

Guide pour la gestion des systèmes de culture de riz



Shamie Zingore, Lydia Wairegi et Mamadou Kabirou Ndiaye

Consortium Africain pour la Santé des Sols: Guide pour la gestion des systèmes de culture de riz

Par Shamie Zingore (International Plant Nutrition Institute (IPNI)), Lydia Wairegi (CAB International (CABI)) et Mamadou Kabirou Ndiaye (AfricaRice).

© CAB International 2014

Veuillez citer cette publication comme suit: Zingore et al. (2014) Guide pour la gestion des systèmes de culture de riz. 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 libre :

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

D'après 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.

Remarque – 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'efficience de l'utilisation des engrains.

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): 978-1-78064-550-6

ISBN (e-book): 9781780645933

Typographié par Sarah Twomey

Adresse des auteurs

Shamie Zingore

International Plant Nutrition Institute
ICIPE Compound
Duduville-Kasarani
P.O. Box 30772-00100
Nairobi
Kenya
szingore@ipni.net
<http://ssa.ipni.net>

Mamadou Kabirou Ndiaye

AfricaRice-Senegal Station
BP 96
Saint Louis
Senegal
K.Ndiaye@cgiar.org

Lydia Wairegi

CABI
P.O. Box 633-00621
Nairobi
Kenya
ASHC@cabi.org
www.cabi.org/ashc

Remerciements

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

Nous remercions:

Les agriculteurs pour les informations fournies et pour avoir autorisé la prise de photos dans leurs exploitations agricoles. Jimmy Lamo, NaCRRI Ouganda, pour les informations et pour avoir facilité un voyage dans les champs de riz au cours duquel quelques-unes des photos du livre ont été prises.

Shamie Zingore (IPNI), Grace Omondi (CABI), Jill Rischbieth (CABI) et Lydia Wairegi (CABI) pour les photos. IPNI pour l'autorisation d'utiliser des photos, montrant la carence en nutriments, de la bibliothèque IPNI.

Keith Sones pour la correction du guide.

IPNI, AfricaRice et CABI pour la disponibilité des auteurs et le temps qu'ils ont consacré à la rédaction du présent guide.

Contents

1. Introduction	1
2. Systèmes de culture de riz	3
3. Conditions de culture du riz	6
4. Préparation du sol et plantation	8
5. Gestion du riz	18
6. Ce qui peut mal tourner	37
7. Economie de la production rizicole	51
8. Tableaux de référence	53
Pour plus d'informations	55

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 porte sur les systèmes banane-café, maïs-légumineuses, sorgho et mil-légumineuses, et manioc, mais ce guide-ci est consacré au riz pluvial de plateau, pluvial de bas-fonds et irrigué.

Les vulgarisateurs trouveront ce guide particulièrement utile pour mieux accompagner leur public dans la transition de la production rizicole axée sur des systèmes traditionnels de subsistance vers des systèmes plus axés sur le marché grâce à une intensification durable.

Ce guide cherche à fournir, en une seule publication, les informations les plus importantes, nécessaires à l'obtention de meilleurs rendements de riz d'une manière durable et rentable.

Bien que le travail de ASHC soit focalisé sur les besoins des petits exploitants agricoles en Afrique, les agriculteurs commerciaux, tant émergents que ceux bien 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 engrains. Le cadre général du guide est donc axé sur la GIFS.

L'objectif général de ce manuel est de prodiguer des conseils simples et pratiques sur la façon dont les petits et moyens exploitants peuvent intensifier leur production de riz pour accroître les rendements jusqu'à environ 80% du rendement potentiel, tout en diminuant le coût unitaire et en augmentant la rentabilité. Il n'est généralement pas avantageux de viser le rendement potentiel maximum. Les objectifs de rendements moyens actuels et réalisables pour les trois principaux systèmes de riz sont présentés dans le tableau 1.

Les rendements actuels sont limités par plusieurs facteurs qui réduisent la productivité du riz. Pour obtenir de meilleurs rendements et de meilleurs revenus, un ensemble de pratiques de gestion appelées «meilleures pratiques» devrait être utilisé à partir de la préparation du sol jusqu'à la récolte et au stockage du riz. Ces meilleures pratiques sont les suivantes:

- Bonne préparation du sol
- Utilisation de semences de qualité obtenues à partir de variétés améliorées
- Installation à une bonne densité grâce à un espacement correct au moment du repiquage ou du semis
- Semis à temps
- Désherbage efficace
- Gestion efficace des ravageurs et des maladies
- Gestion efficace de l'eau, en particulier maintien de niveaux d'eau convenables à différents stades de croissance (pour le système irrigué)
- Utilisation correcte des engrains et bonne gestion des résidus de récolte et d'autres matières organiques
- Récolte effectuée correctement et à temps et pratiques post-récolte appropriées

Le présent guide des systèmes de culture de riz fournit des informations sur ces meilleures pratiques de gestion et la façon dont elles peuvent être utilisées pour que les agriculteurs obtiennent de meilleurs rendements de riz pour les systèmes de production de riz irrigué ou pluvial de bas-fonds et pluvial de plateau.

Tableau 1. Rendements pour le riz pluvial de plateau, pluvial de bas-fonds et irrigué de bas-fonds

Système de riz	Rendements moyens actuels (Tonnes par hectare)	Rendements réalisables grâce aux “meilleures pratiques” (Tonnes par hectare)
Pluvial de plateau	1	3,5-4
Pluvial de bas-fonds	2,5	3-3,5
Irrigué de bas-fonds	5	6-8

2. Systèmes de culture de riz

Il existe trois principaux types de systèmes de production de riz (Photo 1):

- Irrigué de bas-fonds
- Pluvial de bas-fonds
- Pluvial de plateau

Il y a un quatrième système, marais à mangroves, mais il ne représente qu'environ 6% de la superficie rizicole.

NB: le terme «bas-fonds» se réfère à la technique de production (riz cultivé sur des terres inondées ou irriguées) et non à l'altitude – la production de bas-fonds se fait dans des agro-écologies pouvant atteindre 2000 mètres au-dessus du niveau de la mer.

Tableau 2: Principales caractéristiques des trois systèmes de riz.

	Pluvial de plateau	Pluvial de bas-fonds	Irrigué de bas-fonds
Estimation de la superficie mondiale consacrée au riz (%)	10	30	60
Estimation de la production mondiale de riz (%)	5	20	75
Estimation de la superficie consacrée au riz en Afrique (%)	40	46	14
Estimation de la production du riz en Afrique (%)	20	47	33
Écologies où il est cultivé (voir figure ci-dessous)	Plateaux, basses vallées aux pentes raides	Marais, zones basses qui collectent beaucoup d'eau	Plaines d'inondation, fonds de vallées et champs en terrasses où il y a suffisamment d'eau et des infrastructures de maîtrise d'eau pour permettre l'irrigation
Nombre de cultures par an et rendements	1 culture par an Rendements plus faibles et plus variables que dans les bas-fonds	1-2 cultures par an Une culture de riz plus d'autres cultures diversifiées Rendements inférieurs au système irrigué	1-2 cultures par an Rendements les plus élevés
Eau	Sol non couvert d'eau pour la plupart de la saison culturelle	Sol submergé pendant une partie de la saison culturelle, en fonction des précipitations et des eaux souterraines	Lame d'eau contrôlée et couvrant le sol pour la plupart de la saison culturelle Gestion active de l'eau
Principaux facteurs qui influencent le rendement	Haut risque de sécheresse Agriculture de subsistance - faible utilisation d'intrants	Concurrence des adventices et risque de sécheresse réduisant les rendements	Réduction du risque de mauvaise récolte donnant aux agriculteurs la confiance d'utiliser des intrants achetés
Principales pratiques de gestion	Pas de travail du sol humide ou d'irrigation et le sol n'est pas intentionnellement submergé Semis à la volée ou dans des trous creusés à l'aide d'un bâton pointu dans un sol sec avant ou pendant les pluies	Sols labourés après le début des pluies Utilisation de diguettes pour contenir l'eau, mais pas de gestion active de l'eau Repiquage des plantules ou semis direct dans les champs secs ou humides	Travail du sol humide Repiquage ou semis direct Gestion des niveaux d'eau tout au long de la campagne culturelle Désherbage mécanique

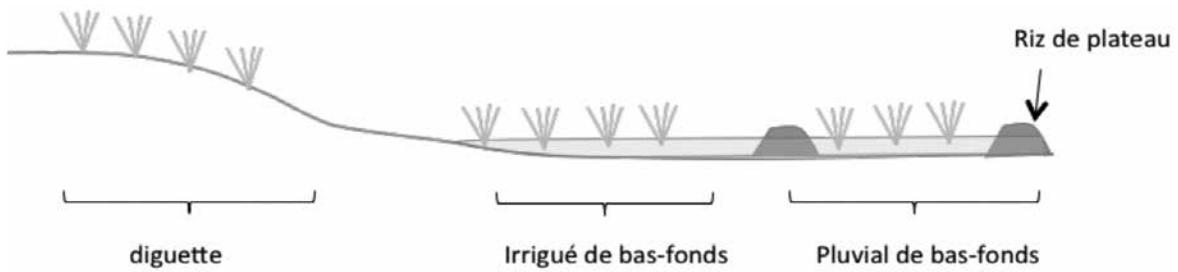


Figure 1. Ecologies where upland, lowland rainfed and irrigated lowland rice is grown.

