effets des cultures associées et des mélanges
variétaux sur la dynamique des populations de
la mouche blanche du manioc 7

Préparation traditionnelle d'aliments à base
de manioc en Côte d'Ivoire 10

Projet de plantation de manioc en bandes au
Bénin, Afrique Occidentale 12

Caractéristiques photosynthétiques du ma-
nioc 13

Rubrique 16

Collaborateurs pour ce numéro

Aurea Tereza Schmitt, Empresa Catarinense
de Pesquisa Agropecuária (EMPASC), Bré-
sil; Bernardo Arias, CIAT (encadré).

Arune Wongkobratt, Division d'Entomologie
et de Zoologie, Département d'Agriculture,
Bangkhen, Bangkok, Thaïlande.

Clifford Gold, Anthony Bellotti et Miguel
Altieri. Respectivement: ICRISAT, Inde;
CIAT, Colombie; et l'Université de Cali-
fornie, Etats-Unis.

Aboua Firmin, Centre Ivoirien de Recherche
Technologique (CIRT), Côte d'Ivoire,
Afrique.

Dietrich E. Leihner, Université de Hohen-
heim, Allemagne Occidentale.

Mabrouk El-Sharkawy et James H. Cook,
Programme du Manioc, CIAT, Colombie.

Préparation

Traduction: Alliance Colombo-Française de
Cali

Édition: Francisco Motta, María Isabel Bol-
ton, Unité de Publication, CIAT

Coordination: Gloria Charry, Information
Publique, CIAT

Production: Unité d'Arts Graphiques, CIAT

La teneur de *Manioc, bulletin d'information*,
peut être reproduite, à condition de faire état
de sa source. Abonnement gratuit en écrivant
à: Oficina de Distribución de Publicaciones,
Unidad de Publicación, Apartado Aéreo 6713,
Cali, Colombia (América del Sur)

Manioc, bulletin d'information paraît aussi en
Anglais sous le titre de *Cassava Newsletter*, et
en Espagnol, sous le titre de *Yuca boletín
informativo*.

le fléau et ses ennemis naturels; c'est la
raison pour laquelle différentes expé-
riences ont été effectuées, afin de déter-
miner les espèces de parasites, les dé-
prédateurs et les pathogènes de la che-
nille à corne, ainsi que les habitats et les
possibilités de contrôle de celle-ci. Le
but à atteindre est de réduire à son
minimum l'emploi des insecticides, de
diminuer les coûts à la production de la
culture, et de préserver l'environnement.
C'est ainsi que, parmi les divers ennemis
naturels de la chenille à corne, le virus
de la granulose, appelé *Baculovirus
erinnyis*, a été remarqué pour sa notable
incidence sur le fléau.

C'est au cours de la récolte de 1980-
1981 dans les communes de Jaguaruna
et d'Içará, au sud de l'état, que l'effica-
cité du *Baculovirus* a été mise en évi-
dence pour la première fois. A partir de
cette année-là, des études en laboratoire
et sur le terrain ont été réalisées afin de
déterminer le pourcentage d'infection
naturelle et l'efficacité dans le contrôle
des larves d'*E. ello* obtenus à partir de
l'application du *Baculovirus*.

Les résultats se montrèrent promet-
teurs et une nouvelle technologie fut
ainsi obtenue, qui suscita l'intérêt des
agriculteurs et techniciens de tout le
pays, en raison de son application aisée
et de son faible coût.

Dans divers états du Brésil, tels que
Santa Catarina, Paraná, Mato Grosso
do Sul et Rio Grande do Norte, des
succès ont été remportés grâce à l'em-
ploi de ce virus. Des échantillons du
Baculovirus ont déjà été envoyés aux
états brésiliens, ce qui prouve l'import-
ance et l'acceptation de la nouvelle
technologie.

Recherches

Les travaux de recherche centrés sur la
découverte d'un ennemi naturel efficace
pour le contrôle de la chenille à corne se
sont initiés en 1978, pour le compte de la
Empresa Catarinense de Pesquisa Agro-
pecuária de Santa Catarina (EMPASC),
à la station expérimentale d'Itajaí. En
1980, au cours de l'étude des ennemis
naturels de l'insecte identifiés comme
déprédateurs ou parasites des oeufs, des
larves ou des pupes, une forte incidence

des larves infectées para le virus fut mise
en évidence. A partir de 1986, le projet
reçut l'appui financier du Fondo de
Incentivo a Pesquisa Técnico Científica
(FIPEC/Banco do Brasil, S.A.).

Le Dr. Barry Nolt, dans le cadre
d'études réalisées au CIAT, identifia le
virus de la granulose, qui fut confirmé
en 1986 par le Dr. Elliot Kitajima de la
UNB (Université de Brasilia), à Brasilia,
D.F. Au cours des étapes initiales de la
recherche, les larves infectées étaient
recueillies dans les champs et portées au
laboratoire où, ultérieurement s'effec-
tuait l'évaluation de l'efficacité du virus
en fonction du contrôle d'*E. ello*.

Les premières expériences se réali-
sèrent avec des larves de cinq jours, nées
d'oeufs recueillies dans le champ. Les
larves individuelles furent placées dans
des boîtes de Pétri, et alimentées quoti-
diennement avec des feuilles de manioc
inoculées d'une solution du virus. L'in-
fection virale se produisit par ingestion
de feuilles qui contenaient des particules
du virus. Des observations eurent lieu
toutes les 24 heures et l'on tint un regi-
stre de la symptomatologie et du temps
écoulé entre le moment de l'inoculation
et l'apparition des premiers symptômes,
et entre ceux-ci et la mort des larves.

Une fois constatée l'efficacité du
Baculovirus en laboratoire, la recherche
s'orienta vers les essais sur le terrain, par
aspersion du virus, à des doses diffé-
rentes, sur des cultures déjà établies. Le
Baculovirus pulvérisé provenait du
laboratoire de la Station Expérimentale
d'Itajaí, à partir de larves infectées; les
larves se retiraient du congélateur, se
passaient au mixer et la suspension se
filtrait pour en ôter les résidus et éviter
l'obstruction de la canule du pulvéri-
sateur.

Le virus fut appliqué sous des doses
différentes: un témoin (sans application
du virus), 5 ml, 10 ml, 15 ml, 20 ml,
30 ml, 35 ml, 40 ml, 45 ml, 65 ml et 80 ml
de solution de virus par hectare, dis-
souts dans 200 litres d'eau, pendant
deux récoltes (1984-85 et 1985-86). Les
aspersions furent réalisées entre 9 et 10
heures du matin. Avant l'application,
on procéda au comptage du nombre
d'oeufs et de larves présents sur les

plantes des parcelles à asperger et l'on obtint une moyenne de sept larves par plante. Après l'aspersion, la symptomatologie des larves fut évaluée au jour le jour, ainsi que le temps écoulé à partir de l'aspersion jusqu'à l'apparition des premiers symptômes et la mort des larves d'*E. ello*. On effectua également le calcul du pourcentage moyen de larves mortes.

Résultats

Quatre jours après la pulvérisation du virus, on observa, sur tous les traitements, la présence de larves présentant les premiers symptômes de l'infection: décoloration et perte du mouvement et de la faculté de s'alimenter; quelques-unes étaient mortes.

Ces symptômes se retrouvèrent également dans les zones plantées de témoins —dans lesquelles le virus n'avait pas été appliqué— et dans les zones voisines, ce qui prouve que le virus possède la faculté de se disperser par le vent, la pluie, et la circulation de personnes dans le champ, ainsi que par les insectes, parasites et prédateurs, par les oiseaux, entre autres vecteurs.

Après le dixième jour suivant l'aspersion, 90% des larves étaient mortes, infectées par le *Baculovirus*. Parmi les larves issues de postures postérieures à l'aspersion du virus, se produisit une épizootie, c'est-à-dire un contrôle naturel qui rendit inutile une seconde application du virus.

En raison des résultats satisfaisants, on procéda à l'aspersion de champs de quatre, cinq et six hectares, et les effets obtenus furent semblables à ceux des parcelles expérimentales. Six jours après l'aspersion, l'infection avait atteint les larves à 100%; beaucoup de celles-ci étaient mortes et pendaient des pétioles des plantes, soutenues par leurs "fausses pattes".

Les larves présentant des symptômes intermédiaires de la maladie se reconnaissent facilement grâce à leur décoloration totale, à des taches ou stries, et par le fait que, en raison de la perte de leur capacité de mouvement pour s'alimenter, elles se détachent facilement des

feuilles; en outre, leur consistance est flasque au toucher, et elles se brisent facilement en éjectant un liquide blanchâtre et nauséabond.

Après avoir analysé les résultats obtenus au laboratoire et dans le champ, et une fois confirmée l'action du *Baculovirus* sur la chenille à corne, la EMPASC commença à recommander la nouvelle technologie aux techniciens et aux agriculteurs. Cette technologie a été acceptée progressivement.

Quand convient-il d'appliquer le *Baculovirus*?

Le *Baculovirus* doit être appliqué lorsqu'on détecte une population de cinq à sept larves de petite taille (jusqu'à 2 cm) par plante. Ce nombre est cependant flexible et dépend principalement de l'âge et de la vigueur des plantes; celles n'ayant pas dépassé l'âge de 5 mois doivent faire l'objet de contrôle plus strict. Il est recommandé de réaliser des inspections des plantations au moins une fois par semaine, afin de détecter la présence d'œufs ou de petites larves. Celles-ci se cachent d'habitude sur l'envers des feuilles ou sur les bourgeons apicaux; de ce fait, la révision de ces zones doit être minutieuse, d'autant plus que l'aspersion du *Baculovirus* est déconseillée sur des larves mesurant plus de 5 cm (4^{ème} ou 5^{ème} instar), car le contrôle ne donnerait pas de résultats satisfaisants. La meilleure époque pour l'aspersion se situe au cinquième jour suivant la naissance des larves (2^{ème} et 3^{ème} instar).

