

Guide de culture du manioc



**Stefan Hauser, Lydia Wairegi, Charles L. A. Asadu, Damian O. Asawalam,
Grace Jokthan et Utiang Ugbe**

Consortium africain pour la santé des sols: *Guide de culture du manioc*

Par Stefan Hauser (IITA), Lydia Wairegi (CABI), Charles L. A. Asadu (Université du Nigeria), Damian O. Asawalam (MOUUAU, Nigeria), Grace Jokthan (Université ouverte nationale du Nigeria) et Utiang Ugbe (Development Input Limited, Nigeria)

© CAB International 2014

Veuillez citer cette publication comme suit: Hauser, S. et al. (2014) Guide de culture du manioc. Consortium africain pour la santé des sols, Nairobi.

Le présent ouvrage est diffusé sous une licence **Creative Commons Attribution 3.0 Unported**



Creative Commons License:

Vous êtes autorisé à:

- partager – copier, distribuer et transmettre l'ouvrage
- remixer – adapter l'ouvrage
- faire un usage commercial de l'ouvrage

Dans les conditions suivantes :

- **Attribution** – Vous devez citer cet ouvrage de la manière spécifiée par l'auteur ou le concédant (mais non d'une manière qui impliquerait qu'il vous avalise ou la façon dont vous utilisez l'ouvrage).

Étant entendu que:

- **Dérogation** – les conditions ci-dessus peuvent être levées si vous obtenez l'autorisation du titulaire du droit d'auteur.
- **Domaine Public** – quand l'ouvrage ou l'un de ses éléments est dans le domaine public en vertu de la loi applicable, ce statut n'est en aucune façon affecté par la licence.
- **Autres droits** – les droits suivants ne sont en aucune façon affectés par la licence:
 - Vos droits d'utilisation équitable, ou d'autres exceptions et limites aux droits d'auteur applicables;
 - Les droits moraux de l'auteur;
 - Les droits que d'autres personnes peuvent avoir soit par rapport à l'ouvrage lui-même, soit à la façon dont l'ouvrage est utilisé, tels que les droits de publicité ou le droit à la vie privée.

Notes – Pour toute réutilisation ou distribution de cet ouvrage, prière de clairement informer le lecteur des conditions de la licence de cet ouvrage <http://creativecommons.org/licenses/by/3.0> .

Limites de responsabilité

Bien que les auteurs aient fait de leur mieux pour que le contenu de cet ouvrage soit correct au moment de l'impression, il est impossible d'évoquer tous les scénarios. Ces informations sont diffusées "telles quelles", sans garantie.

Les auteurs et l'éditeur sont exonérés de responsabilité de toute perte de profit ou d'autres dommages causés, ou présumés ayant été causés directement ou indirectement par les lignes directrices présentées dans cet ouvrage.

A propos de l'éditeur

Le Consortium africain pour la santé des sols (ASHC) a pour mission d'améliorer les moyens de subsistance des petits exploitants agricoles grâce à l'adoption des approches de gestion intégrée

de la fertilité des sols (GIFS) qui optimisent l'efficacité et l'efficacité de l'utilisation des engrais. Les livres de ASHC sont disponibles à des tarifs spéciaux pour les achats en grande quantité. Des éditions spéciales, des traductions en langues étrangères et des extraits peuvent également être disponibles.

ISBN (livre de poche): 9781780645155

ISBN (e-book): 9781780645803

Typographié par Sarah Twomey

Adresses des auteurs

Stefan Hauser

International Institute of Tropical Agriculture
PMB 5320, Oyo Road
Ibadan, Nigeria

www.iita.org

Lydia Wairegi

CABI
P.O. Box 633-00621
Nairobi
Kenya

ASHC@cabi.org

www.cabi.org/ashc

Charles L. A. Asadu

Department of Soil Science
University of Nigeria, Nsukka

Damian O. Asawalam

Michael Okpara University of Agriculture
(MOUUAU)
Umudike, Nigeria

Grace Jokthan

National Open University of Nigeria, Lagos

Utiang Ugbe

Development Input Limited
Block C, Suite 1, Barumark Estate
Wuye Junction Wuye District,
Abuja FCT, Nigeria

Remerciements

La préparation du présent guide a été financée par la Fondation Bill & Melinda Gates.

Nous tenons à remercier également:

Les agriculteurs pour les informations fournies et pour avoir autorisé la prise des photos dans leurs exploitations agricoles.

Stefan Hauser (Institut international d'agriculture tropicale) (IITA), Damian Asawalam (MOUUAU) et Lydia Wairegi (CABI) pour les photos, et Simon Ndongye pour les illustrations.

IITA de l'accueil et du co-financement d'un atelier de rédaction qui s'est tenu à Ibadan où une grande partie de ce guide a été élaborée.

Keith Sones pour avoir animé l'atelier de rédaction qui s'est tenu à Ibadan et pour la correction du guide.

John Wendt (International Fertilizer Development Center) (IFDC), pour avoir pris le temps de relire le guide et de donner des suggestions utiles pour son amélioration.

Ephrem Kamanzi pour la traduction du manuscrit anglais en français.

IITA, Université du Nigeria, MOUUAU, Université nationale ouverte du Nigeria, Development Input Limited et CABI pour la disponibilité des auteurs et le temps qu'ils ont consacré à la rédaction de ce guide.

Sommaire

1. Introduction	1
2. Systemes de culture du manioc	2
3. Exigences des systemes de culture du manioc	4
4. Selection, preparation et plantation d'un champ	7
5. Gestion du manioc	17
6. Qu'est-ce qui peut mal tourner?	36
7. Aspects economiques de la production du manioc	39
8. Tableaux de reference	41

1. Introduction

Le présent guide de culture fait partie d'une série en cours de production, à l'intention des vulgarisateurs, par le Consortium africain pour la santé des sols (ASHC). Cette série comporte également des guides des systèmes de culture banane-café, maïs-légumineuses, sorgho et mil-légumineuses, et des systèmes de riz. Cependant, ce guide est consacré au manioc cultivé en monoculture ou en association.

Les vulgarisateurs en milieu rural trouveront ce guide particulièrement utile pour mieux accompagner leur public dans la transition de la production du manioc des systèmes de culture traditionnels de subsistance vers des entreprises axées sur le marché grâce à une intensification durable.

Ce guide cherche à fournir, en une seule publication, toutes les informations les plus importantes, nécessaires à la conception et la mise en œuvre des systèmes efficaces qui associent le manioc avec une gamme d'autres cultures, soit comme cultures intercalaires ou de rotation, mais avec un accent particulier sur le manioc.

Bien que le travail de ASHC soit focalisé sur les besoins des petits exploitants agricoles en Afrique, les agriculteurs commerciaux aussi bien émergents qu'établis trouveront également le contenu de ce guide pertinent et utile.

Le Consortium africain pour la santé des sols (ASHC) a pour mission d'améliorer les moyens de subsistance des petits exploitants agricoles grâce à l'adoption des approches de gestion intégrée de la fertilité des sols (GIFS) qui optimisent l'efficacité et l'efficience de l'utilisation des engrais. Le cadre général du guide est donc axé sur la GIFS.

Compte tenu de l'expérience des auteurs, ce guide de culture du manioc s'appuie sur des exemples principalement tirés d'Afrique de l'Ouest et du Centre, mais il sera également pertinent et utile pour les producteurs de manioc d'autres parties d'Afrique.

Contrairement au cacao, au café et au caoutchouc, qui, en Afrique, sont purement des cultures de rente ou d'exportation, le manioc a été historiquement une culture vivrière mais devient de plus en plus une culture commerciale. Bien que sa production se soit intensifiée, le manioc est encore principalement cultivé en association avec d'autres cultures. Par conséquent, beaucoup d'agriculteurs cultivent le manioc pour consommation domestique et comme source de revenus.

L'objectif général de ce manuel est de prodiguer des conseils simples et utiles sur la façon dont les petits et moyens exploitants peuvent intensifier leur production de manioc pour accroître les rendements de 10 tonnes par hectare environ à 16 tonnes par hectare (racines fraîches), tout en diminuant le coût unitaire et en augmentant la rentabilité.

Dans le cadre de ce manuel, une petite exploitation de manioc correspond à une superficie entre 0,25 et 2 hectares. La plupart de ces petites exploitations dépendent de la main d'œuvre familiale appuyée, parfois, par une main-d'œuvre salariée saisonnière. Une exploitation de manioc de taille moyenne s'étend sur 2 hectares ou plus, recourt à une main d'œuvre salariée et a généralement une vocation plus commerciale que les petites exploitations.

2. Systèmes de culture du manioc

La production du manioc en Afrique se réalise dans divers systèmes de culture qui, dans un champ donné, pourraient être sous forme de:

- Monoculture – le manioc est la seule culture dans le champ. On trouve principalement ce système sur des exploitations commerciales à grande échelle.
- Association – le manioc est cultivé avec d'autres cultures dans le même champ en même temps.
- Rotation culturale – elle peut prendre deux formes:
 - (1) la rotation culturale sous culture continue: Cela implique l'utilisation continue d'un même champ en alternant les cultures d'une saison à l'autre ou d'une année à l'autre.
 - (2) la rotation culturale imbriquée en jachère: la jachère consiste à laisser un champ inutilisé pendant un certain temps pour permettre la restauration de la fertilité du sol avant de le réutiliser. Certaines jachères sont naturelles (c'est-à-dire que le champ est laissé non cultivé, tel que couramment pratiqué en Afrique de l'Ouest et du Centre) tandis que d'autres sont gérées (c'est-à-dire qu'une culture de couverture est plantée dans le champ afin d'améliorer le processus de restauration de la fertilité du sol).

Dans le système de culture traditionnel, qui consiste à planter un mélange de différentes cultures et différentes variétés dans un même champ en même temps, les possibilités d'intensifier l'une des cultures sont limitées. En outre, le système est complexe et difficile à analyser en vue de formuler des recommandations fondées sur des preuves pour des améliorations éventuelles. Des systèmes plus simples avec deux ou trois cultures sont plus faciles à analyser et permettent ainsi la communication et l'application des résultats de la recherche. Par conséquent, pour atteindre une production commerciale durable du manioc, l'agriculteur devrait envisager de réduire le nombre de cultures avec lesquelles il est en association dans le même champ.

Les cultures plantées avec le manioc en Afrique varient d'une région à une autre, d'un pays à un autre, et d'une localité à une autre, compte tenu des différences de conditions agro-écologiques et de pratiques socio-culturelles. Les associations avec le manioc les plus courantes sont notamment:

- le manioc et le maïs
- le manioc et une légumineuse (niébé, soja, arachide, pois d'Angole)
- le manioc et les légumes: piments, citrouille à cannelures, gombo, melon (espèces *Cucumeropsis*), épinards, *Solanum nigrum* et autres espèces de *Solanum* (morelle noire)
- le manioc, l'igname et le maïs
- le manioc, le maïs et l'arachide

La plupart de petits agriculteurs de manioc ont du mal à augmenter leurs rendements, à maintenir la santé des sols et à adopter une exploitation plus commerciale. En revanche, un certain nombre de nouvelles usines qui ont besoin de manioc comme matière première de base sont créées;

la production actuelle du manioc émanant des petits systèmes de culture traditionnels ne suffit pas pour répondre aux besoins en matières premières des usines. Pour exploiter ces opportunités commerciales, les agriculteurs de manioc pourraient adopter une gamme de pratiques agronomiques améliorées que ce guide se propose d'identifier et de décrire. Les sujets abordés vont de la sélection et la préparation des sites au choix des variétés, le temps et la densité de plantation, ainsi que la gestion des adventices et la récolte. Ce manuel met l'accent sur la production du manioc, même si l'énorme économie de la phase post récolte du manioc est bien reconnue.



Photo 1: Le manioc en association avec d'autres cultures (A) Lorsque le sol est en billons, le maïs est planté sur le billon plutôt que dans le sillon, parce que le sol est de meilleure qualité sur le billon - par conséquent, le manioc et le maïs sont plus proches qu'ils ne le seraient sur une terre plate - les bons agriculteurs jugent du meilleur endroit où mettre le maïs pour éviter trop de concurrence en étant trop près et en même temps éviter que le maïs ne soit dans le sous-sol (photo: Stefan Hauser, IITA) (B) Le manioc en association avec l'iguane (photo: Damian Asawalam) (C) Le manioc en association avec l'iguane, le gombo et la citrouille (photo: Damian Asawalam) (D) Le manioc en association avec des légumes (photo: Damian Asawalam)

3. Exigences des systèmes de culture du manioc

La culture du manioc peut être une bonne option si les conditions biophysiques, socio-économiques et culturelles ci-après sont réunies.

Conditions biophysiques:

- **Précipitations** – de préférence des précipitations de 1000 mm ou plus; un minimum de 6 mois de pluies par an avec au moins 50 mm de précipitations par mois.
- **Sol** – les meilleurs sols pour le manioc sont bien drainés et ne sont ni très caillouteux ni insuffisamment profonds (au moins 30 cm). Le manioc tolère des concentrations élevées en aluminium et en manganèse dans le sol, mais il ne s'épanouit pas bien dans des sols très sableux, affectés par la salinité, argileux ou gorgés d'eau.

Recommandation pour des sols gorgés d'eau: Si le sol est gorgé d'eau, le manioc peut être cultivé en faisant des buttes (3 mètres de large et 2 mètres de haut) ou des billons suffisamment élevés pour que les racines tubéreuses soient au-dessus des sols gorgés d'eau. Le manioc doit être planté avec d'autres cultures comme l'igname, le maïs et les légumes (par exemple, l'igname est planté au sommet de la butte, le manioc sur le côté ou la pente de la butte ou du billon, le maïs à mi-chemin sur le côté de la butte et les légumes autour de la base).