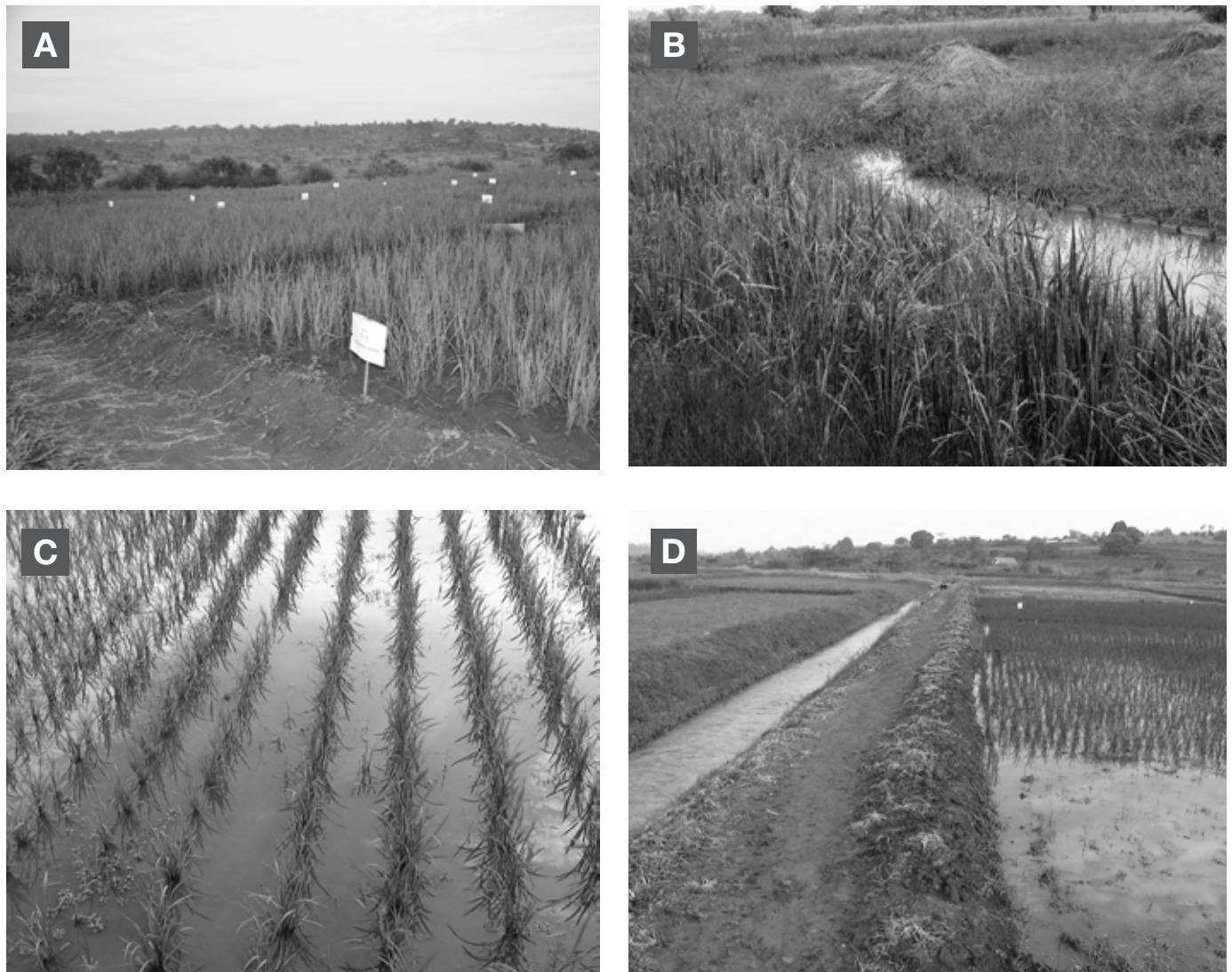


Photo 1: La culture du riz dans les trois systèmes (A) Riz de plateau, sol bien drainé (photo: CABI) (B) Riz pluvial de bas-fonds, eau mal gérée (photo: CABI) (C) Riz irrigué de bas-fonds, eau bien gérée (photo: CABI) (D) Riz irrigué avec canal d'irrigation (photo: CABI)

3. Conditions de culture du riz

Types de sols

Le riz peut être cultivé sur une grande variété de sols. Les sols ayant de bonnes capacités de rétention d'eau sont les meilleurs - ainsi les sols argileux à forte teneur en matière organique sont idéaux, mais les sols à forte teneur en limon sont également appropriés. Les sols sableux ne sont pas indiqués pour la production de riz.

pH du sol: Le riz pousse mieux dans les sols ayant un pH proche de la neutralité, 6-7 - c'est-à-dire qu'ils ne sont ni trop acides ni trop alcalins - mais le riz de bas-fonds peut être cultivé dans des sols dont le pH est entre 4 et 8.

La valeur du pH est un facteur plus important pour le riz de plateau. Ici, si elle est trop faible (trop acide), il y a un risque de toxicité aluminique et de faible disponibilité du phosphore (le phosphore est essentiel à la bonne croissance des racines et au tallage).¹

Pour le riz pluvial de bas-fonds, la toxicité en fer (Fe) est le problème nutritionnel principal qui limite les rendements. La toxicité en fer se produit dans les sols acides et peut être gérée par l'application de chaux et la culture de variétés de riz tolérantes au fer parmi d'autres techniques.

Dans les systèmes irrigués de riz de bas-fonds, où les sols sont immergés pendant de longues périodes, le pH n'est généralement pas un problème. Les sols submergés ont tendance à devenir neutres indépendamment du fait qu'ils aient été à l'origine acides ou alcalins.

Climat

Le riz a besoin d'un climat chaud et humide avec beaucoup de soleil pour bien pousser.

Pluies: Une moyenne de 200 mm de pluie par mois est nécessaire pour le riz de bas-fonds; 100 mm par mois pour le riz de plateau.

Les fleurs s'ouvrent le matin et il est préférable de ne pas avoir de pluie le matin pendant la floraison. Par exemple, en Afrique de l'Ouest, les semences de variétés précoces semées au début de juillet fleurissent en septembre-octobre lorsque les pluies matinales sont moins probables.

Température: Si les températures sont trop élevées (plus de 35°C), les fleurs ne parviennent pas à produire des graines. S'il fait trop froid (en dessous de 15° C), la croissance est lente et les plants ne parviennent pas à fleurir. Normalement, les températures optimales devraient être comprises entre 20 et 30°C. Toutefois, le riz tolère une température de jour qui ne dépasse pas 40°C. La température optimale est de 22 à 23°C pour la floraison et de 20 à 21°C pour la formation des grains.

Ensoleillement: Le riz s'épanouit mieux quand il y a assez de soleil, en particulier au cours des 45 jours qui précèdent la récolte. Pendant cette période, au moins 6 heures de soleil sont nécessaires chaque jour.

¹ Le «tallage» s'entend des pousses qui se développent à partir de la base de la tige du riz.

Eléments clés

- Le riz se porte mieux dans les sols ayant de bonnes capacités de rétention d'eau, par exemple les sols argileux avec une forte teneur en matière organique.
- Le pH optimum est de 6-7 mais le riz de bas-fonds peut être cultivé dans des sols dont le pH se situe entre 4 et 8.
- La quantité de pluie nécessaire est d'environ 200 mm par mois pour les bas-fonds et de 100 mm pour le riz de plateau.
- La production de riz est sérieusement réduite si les températures sont inférieures 15°C ou supérieures à 35°C.

4. Préparation du sol et plantation

Préparation du sol

L'objectif de la préparation du sol pour la culture du riz est de lutter contre les mauvaises herbes, faire un bon lit pour que les plants puissent bien croître, obtenir la bonne structure du sol et incorporer les résidus de récolte dans le sol.

Le labour trop profond devrait être évité. Une profondeur de 15-20 cm est suffisante pour le riz: le labour profond risque de déplacer le sol plus fertile trop en profondeur empêchant le riz d'en bénéficier. Le labour doit être suivi du hersage.