Façons d'appliquer le *Baculovirus*

Le *Baculovirus* peut être obtenu en utilisant des larves déjà infectées, recueillies dans la plantation, larves qu'on trouve généralement mortes, pendues aux pétioles des feuilles. Avec les larves mortes récemment —celles qui se brisent facilement en émettant un liquide blanchâtre— on prépare une solution de la manière suivante: on laisse macérer dans de l'eau les larves infectées, et on tamise la suspension avec un linge propre ou à l'aide d'une passoire bien fine, afin d'éviter l'obstruction du bec du pulvérisateur.

Le liquide filtré, qui contient le *Baculovirus*, est mélangé avec un volume d'eau suffisant pour humecter les plantes et correspondant à l'équipement utilisé pour l'aspersion (aérien, à volume ultra-faible, pulvérisateur dorsal motorisé, à pression constante, etc.).

Dose par hectare

Les doses pour l'aspersion d'un hectare s'obtiennent par la macération de 10 grandes larves (de 7 à 9 cm de long) ou de 22 larves de taille moyenne (de 4 à 6 cm). Une autre manière de dosifier à partir du poids des larves, on recommande, pour un hectare, 18 g de larves mortes, équivalant à 20 ml du liquide obtenu avec des larves macérées.

Données importantes

Il convient de rappeler que les larves se contaminent uniquement par ingestion du virus, qu'elles vivent environ six jours avant de mourir, et ne cessent d'occasionner des dégâts qu'au troisième ou quatrième jour après l'aspersion, du fait de la diminution de leur faculté de s'alimenter.

Bien qu'on n'ait pas relevé de différences en ce qui concerne l'heure à laquelle s'effectue la pulvérisation, il est recommandé, pour plus de sûreté, d'appliquer le *Baculovirus* au cours des premières heures de la matinée, ou en fin d'après-midi, évitant ainsi les heures les plus chaudes de la journée.

Afin de s'assurer de la qualité et de l'efficacité du *Baculovirus*, il est recommandé de ne recueillir que les larves mortes récemment. Si celles-ci ne sont pas utilisées immédiatement après leur collecte dans la plantation, elles doivent être placées dans des récipients de verre ou de plastique et gardées sous congélation; on conservera de cette manière ce matériel aussi actif que possible et à l'abri de la décomposition, jusqu'à ses futures applications. Il faut décongeler les larves avant de préparer la solution.

Avantages du *Baculovirus*

L'emploi du *Baculovirus* dans le contrôle de la chenille à corne offre les avantages suivants: diminution des prix

de revient de la culture et des risques de pollution de l'environnement; efficacité dans le contrôle du fléau, si l'application est effectuée correctement; simplicité et facilité de l'application; sélectivité dans l'usage d'insecticides chimiques et diminution dans l'emploi de ceux-ci; grande

capacité de dispersion qui permet à l'infection de parvenir jusqu'aux endroits non aspergés; reproduction facile des doses pour la même culture ou pour les futures plantations, à partir de la première dose appliquée; et finalement, persistance du virus dans le milieu

ambiant (sol et plante) et dispersion aisée du virus, facteurs qui permettent d'envisager un contrôle des populations de l'insecte, postérieures à l'application du virus, sans besoin d'avoir recours à une deuxième aspersion.

Symptomatologie de la larve d'*Erinnyis ello* (L.) atteinte par *Baculovirus erinnyis*

La coloration de la peau de la chenille à corne atteinte par le virus devient pâle et le dos a un reflet brillant. Sur le dos apparaissent des taches sombres facilement visibles lorsque la larve est verte ou jaune (Figure 1).

Les taches dorsales sont les plus visibles. Les mouvements de la larve sont plus lents et sa consommation de feuillage diminue considérablement (Figure 2).

La larve, qui perd totalement sa capacité de consommation de feuillage, a tendance à rester accrochée par les deux dernières paires de pseudo-pattes (la dernière paire abdominale et la paire anale). La larve excrète et ses matières fécales restent adhérentes au segment anal. Le corps se recroqueville (Figure 3).

La larve atteinte par les virus meurt. Sa structure interne se dissout et s'accumule à la partie inférieure de la larve pendue, lui donnant une apparence de relâchement. La peau commence à se décomposer et devient foncée. La larve crève, libérant le virus; ultérieurement, la peau se parchemine (Figure 4).

Tout le processus dure environ cinq jours. La symptomatologie décrite correspond à des larves de cinquième instar.

Les larves sont emmagasinées dans des flacons que l'on conserve sous réfrigération. Le virus est récupéré en agitant le contenu des flacons dans un mixer. Plus tard, on le dissout et on l'applique dans les plantations pour le contrôle de la chenille à corne (Figure 5).



Figure 1



Figure 2



Figure 3



Figure 4

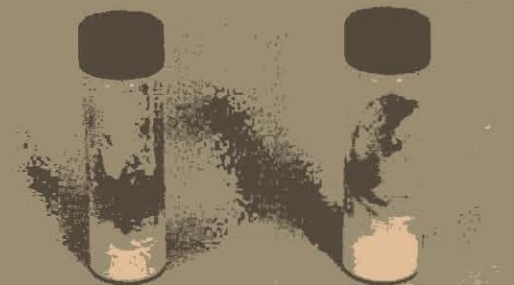


Figure 5

Insectes nuisibles du manioc en Thaïlande

Par Arunee Wongkobrat

Le manioc, *Manihot esculenta* Crantz, est une importante source d'hydrates de carbones, d'énergie et de nourritures.

C'est une denrée alimentaire de base pour la consommation humaine en Afrique, en Inde et en Amérique du Sud; il occupe une place de plus en plus importante dans l'alimentation du bétail. 80% de la production mondiale est fournie par seulement 10 pays. Les six principaux producteurs sont le Brésil (31%), l'Indonésie, le Zaïre, le Nigéria, la Thaïlande et l'Inde.

On connaît environ 200 espèces d'insectes nuisibles du manioc. Il s'agit en réalité de fléaux bénins n'occasionnant que peu ou aucune perte économique. Quelques-unes cependant prennent un caractère de sévérité selon la région et le climat de l'endroit où se trouvent les plantations de manioc.

En Thaïlande, on compte sept fléaux graves du manioc et cinq bénins. Les plus graves sont: l'acare rouge, *Tetranychus truncatus* Ehara; le charançon blanc, *Lepidiota stigma* Fabricius; le charançon perforateur de la tige, *Dorysthenes* (= *Lophosternus*) *bugueti* Guérin; les termites, *Coptotermes gestroi* Wasmann, *Coptotermes* spp.; l'écaïlle blanche, *Aonidomytilus albus* (Cockerell); l'écaïlle noire, *Parasaissetia nigra* (Nietner); et le puceron farineux, *Ferrisia virgata* (Cockerell).

Les insectes nuisibles mineurs sont: le hanneton rose, *Adoretus compressus* Web.; le charançon dévoreur de feuilles, *Hypomeces squamosus* Fabr.; la chenille mangeuse de feuilles, *Orgyia postica* Wlk.; la mouche blanche, *Bemisia tabaci* (Gennadius); et le hanneton dévoreur de feuilles.

L'Acare rouge

Tetranychus truncatus Ehara (Acarina: Tetranychidae)

L'acare rouge s'alimente de la surface interne des feuilles. L'infestation em-

pêche la croissance de la plante et réduit la formation des racines.

Biologie

Une femelle pond entre 4 et 134 oeufs —soit approximativement cinq oeufs par jour— à la superficie des feuilles basales. L'oeuf mesure 0.2 mm de diamètre et sa période d'incubation est de 4 à 5 jours. Les trois états de la nymphe sont la larve, la protonymphe et la deutonymphe. Les nymphes ressemblent aux adultes mais diffèrent de ceux-ci en taille et en couleur. Les adultes sont rouge brillant, tandis que les nymphes sont plus pâles. Les dimensions de la larve, de la protonymphe et de la deutonymphe sont respectivement de 0.20 x 0.28, 0.26 x 0.36 et 0.28 x 0.45 mm et la durée de ces trois états est, respectivement, d'environ 3, 1-3 et 2-4 jours. L'adulte vit de 3 à 31 jours et sa taille est de 0.35 x 0.54 mm. Les oeufs, les nymphes et les adultes se trouvent normalement ensemble sur les feuilles basales et au fur et à mesure que l'insecte se propage, ils envahissent les feuilles supérieures. Les pucerons élaborent une toile de filaments blancs sur les feuilles qui, lorsque la densité de population est élevée, occupe généralement la partie supérieure des plantes; les acares se déplacent sur cette toile qui sert également à protéger leurs oeufs des prédateurs.

Les nymphes et les adultes se nourrissent des feuilles inférieures. Les feuilles atteintes présentent des points jaunes et une ligne tout le long de la nervure principale, qui éventuellement s'étend à toute la feuille. Finalement, les feuilles deviennent roussâtres et tombent. La défoliation dépend de l'âge des plantes, de la population de l'acare et des conditions climatiques. Une forte infestation peut occasionner la mort des jeunes plantes lorsqu'elle se produit pendant une période de sécheresse prolongée. En Thaïlande, le manioc est généralement cultivé pendant la saison des pluies. Les

plantes cultivées au cours de cette saison se développent bien et survivent aisément à l'atteinte de l'acare. Le manioc cultivé à la fin de la saison des pluies, cependant, est endommagé par l'action de l'acare.

Ennemis naturels

Le coccinélide *Stethorus pauperculus* Weise est le plus efficace prédateur de l'acare rouge, particulièrement pendant sa phase d'oeuf. Le staphilinidé *Oligota* sp. est un autre prédateur connu. Les populations de ces deux prédateurs et de l'acare rouge sont les plus souvent présentes simultanément.