- **Infestation par l'Imperata** - Les zones à forte infestation par l'Imperata (chiendent) ne sont pas idéales pour le manioc, parce que les rhizomes d'Imperata peuvent pénétrer dans les racines et provoquer la pourriture.

Recommandation pour les sols infestés par l'Imperata: Envisager un traitement à l'herbicide avant la préparation du sol pour éliminer l'Imperata. Utiliser par exemple le glyphosate, un herbicide systémique à large spectre.

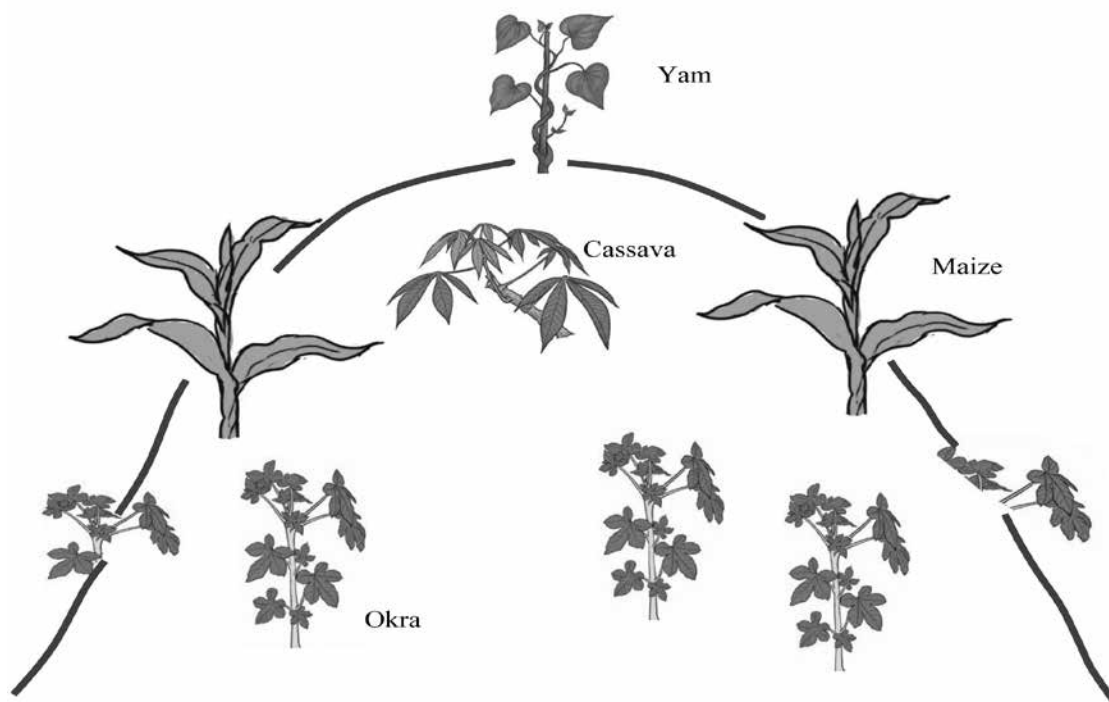


Figure 1: Le manioc cultivé avec d'autres cultures sur une butte.

Les conditions socio-économiques et culturelles:

- **Les compétences en gestion** – des compétences minimales sont nécessaires pour choisir et couper des boutures et les mettre dans le sol. Cependant, des précautions doivent être prises pour éviter la propagation de maladies, telles que la maladie de la mosaïque du manioc (CMD) et la maladie de la striure brune du manioc (CBSD). Les agriculteurs des zones affectées par le CMD et/ou par le CBSD doivent sélectionner un matériel de plantation sain et prendre soin d'éviter l'utilisation d'outils contaminés par la maladie. Au cours de la phase de croissance, le manioc exige peu ou pas de gestion des ravageurs et des maladies, mais devrait faire l'objet d'un contrôle des mauvaises herbes en temps opportun.

Pour se lancer dans la production commerciale du manioc, il est nécessaire d'examiner les questions suivantes:

- **Marché** – Y a-t-il un marché accessible localement ou un programme d'aide aux petits exploitants? Que demande le marché (des racines fraîches ou des produits transformés)? Peut-on fournir ce que le marché demande?
- **Transformation** – Y a-t-il des possibilités de transformation? Combien de produits possibles peut-on avoir à partir des racines de manioc fraîches? Y a-t-il accès à une infrastructure de soutien (publique ou privée)? Y a-t-il une filière du manioc développée dans la localité?
- **Politiques d'accompagnement** – Y a-t-il des politiques qui appuient la production, l'utilisation, la transformation et la commercialisation du manioc ou des produits à base de manioc dans la région?
- **Perception culturelle** – Y a-t-il des perceptions culturelles qui limitent les utilisations économiques potentielles du manioc dans la localité (par exemple la perception locale des rôles des hommes et des femmes en ce qui concerne les activités dans la filière manioc)? Y a-t-il une stigmatisation sociale dans la localité liée au manioc comme une «culture des pauvres»?

Contrôles clés

- Le manioc pousse bien si la pluviométrie annuelle est de 1000 mm ou plus. Un minimum de 6 mois de pluie par an avec au moins une pluviométrie mensuelle de 50 mm est nécessaire.
- Les sols doivent être bien drainés et non sableux, argileux, caillouteux, ou non touchés par la salinisation, et d'une profondeur d'au moins 30 cm.
- Dans un sol gorgé d'eau, le manioc doit être planté sur des buttes ou des billons.
- Le manioc peut être cultivé en association avec d'autres cultures telles que l'igname, le maïs et les légumes.
- Si le sol est gravement infesté d'*Imperata* (chiendent), appliquer des herbicides avant la préparation du sol pour éliminer l'herbe.



Photo 2 : Le manioc planté sur des sols peu profonds et sur des billons (A) Sols peu profonds et pierreux dans lesquels les racines ne peuvent pas pousser vers le bas et ainsi ont peu d'ancrage (photo: Stefan Hauser, IITA) (B) Manioc cultivé sur des billons - les billons améliorent le drainage si les sols sont gorgés d'eau (photo: Stefan Hauser, IITA)

4. Sélection, préparation et plantation d'un champ

Sélection du site

Normalement, il faut choisir une terre fertile sur un terrain plat ou en pente douce. Les agriculteurs comptent souvent sur leurs connaissances et observations traditionnelles, comme la présence de certaines espèces végétales ou des turricules de vers de terre, comme indicateur de la fertilité des sols. Les pentes raides doivent être évitées car elles peuvent être vulnérables à l'érosion. S'il faut planter sur une jachère, 3 à 5 ans de jachère est la période optimale.

La préparation du sol

La préparation du sol dépend si la parcelle:

- a déjà été cultivée
- a été mise en jachère courte naturelle ou gérée
- a été mise en jachère longue (plus de 5 ans) - naturelle ou plantée, par exemple une culture en couloirs
- est une jeune forêt en croissance, une forêt secondaire mature ou une forêt vierge

Tableau 1: Les types de terre et la préparation recommandée

Types de terre	Préparation recommandée
Terre antérieurement cultivée	L'objectif est le contrôle des adventices et la préparation d'un lit de semences. Si infestée d'adventices, par exemple l'Imperata (chiendent), l'utilisation d'herbicides est recommandée. Pour réduire les sols infestés d'adventices, il faut simplement couper ces adventices et labourer à la main, par charrues tirées par des bœufs ou par tracteur. L'option minimale est de couper la végétation.
Terre en jachère naturelle ou gérée de courte durée	L'objectif ici est la préparation du lit de semences et la gestion de la biomasse. Pour les jachères qui portent des cultures de couverture (par exemple le mucuna et le pueraria, qui sont des légumineuses), il faut simplement réintroduire la culture de couverture dans le sol par le labour ou la conserver comme paillis sur la surface du sol afin d'augmenter la teneur en matière organique. Des plantes larges et ligneuses doivent être supprimées. L'option minimale est de couper la végétation, ou par pulvérisation avec de l'herbicide.
Terre en jachère de longue durée	L'objectif ici est la préparation du lit de semences et la gestion de la biomasse. Avec une plus longue jachère, des débris plus ligneux qui sont difficiles à intégrer dans le sol seront présents. Il faut couper la végétation et brûler de façon sélective et contrôlée les matières ligneuses. Enlever les souches d'arbres si le labour avec tracteur est prévu; les souches peuvent être gardées si le zéro labour ou le labour manuel sont utilisés. Éviter d'utiliser des bulldozers car ils endommagent la surface du sol.
Forêt mature secondaire ou forêt vierge	L'objectif ici est la préparation du lit de semences et la gestion de la biomasse. La traiter comme une terre en jachère de longue durée, mais il faut s'attendre à des débris beaucoup plus ligneux. Généralement, il faut éviter l'utilisation de forêts vierges autant que possible.

NB:

- Des sols plus lourds ont besoin de plus de labourage que les sols plus légers.
- Éviter de brûler autant que possible. Envisager d'éloigner la matière ligneuse pour l'utiliser comme bois de chauffage ou en faire du charbon.

Labourage du sol

Le labourage implique toutes les formes de retournement du sol:

- En labourant à une profondeur de 15-30 centimètres
- Le hersage à disque à une profondeur d'environ 10 centimètres pour produire la couche arable friable
- La formation des billons

En général, les plantes à racines, surtout l'igname et le manioc, ne se prêtent pas au zéro labour ou à d'autres formes d'agriculture de conservation. Dans le cadre d'un système mécanisé, la meilleure option est de réaliser une des opérations de travail du sol énumérées ci-dessus, seules ou en combinaison, afin de supprimer les adventices, d'incorporer la biomasse et d'effectuer une bonne mise en place des boutures de manioc, de contrôler plus facilement les adventices plus tard dans la saison, de récolter plus facilement et d'obtenir des rendements plus élevés. Cependant, les buttes ou les billons confectionnés manuellement (avec la houe) servent le même but dans une petite exploitation non mécanisée, ce qui est plus courant.

Sélection de variétés de manioc à planter

Il y a beaucoup de variétés de manioc améliorées qui sont adaptées à différentes zones agro-écologiques et à des fins de production. Généralement, les agriculteurs ont tendance à connaître les variétés qui sont préférées et disponibles localement.

Dans la production commerciale de manioc, les exigences du marché sont un facteur déterminant dans le choix de la variété à planter.

Dans la production aussi bien commerciale que de subsistance, il est recommandé que les agriculteurs utilisent des variétés résistantes aux maladies.

Les agriculteurs devraient être invités à vérifier auprès des vulgarisateurs de leur région pour obtenir des informations sur les maladies les plus répandues dans la localité et les variétés qui sont résistantes à ces maladies.

Lors de l'introduction de nouvelles variétés, exposer les agriculteurs à des parcelles de démonstration et leur faire prendre conscience du potentiel de l'exploitation commerciale du manioc, peut être une approche efficace pour susciter l'intérêt d'adopter ces variétés.

Sélection et plantation de boutures de manioc

Une fois que la variété à planter a été choisie, l'agriculteur doit veiller à ce que les plantes à partir desquelles les boutures sont prélevées sont sans signes de maladie, comme la maladie de la mosaïque du manioc et l'antracnose, que les outils utilisés pour couper les plantes sont propres et n'ont pas été utilisés sur des plantes malades, et que les boutures elles-mêmes sont:

- fraîchement prélevées (d'au moins 2 cm de diamètre et 20-25 cm de longueur), idéalement à partir de l'extrémité inférieure de la tige et non d'une tige avec l'écorce verte ou portant encore des feuilles

- bien découpées, non brisées et l'écorce non ébréchée (couper avec un outil tranchant et manipuler les boutures avec soin pour éviter tout dommage)
- maintenues en position verticale à l'ombre avec la base en partie enfouie dans le sol pour éviter le séchage (si un stockage temporaire est nécessaire)

S'il est nécessaire de stocker le matériel de plantation un peu plus longtemps, les longues tiges peuvent être stockées en position verticale sous un arbre, avec les bases enfouies dans un sol humide. Au moment du bouturage, les extrémités supérieures et inférieures de la tige doivent être coupées et jetées, le reste de la tige doit être découpé à la bonne taille pour être planté.