Pour le riz de bas-fonds, comme il est cultivé dans des conditions inondées, il est préférable de le cultiver sur un sol qui est presque plat. Lorsque le terrain présente une pente raide ou une surface inégale, le champ doit être nivelé avec une pente de moins de 1% (soit un abaissement de moins de 1 m pour chaque longueur de 100 m) pour permettre une inondation à profondeur égale (Photo 2). Pour niveler un nouveau champ, il faut déplacer les couches supérieures du sol à côté, niveler les couches inférieures, puis ramener les couches supérieures déplacées. Pour de vieux champs, le nivellement se fait pendant le labour et le hersage. Sinon, des digues ou diguettes peuvent être construites pour diviser le champ en des casiers de niveaux différents.

Les pratiques de préparation du sol vont également varier selon que le riz est d'abord semé en pépinière et ensuite repiqué, ou qu'il est semé directement.

Riz de bas-fonds: La préparation du sol s'arrête au hersage s'il s'agit d'un semis direct. Si vous préparez le terrain pour le repiquage, le hersage est suivi du labour du sol humide et du nivellement. Le labour du sol humide a pour objectif de développer une carapace du sol afin de réduire les pertes d'eau par infiltration dans le sol. Le labour du sol humide est particulièrement efficace dans les sols argileux.

Riz de plateau: La préparation du sol s'arrête au hersage. Lorsque le pH du sol est faible (acide), le chaulage pour atteindre le pH optimal est obligatoire et se fait de préférence au cours de la préparation du sol. L'acidité des sols peut réduire la disponibilité des nutriments, en particulier le phosphore, tout en causant la toxicité en aluminium dans les sols de plateau et la toxicité en fer dans les sols de bas-fonds. Il faut environ 2 tonnes de chaux par hectare pour relever le pH d'une unité sur des sols argileux, mais une quantité moindre est nécessaire pour les sols limoneux. La chaux doit être apportée à la volée et incorporée dans les 15 à 20 cm du sol pendant le labour.

Choix des variétés

Il faut choisir des variétés de riz dont les grains ont des caractéristiques adaptées au marché; par exemple, des grains blancs si le riz doit être blanchi et vendu aux consommateurs ou des grains avec une teinte jaune si le riz est destiné à l'étuvage. La variété doit également être adaptée à l'écologie locale et avoir des caractéristiques végétales souhaitables; par exemple, pour ceux qui font la récolte à la main, les plantes d'une hauteur permettant une récolte facile – soit environ 1,1 m de hauteur à maturité. La variété choisie devrait également avoir un fort potentiel de rendement.



Photo 2. Préparation du sol **(A)** Faire des diguettes pour la gestion de l'eau (photo: CABI) **(B)** Des tracteurs peuvent être utilisés pour faire des diguettes (photo: CABI) **(C)** Dans le système irrigué, la terre peut être labourée juste après la récolte, et la culture suivante installée (photo: CABI) **(D)** Le nivellement peut être effectué manuellement (photo: CABI/IPNI) **(E)** Un champ bien préparé pour le riz irrigué doit être nivelé, la hauteur d'eau doit être uniforme (photo: CABI) **(F)** Un champ mal préparé pour le riz irrigué. La hauteur d'eau n'est pas uniforme. Le tallage sera réduit pour le riz planté à une profondeur de plus de 3-4 cm, les plantes ne seront pas uniformes (photo: CABI).

Sélection des semences et semis

Les semences peuvent être prélevées par l'agriculteur sur la récolte précédente ou obtenues à partir des variétés améliorées qui peuvent être achetées auprès des producteurs de semences ou des entreprises semencières. De préférence, il faut utiliser des semences fraîches pour s'assurer qu'elles sont propres et obtenues à partir de la meilleure variété. L'utilisation de semences qui proviennent d'un mélange de différentes variétés doit être évitée car elles arrivent à maturité à des moments différents, ce qui complique la récolte.

Certaines variétés de semences ne germent pas bien si elles sont récoltées et plantées immédiatement, mais germent mieux si elles sont stockées pendant un certain temps avant la plantation. Cette période au cours de laquelle la germination des graines est mauvaise est appelée «période de dormance». Certaines variétés ont une période de dormance de 2 à 3 semaines après la récolte. Si vous plantez des semences fraîchement récoltées, elles devraient être séchées au soleil pendant 1 à 2 jours pour arrêter la dormance.

Avant le semis, un test de germination doit être effectué. Pour cela, 100 graines de semences de riz doivent être placées sur un papier humide dans un récipient étanche. Au bout de cinq jours, le nombre de semences germées est compté. Voici la formule pour calculer le taux de germination:

$$\% \text{ Germination} = \frac{\text{Nombre de semences germées}}{\text{Nombre de semences semées}} \times 100$$

Dans des conditions idéales, le taux de germination devrait être de 80% à 100%; s'il est de 60% ou moins, l'agriculteur doit soit obtenir de nouvelles semences, soit ajuster la quantité de semences en conséquence. Par exemple, si la dose de semis est de 80 kg par hectare et la germination est de 60%, la quantité de semences à semer à l'hectare est: $80 \text{ kg} \times (100/60) = 133 \text{ kg}$

Avant la plantation, les graines doivent être vannées pour enlever la paille. Pour enlever les grains non remplis, tremper les grains dans l'eau: les grains non remplis flottent à la surface et peuvent être retirés.

Les graines de riz peuvent être semées directement comme graines sèches, comme graines pré-germées, ou passer par une pépinière et les jeunes plants repiqués plus tard dans le champ. Chaque méthode a ses avantages et ses inconvénients, et elle est adaptée à des situations et systèmes différents (voir tableau 4).

Semis direct: le semis est toujours direct en riziculture de plateau et peut également l'être en riziculture de bas-fonds.

Pour le riz de plateau, le semis à sec peut être fait à la volée, ou en lignes. Pour le semis en lignes, les graines peuvent être placées dans des poquets ou des sillons. Pour le semis à la volée, 80 à 100 kg de semences par hectare sont utilisés. Pour le semis direct dans des poquets, il faut un espacement de 20 à 30 cm (entre et sur les lignes) avec 2 à 3 graines par poquet: cela nécessitera moins de graines, juste 40 à 50 kg par hectare. Pour le semis direct en sillons, il faut un espacement de 25 à 30 cm entre les sillons et de 5 cm sur le sillon:

cela nécessitera environ 75 à 80 kg de semences par hectare. Après le semis à la volée, les semences sont couvertes, par exemple à l'aide d'une herse à dents. Pour le semis en lignes, la distance entre les lignes est déterminée par la largeur de l'outil de désherbage utilisé.

Pour le riz pluvial ou irrigué de bas-fonds, le semis à sec (c'est-à-dire le semis de graines sèches dans un sol sec ou humide; les semences sèches étant celles qui n'ont pas été pré-germées) peut se faire en lignes ou à la volée. Pour le semis en lignes, il faut 80 kg de semences sèches par hectare; et pour le semis à la volée, 100 à 120 kg de semences par hectare.

NB: Si la gestion de l'eau et la sécheresse constituent un défi, le repiquage est préférable au semis direct.

Repiquage: Le repiquage de jeunes plants est une option pour les systèmes de riz de bas-fonds. Ici les graines sont semées dans une pépinière et les plants repiqués dans le champ.

Pépinière

La pépinière peut être soit dans le champ principal (Photo 3), soit ailleurs: dans certains bassins rizicoles, il y a un site réservé à toutes les pépinières des agriculteurs.

Si la pépinière doit se trouver dans le champ principal, choisissez un lieu qui n'est pas éloigné du canal d'irrigation pour un accès facile à l'eau.

En raison du virus de la panachure jaune du riz, il est recommandé de faire la pépinière loin de la bordure du champ. Ceci parce que les insectes vivant à la lisière du champ peuvent infecter les plants; les mauvaises herbes à la lisière du champ constituent un bon habitat pour les insectes étant donné que la lisière est toujours humide à cause de sa proximité du canal de drainage.

Il y a trois options pour produire des plantules:

1. Semer des graines sèches dans des pépinières sèches, qui sont ensuite irriguées. Les plants qui poussent de cette manière ont des racines plus profondes, ce qui rend difficile leur repiquage.
 2. Semer des graines pré-germées sur boue humide. Les plants qui poussent de cette manière ont des racines moins profondes et sont donc faciles à repiquer. Les graines peuvent être semées à la volée sur un lit de semis boueux au lieu de les semer en lignes pour économiser sur le labour. Si le lit de semis est de 1 mètre de large, pour chaque longueur de 10 mètres du lit, utilisez 1 kg de semences.
 3. Semer en pépinière dapog pour laquelle un certain nombre de modifications ont été développées. La pépinière est conduite sur une surface ferme que les racines ont du mal à pénétrer. Le déracinement des plantules de la pépinière est alors plus facile que dans les cas de semis de graines sèches ou pré-germées.
- La pépinière peut être construite sur des supports



Photo 3: La pépinière peut être mise en place dans le champ

plastiques, des feuilles de bananier ou une surface en béton. Avant la plantation, un cadre en bois peut être utilisé pour créer des cellules, chacune mesurant 30 cm x 50 cm et 4 cm de profondeur. Un mélange de terre, de fumier bien décomposé et de balles de riz est placé dans le cadre et celui-ci est ensuite retiré. Le mélange de sol peut aussi être placé sur la surface ferme sans utiliser de cadre en bois. Les semences pré-germées sont ensuite semées en pépinière à la volée. Si le lit de semis est de 1 mètre de large, pour chaque longueur de 10 mètres, utilisez 10 kg de semences.