Contrôle

L'emploi sélectif du dicofol (Kelthane) 18.5 CE à 0.03% ou forméthane (Rainate) 25 PM à 0.01% représente une mesure efficace pour le contrôle de l'acare. Ces acaricides doivent être appliqués lorsque les plantes présentent des taches jaunes à leur partie supérieure.

Le charançon blanc, charançon frisé

Lepidiota stigma Fabricius (Coleoptera: Scarabaeidae)

Le charançon blanc est un des plus sévères ennemis du manioc, particulièrement dans les sols sableux ayant un pH de 6.0 à 6.5. C'est dans ces sols que le charançon se trouve en plus grand nombre et cause des dégâts aux racines des jeunes plantes. Le fléau fait son apparition par groupes et s'étend progressivement à toute la plantation. La larve du charançon blanc préfère les zones basses aux parties plus hautes de la plante. Les infestations sévères occasionnent des pertes du rendement qui peuvent atteindre 100% dans la région d'Amphoe Ban Bung, province de Chonburi. Les plantes qui survivent se développent mais leurs racines se déforment.

→

Biologie

La femelle pond des oeufs blancs, ovales, dont l'enveloppe est dure. L'oeuf mesure environ 4 x 5 mm et la période d'incubation est de 15 à 28 jours. Il y a trois instars de la larve. La larve à sa sortie de l'oeuf est blanc-crème, mesure de 7 à 8 mm de long et se nourrit des racines du manioc; à ses second et troisième instars, elle mesure de 35 à 40 mm et de 65 à 70 mm de long, respectivement. Ces deux instars sont ceux pendant lesquels la larve cause le plus de dégâts. La larve habite à plus ou moins 20 à 30 cm de la surface du sol et autour des racines. L'état larvaire peut durer de 8 à 9 mois. La larve utilise le tissu de la racine et du sol qui lui sont contigus pour former une cellule pupaire de 30 à 60 cm de profondeur, dont la durée approximative est de deux mois. Les adultes sortent du sol en fin d'après-midi, à la mi-février, et deviennent actifs après la première pluie; 4 à 6 mois après, ils occasionnent les dégâts les plus graves. L'accouplement se produit dans les 5 à 20 minutes après la sortie de terre, dans des arbres hauts tels que le cocotier, le manguier et l'arbre à pain, qui se trouvent à proximité des plantations de manioc. Après une copulation de 15 à 30 minutes, la femelle retourne immédiatement sous terre, alors que le mâle reste dans les arbres et redescend après l'aube. La femelle dépose ses oeufs dans les 14 à 25 jours qui suivent l'accouplement. Cette espèce a un cycle vital d'environ un an.

La larve se nourrit de la racine et de la tige des jeunes plantes et vit sous terre, à proximité de celles-ci. Les dégâts les plus sévères se produisent lorsqu'elle attaque les jeunes plantes qui se flétrissent soudainement et meurent.

Contrôle

La collecte manuelle des charançons adultes, au moment où ils émergent, de février à mars, évite qu'ils pondent leurs oeufs. Le labourage répété 3 ou 4 fois dans les zones les plus affectées, avant d'ensemencer, détruit les larves et les pupes ou les expose à l'attaque des oiseaux et des chiens.

Un insecticide pour le sol, tel que le carbofuran à 3% G, appliqué par doses de 2.25 kg i.a./ha dans les sillons, vers la mi-mars, tue les larves qui viennent d'émerger.

Le charançon perforateur de la tige

Dorysthene (= *Lophosternus*) *bugueti*
Guérin (Coleoptera: Cerambycidae)

Le charançon perforateur de la tige attaque les plantes plus âgées et bien développées. Son action consiste à perforer la tige ou la racine développée de telle manière que la tige se casse et que la qualité de la racine se trouve amoindrie.

Biologie

La femelle dépose une moyenne de 500 à 600 oeufs dans le sol. L'oeuf est marron clair, son enveloppe est dure, sa forme est allongée, ovale, et il mesure de 3.0 à 3.5 x 0.8 à 1.0 mm. La larve est cylindrique, blanchâtre, avec une petite tête marron et de fortes mandibules; elle ne possède pas de pattes. Les larves à peine émergées mesurent 4 mm de long et leur tête 0.7 mm de large. La larve adulte mesure environ 70 à 100 mm de long et sa tête a 12 mm de large. La larve mue au moins cinq fois et la période larvaire dure plus d'un an; elle est très active et se déplace rapidement dans le sol. Elle forme sa pupa, à une profondeur de 15 à 20 cm sous terre, composée de cellules élaborées avec des fragments de tissus de la plante et du sol. La pupa mesure entre 40 et 50 x 60 et 70 mm. La période pupaire a une durée de 12 à 25 jours et il se produit plusieurs générations par an.

Contrôle

En labourant la zone infestée 3 ou 4 fois avant les semis, on détruit les larves ou on les expose à la déprédation des oiseaux et des chiens. Cette mesure de précaution réduit efficacement la population des charançons.

Le Carbofuran (Furadan) 3 G appliqué à un taux de 2.25 kg i.a./ha deux fois, au moment des semis et 60 jours après, fournit un excellent contrôle.

Metarrhizium sp. est un champignon pathogène pour la larve et on le trouve dans quelques régions.

Termites

Coptotermes gestroi Wasmann;
Coptotermes spp. (Isoptera:
Rhinotermitidae)

Les termites qui demeurent dans le sol sont des fléaux considérables du manioc. Ils s'attaquent aux parties sèches et fraîches des boutures et des tiges mûres. Les dégâts sont plus considérables chez les jeunes plantes, particulièrement pendant les périodes prolongées de sécheresse.

Biologie

Les termites de ces espèces sont petits; le soldat de ces insectes mesure en moyenne 4 mm de long. La tête a 1.0 mm de large et 1.2 mm de long et la mandibule est aussi longue que la tête. Ils vivent en colonies composées de rois, de reines, d'ouvriers et de soldats. Les colonies de termites se forment à partir d'un adulte femelle et d'un adulte mâle, ailés. Après l'accouplement, leurs ailes tombent; la femelle dépose ensuite des oeufs cylindriques. Le développement d'un termite ne passe que par trois étapes: oeuf, nymphe et adulte. Les ouvriers sont les premiers produits, suivis par les soldats; les femelles et les mâles ailés abandonnent le nid en formant un essaim pour aller créer de nouvelles colonies.

Contrôle

Mettre les boutures de manioc à tremper dans une solution de dieldrin à 0.5% au moment de les planter, et les arroser avec cette solution 1 ou 2 fois dans les 4 ou 5 mois qui suivent, et au 8ème mois après les semis, jusqu'à obtenir un contrôle satisfaisant.

Écaille blanche

Aonidomytilus albus (Cockerell)
(Homoptère: Diaspididae)

L'écaille blanche est un suceur que se nourrit d'habitude de la partie inférieure de la tige. L'infestation la plus

sévère a lieu pendant la saison sèche, et particulièrement lorsque cette saison sèche se prolonge. Les symptômes légers n'apparaissent que lorsque l'infestation se produit sur des plantes de manioc déjà bien établies. Cependant, le principal dégât enregistré est la perte de matériel de propagation, due au fait que l'infestation réduit la germination des boutures.

Biologie

L'écaïlle blanche se recouvre d'une cire secrétée par son corps. La femelle dé-

pose entre 43 et 47 oeufs. Elle dure à l'état d'oeuf pendant environ 4 jours, à la suite desquels les jeunes, appelés 'rampants' éclosent et commencent à se déplacer sur la plante pendant une brève période. Pendant 1 à 4 jours, les insectes secrètent des fibres de leurs écaïlles, qui recouvrent leur corps, et muent deux fois. La femelle adulte met environ deux semaines pour se développer et le mâle 1 ou 2 jours de plus. L'état de puppe dure 4,5 jours et l'adulte vit de 1 à 3 jours. La copulation a lieu lorsque les femelles atteignent le troisième stade.

Contrôle

Le meilleur système est d'employer des boutures saines qui ne soient pas infestées. Les plantes infestées doivent être détruites et ne seront pas utilisées comme matériel propagateur. Les boutures légèrement infestées, lorsqu'il est nécessaire d'en faire usage, devront être trempées dans une solution de malathion ou de diméthoate (Roxion) à 0.1%, pendant 10 minutes; on les laissera ensuite sécher à l'air avant de les planter.

□

Effets des cultures associées et des mélanges variétaux sur la dynamique des populations de la mouche blanche du manioc

Par Clifford Gold, Anthony Bellotti, Miguel Altieri

Un des effets positifs de la diversification des systèmes de culture s'est traduit par une remarquable diminution des degrés d'infestation des insectes nuisibles. La théorie actuelle qui explique cette diminution est fondée sur les effets directs de l'association de cultures sur les populations herbivores, tels que le camouflage des plantes-hôtes, les changements dans les micro-climats, et la stabilisation de l'action des ennemis naturels, grâce à la présence de différentes sources alimentaires. On croit généralement que l'association d'autres cultures avec le manioc fait baisser le nombre des fléaux; jusqu'à maintenant il n'existait cependant pas ou peu de données permettant de corroborer cette conclusion.

Diminuer le nombre des herbivores du manioc au moyen des effets directs d'une association serait bénéfique; ces effets, cependant, ne seraient pas aussi importants sur d'autres cultures, car l'association n'est présente que pendant 30 à 40% du cycle du manioc. Il existe la croyance que le manioc n'a pas de période critique de grossissement des racines; la dynamique de la population herbivore pendant la période postérieure à l'association est donc peut-être



Adultes de la mouche blanche. Cet insecte peut occasionner des pertes de rendement de l'ordre de 70% dans une culture de manioc, aussi bien par dommage direct, en se nourrissant des feuilles, que parce qu'elle facilite l'apparition de fumagine.

aussi importante qu'au cours de la durée de l'association dans la plantation.