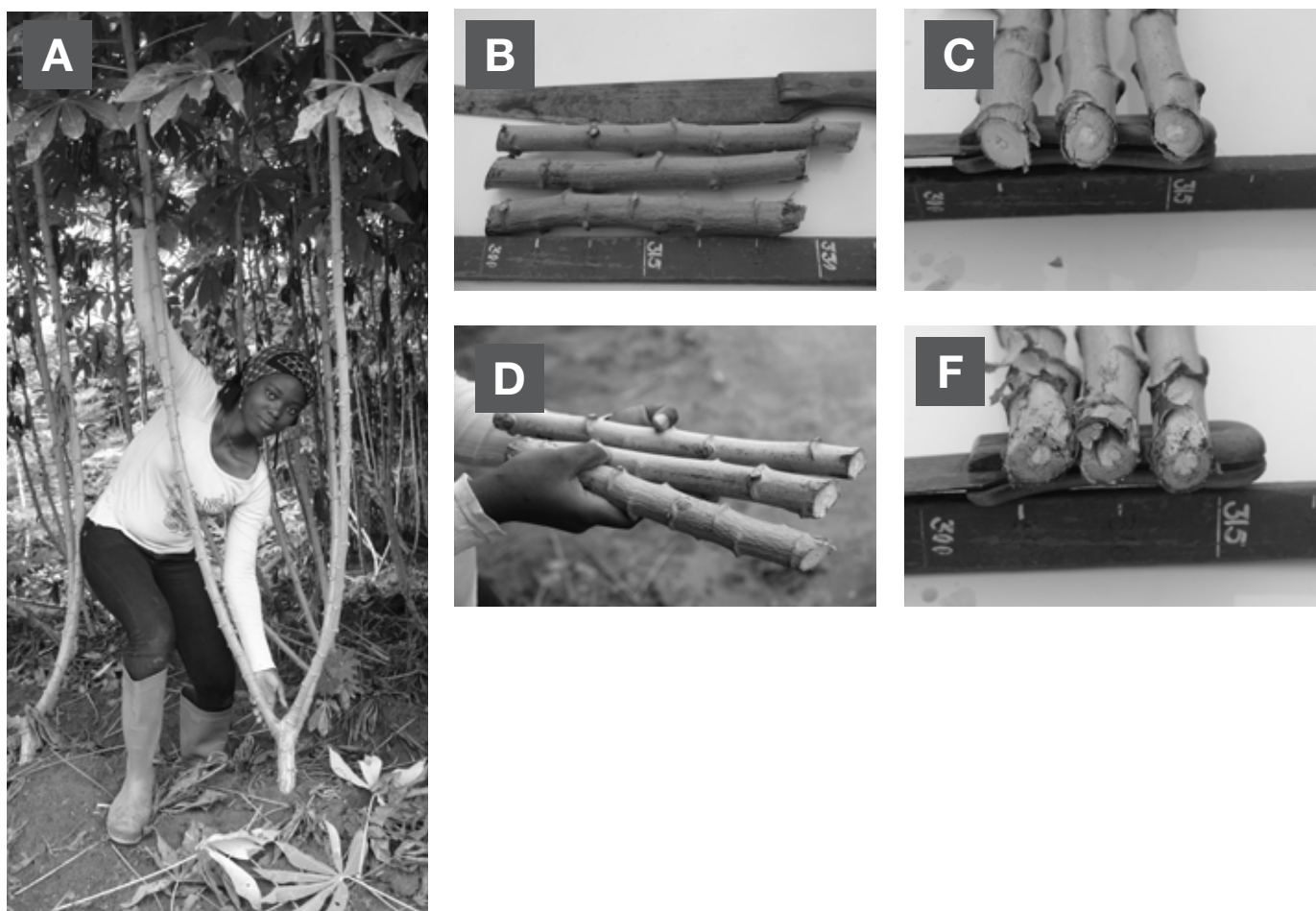


Photo 3: Matériel de plantation (A) La partie de la tige de manioc adaptée à la plantation est entre le point supérieur et le point inférieur (tel que montré). Lorsque la tige ou les feuilles sont encore vertes, les boutures ne sont pas adaptées, car elles peuvent sécher facilement (photo: Stefan Hauser, IITA) (B) Boutures de longueur raisonnable de 25 à 35 cm, avec 8 noeuds (photo: Stefan Hauser, IITA) (C) Boutures de taille raisonnable de 2,5 à 3 cm de diamètre (photo: Stefan Hauser, IITA) (D) Matériel correctement coupé - éclatement et ébréchure minimal de l'écorce car coupé, avec des outils tranchants (photo: Stefan Hauser, IITA) (E) Matériel de plantation mal coupé avec éclatement sévère et ébréchure de l'écorce suite à l'utilisation d'outils contondants (photo: Stefan Hauser, IITA)

Bouturage

Les boutures peuvent être plantées sur les billons, des buttes ou, si le sol est mou mais pas gorgé d'eau, sur un terrain plat.

Le bouturage se fait manuellement à l'aide d'un coutelas (machette) pour faire un trou. Ensuite, la bouture doit être enfoncée verticalement ou à un angle d'environ 45°. Les boutures peuvent également être enfoncées dans le sol directement à la main.

Si elles sont plantées sur des billons ou des buttes, la base de la bouture doit être située à proximité du centre du billon ou de la butte. Cela permet d'augmenter la stabilité du pied du manioc et le rend plus résistant au vent.

Il faut enfoncer les deux tiers de la bouture dans le sol et garder le tiers restant au-dessus du sol.

En général, la plantation du manioc se fait manuellement. Il n'y a pas d'opérations de plantation mécaniques établies pour le manioc qui peuvent enfoncer la bouture verticalement ou à un angle de 45°: toutes les planteuses mécaniques plantent la bouture horizontalement dans le sol, une technique pour laquelle il a été prouvé qu'elle ne permet pas d'atteindre le rendement optimal.

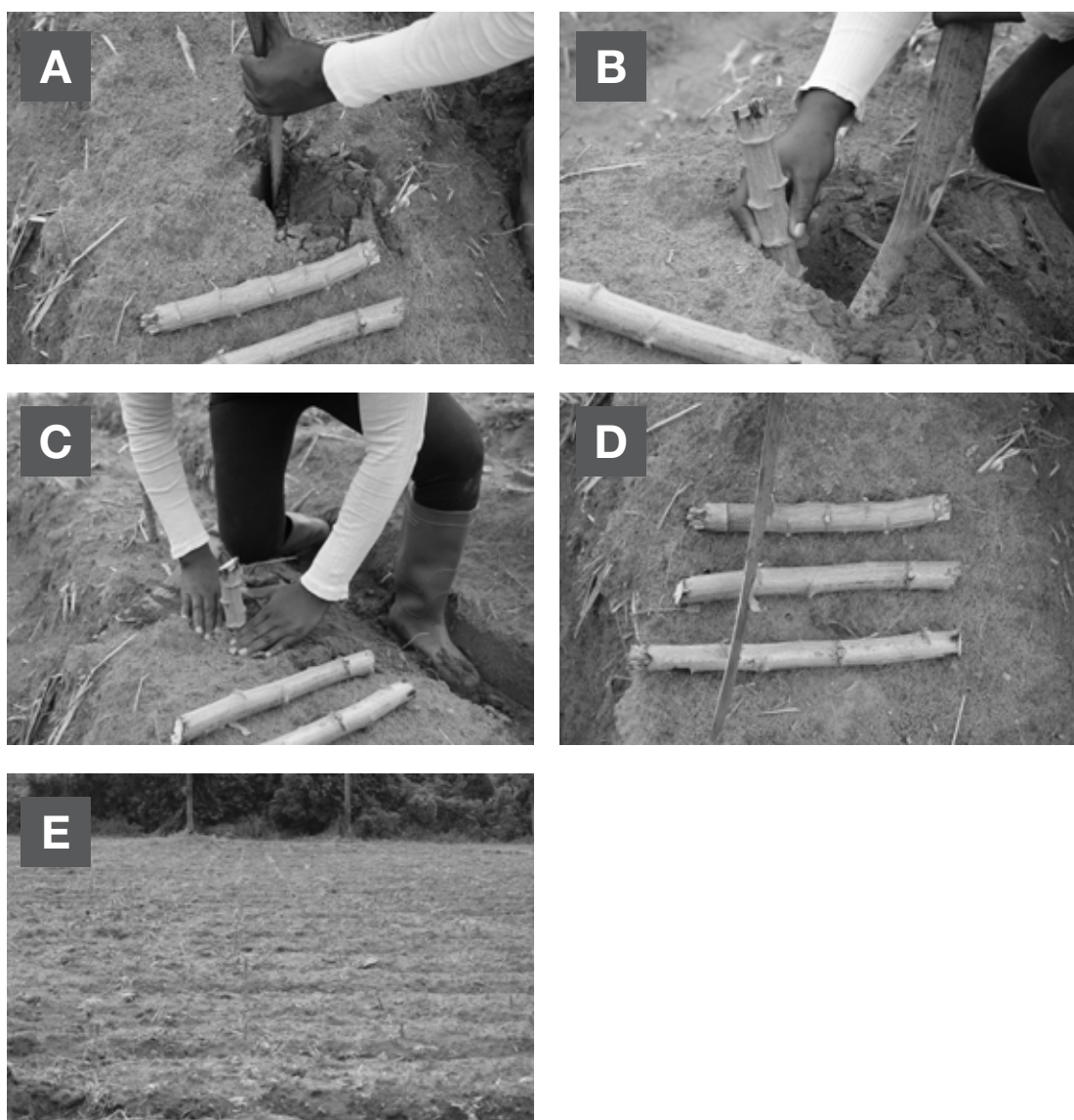


Photo 4: Plantation du manioc **(A)** Creuser un trou de plantation (photo: Stefan Hauser, IITA) **(B)** Insérer la bouture dans la crête du billon (photo: Stefan Hauser, IITA) **(C)** Presser la terre autour de la bouture plantée pour assurer une bonne couverture et le contact avec le sol (photo: Stefan Hauser, IITA) **(D)** Coutelas à travers les boutures à planter indiquant la profondeur à laquelle elles doivent être insérées dans le sol - côté droit du coutelas dans le sol / côté gauche au-dessus du sol (environ 2/3 dans le sol, 1/3 au-dessus du sol) (photo: Stefan Hauser, IITA) **(E)** Champ de manioc nouvellement planté après buttage au tracteur, les lignes sont visibles en raison des distances exactes entre boutures sur les billons (photo: Stefan Hauser, IITA)

Écartement

L'écartement recommandé actuellement est en forme de carré, 1 m x 1 m, soit un plant de manioc par mètre carré. Cela donne 10 000 plants par hectare.

Pour les variétés qui poussent verticalement sans ramification (contrairement aux variétés à ramification basse et abondante), une plus grande densité de 1 m x 0,5 m ou 1 m x 0,75 m peut être utilisée.

Pour la multiplication des tiges, plutôt que la production de racines tubérisées, un écartement plus étroit de 0,5 m x 0,5 m peut être utilisé.

Écartement du manioc en culture associée

La densité de plantation optimale recommandée en culture associée manioc-maïs est de 10.000 plants de manioc (écartement de 1 m x 1 m) et 40.000-50.000 plants de maïs par hectare. Le maïs doit être planté à 20 cm d'écartement linéaire avec un plant par pied – éviter des plants de maïs touffus autour du même pied. Cette disposition est plus susceptible d'avoir peu ou pas d'effet préjudiciable au rendement du manioc. Le maïs est semé sur une seule ligne entre les rangées de manioc.

Quel que soit le type de légumineuse associée au manioc, la densité de plantation du manioc devrait être maintenue à 10.000 par hectare.

L'écartement pour les légumineuses varie selon le type de légumineuse plantée comme culture intercalaire :

Pour l'arachide, la méthode recommandée est de semer à raison de 25 plantes par mètre carré.

Pour le soja et le niébé, deux lignes peuvent être plantées entre les lignes de manioc, tandis que pour le pois d'Angole, qui pousse plus haut, une seule ligne peut être semée.

Les cultivateurs expérimentés savent comment positionner les cultures intercalaires par rapport au manioc. Toutefois, une distance minimale pour les plants en lignes est recommandée pour que le sarclage puisse encore se faire le long des rangées.

Pour certaines légumineuses, il peut être recommandé d'augmenter la distance entre les rangées de manioc, mais il faut réduire cette distance afin de maintenir la densité des 10.000 plants de manioc par hectare tout en laissant assez d'espace pour les légumineuses. Par exemple, le manioc peut être planté à une distance de 1,5 m entre les rangées mais à une distance de

0,67 m entre les plants au sein de la rangée, ou à 2 m entre les rangées et à 0,5 m au sein des rangées. Dans tous les cas, la densité de manioc est de 10.000 plants par hectare, mais les travaux pour légumineuses intercalées sont plus faciles et peuvent produire des rendements plus élevés car elles ont plus d'espace. Après la récolte de légumineuses, on peut ajouter des plants de manioc supplémentaires pour remplir les espaces vides larges entre les rangées.

Si des billons ou des buttes sont utilisés, en règle générale les cultures intercalaires qui poussent verticalement (comme le maïs et le soja) sont plantées à mi-chemin sur le côté du

billon ou de la butte; celles qui ont une plus grande ramification (telles que l'arachide) doivent être plantées en premier (avant le manioc) sur le sommet du billon ou de la butte. Si c'est une culture d'accompagnement du manioc, elle doit être plantée entre les billons.

Le calendrier de plantation des cultures d'accompagnement est fonction des cultures concernées. Généralement, l'igname, les légumineuses, le melon et le maïs sont plantés en premier avant le manioc.

Contrôles clés

- Choisir des terres fertiles, plates ou sur une pente douce.
- Pour les terres qui étaient antérieurement cultivées, couper les herbes et labourer, mais utiliser des herbicides si l'imperata est présent ; pour une jachère de courte durée, remettre le couvert végétal dans le sol; pour une terre en jachère longue ou forestière, couper la végétation et brûler de façon sélective et contrôlée la matière ligneuse avant le labourage.
- Dans un système mécanisé, labourer à 15-30 cm de profondeur, labourer avec une herse à disques à 10 cm de profondeur ou faire des billons, ou effectuer une combinaison de ces opérations. Dans un système non-mécanisé, faire des buttes ou des billons.
- Utiliser des variétés résistantes aux maladies et, si c'est une production commerciale, choisir des variétés qui répondent aux exigences du marché
- Utiliser des boutures qui ne présentent aucun symptôme de maladie, fraîchement prélevées, d'un diamètre d'au moins 2 cm et d'une longueur de 20-25 cm, bien coupées et prélevées sur l'extrémité inférieure de la tige.
- Enfoncer les boutures verticalement ou à un angle d'environ 45° dans le sol, avec les deux tiers de la bouture enfouis dans le sol. Si elles sont plantées sur des billons ou des buttes, la base de la bouture doit être située à proximité du centre du billon ou de la butte.
- Généralement, l'écartement des boutures est de 1 m x 1 m (10.000 par hectare), mais les variétés qui poussent verticalement sans ramification peuvent être cultivées à 1 m x 0,5 m ou 1 m x 0,75 m. Si vous plantez pour la multiplication de tiges plutôt que ces des racines tubérisées, vous pouvez utiliser l'écartement de 0,5 m x 0,5 m.
- En culture associée, maintenir la densité de 10.000 plants par hectare, mais la distance entre les rangées de manioc peut être augmentée, par exemple à 2 m x 0,5 m. Deux rangées de soja et de niébé peuvent être plantées entre les rangées de manioc, tandis que pour le pois d'Angole, qui pousse plus haut, vous pouvez semer une seule ligne.