La largeur de la pépinière devrait permettre de travailler sans marcher sur le lit (Photo 5). Une largeur de 1 mètre est idéale et le lit devrait être porté à environ 5 cm au-dessus de la surface du sol.

La taille de la pépinière dépend du type de pépinière et de la surface sur laquelle le repiquage sera effectué. Si le semis se fait sur boue humide, la pépinière devrait être d'environ un dixième de la superficie à planter; si le semis se fait en utilisant la méthode de dapog, la pépinière doit être d'un centième de la superficie à planter.

Comment effectuer une pré-germination des semences de riz

Pour pré-germer des semences de riz, trempez un sac de jute contenant des semences dans l'eau pendant 24 heures (Photo 4).

Après 24 heures, retirez le sac de l'eau et placez-le dans un endroit ombragé où l'air peut circuler autour du sac. Assurez-vous que la température du sac ne dépasse pas 42°C. Après une période supplémentaire de 24 heures, les semences pré-germées sont prêtes pour le semis: cela doit être fait avant que les racines ne dépassent 5 mm de longueur.

L'apport de l'engrais à la pépinière n'est pas nécessaire, si les plants seront repiqués à neuf jours. Si, toutefois, les plants doivent être repiqués dans un champ où la gestion de l'eau n'est pas bonne, par exemple, qui n'est pas nivelé correctement ou qui a une grande profondeur d'eau, appliquez de l'engrais pour faire pousser les plants plus vite et plus haut afin qu'ils puissent mieux résister à l'eau.

Repiquage des plants

Les plants devraient être repiqués entre 9 et 21 jours après le semis pour les plants obtenus à partir de semences pré-germées et de semences sèches. Si des crabes présents dans la mangrove constituent un problème, laissez les jeunes plants pousser pendant plus de 21 jours, afin qu'ils puissent mieux résister à la prédation. Si le repiquage est fait après 21 jours, l'engrais peut être apporté à la pépinière s'il y a risque de carence en nutriments.

Les plants provenant d'une pépinière humide devraient être plantés à une profondeur de 1,5-3 cm et les plants d'une pépinière dapog à une profondeur de 1,5 cm. En effet, les racines des plants de dapog ne poussent pas aussi profondément que celles des plants de pépinières humides.

Il est préférable de repiquer les jeunes plantules dans les champs de riz en lignes, avec des espaces réguliers entre les lignes et entre les plants (voir tableau 3 pour des suggestions de

dispositions des plants). Le repiquage en lignes a un certain nombre d'avantages par rapport au repiquage aléatoire: il rend le désherbage et l'application de l'engrais, des herbicides et des insecticides plus faciles et permet aussi d'assurer une densité de plantation optimale. Pour avoir des lignes droites et un espacement correct, vous pouvez utiliser du fil de fer, une ficelle ou du bois tracé comme guide (Photo 6).

Pour un repiquage mécanisé, la pépinière de type dapog est nécessaire. Les plants sont cultivés dans un mélange de terre sur une surface ferme. Lors du repiquage, les plantules sont arrachées dans un tapis et places dans la planteuse de riz.

Des plants supplémentaires devraient être plantés temporairement en bordure du champ et utilisés pour combler les vides après environ 10 jours.

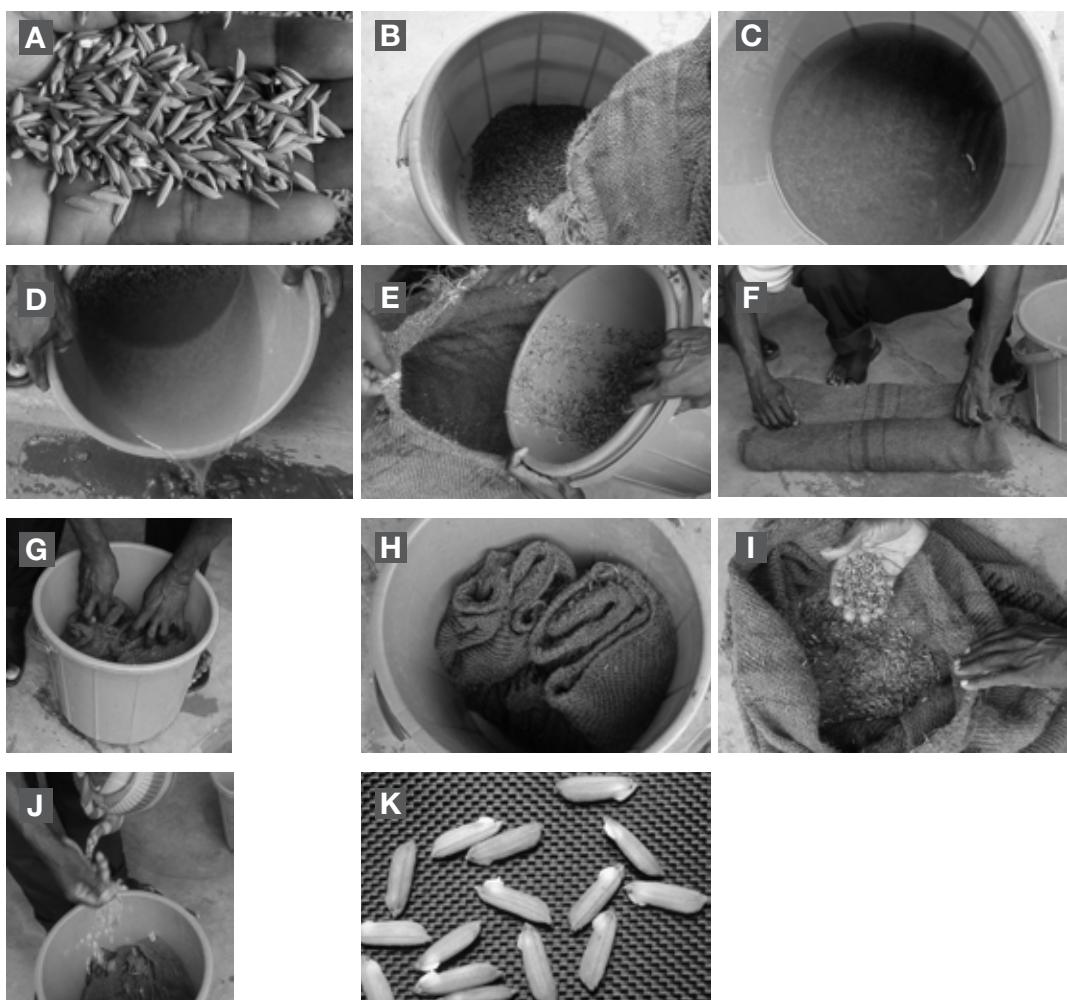


Photo 4. Pré-germination des semences (A) Obtenez des semences de paddy propres (photo: CABI) (B) Lavez les semences. Enlevez les débris et les graines flottantes (photo: CABI) (C) Trempez les graines dans l'eau pendant 24 heures (photo: CABI) (D) Après 24 heures, versez l'eau (photo: CABI) (E) Placez les semences dans un sac (photo: CABI) (F) Roulez le sac avec les semences à l'intérieur (photo: CABI) (G) Placez le sac dans un seau ou un autre récipient (photo: CABI) (H) Les semences peuvent rester dans le seau pendant 24 heures (photo: CABI) (I) Vérifiez régulièrement l'état des semences (photo: CABI) (J) Si elles sont trop sèches, ajoutez de l'eau (photo: CABI) (K) Graines germées (photo: CABI).