Au cours d'un essai réalisé à la station expérimentale Nataima, de l'ICA (l'Instituto Colombiano Agropecuario), dans le département du Tolima, Colombie, les effets de l'association de cultures et du mélange de variétés de manioc sur la

dynamique des populations de la mouche blanche, *Aleurotrachelus socialis* et *Trialeurodes variabilis*, ont fait l'objet d'études. En cet endroit, sur au moins dix années, on a enregistré des attaques de ces deux espèces de la mouche qui ont occasionné des pertes de rendement allant jusqu'à 80%.

→

Une variété régionale de manioc (MCol 2257) a été ensemencée en monoculture et en association avec du maïs et du niébé. En outre, la variété régionale fut plantée en sillons alternés avec la variété CIAT CMC 40, comme une monoculture de deux variétés. Quatre répétitions de chaque traitement furent effectuées. Sur deux répétitions supplémentaires on appliqua, tous les 15 jours, du monocrotophos afin d'éliminer les mouches blanches et de calculer ainsi les pertes de rendement au sein de chacun des systèmes de culture.

Ces travaux de recherche poursuivaient deux objectifs. Tout d'abord observer si les systèmes de culture affectent les niveaux de populations des mouches blanches; et en second lieu, vérifier si toute diminution de cette population qui pourrait se produire, persisterait pendant la période postérieure à la récolte et à la fin de l'association. Pour ce faire, un comptage du nombre d'oeufs de mouche blanche sur la moitié du lobe foliaire central a été effectué sur 25 feuilles par parcelle, tous les 15 jours.

Les périodes d'évaluation couvrirent quatre phases du manioc: l'établissement, quand les populations de mouche

blanche commencent à infester la plantation (de 4 à 6 semaines après les semis); la pré-récolte, lorsque l'association de cultures était établie (de 8 à 16 semaines après les semis); la post-récolte, après avoir enlevé du site la culture associée (de 18 à 35 semaines après les semis); et la phase de maturation, pendant les étapes finales du développement du manioc (de 39 à 45 semaines après les semis).

Résultats

L'association de manioc et de niébé a réduit les populations d'oeufs des deux espèces de mouche blanche, au centre du lobe foliaire, par comparaison avec celles relevées sur le manioc en monoculture. L'effet a été résiduel et d'une durée de six mois après la récolte de la culture associée. En réalité, cette diminution a été plus sensible après la récolte du niébé que quand cette culture était encore dans la plantation (Tableau 1).

Si on les compare à celles de la monoculture, les populations d'oeufs au centre du lobe foliaire, pour les deux espèces de mouche blanche, n'ont pas diminué significativement dans l'association manioc-maïs, alors qu'elles

ont été considérablement moindres dans le système manioc-niébé. Le mélange variétal de manioc régional et de la CMC 40 a réduit la population de *T. variabilis* aussi bien dans la variété régionale que dans le mélange variétal (régional et CMC 40), si on compare cette population à celle de la monoculture d'une variété régionale (Tableau 1). Le mélange variétal n'a pas affecté les populations d'oeufs de *A. socialis*.

Les ennemis naturels n'ont pas contribué de manière significative aux différences dans les populations de la mouche blanche relevées parmi les divers systèmes de culture. Le principal prédateur, *Delphastus pusillus*, a mis en évidence une réponse numérique et des populations supérieures dans la monoculture (Tableau 2). Bien que ce coccinélidé soit un prédateur abondant, la relation prédateur/proie s'est montrée trop faible pour que son incidence sur le fléau puisse être considérée significative. Les parasitoïdes ont occasionné une mortalité importante à la puppe de *A. socialis*; cependant, les résultats obtenus dans un essai réalisé à part ont donné les mêmes pourcentages de parasitisme et de mortalité de la puppe pour tous les traitements. Le parasitoïde

Tableau 1. Populations d'oeufs d'*Aleurotrachelus socialis* et de *Trialeurodes variabilis* au centre du lobe foliaire, évaluées au cours de quatre phases de la culture, seule ou associée, du manioc.

Traitement (système de culture)	Oeufs selon la phase de culture: ¹				Oeufs en culture globale
	Etablissement	Pré-récolte	Post-récolte	Maturité	
<i>A. socialis</i>					
Manioc/niébé	19 b	415 c	197 b	225 b	255 b
Manioc/maïs	38 ab	539 b	367 a	370 a	396 a
Monoculture (manioc régional)	48 a	652 ab	483 a	360 a	474 a
Mélange variétal (manioc)	66 a	705 a	388 a	—	473 a
Signification	*	**	**	**	**
<i>T. variabilis</i>					
Manioc/niébé	4	114 b	66 b	29 b	68 b
Manioc/maïs	16	151 a	120 a	79 a	110 a
Monoculture (manioc régional)	7	190 a	143 a	45 ab	131 a
Mélange variétal (manioc)	9	159 a	48 b	—	86 b
Signification	ns	*	**	*	**

1. Etablissement: de 4 à 6 semaines après les semis; pré-récolte: de 8 à 16 semaines après les semis; post-récolte: de 18 à 35 semaines après les semis; maturité: de 39 à 45 semaines après les semis. La culture associée a été récoltée 16 semaines après les semis. Les traitements suivis de la même lettre ne sont pas significativement différents, d'après l'épreuve du rang multiple de Duncan.

* Différences significatives entre les traitements à $p \leq 0.05$; ns = non significatif.

** Différences significatives à $p \leq 0.01$.

tisme dû aux insectes de *T. variabilis* immatures n'a pas été fréquemment rencontré.

La mortalité parmi les états immatures de *A. socialis* a été estimée à près de 90%. L'essai a démontré que la survie de l'état d'oeuf à l'état adulte était équivalente dans les différents traitements. Les systèmes de cultures associées doivent donc avoir beaucoup influé sur le comportement des adultes de mouches blanches et sur la sélection effectuée par ceux-ci de leurs plantes-hôtes. Ces effets peuvent être attribués aux différences dans la qualité des plantes-hôtes qui ont été affectées par la concurrence avec les cultures associées et sont restées longtemps après que ces dernières aient été enlevées de la plantation. Le manioc associé avec le niébé a produit des plantes plus petites, présentant un retard de croissance qui persista pendant la plus grande partie du cycle de culture. Remarquons que la densité des populations adultes de mouches blanches a été en relation positive avec la taille de la plante.

Les calculs indiquent que chaque plante de manioc, dans la monoculture, a hébergé plus de trois millions d'oeufs pendant tout le cycle de la culture. Les populations denses de mouches blanches ont eu comme répercussion de substantielles réductions de la croissance et du rendement du manioc. Les populations d'oeufs, évaluées au centre du lobe foliaire, ont été statistiquement équivalentes dans l'association manioc/maïs, dans les manioc en monoculture et dans le mélange variétal de manioc. Dans chacun de ces systèmes, les pertes de rendement fluctuèrent aux environs de 60%. Par contraste, les populations d'oeufs furent significativement moindres dans l'association manioc/niébé que dans les autres systèmes; les pertes de rendement dans cette association s'élevèrent approximativement à 12% et, en conséquence, c'est cette association qui obtint les meilleurs chiffres de rendement (Tableau 3). D'autre part, les mouches blanches ont entraîné une diminution de la longévité foliaire — un paramètre significatif du rendement — diminution plus faible dans le système manioc/niébé.

Tableau 2. Populations d'adultes et de larves de *Delphastus pusillus*, déprédateur de la mouche blanche, sur 300 feuilles de manioc, évaluées pour chacune des phases de la culture.

Traitement (système)	Adultes en phase de ¹ :		Larves en phase de:	
	Pré-récolte	Post-récolte	Pré-récolte	Post-récolte
Manioc/niébé	20	48 b	28	34 b
Manioc/maïs	18	86 a	30	59 ab
Monoculture (manioc régional)	15	133 a	19	85 a
Mélange variétal (manioc)	21	107 a	23	44 ab
Signification	ns	**	ns	*

1. Pré-récolte: de 8 à 16 semaines après les semis; post-récolte: de 18 à 35 semaines après les semis. Les traitements suivis de la même lettre ne sont pas significativement différents, d'après le test du rang multiple de Duncan.

* Différences significatives entre les traitements à $p \leq 0.05$; ns = non significatives.

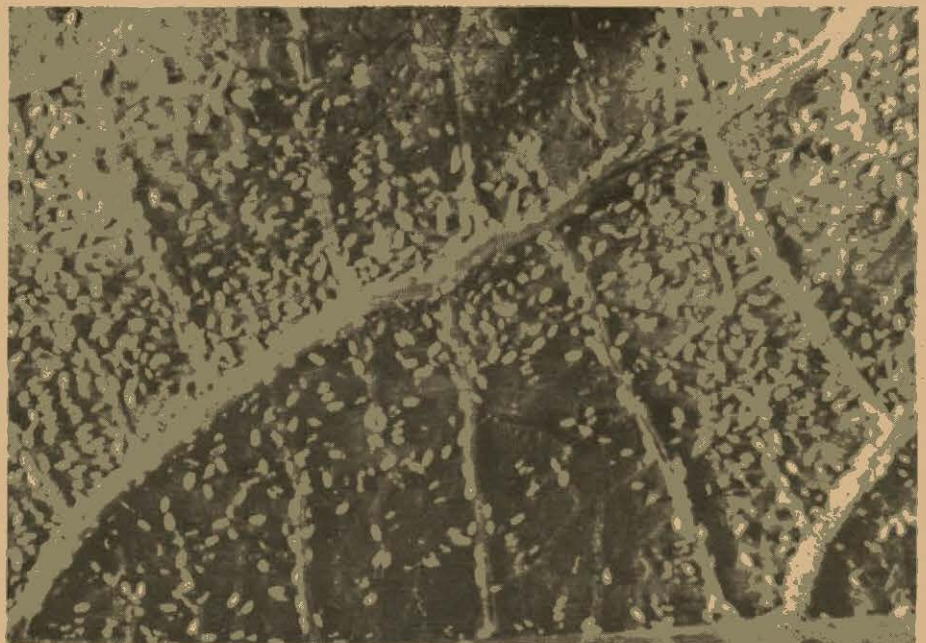
** Différences significatives à $p \leq 0.01$.