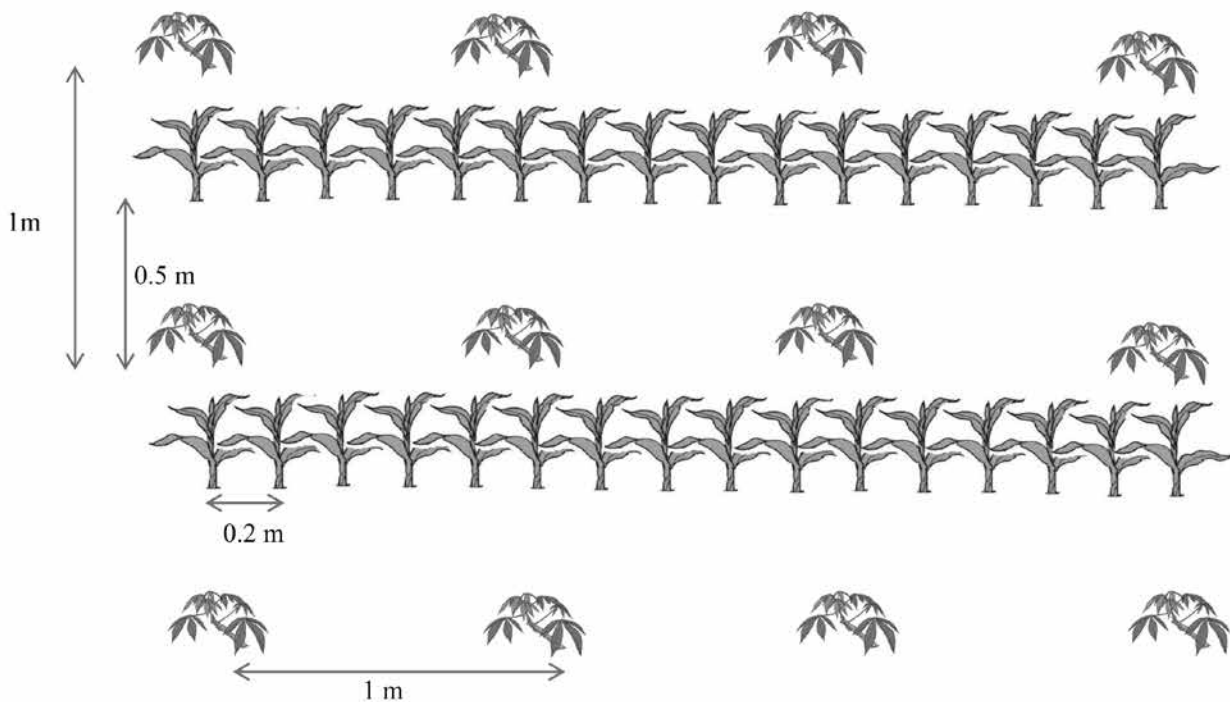
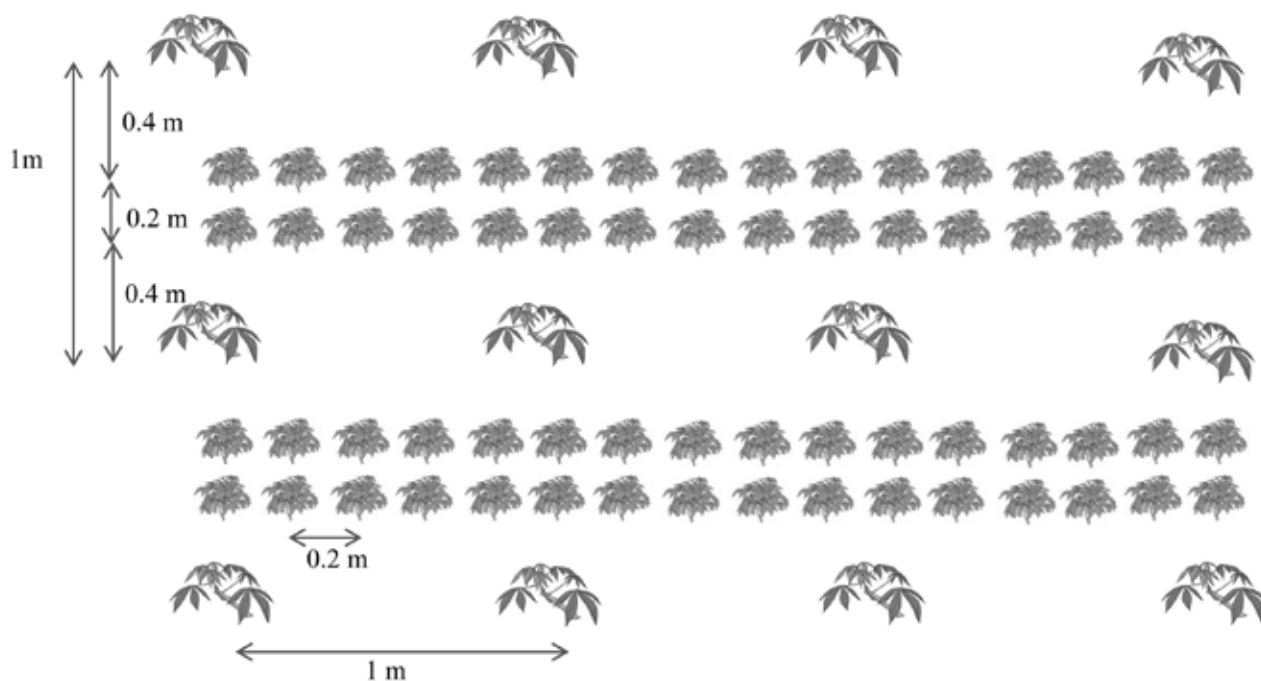


Figure 2 : Exemples de disposition des plantes suggérée dans une association du manioc avec d'autres cultures

a) Association manioc-maïs



b) Association manioc-niébé



Photo 5: Exemples d'unités de mesure de longueur (A) La distance entre les doigts et le menton est d'environ 1m (photo: CABI) **(B)** Gros plan de (A) montrant "1m" sur un mètre-ruban (photo: CABI) **(C)** La distance entre le pouce et le majeur est d'environ 20cm (photo: CABI) **(D)** La distance entre la paume et le coude est d'environ 30cm (photo: CABI)



Photo 6: Le manioc en culture pure et en culture associée (A) Manioc en monoculture avec un écartement de 1m x 1m (photo: Stefan Hauser, IITA) (B) Manioc en association avec le maïs sur billons avec écartement de 1 m. Le manioc est planté sur le billon, le maïs sur le côté (photo: Stefan Hauser, IITA)

5. Gestion du manioc

Le remplacement des plants perdus

Dans des conditions normales, environ 90% de toutes les boutures de manioc plantées poussent dans les 2 semaines suivantes. Les boutures qui ne poussent pas doivent être enlevées et éliminées de la zone de culture, afin d'éviter la transmission de toute maladie qui pourrait avoir causé l'échec.

De nouvelles boutures saines devraient être plantées avant la troisième semaine après la plantation initiale, afin de maintenir la densité prévue. Cependant, les nouvelles boutures ne doivent pas être plantées exactement dans les mêmes trous qu'occupaient celles qui ont échoué, pour éviter le risque de répétition du problème initial.

La sécheresse peut entraîner un taux d'échec plus élevé. Dans une telle situation, l'agriculteur doit attendre jusqu'à ce que les pluies reprennent avant de remplacer les boutures perdues.

Si le taux d'échec élevé est dû à d'autres facteurs, le vulgarisateur doit demander l'avis de la station de recherche agricole la plus proche ou d'un autre expert accessible.

Lutte contre les adventices

Les mauvaises herbes peuvent retarder la croissance et réduire la performance du manioc. Un champ de manioc bien désherbé peut produire 30-40% de racines tubérisées de plus qu'un champ qui ne l'est pas. La lutte contre les adventices constitue une partie importante (30%-50%) des coûts de main-d'œuvre dans la production du manioc.

La fréquence exacte de désherbage dépendra du type et de la gravité du problème local d'adventices, mais en général:

Il est important de commencer la lutte contre les adventices 3 à 4 semaines après la plantation. Cela peut se faire en même temps que le remplacement des boutures perdues (au cours de la semaine 3) afin de maximiser l'utilisation de la main-d'œuvre.

Le désherbage doit être répété au cours des semaines 8 et 12, tandis que le désherbage final doit se faire entre les semaines 20 et 24 après la plantation, en fonction de la pluviométrie. Le désherbage peut ne pas être nécessaire pendant la saison sèche, mais il est toujours conseillé de le faire avant la saison sèche et après la reprise des pluies.

Une fois que le couvert du manioc et des cultures intercalaires (s'il y en a) s'est fermé, l'ombrage empêchera la plupart des adventices de pousser.

Le nombre total de cycles de désherbage est fonction, en partie, de la résistance des mauvaises herbes, et cela dépend des conditions agro-écologiques.

Le désherbage peut se faire manuellement (houe et machette), mécaniquement (à l'aide d'un tracteur) ou chimiquement (même si il n'y a pas d'herbicides spécifiquement prescrits pour le manioc). Cependant, le désherbage mécanique au-delà des quatre premières semaines après la plantation peut endommager les racines. Par conséquent, le désherbage manuel ou chimique contrôlé est préférable après cette période.

Les agriculteurs doivent se servir de leurs connaissances locales pour décider du matériel à laisser dans le champ après le désherbage ou à retirer et jeter. En général, les petites adventices à feuilles larges peuvent être laissées dans le champ parce qu'elles vont se dessécher sous la chaleur du soleil et devenir du paillis. Les adventices plus larges, celles à rhizomes et les espèces ayant la capacité de former des racines à partir des morceaux de tiges ont tendance à repousser si elles sont coupées et laissées sur la surface du sol. L'agriculteur devrait donc déraciner et jeter ces types d'adventices loin du champ.

Les herbes hautes doivent être arrachées et retirées du champ avant leur floraison, afin d'éviter la formation des graines et la germination, qui risque encore de propager les espèces d'adventices.

Lorsque le manioc est en association avec des légumineuses, le choix des herbicides qui peuvent être utilisés est limité. L'assistance d'experts devrait être sollicitée auprès des responsables locaux qui peuvent fournir une liste d'herbicides appropriés et autorisés par la loi. Dans certaines régions d'Afrique, des services de contrôle chimique des adventices sont offerts par des opérateurs mobiles formés; si ces services sont disponibles, cela pourrait être une bonne option pour les agriculteurs.



Photo 7: Germination du manioc (A) Manioc en germination planté sur les billons (photo: Stefan Hauser, IITA) **(B)** Erreur typique de plantation - la bouture a été insérée à l'envers et la pousse croit à partir du sous-sol (photo: Stefan Hauser, IITA) **(C)** Remplacement des boutures de manioc non germées ou mal insérées à environ 4 semaines après la plantation (photo: Stefan Hauser, IITA)



Photo 8: Lutte contre les adventices (A) Le feuillage fermé décourage la croissance des mauvaises herbes (photo: CABI) **(B)** Manioc mal sarclé (photo: CABI)

Application des nutriments

L'utilisation d'engrais

En utilisant des engrais chimiques sur leur manioc, les petits agriculteurs peuvent augmenter leurs rendements d'environ 10 à 16 tonnes de racines fraîches par hectare. L'utilisation optimale des engrais consiste à observer les quatre principes de base (les «4B» ou 4R en anglais):

- Le bon type d'engrais
- La bonne dose d'engrais
- Le bon moment d'application
- La bonne méthode d'application

L'application de nutriments dans le sol permet la conservation de la santé du sol et améliore les sols épuisés ou pauvres. L'appauvrissement en nutriments peut se produire après que la terre ait été cultivée continuellement pendant de nombreuses années.

Pour chaque tonne de tubercules de manioc récoltés, environ 2,3 kg d'azote (N), 0,4 kg de phosphore (P) et 3 kg de potassium (K) sont retirés du sol. Cela signifie qu'une récolte moyenne de 10 tonnes de tubercules appauvrit le sol de 23 kg de N, 4 kg de P et 30 kg de K.

Si les tiges de manioc sont prélevées du même champ pour être plantées ailleurs, l'exportation de nutriments peut facilement doubler, tripler ou quadrupler, parce que les tiges contiennent plus de nutriments que les racines.

L'application de nutriments aide à restituer les nutriments perdus et de maintenir la fertilité des sols pour continuer de produire de bons rendements au cours des saisons agricoles ultérieures.