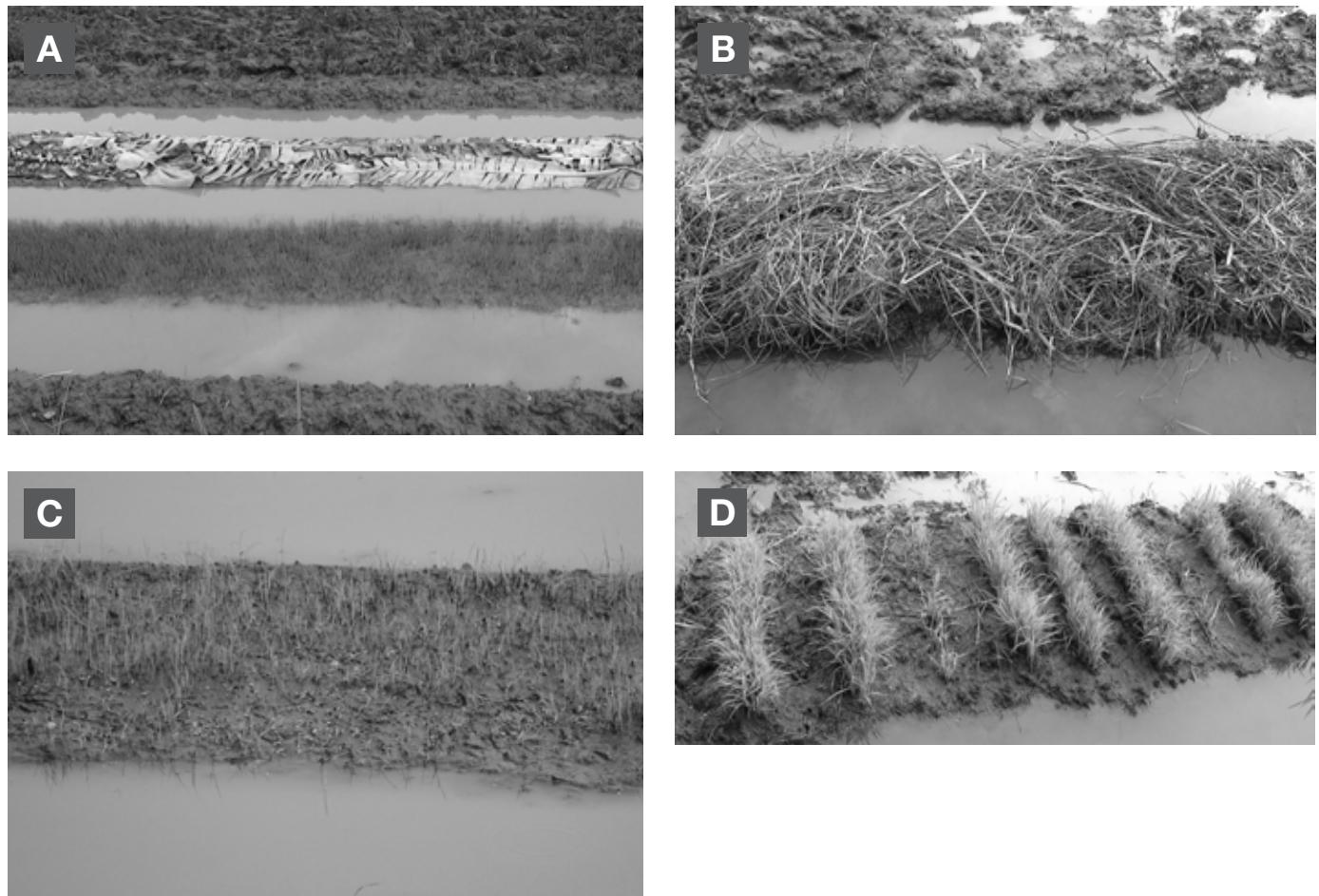


Photo 5. Les plants à la pépinière (A) Graines recouvertes de feuilles de bananier pour éviter le dessèchement de la surface lorsqu'elles germent (photo: CABI) (B) Évitez de couvrir la pépinière avec de la paille de riz ou de l'herbe. La paille ou l'herbe peuvent contenir des semences qui peuvent se développer, contaminer la culture et peuvent être difficiles à contrôler (photo: CABI) (C) Nouvelles plantules non couvertes (photo: CABI) (D) La dormance peut être un problème avec des semences de certaines variétés de riz - par exemple la 3e et la 7e ligne à partir de gauche dans la photo (chaque ligne représente une variété). Si la dormance est suspectée, attendez au moins 2-3 semaines après la récolte avant de semer. (photo: CABI).

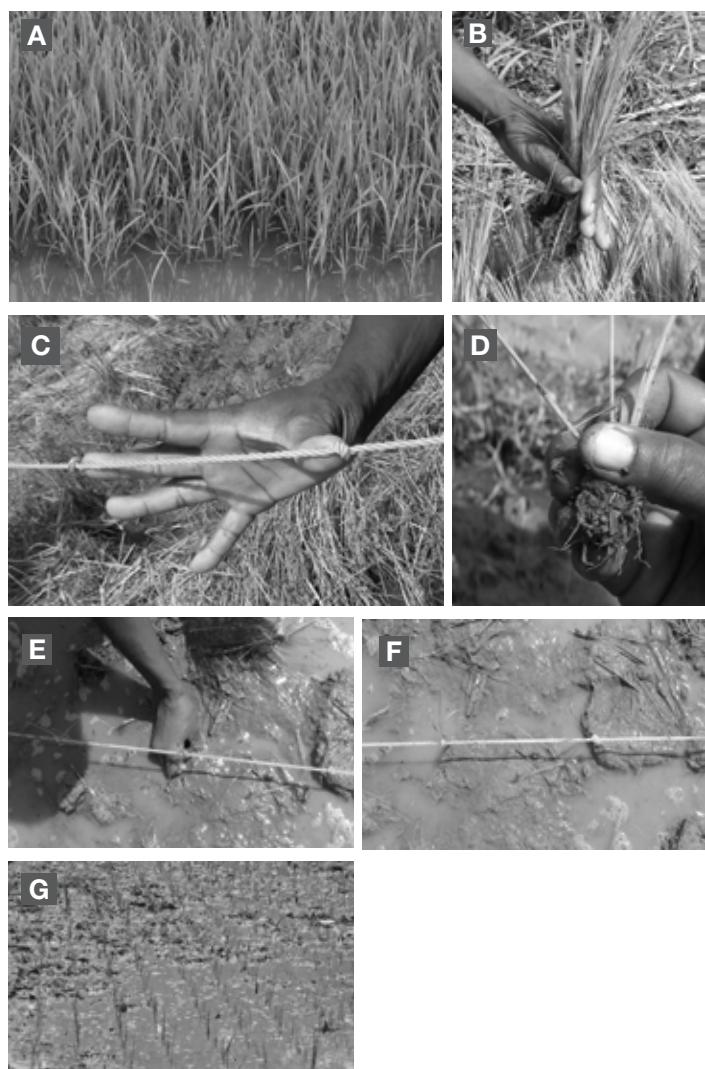


Photo 6. Repiquage des plants de la pépinière (A) Plants en pépinière prêts pour le repiquage (photo: CABI) (B) Plants déracinés pour repiquage - si c'est trop grand, coupez les bouts pour encourager les jeunes plants à rester droits au moment du repiquage (photo: CABI) (C) Les plants peuvent être espacés de 20 cm entre les lignes et de 20 cm sur les lignes. Cette corde à planter est marquée à 20 cm d'intervalle (photo: CABI) (D) Repiquez 2-3 plants par poquet (photo: CABI) (E) Placer les plants doucement dans la boue, le nœud restant au-dessus de l'eau (photo: CABI) (F) Plants espacés de 20 cm (photo: CABI) (G) Plants en lignes (photo: CABI).

Tableau 3: Espacement optimal pour différents types de variétés et saisons.

Variété	Saison sèche: sol fertile	Saison sèche: sol pauvre	Saison des pluies: sol fertile	Saison des pluies: sol pauvre
Grande taille, feuillues, tallage abondant, sensibles à la verse	30 × 30 cm	25 × 25 cm	35 × 35 cm	30 × 30 cm
Courtes, résistantes à la verse	20 × 20 cm	20 × 15 or 20 × 10 cm	20 × 20 cm	20 × 15 or 20 × 10 cm

Tableau 4: Caractéristiques du semis et du repiquage des graines sèches et pré-germées.

	Semis à sec	Semis de semences pré-germées	Repiquage
Caractéristiques	Semis de graines sèches à la volée ou en lignes sur sol sec	Les graines sont pré-germées, puis semées dans un lit humide	Les semences sont pré-germées, semées dans une pépinière, puis les plantules sont repiquées dans un champ humide
Avantages	Demande moins de main d'œuvre qu'en cas de repiquage	Augmente le taux et le pourcentage de levée Demande moins de main d'œuvre qu'en cas de repiquage, nécessite moins d'eau lors de la préparation du sol	Bonne croissance de la plante, bon tallage et bon rendement Densité optimale des plants Moins de concurrence des mauvaises herbes car les plants poussent avant les mauvaises herbes Bonne maîtrise des adventices Maturité uniforme
Inconvénients	Les semences sont placées sur la surface du sol et peuvent être mangées par les oiseaux et d'autres animaux Les mauvaises herbes peuvent être un problème car elles poussent en même temps que le riz La verse peut être un problème car les plants ne sont probablement pas bien ancrés dans la terre	Les mauvaises herbes peuvent constituer un problème L'engorgement peut être un problème, surtout quand la culture est jeune et que le terrain n'est pas nivelé	Demande plus de main d'œuvre
Adapté au riz de plateau	Adapté	Non adapté	Non adapté
Adapté au riz pluvial de bas-fonds	Adapté si l'eau est bien gérée	Adapté	Adapté
Adapté au riz irrigué de bas-fonds	Adapté	Adapté	Adapté

Eléments clés à retenir

- Labourer le sol à une profondeur de 15-20 cm, puis faire le hersage. Éviter un profond labour.
- Pour le riz de bas-fonds, niveler le terrain avec une pente de moins de 1%.
- Pour le riz de plateau, faire un semis direct.
- Le riz de bas-fonds peut être semé directement, ou passé d'abord par la pépinière, puis les plants repiqués au champ.
- Si on fait le semis direct, les semences peuvent être pré-germées ou semées avant la pré-germination.
- Pour la pépinière, la pré-germination des graines est recommandée.
- Pas besoin d'appliquer de l'engrais en pépinière si le repiquage est fait dans la période recommandée de 9-21 jours après le semis.