Tableau 3. Rendements de l'association et de la monoculture de manioc, et pertes de rendement attribuées aux attaques de la mouche blanche sur différents systèmes de culture.¹

Traitement (système)	Rendement du manioc (kg/plante)		Perte de rendement	
	Avec protection	Sans protection	(kg/plante)	(%)
Manioc/niébé	1.32	1.15 a	0.17 b	12.5
Manioc/maïs	1.88	0.69 b	1.19 a	63.0
Monoculture (manioc régional)	1.91	0.80 b	1.11 a	58.0
Mélange variétal (manioc)	2.10	0.73 b	1.37 a	65.0
Signification	ns	**	**	ns

1. Rendements en kilogrammes de racines commerciales par plante. Les traitements suivis de la même lettre ne sont pas significativement différents d'après le test du rang multiple de Duncan.

** Différences significatives entre les traitements à $p \leq 0.01$; ns = non significatif.



Nymphes de mouche blanche sur les feuilles situées au tiers supérieur de la plante. A ce stade, la mouche blanche joue aussi un rôle dans la baisse de rendement de la culture.

Conclusions

L'association manioc/niébé a fait baisser les populations de mouches blanches dans les plantations de manioc. Cette baisse a été résiduelle car elle a persisté pendant six mois après la récolte du niébé. Ce résultat s'explique mieux en raison de l'effet indirect de l'association sur la qualité de la plante-hôte repérée par l'herbivore. Dans les conditions d'environnement de Nataïme, dans le

Tolima, la diminution du nombre d'hervibores a de loin compensé les effets de concurrence du niébé. En outre, un agriculteur qui met en pratique l'association de cultures obtiendra le profit de la récolte de la culture associée.

Ces résultats indiquent que les cultures associées offrent au petit agriculteur aux moyens limités une méthode précieuse pour réduire les dégâts occasionnés par les fléaux. Pour le manioc,

l'emploi des systèmes de culture associée doit être considéré comme un outil de tout premier ordre dans la stratégie du contrôle intégré des fléaux. Bien qu'il existe une tendance définie favorable à la réduction des fléaux par les cultures associées, cette réduction peut se traduire par des paramètres différents, selon le site, le cycle de culture, et la diversité du complexe de relations des insectes. □

Préparation traditionnelle d'aliments à base de manioc en Côte d'Ivoire

Par Aboua Firmin

Le manioc est un aliment de base pour plus de neuf millions de personnes en Côte d'Ivoire, où la production dépasse un million de tonnes de racines fraîches par an. Au sud du pays, on consomme le manioc en quantités substantielles, comme produit végétal frais. Un grand pourcentage de la récolte totale est cependant converti, surtout dans les villages, en farine granulaire utilisée ensuite en cuisine et consommée avec diverses sauces. D'autres produits typiques de la Côte d'Ivoire sont le *foutou*, le *placali*, le *foufou*, le *gari* et l'*attoupkou*.

On traite en général le manioc, non seulement parce qu'il se détériore rapidement après la récolte mais pour réduire la teneur en cyanure des racines. Les produits dérivés du traitement du manioc sont nombreux en Côte d'Ivoire, et les opérations les plus laborieuses du processus, telles que le râpage et la mouture, sont en voie de mécanisation; de nombreuses autres, cependant, comme le broyage et la presse, demandent d'être améliorées. On espère aussi que les fabricants mettent au point de nouveaux produits alimentaires ou industriels, et que la qualité hygiénique et nutritionnelle du produit final soit améliorée.

Vous trouverez plus avant une description des différentes manières de préparer le manioc en Côte d'Ivoire.

Avec du manioc frais

Les racines légèrement sucrées du manioc âgé de huit à douze mois peuvent se manger crues, comme une 'crudité' fraîche, après les avoir épluchées. Une façon très courante de le préparer est en le faisant bouillir pendant une heure; les racines ainsi cuites sont assaisonnées avec de l'huile de palme, du sel, et accompagnent une viande ou un poisson. On peut aussi faire cuire les racines sous la braise.

Avec le manioc traité

Foutou et foufou. Ce sont les produits les plus importants obtenus à partir des racines de manioc doux traité. Pour préparer le premier, on pèle et on coupe les racines en morceaux assez grands; on fait bouillir ces morceaux pendant 40 ou 50 minutes et on les écrase dans un creuset de bois. On y ajoute peu à peu de petites quantités d'eau jusqu'à obtenir une pâte solide et élastique que l'on pétrit pendant quinze minutes environ; on donne ensuite à cette pâte une forme de tasses. Le *foutou* se consomme accompagné de sauces, de poisson ou de viande et de salades, qui sont d'excellentes sources de protéines.

Le *foufou*, de son côté, se prépare à partir de grands morceaux de manioc pelés, que l'on fait cuire dans une sauce

de poisson ou de viande, avec des poivrons, des aubergines et de l'huile de palme, pendant 50 minutes.

La farine. Pour obtenir de la farine de manioc, on pèle des racines douces ou amères et on les laisse sécher au soleil jusqu'à ce que leur humidité soit réduite de 10 ou 12%. Les morceaux déjà secs sont moulus dans un mortier de bois jusqu'à ce qu'ils deviennent de la farine, que l'on tamise pour en éliminer les fibres. Si on mélange la farine avec de l'eau chaude, on obtient le *toh* ivoirien, une sorte de pâte qui se mange aussi avec des sauces.

Le tapioca. Les racines pelées, douces ou amères, sont moulues ou broyées jusqu'à obtenir une bouillie que l'on met dans une marmite, sans couvrir, sur un feu de bois. La chaleur entraîne un degré considérable de dextrinisation de l'amidon.

Avec du manioc fermenté

Les racines de manioc amer s'emploient généralement pour préparer des produits fermentés. On pèle les racines et on les pile ensuite dans un mortier de bois avec une certaine quantité de manioc déjà fermenté, jusqu'à obtenir une pâte. La pulpe fraîche se fermente et se comprime dans des marmites métalliques ou



plastiques pendant deux ou trois jours. Cette bouillie fermentée et partiellement hydratée est pressée avec de lourdes pierres pour en extraire l'humidité restante. De cette bouillie on obtient les produits suivants:

Le placali. La pâte de manioc fermentée et déshydratée est cuite dans de l'eau pour obtenir une bouillie sucrée et transparente. On la pétrit ensuite à la main dans un récipient de bois et on lui donne une forme de tasses qui sont consommées comme le *foutou*.

Le Bede-Kouman ou Bessiké. La pulpe du manioc fermentée et déshydratée est cuite dans de l'eau jusqu'à obtenir une pâte compacte et souple, semblable au *placali*, que l'on consomme accompagnée de sauces.

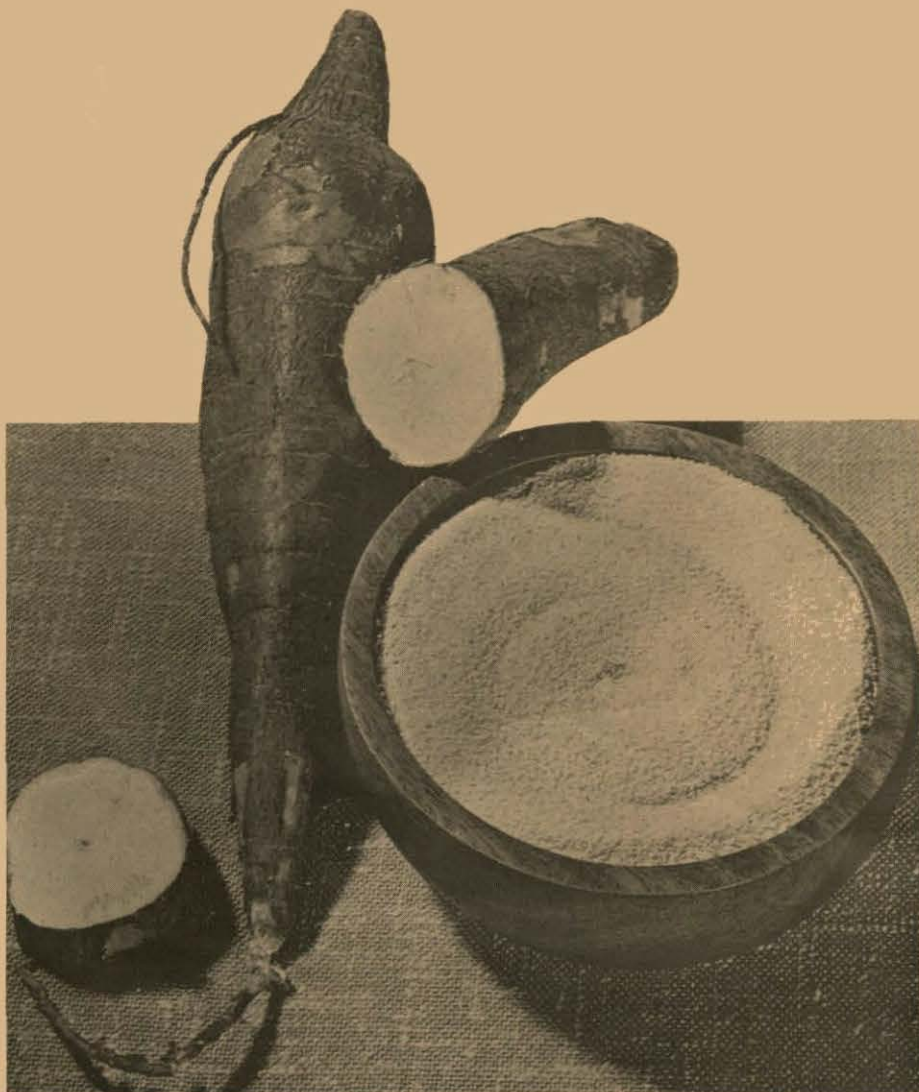
Le N'Bede-papa ou grand gâteau. La pâte de manioc est enveloppée dans des feuilles vertes et on la fait cuire sur une plaque ou au four pendant 45 minutes. Le gâteau de manioc se saupoudre de sucre semoule avant d'être consommée.