Les engrais composés standards, connus sous le nom de NPK, fournissent l'azote (N), le phosphore (P) et le potassium (K). La plupart des marques de NPK illustrent l'association de ces trois éléments nutritifs sous forme de proportions, par exemple NPK 15-15-15, qui contient 15% de N, 15% P_2O_5 et 15% de K_2O .

D'autres formulations de NPK sont disponibles et fournissent d'autres proportions relatives de nutriments, par exemple, le N-P-K 17-17-17 contient 17% de N, 17% de P_2O_5 (environ 11% de P) et 17% de K_2O (environ 14% de K).

Toutefois, les engrais NPK ne sont pas les meilleurs pour le manioc parce qu'ils fournissent:

- trop d'azote (N), qui fait que le manioc produit un feuillage excessif: le manioc n'a pas besoin d'une forte dose d'azote
- trop de phosphore (P), qui exige des dépenses inutiles: le manioc n'a pas besoin de grandes quantités de phosphore
- trop peu de potassium (K), dont le manioc a besoin pour la formation de racines: le manioc exige beaucoup plus de ce nutriment.

Déterminer la quantité exacte d'engrais à appliquer dans un champ donné est fonction de nombreux facteurs et peut varier d'un type de sol à l'autre. Toutefois, une façon simple de

déterminer les besoins en engrais est liée au rendement en racines de manioc.

L'utilisation d'engrais sur le manioc en monoculture

Les besoins en nutriments: Environ la moitié du poids d'un plant de manioc mature est constituée de racines; les feuilles et les tiges forment l'autre moitié de la biomasse de la plante. Donc, si une exploitation agricole a produit 10 tonnes par hectare de tubercules, nous pouvons supposer que la totalité de la récolte a produit environ 20 tonnes de biomasse (racines, feuilles et tiges).

La teneur en éléments nutritifs dans les différentes parties de la plante n'est pas la même: les feuilles et les petites tiges, par exemple, contiennent 10 fois plus d'azote que les racines, alors que les grandes tiges ont environ la même teneur en azote que les racines, mais une teneur en P et en K plus élevée.

En outre, la variété du manioc et l'environnement affectent l'absorption des nutriments et ainsi les nutriments exportés avec les racines et les plants. Par conséquent, bien qu'une recommandation concrète et exacte ne soit pas possible, nous donnons ici une gamme de rendements raisonnables et les concentrations de nutriments pour déterminer l'absorption et l'exportation des nutriments d'une plante de manioc.

Les principaux points à noter sont:

- P_2O_5 contient 43,6% de P; K_2O contient 83% de K
- 100 kg d'engrais composé N-P-K 15-15-15 contiennent 15 kg de N, 6,55 kg de P ($(15/100) \times (43,6/100) \times 100 = 6,55$ kg) et 12,5 kg de K ($(15/100) \times (83/100) \times 100 = 12,5$ kg)
- Une tonne de racines de manioc récoltées prend du sol environ 2,3 kg d'azote (N), 0,4 kg de phosphore (P) et 3 kg de potassium (K)
- Pour produire une tonne de racines, la culture doit aussi produire environ une tonne de biomasse aérienne (feuilles et tiges) qui prend une quantité supplémentaire de 7,7 kg de N, 0,5 kg de P et 3,9 kg de K

Le Tableau 2 montre la quantité de nutriments extraits du sol par des cultures produisant un rendement de 1, 10 ou 16 tonnes de racines fraîches.

Tableau 2: Teneur en N, P, K dans les racines de manioc, les feuilles et les tiges, et la totalité de la récolte à divers niveaux de rendement des racines de manioc.

	Quantités de nutriments (kg) pour des cultures produisant 1 tonne de racines fraîches par hectare		
	Dans les racines de manioc	Dans les feuilles et les tiges	Absorption totale
Azote	2,3	7,7	10,0
Phosphore	0,4	0,5	0,9
Potassium	3,0	3,9	6,9
	Quantités de nutriments (kg) pour des cultures produisant 10 tonne de racines fraîches par hectare		
	Dans les racines de manioc	Dans les feuilles et les tiges	Absorption totale
Azote	23,0	77,0	100,0
Phosphore	4,0	5,0	9,0
Potassium	30,0	39,0	69,0
	Quantités de nutriments (kg) pour des cultures produisant 16 tonne de racines fraîches par hectare		
	Dans les racines de manioc	Dans les feuilles et les tiges	Absorption totale
Azote	36,8	123,2	160,0
Phosphore	6,4	8,0	14,4
Potassium	48,0	62,4	110,4

Si l'on considère que les réserves naturelles en éléments nutritifs des sols sont suffisantes pour produire environ 10 tonnes de racines par hectare, alors la quantité de nutriments retirés du sol pour produire 16 tonnes à l'hectare est la différence entre la quantité pour 10 tonnes et la quantité pour 16 tonnes par hectare. Dans ce cas:

- 160 kg de N - 100 kg de N = 60 kg de N par hectare
- 14,4 kg de P - 9,0 kg de P = 5,4 kg de P par hectare
- 110,4 kg de K - 69 kg de K = 41,4 kg de K par hectare

Répondre aux besoins en nutriments avec de l'engrais NPK: Fournir 60 kg de N en utilisant N-P-K 15:15:15 exigerait $60 \text{ kg de N} \times 100/15 = 400 \text{ kg de N-P-K}$, ou 8 sacs de 50 kg pour chaque hectare.

400 kg de N-P-K fourniraient également $400 \text{ kg} \times (15/100) \times (43,6/100) = 26,2 \text{ kg de P}$

400 kg de N-P-K fourniraient également $400 \text{ kg} \times (15/100) \times (83/100) = 49,8 \text{ kg de K}$

Bien que les quantités de N et K soit à peu près correctes, celles de P sont environ 5 fois plus que nécessaire, comme le montre le Tableau 3.

Tableau 3: Nutriments fournis par 400 kg de N-P-K..

Nutriment	Quantité nécessaire pour produire 16 tonnes de racines/hectare (kg)	Quantité fournie par 400 kg de N-P-K 15-15-15 (kg)	Observation
N	60	60	Quantité correcte
P	5,4	26,2	Près de 5 fois plus que nécessaire
K	41,4	49,8	Quantité à peu près correcte

NB: La proportion de phosphore et de potassium indiquée sur les sacs d'engrais fait référence à la forme d'oxydes (P_2O_5 et K_2O) et non pas à l'élément même (P et K).

Pour convertir P_2O_5 en P, multipliez le % indiqué sur le sac par 43,6/100 (soit 0,436 comme indiqué dans la Table de référence 2).

Pour convertir K_2O en K, multipliez le % indiqué sur le sac par 83/100 (0,83)

Toutefois, en appliquant l'engrais pour répondre aux besoins en éléments nutritifs de la culture, l'agriculteur doit garder à l'esprit le fait que tous les nutriments appliqués sont absorbés et utilisés par la culture: l'«efficacité d'utilisation standard» pour les engrais minéraux est d'environ 50% - ceci signifie que seule la moitié des éléments nutritifs appliqués sont effectivement utilisés par la culture.

L'agriculteur doit donc appliquer deux fois la quantité nécessaire pour atteindre 100% et éviter l'appauvrissement du sol en éléments nutritifs. Dans notre exemple, cela signifierait 800 kg ou 16 sacs de 50 kg d'engrais N-P-K. Mais cela impliquerait que l'agriculteur perdait beaucoup d'argent en fournissant P qui n'est pas requis pour le manioc (ce qui explique pourquoi les engrais N-P-K ne sont pas un bon choix pour le manioc. Cependant, il se peut que, dans certains cas, ils soient les seuls engrais disponibles).

Les quantités d'engrais N-P-K qui doivent être utilisées par hectare pour chaque tonne supplémentaire de racines de manioc par rapport au rendement sans engrais (10 tonnes) sont les suivantes: 134 kg de N-P-K 15-15-15 ou 118 kg de N-P-K 17-17-17. Ceci est indiqué pour des rendements allant jusqu'à 16 tonnes par hectare dans le tableau 4.

Tableau 4: Quantité de N-P-K nécessaire pour des rendements de 10-16 tonnes par hectare.

Tonnes de rendement/ hectare	L'un ou l'autre de ces engrais N-P-K	
	N-P-K 15-15-15 kg	N-P-K 17-17-17 kg
10	0	0
11	134	118
12	268	236
13	402	354
14	536	472
15	670	590
16	804	708

Si l'agriculteur utilise l'engrais N-P-K composé, la quantité totale d'engrais nécessaire doit être appliquée en trois phases:

Un tiers de la quantité totale requise devrait être appliquée 4-6 semaines après la plantation (en utilisant des quantités calculées à partir des rendements prévus ou ciblés). Les agriculteurs doivent utiliser des gants pour se protéger les mains. Pour appliquer l'engrais:

1. en utilisant une petite houe de sarclage (10-15 cm de diamètre), gratter le sol pour faire un sillon sous forme de demi-lune de 20 cm à partir de la base de la plante de manioc.
2. appliquer la mesure correcte de l'engrais dans le sillon.
3. couvrir l'engrais appliqué avec de la terre.

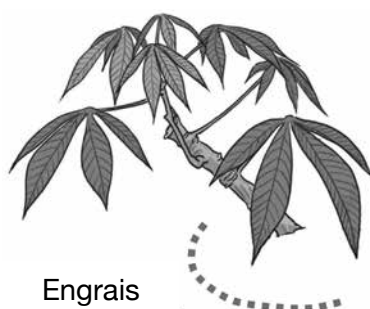


Figure 3 : Engrais appliqué en demi-lune.

Une deuxième dose doit être appliquée à 10-12 semaines après la plantation.

La troisième dose est recommandée 16 à 20 semaines après la plantation. Toutefois, cela dépend de la saison des pluies: elle ne doit pas être appliquée juste avant que la pluie cesse.

Par exemple, si l'objectif de rendement est de 16 tonnes par hectare et l'engrais NPK 15-15-15 est utilisé: $804 \text{ kg} \times 1/3 = 268 \text{ kg}$ de N-P-K par hectare, qui devraient être appliqués dans chacune des trois phases.

Si la deuxième saison des pluies est courte et peu fiable, alors les trois applications doivent être programmées dans des intervalles plus rapprochés de manière à apporter la totalité de l'engrais au cours de la première saison.

Si les pluies de la deuxième saison sont fiables, la dernière dose pourrait être appliquée une fois que les pluies de la deuxième saison auront commencé.

Pour les applications ultérieures, l'utilisation d'une houe peut ne pas être appropriée car les racines de manioc près de la surface peuvent être endommagées. L'engrais doit être appliqué en dessinant un cercle ou une demi-cercle autour du manioc à une distance de 10-20 cm. Si le manioc est planté en rangées plus larges avec des distances plus rapprochées dans les rangs, l'engrais peut également être appliqué le long de la ligne de manioc à une distance de 10-15 cm.

Quelques régions ont une pluviométrie bimodale, ce qui permet la plantation du manioc aux

premières ou deuxièmes pluies. Pour ces régions, l'application d'engrais doit être programmée en fonction de la longueur de la saison des pluies au cours de chaque saison. Par exemple, si le manioc est planté au début d'une longue saison des pluies qui sera suivie par une courte saison des pluies, alors deux applications doivent être programmées au cours de la première saison et une autre dans la deuxième. Si le manioc est planté au début d'une courte saison des pluies, une seule dose doit être appliquée et les autres appliquées au cours de la longue saison suivante. Cependant, les agriculteurs devraient éviter l'application d'engrais tardive, parce que pendant la saison sèche l'absorption des nutriments est limitée ou peut causer des dommages.

Recommandations d'engrais adaptées aux agriculteurs

Il peut être difficile pour les agriculteurs d'appliquer l'engrais avec précision lorsque la recommandation est présentée en termes de kg par hectare. Une approche plus pratique pour les agriculteurs est de proposer un volume d'engrais à appliquer par plant de manioc, en comparant ce volume avec une unité de mesure disponible localement.

Les capsules de bouteilles de limonade ou de bière, ou les capsules en plastique de dimensions et de marques spécifiques pour l'eau embouteillée, les sirops de fruits, etc, ou les boîtes d'allumettes, sont autant d'objets pouvant servir de mesurette très utiles et gratuites. Une fois que les agriculteurs s'habituent au volume à appliquer par plante, ils peuvent se dispenser de la mesurette et appliquer l'engrais directement à la main (avec des gants), ce qui sera beaucoup plus rapide.

Dans l'exemple ci-dessus, 268 kg par hectare de N-P-K 15-15-15 étaient nécessaires pour la première dose appliquée 4 à 6 semaines après la plantation. Avec des boutures de manioc plantées à un écartement entre les rangées et les lignes de 1 m x 1 m, la densité est de 10.000 plants par hectare:

$$268 \text{ kg} = 268.000 \text{ g}$$

$$268.000 \text{ g par hectare} / 10.000 \text{ plants par hectare} = 26,8 \text{ g par plante}$$

Le vulgarisateur doit donc trouver une mesure disponible localement qui contient environ ce poids d'engrais N-P-K: dans certains cas, il peut être nécessaire d'utiliser 2 ou 3 fois la mesurette pour avoir le poids total requis.