5. Gestion du riz

Gestion de l'eau

La gestion active de l'eau n'est possible qu'en riziculture irriguée de bas-fonds. L'objectif ici est de garder une lame d'eau pour contrôler les adventices: l'eau agit comme une couche de paillis qui inhibe la croissance des adventices.

Il est important de veiller à ce que le point où les nœuds commencent ne soit pas sous l'eau (voir la figure 2). Le niveau d'eau doit augmenter avec la hauteur de la plante: la profondeur maximale ne doit pas dépasser 10 cm.

Depuis le repiquage jusqu'à l'initiation paniculaire, il faut maintenir une profondeur de 2-3 cm d'eau; après l'initiation paniculaire de 5-7 cm, puis drainer le champ 7-14 jours avant la récolte. Après le tallage, l'augmentation du niveau d'eau de 2-3 cm à 5-7 cm n'a pas d'effet sur le développement des plants.

Lors de l'application d'engrais (voir ci-dessous), drainer l'eau, appliquer l'engrais, puis attendre au moins 3 jours avant de laisser retourner l'eau.

Désherbage

Les mauvaises herbes peuvent être contrôlées mécaniquement, en les retirant à la main ou à l'aide d'une machine, ou par l'utilisation d'herbicides. Des herbicides peuvent être utilisés pour contrôler les mauvaises herbes difficiles, telles que celles du genre *Oryza* (riz sauvage) et les graminées à rhizomes. Si vous utilisez un herbicide, appliquez les types non-sélectifs avant le labour pour détruire tous les types de mauvaises herbes. Les mauvaises herbes sont ensuite labourées dans les 21 jours suivant l'application de l'herbicide.

La décision sur le type d'herbicide à utiliser devrait dépendre de la période d'application et du type d'adventices. Certains herbicides peuvent être appliqués avant la levée des mauvaises herbes; par exemple, le butachlor, un herbicide de pré-levée, ne nuit pas au riz, mais contrôle de nombreuses graminées annuelles, les carex et les adventices à feuilles larges. Par contre, un herbicide sélectif post-levée peut être utilisé après l'établissement des cultures lorsque les mauvaises herbes commencent à apparaître; par exemple, le propanil, un herbicide post-levée qui détruit les graminées, mais pas les adventices à feuilles larges. L'herbicide doit être pulvérisé lorsque les mauvaises herbes sont au stade de 2-3 feuilles. Ceci contrôle les mauvaises herbes pour environ un mois. Plus tard, elles peuvent être contrôlées en les retirant à la main ou à l'aide d'une sarcluse mécanique.

Le champ doit être exempt de mauvaises herbes jusqu'à la récolte (Photo 7), car elles affectent la qualité des grains de riz ou des semences. Certains agriculteurs arrêtent le désherbage quand le riz a fleuri, mais cela n'est pas recommandé.

Le fumier qui n'est pas bien décomposé peut constituer une source de graines de mauvaises herbes. Ces graines peuvent également être transportées dans les champs voisins grâce à l'eau d'irrigation. Pour éviter l'introduction des adventices dans les rizières, le fumier doit être bien décomposé et les mauvaises herbes doivent être détruites avant qu'elles ne forment des graines.

Pour le riz irrigué de bas-fonds, les agriculteurs doivent maintenir une lame d'eau peu profonde. Les agriculteurs souvent mettent trop d'eau en pensant qu'ils peuvent mieux contrôler les mauvaises herbes de cette façon, mais c'est une mauvaise pratique. Avec un bon nivellation du terrain, une profondeur d'environ 2-5 cm d'eau peut être maintenue pour contrôler les mauvaises herbes.



Photo 7. Désherbage (**A**) Riz de plateau non désherbé (photo: CABI) (**B**) Dans la riziculture irriguée, les mauvaises herbes peuvent être contrôlées dans une certaine mesure par la gestion de l'eau (photo: CABI) (**C**) Désherbage manuel en utilisant la houe (photo: CABI/IPNI) (**D**) Arrachage des mauvaises herbes (photo: CABI/IPNI).

L'utilisation d'engrais

L'azote, le phosphore et le potassium

Pour chaque tonne de paddy², 20 kg d'azote (N), une quantité de phosphore (P) équivalant à 11 kg de P2O5 et une quantité de potassium (K) équivalant à 30 kg de K2O sont exportés par la culture.

Les types d'engrais à utiliser seront principalement influencés par la disponibilité. Par exemple, dans la zone de culture de coton, le NPK 15-15-15 (qui contient 15% de N, 15% de P2O5 et 15% de K2O) est le plus disponible et peut être utilisé pour fournir N, P et K.

Le phosphate diammonique (DAP), qui contient 18% de N et 46% de P2O5, peut également être utilisé pour fournir N et P.

Pour apporter plus de N, l'urée (qui contient 46% de N) doit de préférence être appliquée par épandage, car elle contient plus d'azote que d'autres engrains, tels que le nitrate d'ammonium calcaire (CAN; environ 27% de N) et le sulfate d'ammonium nitrate (ASN; 26% N), et coûte environ le même prix que ces engrais par kg.

Les besoins en engrais optimaux varient selon les lieux et les situations. Vous trouverez ci-dessous quelques directives générales, mais si les rendements cibles ne sont pas atteints après avoir suivi ces recommandations, il faudra solliciter l'assistance des experts.

Dans **les systèmes de plateaux**, les agriculteurs peuvent appliquer soit entre 2 et 4 sacs (de 50 kg) de NPK 15-15-15 à l'hectare (soit 100-200 kg d'engrais par hectare) soit 2 sacs (de 50 kg) de DAP par hectare (soit 100 kg par hectare) au stade de labour (engrais de fond). L'engrais est épandu et ensuite hersé dans le sol. Plus tard, au tallage, 2 à 3 sacs (de 50 kg) d'urée par hectare (soit 100-150 kg d'urée par hectare) doivent être appliqués (fumure d'entretien). Cela devrait être fait après une bonne pluie quand le sol est humide, ou en même temps que le désherbage si vous utilisez une sarcluse mécanique.

Remarque: l'urée ne doit pas être apportée sur un sol sec car cela conduirait à la perte de N dans l'air (volatilisation).

A titre d'exemple, le N total fourni par 100 kg de NPK 15-15-15 plus 100 kg d'urée est:

NPK: $100 \text{ kg} \times 15\% = 15 \text{ kg de N}$

Urée: $100 \text{ kg} \times 46\% = 46 \text{ kg de N}$

Donc, le N total apporté = $15 + 46 = 61 \text{ kg de N par hectare.}$

En supposant que 50% de l'engrais appliqué est absorbé par les plantes, le riz absorberait 50% des 61 kg de N - soit environ 30,5 kg d'azote par hectare.

Pour chaque tonne de rendement, le riz doit exporter 20 kg de N. Si donc, la culture absorbe 30 kg de N, le rendement peut augmenter jusqu'à $30/20 = 1,5$ tonnes par hectare.

L'engrais NPK apportera également le P et le K:

100 kg de NPK 15-15-15 fournissent 15 kg de P2O5 par hectare

² Paddy is unthreshed rice in which the grain is surrounded by the hull.

100 kg de NPK 15-15-15 fournissent 15 kg de K₂O par hectare

Encore une fois, en supposant que 50% de l'engrais appliqué est absorbé, le riz va absorber 15 kg \times 50/100 = 7,5 kg P₂O₅, et 7,5 kg de K₂O. Ceci est équivalent à la quantité de nutriments nécessaire à la production de seulement 7,5/11 = 0,7 tonnes de riz pour le P₂O₅ et 7,5/30 = 0,25 tonnes de riz pour le K₂O. Donc, si le rendement augmente de 1,5 tonnes par hectare, les plantes exporteront du sol (11 \times 1,5) - 7,5 = 9 kg de P₂O₅, et (30 \times 1,5) - 7,5 = 37,5 kg de K₂O par hectare.