Le bito. Les granulés obtenus de la pâte de manioc sont cuits dans une sauce tomate avec du poivron, et accompagnent une viande ou un poisson.

Le N'Bete gboko. Les granulés de la pâte fermentée sont cuits dans de l'huile de palme ou dans de l'huile d'arachides.

L'attoupkou. La pâte de manioc est comprimée pour en extraire l'eau. On la fait ensuite sécher au soleil jusqu'à ce qu'on obtienne une farine granulée que l'on fait cuire comme un gâteau, à la vapeur, dans une marmite spéciale de terre cuite, pendant 45 minutes. Le résultat se consomme comme le *foutou*.

L'attiéké frais. La farine granulée obtenue de la pâte de manioc pressée, est séchée au soleil. On la fait cuire ensuite à la vapeur dans un pot spécial en terre cuite, pendant 45 minutes. Ce produit est blanc et il a un goût acide. On le sert avec des sauces préparées avec de l'huile de palme, de la viande ou du



Le gari est un des produits élaborés en Côte d'Ivoire à partir du manioc fermenté. Le manioc, partiellement déshydraté et fermenté, est cuit dans un pot de terre cuite ou dans une cocotte de fonte jusqu'à ce qu'il soit complètement sec.

poisson, et avec des salades ou des crudités.

Le gari. La pâte de manioc, partiellement déshydratée et fermentée, se fait cuire dans un faitout de fonte ou dans un pot de terre cuite, sur un feu de bois, en la battant continuellement jusqu'à ce que son humidité s'évapore; on obtient ainsi une gélatinisation partielle de ses granulés amylicés. Au cours de cette période de cuisson, la plus grande partie du cyanure du manioc se décompose. La bouillie, une fois cuite, est passée au tamis pour en enlever les grumeaux, les résidus, etc. et améliorer la présentation du *gari*.

Un regard vers l'avenir

En Côte d'Ivoire, on traite plusieurs produits dérivés du manioc afin de préserver cette racine et en faciliter le transport. Quelques-uns de ces processus de traitement sont malaisés, lents et pénibles, en particulier ceux destinés à éliminer les composants cyanhydriques des racines. Le traitement améliore la saveur et la digestibilité du manioc. La mécanisation de certaines opérations laborieuses (râper et piler) facilite les tâches des femmes et améliore la qualité du produit final. La fabrication d'un bon nombre de produits traditionnels (*placali*, *toh*, *foutou* et *foufou*) dépend

généralement de la demande des consommateurs locaux des grandes villes.

Il serait bon de mettre au point en Côte d'Ivoire des processus de préparation des produits traditionnels du manioc aptes à satisfaire les goûts locaux. Les fabricants d'équipements et les chercheurs devraient envisager la mise

au point de méthodes de traitement et de nouveaux produits pour diversifier l'emploi du manioc dans l'alimentation.

Les analyses chimiques prouvent que tous les dérivés du manioc ne possèdent qu'un faible taux de protéines et ont une haute teneur en énergie; ils représentent la principale source de calories des habi-

tants de la Côte d'Ivoire, étant donné leur considérable teneur en amidon. Les aliments préparés avec du manioc traité contiennent en outre des minéraux, tels que du calcium, du phosphore, du potassium et du sodium en quantités appréciables. □

Projet de plantation de manioc en bandes au Bénin, Afrique Occidentale

Par Dietrich E. Leihner

L'Université de Hohenheim, Allemagne de l'Est, a mis récemment en marche un programme régional de recherche destiné à produire et valider des technologies de production agricole pour les petits agriculteurs d'Afrique de l'Est. Pour ce faire, des accords de collaboration ont été signés avec le Centre Sahélien de l'International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT) à Niamey, Niger, et avec l'International Institute of Tropical Agriculture (IITA), au Nigéria. Les recherches dans les zones sub-humides, menées dans la sous-station de l'IITA en République Populaire du Bénin, prétendent stabiliser les rendements de plus en plus faibles du manioc et du maïs, dans les circonstances suivantes: lorsque la rotation traditionnelle cultures-jachère devient impossible du fait de la surpopulation et de la pression qui en découle sur la terre agricole.

Le plus important des cinq projets initiés avec l'IITA tente de générer l'information de base sur l'utilisation des ressources naturelles dans les systèmes de plantation en bandes de manioc et de maïs. On cultive des variétés améliorées de manioc (TMS 30572) et de maïs (TZESRW) suivant une rotation de trois ans, soit en monoculture, soit en cultures intercalaires. Le système comprend deux cultures en bandes enssemencées avec les cultures alimentaires: *Leucaena leucocephala*, un arbre légumineux tropical, et le pois cajan (*Cajanus cajan*), une autre légumineuse qui,



Dans la station de l'IITA, au Bénin, les systèmes de culture en bandes avec *Leucaena* et manioc sont à l'essai. On y sème également du maïs et du pois cajan.

en plus de fixer l'azote, produit un petit rendement de grain pour la consommation humaine.

Les observations initiales du premier cycle de croissance des cultures, complétées en avril 1987, montrent que *Leucaena*, de par sa croissance initiale lente, est rapidement recouverte par les cultures alimentaires; en outre, elle présente les symptômes propres aux oxysoils acides et rouges 'terre de barre' de la zone. Le pois cajan a fourni des résultats très prometteurs car sa croissance

est salutaire et il entraîne une accumulation rapide de matière sèche. La capacité régénératrice de ces deux espèces avait été confirmée par des travaux de recherches effectués précédemment au travers d'un programme d'aide technique d'Allemagne Occidentale au siège principal de l'IITA (en ce qui concerne la *Leucaena*) et dans la ferme expérimentale de Carder de l'Atlantique, au Bénin.

Les travaux de recherches ont été conçus de manière globale pour une

observation de tous les paramètres possibles permettant de déterminer l'efficacité de ces systèmes de culture concernant l'utilisation des éléments nutritifs, l'eau et la lumière, et la transformation de ceux-ci en biomasse et aliments. Outre l'enregistrement de l'état de l'eau du sol au moyen de tensiomètres, et de l'obtention d'échantillons de sol pour déterminer les éléments nutritifs disponibles pour la plante et leur dynamique dans le sol, d'autres paramètres des plantes sont mesurés, tels que la formation totale de matière sèche dans le système de culture et sa répartition entre les divers composants de celui-ci, la formation de la zone foliaire chez ces composants, le potentiel d'eau de leurs feuilles et la résistance stomatale. Les éléments nutritifs absorbés par la plante,

déterminés par l'analyse de tissus, ont une relation avec l'état des éléments nutritifs du sol. Le climat est également pris en considération par rapport au temps pour évaluer l'efficacité de la mise à profit de ce facteur de croissance dans divers systèmes.

On espère que les cultures en bandes, que l'on coupe régulièrement pour fournir au sol des cultures alimentaires une couverture végétale, aident à préserver l'humidité du sol, à diminuer le stress hydrique lorsque le début des pluies est incertain, et à fournir aux plantes des éléments nutritifs quand la matière organique provenant de la décomposition lente de ces mêmes cultures se minéralise. Les problèmes occasionnés par les adventices seraient éga-

lement contrôlés de manière appréciable avec la couverture que fournissent au sol les résidus des cultures en bandes.

Cette analyse approfondie d'un système de culture en bandes associé à des cultures alimentaires contribuera à la compréhension des bases physiologiques et agronomiques des systèmes en bandes, qui possèdent un potentiel pour stabiliser les rendements des cultures alimentaires. Une fois ces bases bien comprises, la culture en bandes pourra s'étendre à une bien plus grande diversité de zones écologiques et de systèmes de production agricole et, en dernière instance, aiderait à surmonter la rareté de denrées alimentaires qui affecte périodiquement le continent africain. □

Caractéristiques photosynthétiques du manioc

Par Mabrouk El-Sharkawy et James H. Cock

La productivité de la partie aérienne d'une culture dépend basiquement de la capacité photosynthétique des feuilles individuelles. Cette capacité est cependant contrôlée par diverses caractéristiques du feuillage qui influent sur les aspects suivants: sur la quantité d'énergie lumineuse que la feuille capte et transforme en énergie pour la synthèse du photosynthate; sur la diffusion et le transport du CO_2 ; et, finalement, sur la réduction du CO_2 pour donner naissance aux produits primaires de la photosynthèse.

Au cours des quatre dernières décennies, la recherche effectuée sur le processus de la photosynthèse a classifié les plantes supérieures en groupes différenciés d'après leur patron de transport, d'emménagement et de réduction du CO_2 . Un premier groupe, celui des plantes qui possèdent le métabolisme acide des crasulacées (MAC), emmagasine du CO_2 atmosphérique dans l'obscurité, sous forme d'acides C_4 (e.g., acide malique), en maintenant ses stomates ouverts pendant la nuit. Dans la journée, les stomates se ferment, et ces

acides C_4 se décarboxylent; le CO_2 qui en résulte est alors fixé de nouveau, grâce au cycle réducteur des phosphates de pentose (cycle RFP ou C_3). Cependant, les espèces MAC peuvent fixer, dans certaines conditions d'environnement, le CO_2 atmosphérique en direct par le cycle C_3 , en ouvrant leurs stomates pendant la journée.