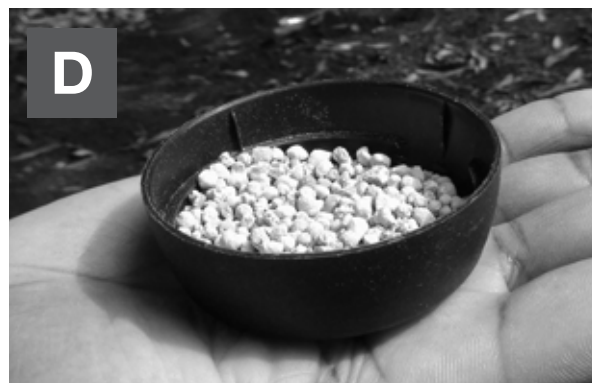
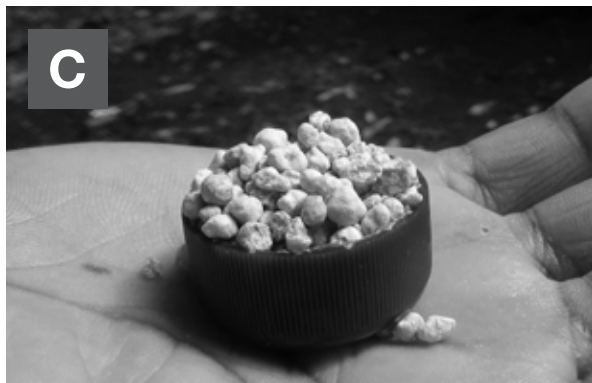


Photo 9: Exemples d'unités de mesure d'engrais (A) Une capsule de bouteille de limonade peut contenir jusqu'à environ 6 g d'engrais. Par exemple, pour une application de 26 g d'engrais par plante, quatre capsules et demi d'engrais peuvent être appliquées à chaque plante (photo: CABI) (B) Une capsule de bouteille d'eau peut contenir environ 8 g d'engrais. Par exemple, pour une application de 26 g d'engrais par plante, trois capsules et demi d'engrais peuvent être appliquées à chaque plante. (photo: CABI) (C) Gros plan d'une capsule de bouteille d'eau contenant de l'engrais (photo: CABI) (D) Cette capsule contient environ 26 g d'engrais (photo: CABI) (E) La capsule dans (D) peut contenir environ 78 g d'engrais. Pour une application de 26 g d'engrais par plante, une capsule pleine peut être appliquée à trois plantes (photo: CABI)

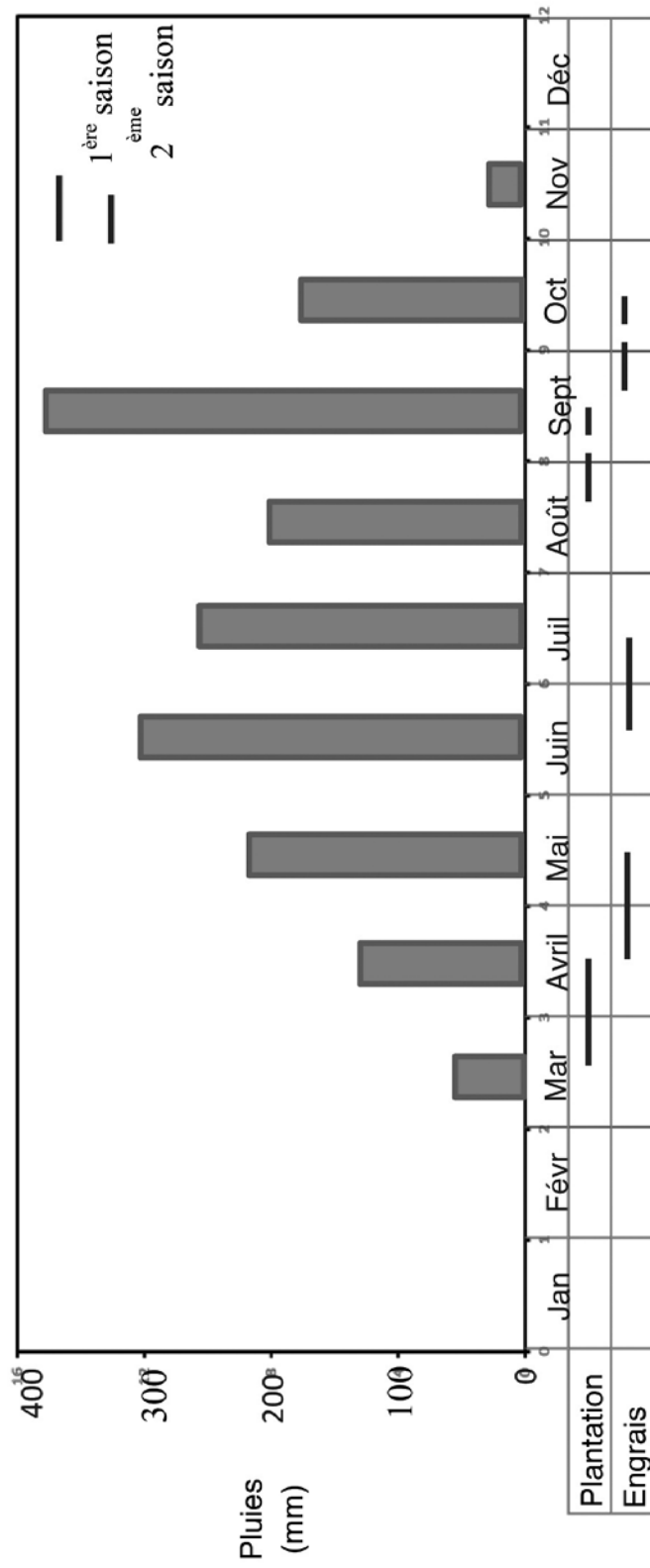


Figure 4 : Première et deuxième saisons de plantation et les périodes d'application d'engrais

Engrais simples (avec un seul nutriment): une méthode présentant un meilleur rapport coût/efficacité pour apporter les nutriments nécessaires serait de remplacer le N-P-K, partiellement ou totalement, avec les sources de nutriments simples, telles que l'urée, le superphosphate simple (SSP) ou le triple superphosphate (TSP) et le chlorure de potassium (KCl, également appelé muriate de potasse). En utilisant une association de plusieurs engrais simples, la quantité exacte de N, P et K nécessaire peut être appliquée - à la différence de N-P-K où les rapports entre les différents nutriments sont fixes.

L'urée ne fournit que N (sans P ni K). Elle contient 46% de N et donc un sac de 50 kg donne $50 \text{ kg} \times 46/100 = 23 \text{ kg}$ de N

Le triple superphosphate ne fournit que du P. Il contient 19,8% de P, donc un sac de 50 kg donne $50 \text{ kg} \times 19.8/100 = 9,9 \text{ kg}$ de P

Le chlorure de potassium ne donne que du K. Il contient 48% de K, donc un sac de 50 kg fournit $50 \text{ kg} \times 48/100 = 25 \text{ kg}$ de K

La teneur en nutriments de ces engrais et d'autres engrais est présentée dans le Tableau 1.

L'utilisation d'engrais simples exige plus de calculs, mais peut s'avérer moins coûteuse et plus efficace.

Comme pour le N-P-K, en appliquant des engrais simples, l'agriculteur doit garder à l'esprit le fait que tous les éléments nutritifs appliqués sont absorbés et utilisés par la culture: l'efficacité de l'utilisation standard des sols pour les engrais minéraux est d'environ 50% - ce qui signifie que seule la moitié des nutriments appliqués est effectivement utilisée par la culture. L'agriculteur doit donc appliquer deux fois la quantité nécessaire pour atteindre 100% et éviter l'appauvrissement du sol en nutriments.

En utilisant les quantités de nutriments calculées précédemment retirées du sol pour un rendement de 16 tonnes de racines de manioc fraîches par hectare (60 kg de N, 5,4 kg de P et 41,4 kg de K), les quantités suivantes d'engrais simples sont nécessaires:

Pour fournir 60 kg de N, il faut: $60 \text{ kg} \times 100/46 = 130 \text{ kg}$ d'urée. Cette quantité doit être doublée pour avoir une efficacité d'utilisation de 50%: $130 \text{ kg} \times 2 = 260 \text{ kg}$, ou environ 5 sacs standards de 50 kg pour chaque hectare.

Pour fournir 5,4 kg de P, il faut: $5,4 \text{ kg} \times 100/19,8 = 27,2 \text{ kg}$ de triple superphosphate (TSP). Cette quantité doit être doublée pour avoir une efficacité d'utilisation de 50%: $27,2 \text{ kg} \times 2 = 54,4 \text{ kg}$, ou environ 1 sac standard de 50 kg pour chaque hectare.

Pour fournir 41,4 kg de K il faut: $41,4 \times 100/48 = 86,25 \text{ kg}$ de chlorure de potassium (KCl). Cette quantité doit être doublée pour avoir une efficacité d'utilisation de 50%: $86,25 \text{ kg} \times 2 = 172,5 \text{ kg}$, soit environ trois sacs et demi standards de 50 kg par hectare.

Ainsi, pour fournir les nutriments nécessaires avec un engrais simple, il faut un total de 9,5 sacs par hectare, comparativement à 16 sacs si on avait utilisé le N-P-K 15:15:15.

Pour choisir l'option qui leur convient le mieux, les agriculteurs doivent vérifier les prix et la disponibilité des engrais.

Si le phosphate diammonique (DAP) est la seule source disponible de P, ou si le TSP et le DAP sont tous les deux disponibles, mais le DAP est moins cher, le DAP peut être utilisé pour fournir P. Le DAP fournirait également une partie de l'azote nécessaire, et l'urée peut être appliquée pour apporter le N supplémentaire.

Par exemple, pour fournir 5,4 kg de P, il faut: $5,4 \text{ kg} \times 100/19,8 = 27,2 \text{ kg}$ de DAP.

Le N dans 27,2 kg de DAP est de $27,2 \times 18/100 = 4,9 \text{ kg}$ de N

S'il faut fournir 60 kg de N (comme dans l'exemple ci-dessus), le N supplémentaire requis est de $60 - 4,9 = 55,1 \text{ kg}$. Il peut être fourni par $55,1 \times 100/46 = 120 \text{ kg}$ d'urée.

Pour fournir 41,4 kg de K, il faudrait: $41,4 \times 100/48 = 86,25 \text{ kg}$ de chlorure de potassium (KCl).

En supposant une efficacité d'utilisation de 50%, environ

$27,2 \times 2 = 54,4 \text{ kg}$ de DAP (environ un sac de 50 kg), $120 \times 2 = 240 \text{ kg}$ d'urée (environ cinq sacs de 50 kg), $86,25 \times 2 = 172,5 \text{ kg}$ de KCl (environ trois sacs et demi standards de 50 kg) sont nécessaires par hectare.

Exemple de comparaison des coûts de N-P-K 15-15-15 par rapport aux engrais simples dans le cas utilisé ci-dessus, avec un rendement cible de 16 tonnes par hectare

Hypothèses :

Coût par sac de 50 kg: N-P-K = 30 \$US; urée = 25 \$US; TSP = 40 \$US; KCl = 40 \$US (les prix réels doivent être vérifiés sur place).

Coût de N-P-K:

$16 \times 30 \text{ \$US} = 480 \text{ \$US}$

Coût des nutriments simples:

$(5 \times 25 \text{ \$US pour l'urée}) + (1 \times 40 \text{ \$US pour le TSP}) + (3,5 \times 40 \text{ \$US pour KCl}) = 125 + 40 + 140 = 305 \text{ US \$}$

Par conséquent, dans ce cas, le recours aux nutriments simples permettrait d'économiser beaucoup d'argent, soit $480 - 305 = 175 \text{ US \$}$ par hectare.

L'application des engrais simples est différente de celle de N-P-K. Elle permet également d'appliquer les différents nutriments quand ils sont les plus nécessaires.

Le TSP doit être appliqué à la plantation dans une seule dose.

L'urée et le KCl devraient être appliqués dans trois doses à 4-6, 10-12 et 16-20 semaines après la plantation, avec la même technique et les mêmes considérations que pour le N-P-K, en évitant l'application lorsque de fortes pluies sont imminentes et l'application au cours ou avant la saison sèche.

Les quantités suivantes d'engrais simples doivent être utilisées pour chaque tonne supplémentaire de racines de manioc par rapport au rendement sans engrais (10 tonnes par hectare): 45,5 kg d'urée, 9,1 kg de TSP et 28,8 kg de KCl par hectare (voir Tableau 5).

Tableau 5: Quantité d’engrais simples nécessaire pour obtenir des rendements de 10-16 tonnes par hectare.

Tonnes de rendement / hectare	Les 3 engrais simples combinés en kg / ha		
	Urée	TSP	KCI
10	0	0	0
11	45,5	9,1	28,8
12	91	18,2	57,6
13	136	27,3	86,4
14	182	36,4	115,2
15	227,5	45,5	144
16	273	54,6	172,8

Considérations pratiques: Un point supplémentaire à observer lors de l’application d’engrais est le développement du feuillage de manioc: un feuillage luxuriant vert foncé et dense indique que l’apport de N est suffisant, si cela est observé par les agriculteurs, ils peuvent réduire ou supprimer l’application de N (urée). Ceci est particulièrement souhaitable pour des applications à l’approche de la saison sèche.

Pour une utilisation efficace de la main-d’œuvre, une approche de «chaîne de production» devrait être utilisée lors de l’application d’engrais. Par exemple, 3 personnes qui travaillent ensemble dans un système bien organisé devraient être en mesure d’appliquer l’engrais sur 10.000 plantes, soit 1 hectare, en 1-2 jours.