Pour éviter l'appauvrissement du sol, il faut lui apporter du P et du K supplémentaires au moment du hersage lors de la préparation du terrain. Par exemple, appliquez le triple superphosphate (TSP, qui contient 46% de P₂O₅) pour apporter du P supplémentaire et appliquez le muriate de potasse (MOP, qui contient 62% de K₂O) pour fournir du K supplémentaire.

La quantité de TSP nécessaire pour apporter les 9 kg de P₂O₅ perdus est 9 \times 100/46 = 19,6 kg TSP par hectare. En supposant que 50% d'éléments nutritifs appliqués sont perdus et ne sont donc pas absorbés par les plantes, la quantité d'engrais TSP qui doit être appliquée est de 19,6 \times 100/50 = 39,2 kg par hectare.

La quantité de MOP nécessaire pour apporter 37,5 kg de K₂O est de 37,5 \times 100/62 = 60,5 kg de MOP. En supposant qu'il y a 50% de perte de nutriments, la quantité de MOP qui doit être appliquée est de 60,5 \times 100/50 = 121 kg par hectare.

Dans les systèmes de riziculture pluviale de bas-fonds, 4 sacs (de 50 kg) de NPK 15-15-15 (200 kg d'engrais) devraient être appliqués à l'hectare au moment du labour. Si on cultive des variétés améliorées à haut rendement, 100 kg supplémentaires d'urée par hectare doivent être appliqués. Cependant, parce que les niveaux d'eau peuvent ne pas être gérés comme dans les systèmes irrigués, l'urée devrait également être appliquée au moment du labour. Si les variétés cultivées sont de grande taille, l'urée seule peut être utilisée (pour éviter la verse).

N total fourni par 200 kg de NPK plus 100 kg d'urée:

NPK: 200 kg \times 15% = 30 kg de N par hectare

Urée: 100 kg \times 46% = 46 kg de N par hectare

Donc, le N total apporté = 30 + 46 = 76 kg de N par hectare.

En supposant que seulement 50% de l'engrais appliqué est absorbé par le riz, il absorbera 76 \times 50/100 kg de N, soit environ 38 kg par hectare.

Si pour chaque tonne de récolte, le riz exporte 20 kg d'azote par hectare, alors si la culture absorbe 38 kg de N, le rendement devrait augmenter d'environ 38/20 = 1,9 tonnes.

Cette quantité d'engrais NPK fournira également P et K:

200 kg de NPK 15-15-15 fournissent 30 kg de P₂O₅ par hectare

200 kg de NPK 15-15-15 fournissent 30 kg de K₂O par hectare

En supposant qu'il y a eu 50% de perte, les plantes absorberont environ 30 \times 50/100 = 15 kg de

P₂O₅ et 15 kg de K₂O par hectare. Ceci est équivalent à la quantité de nutriments nécessaire à la production de seulement $15/11 = 1,4$ tonnes de riz pour le P₂O₅ et $15/30 = 0,5$ tonnes de riz pour le K₂O. Donc, si le rendement augmente de 1,9 tonnes par hectare, les plantes exporteront du sol $(11 \times 1,9) - 15 = 5,9$ kg de P₂O₅ et $(30 \times 1,9) - 15 = 42$ kg de K₂O par hectare.

Pour éviter l'appauvrissement du sol, il faut lui apporter du P et du K supplémentaires au moment du hersage lors de la préparation du terrain. Par exemple, appliquer le triple superphosphate (TSP, qui contient 46% de P₂O₅) pour apporter du P supplémentaire et appliquez le muriate de potasse (MOP, qui contient 62% de K₂O) pour fournir du K supplémentaire.

La quantité de TSP nécessaire pour apporter les 5,9 kg de P₂O₅ perdus est $5,9 \times 100/46 = 12,8$ kg TSP par hectare. En supposant que 50% des éléments nutritifs appliqués sont perdus et ne sont donc pas absorbés par les plantes, la quantité d'engrais TSP qui doit être appliquée est de $12,8 \times 100/50 = 25,6$ kg par hectare (environ la moitié d'un sac standard de 50 kg).

La quantité de MOP nécessaire pour fournir 42 kg de K₂O est de $42 \times 100/62 = 67,7$ kg de MOP. En supposant qu'il y a 50% de perte de nutriments, la quantité de MOP qui doit être appliquée est de $67,7 \times 100/50 = 135,4$ kg par hectare.

Pour les variétés à haut rendement de riz cultivés dans des systèmes irrigués de bas-fonds, 2 sacs (de 50 kg) de DAP ou de NPK

15-15-15 (100 kg d'engrais) doivent être appliqués par hectare avant le labour du sol humide. N supplémentaire devrait être appliqué (Photo 8) au taux de 200 à 300 kg d'urée par hectare en 3 tranches: au tallage, à l'initiation paniculaire et à l'épiaison. Pour appliquer l'urée, le champ doit être drainé pour qu'il soit boueux, l'urée est appliquée à la volée, et après 2-3 jours le champ est inondé à nouveau. Si des super granules d'urée sont utilisées, elles sont appliquées une seule fois au stade du tallage.

N total fourni par 2 sacs (de 50 kg chacun) de NPK 15-15-15, plus 300 kg par hectare d'urée:

NPK: $100 \text{ kg} \times 15\% = 15 \text{ kg}$ de N par hectare

Urée: $300 \text{ kg} \times 46\% = 138 \text{ kg}$ de N par hectare

Donc, le N total apporté = $15 + 138 = 153 \text{ kg}$ de N par hectare.

En supposant que seulement 50% de l'engrais appliqué est absorbé par le riz, il absorbera $153 \times 50/100 \text{ kg}$ de N, soit environ 76,5 kg par hectare.

Si pour chaque tonne de récolte, les plants exportent 20 kg d'azote par hectare, alors si les plants absorbent 76,5 kg de N de plus, le rendement devrait augmenter d'environ $76,5/20 = 3,8$ tonnes.

Cette quantité d'engrais NPK fournira également P et K:

100 kg de NPK 15-15-15 fournissent 15 kg de P₂O₅ et 15 kg de K₂O par hectare.

En supposant qu'il y a 50% de perte, le riz absorbera environ 7,5 kg de P₂O₅ et 7,5 kg de K₂O de l'engrais NPK.

Donc, si le rendement augmente de 3,8 tonnes par hectare, les plantes tireront du sol $(11 \times 3,8)$

$-7,5 = 34,3 \text{ kg de P}_2\text{O}_5$, et $(30 \times 3,8) - 7,5 = 106,5 \text{ kg de K}_2\text{O}$ par hectare.

Si vous utilisez TSP pour fournir du P supplémentaire, la quantité de TSP nécessaire pour fournir les 34,3 kg de P₂O₅ est de $34,3 \times 100/46 = 74,6 \text{ kg de TSP}$. En supposant que 50% des éléments nutritifs appliqués sont perdus et ne sont donc pas absorbés par les plantes, la quantité d'engrais TSP qui doit être appliquée est de $74,6 \times 100/50 = 149,2 \text{ kg par hectare}$.

La quantité de MOP nécessaire pour fournir 106,5 kg de K₂O est de $106,5 \times 100/62 = 171,8 \text{ kg de MOP}$. En supposant qu'il y a 50% de perte de nutriments, la quantité de MOP qui doit être appliquée est de $171,8 \times 100/50 = 343,6 \text{ kg par hectare}$.

Si la paille est retournée dans le champ, alors on peut appliquer moins d'engrais (voir «Gestion des résidus» pour plus de détails).

NB: Si vous cultivez les variétés traditionnelles, il est recommandé d'apporter un maximum de 50 kg d'azote par hectare: l'apport de quantités plus élevées d'azote aux variétés traditionnelles (de grande taille) n'est pas souhaitable parce que ces variétés ont tendance à être susceptibles à la verse.

Si vous apportez plus de 30 kg de N, appliquez par tranches pour réduire les pertes d'éléments nutritifs.

D'autres facteurs qui influencent l'utilisation de l'engrais sont notamment:

- Le riz cultivé dans des systèmes irrigués de bas-fonds en saison sèche, lorsque le soleil est abondant, a besoin de plus de N que celui cultivé pendant la saison humide à faible rendement.
- L'incorporation d'une bonne espèce d'engrais vert avant de cultiver le riz peut apporter 50-60 kg d'azote par hectare, soit l'équivalent d'environ 2-2,5 sacs (de 50 kg) d'urée par hectare.
- L'urée ne doit pas être appliquée à la volée sur des champs inondés car cela conduirait à des pertes élevées de N.
- Le N de fonds devrait être incorporé dans le sol inondé.

Si vous appliquez des super granules d'urée, placez une granule tous les 4 plants et sautez une ligne. Étant donné que les granules libèrent N lentement et que les pertes sont réduites, appliquez les granules une seule fois lors du tallage.