Un autre groupe est composé d'espèces qui fixent **toujours** le CO_2 atmosphérique pendant le jour, et directement au travers du cycle C_3 ; c'est pour cette raison qu'on les appelle espèces C_3 . Les plantes de ce groupe ont un point de compensation de CO_2 qui oscille entre 40 et 100 cm^3 de CO_2 m^{-3} et libèrent, en présence de lumière, d'appréciables quantités de CO_2 dans l'air n'en contenant pas, raison pour laquelle on leur donne le nom de plantes photorespirantes.

Un troisième groupe, connu sous le nom de plantes C_4 , fixent en premier lieu le CO_2 atmosphérique pendant la journée, sous forme d'acides C_4 (e.g., malate, aspartate); du fait de la décar-

boxylation des acides C_4 , ce CO_2 est libéré et de nouveau fixé par le cycle C_3 . Ces espèces C_4 ont un taux élevé d'absorption de CO_2 dans l'air normal et avec une forte luminosité, leur température optimum pour la photosynthèse est également élevée, leur point de compensation de CO_2 est voisin de zéro et elles ne libèrent pas de CO_2 dans un air dépourvu de celui-ci en présence de lumière. En outre, leurs feuilles possèdent une *anatomie Kranz* dont la caractéristique consiste en deux sortes de cellules qui renferment des chloroplastes: une grande couronne du faisceau vasculaire, et une couche de cellules mésophiles entourant la couronne.

Au cours des dix dernières années, un certain nombre d'espèces des genres *Panicum*, *Flaveria* et *Moricandia* ont été identifiées comme appartenant à un groupe intermédiaire C_3 - C_4 . Ces espèces se différencient des plantes typiques C_3 par certaines caractéristiques anatomiques, physiologiques et biochimiques. Aucune d'entre elles n'est cultivable. →

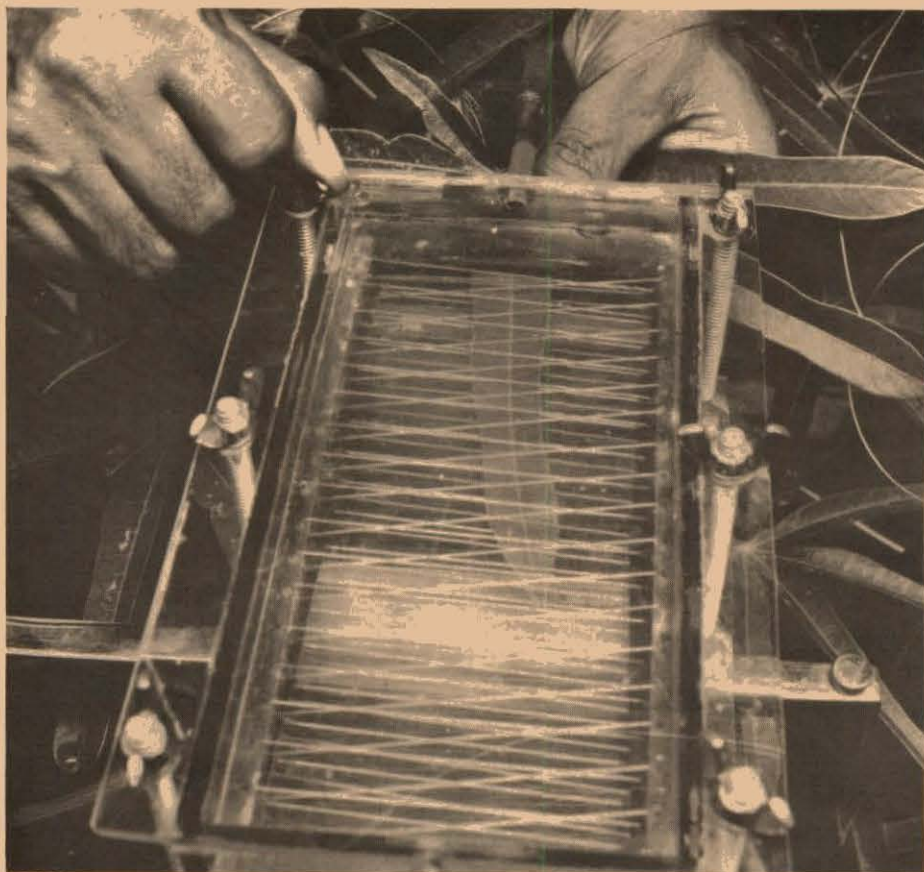
Pendant ces dernières années, les travaux de recherche sur la physiologie, réalisés dans le cadre du Programme du Manioc du CIAT indiquent donc que le manioc peut être une espèce C_3 atypique.

Recherches concernant les tissus palissadiques

Les scientifiques du CIAT ont comparé les caractéristiques des échanges gazeux se produisant dans le manioc avec celles d'une espèce typique C_3 , le haricot commun, et celles de deux espèces typiques C_4 , le maïs et l'amaranthe. La photorespiration de la feuille de manioc présente un taux de 12% de photosynthèse nette maximum dans un air normal, et sa libération de CO_2 dans un air dépourvu de celui-ci, dans des conditions d'intense luminosité, s'est montrée inférieure à celle des espèces C_3 typiques. Le point de compensation de CO_2 de feuilles entières ($25 \text{ cm}^3 \text{ CO}_2 \text{ m}^{-3}$) s'est avéré être intermédiaire entre ceux des espèces C_3 et C_4 .

Pour les besoins de l'expérience, l'échange gazeux sur l'endroit ou sur l'envers des feuilles amphistomatiques a été réduit en couvrant une face de la feuille de graisse de silicone préalablement aux relevés. Les résultats ont mis en évidence que le point de compensation de l'endroit était inférieur à $6 \text{ cm}^3 \text{ CO}_2 \text{ m}^{-3}$, et que la libération de CO_2 à l'air dépourvu de ce gaz et à la lumière, était pratiquement nulle. En ce qui concerne l'envers de la feuille, en revanche, une considérable libération de CO_2 fut enregistrée, tant à la lumière que dans l'obscurité.

Ces résultats s'expliquent d'après l'hypothèse que les tissus palissadiques de la couche supérieure de la feuille possèdent un mécanisme efficace de recyclage du CO_2 . Des données récentes indiquent que le manioc produit des acides C_4 en tant que produits primaires de la photosynthèse, qui rendent possible un trajet photosynthétique C_4 dans le tissu palissadique de ses feuilles. Cette hypothèse renferme d'importantes implications pour l'amélioration de la



Prise de mesure de l'échange gazeux entre les tissus de la feuille de manioc et l'air environnant.

productivité potentielle du manioc soumis à des conditions de stress.

Recyclage du CO_2

On peut tirer une conclusion générale: lorsque le CO_2 (produit de la photorespiration et de la respiration) a été forcé à se répandre à travers le tissu palissadique par le blocage des stomates de l'envers de la feuille, il s'est recyclé complètement ou il s'est refixé avant de pouvoir se diffuser au dehors. Ce résultat est semblable à celui des observations faites auparavant sur des espèces C_4 telles que le maïs. En synthèse, l'absence apparente de libération de CO_2 dans l'air dépourvu de celui-ci et à la lumière, dans les espèces C_4 , est due en

partie au recyclage rapide du CO_2 respiratoire interne par un mécanisme photosynthétique très efficace. Apparemment, le fait que, dans ces espèces C_4 , les cellules mésophiles contenant quelques enzymes-clés pour le cycle C_4 , enveloppent complètement le faisceau vasculaire des feuilles, évite la filtration du CO_2 respiratoire au dehors de la feuille. Cependant, quand on a mesuré la libération de gaz de tout l'endroit ou l'envers de la feuille de manioc, la filtration de CO_2 s'est avérée considérable; la cause de cette filtration provient du manque de système efficace de blocage du CO_2 (par exemple, de couronnes du faisceau vasculaire à parois épaisses) ou d'un système efficace de recyclage du CO_2 dans le mésophile spongieux situé à

la partie inférieure de la feuille de manioc.

Les résultats de ces études indiquent clairement que les processus d'échanges gazeux du manioc sont, jusqu'à un certain point, différents de ceux des espèces typiques C_3 et C_4 . Les premiers possèdent une photorespiration; cependant, ils libèrent beaucoup moins de CO_2 respiratoire de la feuille dans un air étant dépourvu et à la lumière que dans les espèces typiques C_3 .

On suppose que les anomalies observées dans les caractéristiques de l'échange gazeux du manioc — lorsqu'on compare ces dernières à celles d'une C_3 typique — telles que la moindre libération de CO_2 photorespiratoire et un point de compensation de CO_2 intermédiaire, pour les feuilles entières, sont dues principalement à un mécanisme efficace qui recycle le CO_2 respiratoire dans le tissu palissadique. La feuille de manioc possède un tissu palissadique simple, très allongé, qui occupe plus de 60% du volume total de la feuille et s'accompagne de couches très minces de tissu spongieux. La grande quantité de CO_2 respiratoire recyclé observée lorsque le CO_2 endogène fut obligé à se diffuser à travers le tissu palissadique par le blocage des stomates inférieurs, permet d'envisager qu'un cycle actif C_4 peut être présent dans le tissu palissadique. Des études réalisées avec le radio-isotope ^{14}C , en collaboration avec M. Riaño et Y. López, de la Faculté de Sciences Agraires de Palmira, en Colombie, et avec G. Bastidas de l'Instituto de Asuntos Nucleares de Bogotá, portent à croire également que le cycle C_4 existe chez le manioc.