Les principaux facteurs à prendre en compte lors de l’application d’engrais sont:

- Les besoins en main d’œuvre - Avez-vous le nombre requis de travailleurs pour la taille de votre exploitation agricole?
- Les conditions climatiques - N’appliquez pas l’engrais juste avant les pluies ou lorsque le sol est trop humide ou détrempé, parce que les nutriments peuvent être lessivés dans les couches inaccessibles du sol . N’appliquez pas l’engrais sous des conditions climatiques sèches, parce que les fortes concentrations de sel dans un sol à faible teneur en eau peuvent endommager les plantes (communément appelé “brûlure”).
- Le type d’engrais - Avez-vous le bon type d’engrais pour vos plantes? Avez-vous examiné les besoins de vos cultures et l’état de votre sol? Notez que les nutriments peuvent être fournis par des engrais simples ou composés. Toutefois, la décision concernant le type d’engrais à utiliser devrait dépendre de sa disponibilité et de son coût.
- La disponibilité d’engrais - Avez-vous assez d’engrais pour votre champ pour atteindre le rendement cible? Si la quantité d’engrais n’est pas suffisante pour l’ensemble de l’exploitation, il est conseillé d’appliquer la quantité recommandée pour la partie de l’exploitation pour laquelle la quantité disponible est suffisante, et laisser la partie restante sans engrais. Cela permet aux agriculteurs de voir eux-mêmes l’avantage de l’application d’engrais en termes d’accroissement du rendement - les agriculteurs font en fait une mini expérience avec/sans engrais sur leurs propres champs.

Utilisation d'engrais sur les cultures intercalaires

Pour le manioc cultivé en association avec d'autres cultures, suivre les conseils ci-après pour l'application d'engrais.

Le manioc en association avec le maïs

Dans l'association maïs-manioc, l'application d'azote (N) est surtout destinée au maïs, tandis que le phosphore (P) vise les deux cultures et le potassium (K) concerne principalement le manioc. Le P doit être appliqué à la plantation (de préférence avec le TSP) ou peu après la plantation (de préférence avec le DAP). Pour fournir N au maïs, un total de 60 à 90 kg de N par hectare doit être appliqué en 3 doses égales à 2, 4 et 6 semaines après la plantation.

Donc, pour une dose de 20 kg de N, il faut $20 \text{ kg} \times 100/46 = 44 \text{ kg}$ d'urée (soit environ un sac de 50 kg) par hectare.

Les besoins en K du maïs sont relativement faibles. C'est pourquoi l'apport peut être programmé pour servir le manioc qui en a le plus besoin au cours de la phase de gonflement des racines tubéreuses, qui commence pour la plupart des variétés environ 3 mois après la plantation.

Toutefois, la quantité appliquée doit être ajustée en fonction de la couleur observée sur les feuilles de maïs: si les feuilles sont vert-jaune pâles, cela indique une carence en azote, il faut ajouter plus de N. L'urée est appliquée sur une bande à 10-15 cm de la base du maïs (c'est-à-dire l'application sur une bande étroite le long de la rangée de maïs). Bien que l'application d'urée concerne le maïs dans un système intercalaire, l'engrais appliqué principalement à une culture aura très probablement un impact sur le manioc aussi.

Le manioc en association avec des légumineuses

Dans cette association, la carence la plus probable est celle en phosphore (P). Un faible apport en P réduit la capacité des légumineuses à fixer l'azote. Cela limite le rendement en grain et la contribution de la légumineuse à la restauration de la fertilité du sol.

L'engrais recommandé pour cette association est le triple superphosphate (TSP) appliqué lorsque la légumineuse est semée, dans une seule dose au taux de 1 sac de 50 kg par hectare, suivi de l'urée et des applications de KCl comme pour un manioc en monoculture (voir ci-dessus).

Les agriculteurs doivent observer le feuillage de manioc: si le couvert végétal est clairsemé et de couleur jaunâtre pâle, la quantité d'urée devrait être augmentée et appliquée lorsque ces symptômes sont observés.

Le manioc en association avec des légumes

Cette association a besoin de plus d'azote (N) que le manioc en monoculture. L'application d'engrais est similaire à celle faite au manioc en culture intercalaire avec le maïs, mais probablement avec moins de besoin en azote. Le N requis varie selon les légumes cultivés: les légumes verts à feuilles ont besoin de beaucoup d'azote, par conséquent, une plus grande quantité de N doit être appliquée.

Les micronutriments

Les carences en micronutriments sont difficiles à diagnostiquer dans le manioc, parce que les signes peuvent être confondus avec les symptômes d'une maladie. Si vous avez suivi tous les conseils proposés sur l'épandage de N, P et K dans ce manuel et votre rendement en manioc reste inférieur à 16 tonnes par hectare dans une bonne année de précipitations, le problème peut être attribué aux carences en micronutriments.

Par exemple, la carence en zinc, dont les symptômes sont des taches jaunes ou blanches entre les nervures, peut parfois être observée chez des jeunes plants de manioc. Les symptômes, tels que la pourriture de la tige ou de la racine, peuvent indiquer une carence en bore.

Il y a beaucoup de nutriments qui peuvent être apportés par une application d'engrais (Tableau de référence 1). Les produits à multi-micronutriments existent (y compris sous forme de pulvérisation), mais l'agriculteur doit demander conseil avant d'acheter et d'utiliser ces produits. En général, il convient de demander des conseils sur les solutions aux problèmes causés par les carences en micronutriments chez le manioc.

La matière organique

Le manioc est souvent cultivé dans des zones sans bétail, ce qui limite l'accès au fumier animal de ferme. Dans ces zones, les petits ruminants généralement se déplacent librement et ceci rend la collecte de fumier difficile. Les marchés de bétail peuvent, cependant, être une source de fumier. Les fermes industrielles d'élevages de volaille coexistent avec des exploitations de manioc dans certaines régions et peuvent aussi être une source de fumier.

La matière organique - y compris le fumier de volaille, la bouse de vache, les ordures ménagères et le compost - fournit des éléments nutritifs et du carbone organique. Ceci améliore les propriétés physiques du sol, la rétention de l'eau et l'activité microbienne, permettant d'avoir un «sol sain» avec moins de ravageurs et de maladies.

Pour les terres en culture continue, la recommandation est d'appliquer autant de matière organique que possible avant le labour. Souvent le fumier est utilisé près de la maison (où les animaux sont logés) et sur les cultures à haute valeur, ceci permettant également de limiter la main d'œuvre et les coûts de transport de la matière organique volumineuse. La matière organique est souvent une ressource rare et doit être appliquée sur les cultures qui produiront un plus grand rendement économique. Dans de nombreux cas, ce ne sera pas le manioc.

La matière organique provenant des résidus de culture ou de ménages devrait être compostée pendant 4-6 mois avant son application dans le champ.

En termes de nutriments, le fumier fournit principalement N, qui pourrait ne pas être le nutriment le plus limitatif pour le manioc. Toutefois, il contient également d'autres nutriments qui aident à améliorer le bilan nutritif du sol.

Les principaux défis de l'utilisation d'engrais organiques comprennent:

1. La quantité limitée de matière organique appropriée pour le compostage ou la conversion en fumier

2. Le volume qui augmente le coût de manutention et de transport sur de longues distances
3. Une grande variabilité de la teneur en éléments nutritifs
4. Une grande variabilité de la disponibilité des nutriments et de leur libération pour la culture

En raison de ces défis, les agriculteurs qui utilisent des intrants organiques doivent observer leurs plantes de manioc plus attentivement que s'ils utilisaient uniquement des engrais minéraux.

En règle générale, le phosphore (P) dans des matières organiques n'est pas très facilement accessible. La quantité totale d'engrais minéral contenant P doit donc être appliquée sans réduction de la matière organique fournie.

La teneur du potassium (K) dans le fumier et les matières compostées est généralement faible. La quantité totale d'engrais minéral contenant K doit donc être appliquée sans réduction de la matière organique fournie.

La disponibilité de l'azote (N) dépend du type de matière organique et peut être libéré rapidement ou lentement pour la culture. Les agriculteurs doivent donc observer attentivement le développement du feuillage de manioc et sa couleur - s'il semble maigre et pâle, alors N doit être appliqué sous forme d'urée. Cette application de N déclenche souvent la décomposition de la matière organique et provoque une libération accélérée de N. Par conséquent, la quantité de N provenant de l'engrais doit être faible pour éviter un excès de N.

La récolte du manioc

Pour récolter le manioc manuellement, procéder comme suit:

- Couper la tige à hauteur du genou ou de la taille (comme vous voulez)
- Utiliser une houe ou un coutelas pour libérer les racines
- Éviter d'endommager les racines de manioc
- Déraciner à la main
- Vérifier la base du manioc pour voir s'il y a des racines cassées et creuser pour les libérer de la terre

Pour la récolte mécanique, un outil de récolte de manioc spécial a été développé. Il est basé sur le principe du levier et rend ainsi la tâche plus facile. Il y a aussi une moissonneuse de manioc tirée par un tracteur. Pour plus de détails sur ces machines, visiter le site internet de IITA <http://www.iita.org>

Sur un champ de manioc bien géré avec une densité recommandée de 10.000 plants par hectare, chaque pied de manioc devra produire en moyenne 1,6 kg de racines utiles pour générer 16 tonnes de racines fraîches de manioc par hectare. Après le traitement, celles-ci donneront environ 3,2 à 4 tonnes de matière sèche comestible.

Les feuilles de manioc peuvent également être cueillies périodiquement et utilisées comme légumes verts à feuilles. Il existe des variations selon les variétés, mais des baisses de rendement en racines allant jusqu'à 40% ont été enregistrées là où les feuilles sont cueillies.

L'agriculteur doit être conscient du fait que la cueillette des feuilles de manioc peut réduire le rendement en racines.

Contrôles clés

- Deux semaines après la plantation, les boutures qui n'ont pas germé doivent être enlevées et jetées loin de la zone de culture. Si l'échec est dû à la sécheresse, attendre jusqu'à ce que les pluies reprennent avant de remplacer les boutures perdues.
- Elles doivent être remplacées par des boutures saines la troisième semaine après la plantation initiale, mais les nouvelles boutures ne doivent pas être plantées exactement dans les mêmes trous qu'occupaient les boutures qui ont échoué.
- Le sarclage doit commencer à 3-4 semaines après la plantation, puis être répété à la 8ème et la 12ème semaine, et le sarclage final devrait être fait entre 20 et 24 semaines après la plantation, en fonction de la pluviométrie. Les adventices à rhizomes et les espèces d'adventices ayant la capacité de former des racines à partir de morceaux de tiges et d'herbes doivent être arrachées et jetées hors du champ.
- Si le manioc est en association avec des légumineuses, le choix de l'herbicide est limité. L'application de glyphosate avant la plantation est permise.
- Pour chaque tonne de racines fraîches de manioc récoltée, l'agriculteur doit appliquer environ 20 kg de N, 1,8 kg de P et 13,8 kg de K. Ces quantités sont le double des besoins de la plante, car seulement la moitié des engrais appliqués est utilisée par les plantes. L'engrais peut être le N-P-K ou un engrais simple.
- Pour le N-P-K, un tiers de la quantité totale d'engrais nécessaire doit être appliquée 4-6 semaines après la plantation, un tiers après 10-12 semaines, le reste après 16-20 semaines. L'engrais peut être appliqué dans un sillon sous forme de demi-lune de 20 cm à partir de la base de la plante de manioc puis recouvert.
- Si le feuillage est luxuriant vert foncé et dense, l'application de l'azote devrait être réduite ou éliminée.
- L'engrais ne doit pas être appliqué juste avant les grandes pluies, lorsque le sol est trop humide ou détrempé, ou dans des conditions sèches.
- Dans une association du manioc avec le maïs, N doit cibler le maïs, P le maïs et le manioc, et K le manioc. Appliquer environ 60 à 90 kg de N par hectare pour le maïs, dans trois doses égales aux 2ème, 4ème et 6ème semaines après la plantation. Pour le manioc en association avec des légumineuses, 1 sac de 50 kg de TSP par hectare pour la légumineuse au semis, suivi de N (par exemple l'urée) et K (par exemple KCl) pour le manioc.
- Lors de la récolte, laisser autant de résidus de manioc que possible dans le champ et incorporer les résidus dans le sol.

6. Qu'est-ce qui peut mal tourner?

La production de manioc implique de nombreux processus techniques, sociaux et financiers qui ont été décrits dans ce manuel. Même si l'agriculteur a tout fait correctement, des problèmes inattendus peuvent toujours se produire. Certains de ces problèmes et leurs solutions possibles sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 6: Qu'est-ce qui peut mal tourner?

Problème	Ce qu'il faut faire
Sécheresse (c'est-à-dire faibles précipitations ou absence totale de pluies)	Choisir des variétés tolérantes à la sécheresse en particulier dans les zones à moins de 1000 mm de pluie par an
Maladies virales et bactériennes	Choisir un matériel de plantation sain Choisir des variétés tolérantes aux maladies dominantes Déraciner et brûler les plantes malades pour éviter la transmission Pour les maladies localisées dans le champ, pulvériser d'insecticides légalement autorisés pour prévenir la propagation par des insectes vecteurs
Rongeurs - rats, coupeurs d'herbe, etc qui peuvent endommager les racines	Limiter leur habitat par un bon désherbage Les piéger ou les attraper dans le respect de la loi
Oiseaux - par exemple, les cailles qui grattent la surface du sol et endommagent les racines	Utiliser un épouvantail efficace Les piéger ou les attraper dans le respect de la loi
Saturation du marché après la récolte	Envisager le stockage dans le champ (retarder la récolte) Envisager la transformation en produits secondaires à valeur ajoutée Explorer les possibilités de contrats de production garantis Souscrire une police d'assurance agricole appropriée (par exemple sur le prix minimum garanti ou sur le crédit d'inventaire) Rechercher des informations utiles sur des marchés lointains

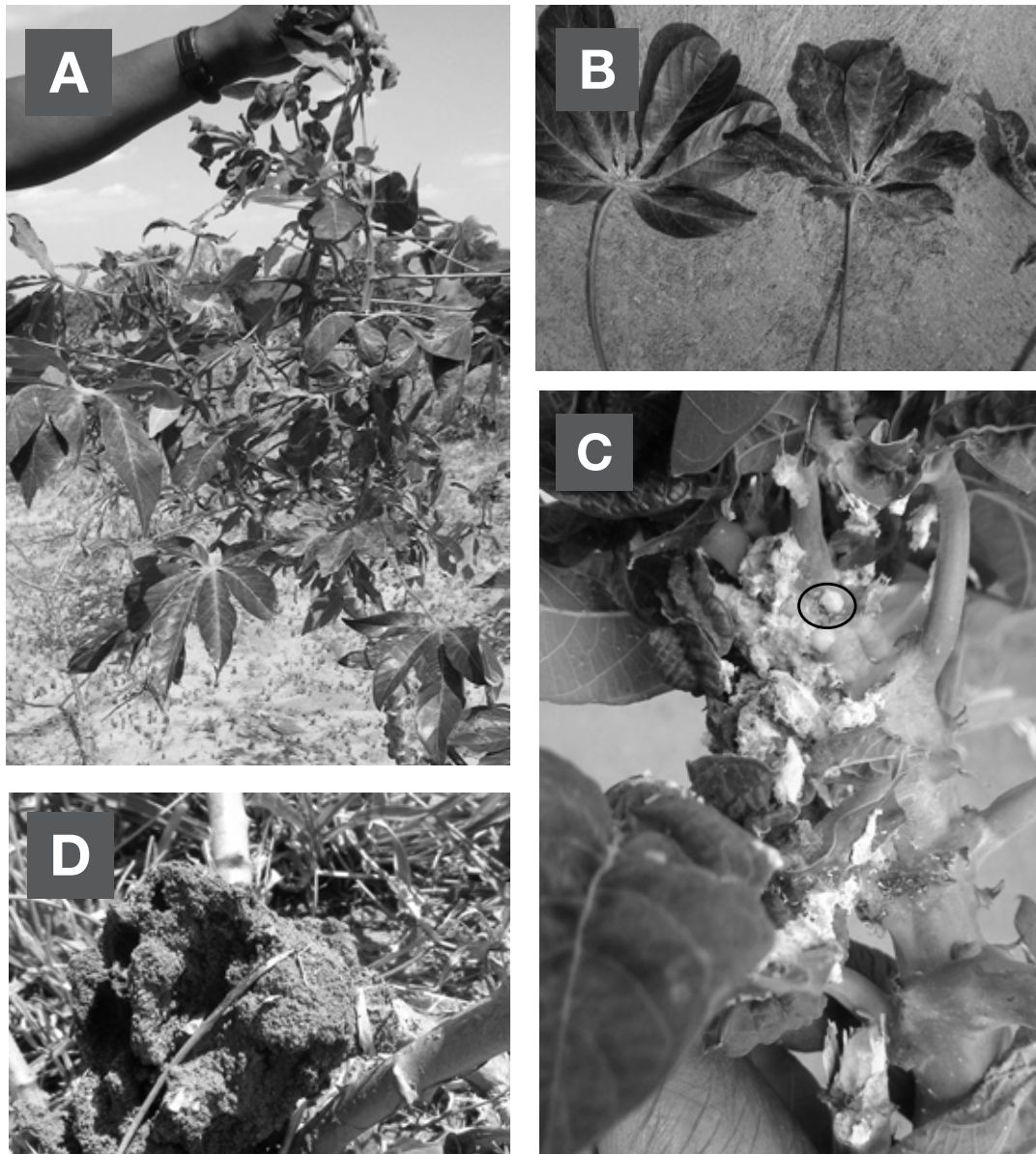


Photo 10: Ravageurs et maladies (A) Plante rabougrie infectée par le virus de la mosaïque du manioc (photo: CABI) (B) Feuilles de la plante infectées par le virus de la mosaïque du manioc (photo: CABI) (C) Plant de manioc gravement endommagé par la cochenille du manioc. Une cochenille est située dans le cercle rouge (photo: CABI) (D) Plante endommagée par les termites (photo: CABI)



Photo 11: Transformation des racines de manioc (A) Le manioc transformé (photo: CABI) (B) Les racines de manioc transformées peuvent être emballées et vendues lorsque les prix sont bons (photo: CABI)

7. Aspects économiques de la production du manioc

Aspects économiques des systèmes de manioc

Il est important d'avoir une idée de la rentabilité potentielle (avant son introduction) d'une nouvelle pratique agricole, comme l'utilisation de l'engrais, et de sa rentabilité réelle (après son introduction). Les avantages probables d'une nouvelle pratique sont calculés sur la base de données estimées, alors que les bénéfices réels sont basés sur des données réelles recueillies après l'introduction de la nouvelle pratique agricole.

Des calculs simples peuvent fournir des indications utiles sur les coûts et avantages probables, même s'ils n'ont besoin que d'une quantité minimale de données/informations.

Par exemple, si un agriculteur qui produisait 10 tonnes de racines fraîches par hectare sans engrais décidait d'utiliser 16 sacs de 50 kg chacun de N-P-K 15-15-15, l'accroissement nécessaire du rendement pour récupérer le coût supplémentaire de l'engrais (en supposant que le prix de N-P-K est de 25 \$US par sac de 50 kg, et le prix du manioc est 40 \$US/tonne de racines fraîches) peut être calculé comme suit:

$$\text{Accroissement minimum nécessaire du rendement (t/ha)} = \frac{\text{Coût de N-P-K}}{\text{Prix du manioc}} = \frac{16 \times 25}{40} = 10 \text{ t/ha}$$

Ainsi, dans cet exemple, l'agriculteur devra obtenir 20 tonnes par hectare juste pour récupérer l'investissement dans l'engrais.

Pour pousser l'analyse un peu plus loin, les coûts supplémentaires encourus pour utiliser une nouvelle technologie peuvent être comparés avec les avantages supplémentaires obtenus grâce à l'utilisation de cette technologie.

Par exemple, si dans l'exemple ci-dessus, le rendement précédent était de 10 tonnes par hectare, mais avec l'utilisation de 16 sacs d'engrais N-P-K par hectare le rendement est passé à 21 tonnes pour une variété de manioc qui a bien répondu à l'engrais ("variété efficace") et à 13 tonnes pour une variété qui a mal répondu à l'engrais ("variété inefficace»), les avantages économiques peuvent être calculés en suivant les étapes suivantes:

Étape 1: Calculer la progression de rendement apportée par l'utilisation d'engrais

Étape 2: Combien vaut cette progression du rendement ?

Étape 3: Calculer le montant d'argent nécessaire pour acheter l'engrais

Étape 4: Combien d'argent l'agriculteur garde après la déduction du coût de l'engrais?

Étape 5: La valeur du rendement peut être comparée avec les coûts, dans le rapport valeur/coût (VCR)

Tableau 7: Exemples d'avantages économiques d'une technologie.

		«Variété efficace»	«Variété inefficace»
Étape 1: Différence de rendement	Rendement avec engrais - rendement sans engrais	$21 - 10 = 11$	$13 - 10 = 3$
Étape 2: Valeur de rendement	Différence de rendement x prix du manioc	$11 \times 40 = 440$	$3 \times 40 = 120$
Étape 3: Coût de l'engrais	Quantité d'engrais x prix de l'engrais	$16 \times 25 = 400$	$16 \times 25 = 400$
Étape 4: «Profit» ou «perte»	Valeur du rendement - coût de l'engrais	$440 - 400 = 40$	$120 - 400 = -280$
Étape 5: Rapport valeur/coût (VCR)	Valeur du rendement / coût de l'engrais	$440 \div 400 = 1,1$	$120 \div 400 = 0,3$

En règle générale, un rapport valeur/coût supérieur à 2 est nécessaire pour qu'un investissement soit économiquement intéressant pour les agriculteurs. Ainsi, dans l'exemple ci-dessus l'utilisation de l'engrais n'aurait pas été rentable; un prix du manioc nettement plus élevé devrait être obtenu pour que ce niveau d'utilisation d'engrais présente un intérêt économique.

Si des informations supplémentaires, par exemple sur les coûts de main-d'œuvre, sont disponibles, des calculs plus détaillés peuvent être effectués. La réduction des coûts de main-d'œuvre en raison de l'application d'herbicides peut s'avérer économique, surtout si les mauvaises herbes persistantes sont présentes.

Rappelez-vous que la meilleure utilisation des ressources devrait être envisagée, afin d'obtenir le meilleur rendement de l'intrant.

Un point à noter est que les prix des intrants et les rendements des cultures peuvent varier. Par exemple, l'on pourrait peut-être obtenir de meilleurs revenus en procédant à la transformation des racines brutes de manioc en un produit à valeur ajoutée. Également, il faut appliquer moins d'engrais lorsque les pluies sont en retard et la sécheresse prévisible, et plus d'engrais lorsque les pluies commencent à temps et sont suffisantes.

8. Tableaux de référence

Tableau de référence 1: Teneur en nutriments (%) des engrais couramment disponibles en Afrique subsaharienne.

Engrais		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	CaO	S	Autre
Urée	–	46						
Chlorure d'ammonium	AC	25						66 Cl
Nitrate d'ammonium	AN	34						
Nitrate de calcium	CN	15				26		
Nitrate d'ammonium et de calcium	CAN	27			2	4		
Sulfate d'ammonium	AS	21					24	
Phosphate monoammonique	MAP	11	48–55		0,5	2	1–3	
Phosphate diammonique	DAP	18–21	46–53				1–1,5	
Roche phosphatée	RP		25–41			25–50		
Phosphate de magnésium condensé	FMP		12–20		10–15	12–16		
Superphosphate simple	SSP		16–22			28	11–14	
Superphosphate double	SP36		32–36				5–6	
Superphosphate triple	TSP		44–53		0,5	12–19	1–1,5	
Chlorure de potassium	KCl			60–62				47 Cl
Sulfate de potassium	SOP			50–53			17–18	
Nitrate de potassium	KN	13		44	0,5	0,5	0,2	
Kiesérite	Kies				27		22	
Langbeinite	SKMg			22	18		22	
Dolomite	GML				10–22	35–45		
Agrilime (calcite)	–					47		
Gypse	–					22–30	13–16	
N-P-K 15-15-15	–	15	15	15				
N-P-K 16-16-8	–	16	16	8			1	
N-P-K 13-13-21	–	13	13	21				
N-P-K 12–12–17+2(Mg)+(TE)	–	12	12	17	2			Micro
N-P-K 15–15–6+4(Mg)	–	15	15	6	4			
N-P-K 5-18-10		5	18	10			8	
N-P-K 5-17-15		5	17	15				
N-P-K 8-14-7		8	14	7	34			

Tableau de référence 2: Facteurs de conversion des nutriments.

De	Multiplier par	Pour obtenir/ De	Multiplier par	Pour obtenir
NO ₃	0,226	N	4,426	NO ₃
NH ₃	0,823	N	1,216	NH ₃
NH ₄	0,777	N	1,288	NH ₄
P ₂ O ₅	0,436	P	2,292	NH ₄
K ₂ O	0,83	K	1,205	K ₂ O
SO ₂	0,500	S	1,998	SO ₂
SO ₄	0,334	S	2,996	SO ₄
SiO ₂	0,468	Si	2,139	SiO ₂
MgO	0,603	Mg	1,658	MgO
CaO	0,715	Ca	1,399	CaO
CaCO ₃	0,560	CaO	1,785	CaCO ₃

Le Consortium africain pour la santé des sols (ASHC)

– améliorer la fertilité des sols, améliorer la production alimentaire, améliorer les moyens de subsistance

ASHC travaille avec des initiatives lancées en Afrique sub-saharienne pour encourager l'adoption des pratiques de gestion intégrée de la fertilité des sols (GIFS). Pour ce faire, il soutient principalement la production d'informations et de matériel pratique afin d'améliorer la compréhension des approches GIFS.

ASHC agit à travers des équipes multidisciplinaires composées de scientifiques et d'experts des systèmes de culture; de spécialistes de la communication, d'auteurs et réviseurs techniques ; d'économistes; de spécialistes en suivi et évaluation et en genre. Cette approche aide ASHC à faciliter la production de ressources documentaires innovantes et pratiques.

ASHC définit la GIFS comme suit: un ensemble de pratiques de gestion de la fertilité du sol qui passent impérativement par l'utilisation des engrais, des intrants organiques et de germoplasme amélioré, combinée avec les connaissances des méthodes d'adaptation de ces pratiques aux conditions locales, pour l'optimisation de l'efficacité agronomique des nutriments appliqués et l'accroissement de la productivité des cultures. La gestion de tous les intrants doit se fonder sur des principes agronomiques et économiques rationnels.

Le manuel de gestion de la fertilité des sols est une publication du Consortium africain pour la santé des sols (ASHC), sous la coordination de CABI.



Ce guide a été publié pour la première fois en 2014 par ASHC
CABI, P.O. Box 633-00621 Nairobi, Kenya
Tél: +254 (0)20- 2271000/ 20 Fax: +254 (0)20-712 2150 Email: Africa@cabi.org
Website: www.cabi.org/ashc