Mécanismes de survie du manioc

L'aptitude des feuilles de manioc à recycler de grandes quantités de leur CO_2 respiratoire à la lumière, a des effets significatifs sur la manière dont cette culture supporte les conditions extrêmes d'environnement. Le manioc peut tolérer des sécheresses prolongées accompagnées de températures élevées — sous les tropiques et zones sub-tropicales, il

supporte pendant plusieurs mois des températures supérieures à 35 °C — et d'humidité atmosphérique faible. Pendant une période sèche de plusieurs mois, la culture diminue sa surface foliaire en se débarrassant des feuilles les plus vieilles et en produisant de nouvelles, rares et plus petites. En outre, les stomates se ferment rapidement lorsqu'ils sont exposés à l'air sec. La fermeture des stomates, observée en conditions contrôlées et au champ, réduit énormément l'absorption de CO_2 et fait baisser de manière significative le CO_2 cellulaire.

Ces mécanismes permettent au manioc de survivre à de longues périodes de stress hydrique et de maximiser l'efficacité de l'utilisation de l'eau. Bien que la productivité de biomasse totale soit réduite pendant la durée du stress, la culture continue d'accumuler, de toutes manières, des hydrates de carbone dans ses racines. La croissance des racines provient du recyclage, opéré par les feuilles de leur CO_2 respiratoire lorsque leurs stomates se ferment pendant le stress.

La plupart des cultivars de manioc étudiés jusqu'à nos jours possèdent des feuilles hypostomatiques (de 1 à 2% à peine de 1500 lignées et cultivars sont amphistomatiques). Sur l'endroit de la feuille, les stomates sont inexistantes ou on en relève quelques-uns, regroupés autour des nervures. Quand les nombreux stomates de l'envers (on en compte près de 500 mm^{-2}) se referment en présence d'air sec ou en raison du stress hydrique, la capacité de dissiper la lumière absorbée acquiert une importance cruciale pour la survie de la plante. Le développement d'un mécanisme efficace de recyclage interne du CO_2 respiratoire aiderait donc à dissiper l'excès d'énergie grâce à la photosynthèse ou à la photorespiration, ou au deux processus.

Chaînon perdu

Afin de maximiser le rendement du manioc au moyen d'une bonne provision d'eau, les scientifiques croient que

les cultivars possédant moins de stomates sur l'envers et un plus grand nombre sur l'endroit de la feuille, seraient les plus recommandables. Une feuille amphistomatique possédant la même conductance totale qu'une feuille hypostomatique, est probablement moins sensible à l'humidité, et laisse donc ses stomates ouverts pendant de plus longues périodes au cours de la journée; en conséquence, l'absorption de CO_2 est plus importante. En outre, l'existence possible d'un cycle C_4 qui fonctionnerait dans le tissu palissadique, peut augmenter la capacité photosynthétique de la feuille car elle laisserait pénétrer plus de CO_2 à travers du plus grand nombre de stomates existants sur l'endroit de la feuille. Les résultats actuels des travaux de phytoamélioration génétique développés par le Programme du Manioc du CIAT indiquent que les plantules F_1 possèdent plus de feuilles amphistomatiques que les cultivars à propagation végétative. Les variations génétiques des caractéristiques stomatiques et leur caractère héréditaire indiquent qu'il est possible d'améliorer les feuilles amphistomatiques.

La tendance du manioc au recyclage interne du CO_2 renferme probablement une signification évolutive. Le manioc appartient à la famille *Euphorbiaceae* dont on connaît des espèces qui possèdent également le MAC et les trajets métaboliques C_3 et C_4 . Il est donc possible que le manioc soit en voie d'évolution vers la route C_4 . Le composant biochimique du mécanisme parfait C_4 peut avoir déjà évolué dans ses feuilles, avant le composant structural. Comme hypothèse alterne, le manioc peut être un hybride entre les espèces C_3 et C_4 . Quelle que soit la réponse, l'existence de la route biochimique C_4 , en absence des caractéristiques anatomiques normales des plantes C_4 'efficaces', met en évidence la possibilité de trouver une variation anatomique qui pourrait être utilisée pour augmenter l'efficacité de la photosynthèse et, de là, la productivité de cette admirable culture.

Feuilles et tige de manioc dans l'alimentation animale

Des expériences réalisées par l'ingénieur zootechnicien Romelly Paredes à Tingo María, au Pérou, ont démontré que la farine de feuilles et de tiges de manioc, obtenue par un procédé de séchage mécanique, électrique ou naturel, constitue non seulement une source riche en protéine d'alimentation animale et humaine, mais aussi qu'elle pourrait être utilisée dans l'industrie chimique.

Des analyses de protéine, graisse, fibre, cendre, calcium et phosphore ont été pratiquées sur des échantillons de farine de plantes différant aussi bien par leur temps de culture que par leur situation sur le terrain. Les résultats ont été encourageants; le pourcentage de protéine oscille entre 22 et 33%, et dépend de facteurs tels que le climat, l'humidité, la chaleur, la température et l'âge de la plante; le pourcentage de graisses se situe entre 3 et 5%, et répond aux besoins de l'alimentation animale; sa faible teneur en fibre, qui varie entre 3 et 6%, rend le produit assimilable. On a relevé en outre la présence d'extrait non azoté d'un rendement de 40 à 50%, et une teneur significative de cendre dans laquelle ont été identifiés des éléments minéraux tels que du calcium (de 0.90 à 1.5%) et du phosphore (de 0.20 à 0.40%).

Le pourcentage de carotènes, composés nécessaires à l'alimentation animale, n'a pas été déterminé; sa présence se sous-entend cependant, par la coloration du produit obtenu, qui pourrait devenir un substitut, ou un complément, de la farine de luzerne, unique source de carotène disponible jusqu'à présent sur le marché.

Le manioc analysé avait été planté dans des sols à texture meuble ou sableuse, perméables, avec suffisamment de matière organique; la température ambiante fluctuait entre 16 °C (nuit) et 40 °C (jour), et l'humidité relative entre 70 et 90%. Les variétés préférées étaient de manioc blanc à six folioles par feuille.

Les résultats obtenus dans le cadre des expériences réalisées avec cette farine de tiges et de feuilles de manioc ont été remarquablement positifs en ce qui concerne l'alimentation animale; en particulier, chez le bétail laitier et chez les porcins en état de lactation, le niveau de graisse du lait a été amélioré.

Pour plus d'informations, s'adresser à: Romelly Paredes C., Avenida Mariscal Cáceres N° 400, 3^{er} piso, H-14 Miraflores, Lima, Pérou.

Associations de mycorhizes importantes pour les cultures tropicales

Le champignon qui occasionne la mycorhize vésiculo-arbusculaire (MVA) est un microorganisme bénéfique du sol, qui pousse en association naturelle avec près de 95% de toutes les espèces végétales. L'étroite dépendance de certaines cultures envers le microorganisme a été démontrée dans le cas du manioc, car le rendement de celui-ci augmente jusqu'à vingt fois lorsque le champignon est présent dans le sol de la plantation. Jusqu'à maintenant, l'interaction compliquée champignon-racines n'a fait l'objet d'étude que sur le manioc.

Des expériences sous serres et sur le terrain, effectuées au Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Colombie, ont démontré que le manioc est grandement dépendant des associations mycorhiziennes lorsqu'il est cultivé dans des sols latinoaméricains déficients en P.

L'effectivité des mycorhizes pour augmenter l'absorption de P et le rendement, dépend principalement de ce que la population native de MVA soit à son tour efficace, et de ce que les conditions chimiques et physiques du sol soient favorables.

Pour tout complément d'information, s'adresser à Reinhardt H. Howeler, CIAT-Regional Office for Asia, c/o Field Crops Research Institute, Bangkok, Bangkok 10900, Thaïlande.

La rotation de cultures maintient une production élevée du manioc

Les agriculteurs des pays tropicaux qui cultivent le manioc, une racine amyliacée et comestible, doivent diversifier leurs systèmes de culture s'ils souhaitent garder à un niveau élevé la qualité et la quantité de la production. Une étude du Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Colombie, a démontré que les rendements ont considérablement diminué après avoir planté du manioc en monoculture pendant 11 ans dans certains sols. Sans fertilisation, la baisse fut dramatique: de 37 t/ha à 2 t/ha. Malgré l'emploi de fertilisants, les rendements subirent les mêmes baisses pendant la même période.

Une analyse du sol a mis en évidence que sa fertilité n'était pas descendue au-dessous du niveau critique. Cependant, la monoculture de manioc augmenta les fléaux et les adventices et, en particulier, arrêta le développement des mycorhizes vésiculo-arbusculaires (MVA); celles-ci poussent symbiotiquement avec les racines du manioc et aident celles-ci à extraire les éléments nutritifs du sol.

La monoculture du manioc fut évaluée par rapport à un système bi-annuel de rotation du manioc avec une légumineuse ou une céréale. La rotation parvint à maintenir le rendement du manioc à son niveau original de 37 t/ha, jusqu'à la septième année. Au bout de la 11^{ème} année, on enregistra une baisse à 17 t/ha, sans obtenir aucune réponse à la fertilisation. Ce résultat indique aux agriculteurs qu'ils doivent pratiquer la rotation de leurs cultures, et avec une plus grande fréquence que celle de l'expérience, que le manioc soit planté dans un sol fertile ou non. On assure de cette manière un niveau maximum de champignons de mycorhizes pour maintenir un niveau élevé du rendement de la culture.

Pour plus de renseignements, s'adresser à Dietrich E. Leihner, Université de Hohenheim (38), Kirchenerstrasse 5, Postfach 700562, Stuttgart, Allemagne Fédérale.