Les engrains contenant du nitrate, tels que le nitrate d'ammonium ou le calcium nitrate d'ammonium (CAN), ne sont pas adaptés, en particulier lorsqu'ils sont appliqués au moment du semis ou avant. Contrairement aux engrains contenant de l'ammoniaque, l'azote dans les engrains contenant du nitrate peut se perdre rapidement par dénitrification une fois que le champ est inondé. Ils peuvent, toutefois, être utilisés comme engrais d'entretien lorsque l'absorption des nutriments se fait rapidement et que la couche arable est recouverte d'un tapis racinaire, et que les pertes de N sont donc minimisées.



Photo 8. Application d'engrais. (A) Engrais azoté au tallage, à l'initiation paniculaire et au démarrage. L'engrais est habituellement appliqué à la volée augmentant les pertes des nutriments (photo: CABI/IPNI) (B) L'application d'engrais azoté sous forme de granules réduit les pertes de nutriments et synchronise les besoins des cultures avec la libération des nutriments. La taille des granules peut être modifiée pour tenir compte de la quantité d'engrais nécessaire (photo: CABI/IPNI) (C) Les granules peuvent être enfoncées dans le sol à la main ou avec un applicateur (photo: CABI/IPNI) (D) L'engrais est placé dans l'entonnoir (photo: CABI/IPNI) (E) Puis enfoncé dans le sol (photo: CABI/IPNI).

Gestion de la salinité

Les sols salins contiennent de grandes quantités de chlorure de sodium; des quantités variables de sulfate de sodium, de chlorure de calcium et de chlorure de magnésium peuvent également être présentes.

La salinité n'est pas facile à identifier au champ mais peut être diagnostiquée ou confirmée au laboratoire par la mesure de la conductivité électrique du sol (CE), le pH et la capacité d'échange de sodium, qui sont tous plus élevés dans des sols salins par rapport aux sols normaux.

La salinité provoque des carences en K entre autres carences. Ceci n'est pas un problème pour le riz de plateau, mais peut être un problème pour le riz pluvial de bas-fonds, par exemple dans des mangroves. Ici la solution consiste à améliorer le drainage ou à utiliser des variétés tolérantes. C'est surtout pour le riz irrigué de bas-fonds qu'elle constitue un problème.

La salinité peut être due à l'évaporation de l'eau d'irrigation, à l'eau salée ou à une nappe phréatique élevée. Si elle est due à la nappe phréatique élevée, un système de drainage doit être installé. Si la salinité est due à l'évaporation de l'eau d'irrigation provoquant la concentration des sels dissous, de l'eau fraîche doit être apportée.

Pour contrôler le sodium dans des sols alcalins et sodiques, utilisez du gypse ou de la fumure organique. La matière organique aide à dissoudre le calcium du sol et le gypse fournit du calcium. Le calcium déplace le sodium, ce qui facilite son lessivage du sol.

On peut aussi cultiver des variétés tolérantes s'il y a un problème de salinité.

La salinité est un problème dans les pays côtiers tandis que l'alcalinité et la sodicité (teneur élevée en sodium) sont des problèmes qu'on trouve dans les pays continentaux, par exemple au Mali.

L'utilisation du fumier

Lorsqu'il est disponible, le fumier est une ressource importante de nutriments pour améliorer les rendements de riz. L'apport du fumier contribue à maintenir la matière organique du sol à de bons niveaux.

Le fumier est également une source importante de nutriments, qui sont la plupart du temps libérés après la décomposition. Toutefois, le fumier contient une plus faible concentration de nutriments par rapport aux engrains minéraux et la quantité d'éléments nutritifs contenus dans le fumier sur de petites exploitations est généralement insuffisante pour maintenir les niveaux de productivité du riz souhaitables. Mais l'utilisation du fumier en combinaison avec de l'engrais donne de meilleurs rendements que l'utilisation de l'un de ces intrants seul.

Normalement, 5 à 10 tonnes de fumier par hectare doivent être appliquées chaque année à la surface et incorporées pendant le labour.



Photo 9: Avec une bonne gestion, les plantes peuvent produire de nombreuses tiges

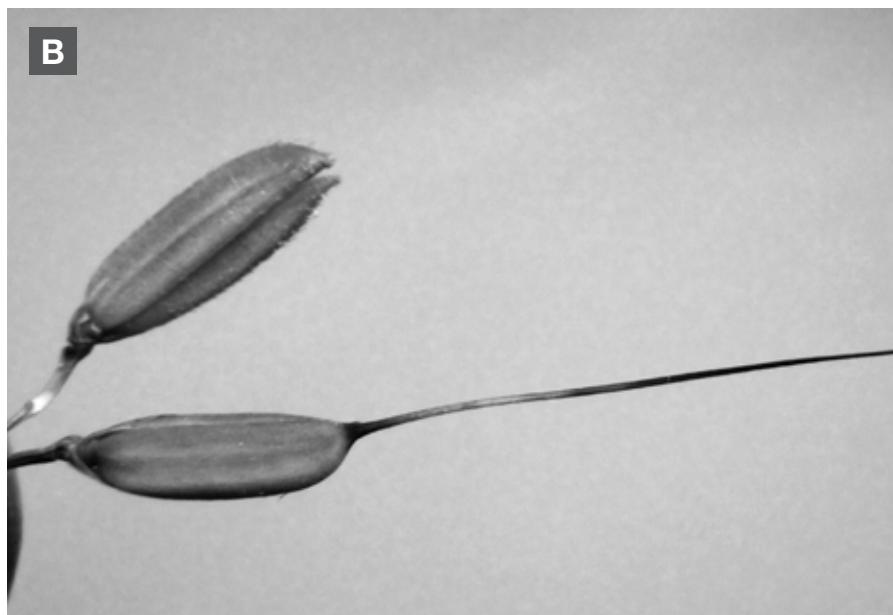


Photo 10. Variétés mixtes de riz croissant ensemble. (A) Les variétés mélangées peuvent mûrir à des moments différents, peuvent également avoir des hauteurs différentes rendant difficile la récolte (photo: CABI) (B) La présence ou l'absence de poils est une caractéristique qui peut parfois être utilisée pour différencier les variétés, par exemple le riz sauvage africain a des poils (photo: CABI).



Photo 11. Maturité. (A) Panicules de riz, prêtes (couleur marron) et non prêtes (couleur verte) pour la récolte (photo: CABI) (B) Les panicules prêtes pour la récolte font un bruit “cha cha cha” distinct quand on les secoue (photo: CABI) (C) Retarder la récolte peut entraîner une perte de grains. Certaines variétés sont plus prédisposées à ce problème que d’autres (photo: CABI/IPNI).

Chasse aux oiseaux

Les oiseaux se nourrissant de grains de riz ont tendance à constituer plus un problème en cas de mélange de variétés de riz cultivé (Photo 10). Les différentes variétés arrivent à maturité à des moments différents, mais elles doivent être toutes récoltées en même temps. Cela signifie que les variétés à maturation précoce sont les plus susceptibles d'être attaquées par les oiseaux car elles restent plus longtemps dans le champ en attendant que les variétés à maturation tardive les rattrapent. Les oiseaux ont également tendance à attaquer les variétés de grande taille avant de passer aux variétés plus courtes.

Les oiseaux peuvent être effrayés en utilisant une combinaison de méthodes, comme des épouvantails, des boîtes suspendues, des cassettes ou des rubans réfléchissants, et les gens qui font du bruit et jettent des pierres. Le champ de riz doit être surveillé régulièrement après la floraison pour empêcher les oiseaux de l'attaquer.

Récolte

Les agriculteurs ont besoin de connaître le bon moment pour récolter: le riz est prêt pour la récolte lorsque 80% des panicules sont dures et brunes. D'autres signes sont que les grains pris au sommet sont fermes sous la dent mais pas fragiles (la teneur en humidité de ces grains de riz est d'environ 20-25%), quelques grains restent dans la main quand la panicule est pressée, et la tête fait un cliquetis sonore quand on les secoue (Photo 11). Le riz est prêt pour la récolte à environ 4 semaines après la floraison.

Pour la récolte, la tige est coupée en dessous de la tête de riz (Photo 12). La longueur de la tige qu'on garde sur la tête dépend de la méthode de récolte utilisée; par exemple, si c'est la récolte manuelle à l'aide d'un petit couteau, environ 7,5 cm de la tige est maintenue, mais si la récolte se fait à l'aide d'une moissonneuse mécanique, les tiges sont coupées au ras du sol.

Lorsqu'on récolte le riz irrigué de bas-fonds avec une moissonneuse-batteuse, le champ doit être drainé 15 jours avant la date de la récolte de sorte que la paille soit assez sèche pour permettre le battage.

Après la récolte, les têtes de riz doivent être séchées pendant environ 3-7 jours au soleil si le battage se fait à la main (Photo 13). Si le battage est mécanisé, cela doit se faire le jour de la récolte. Les grains doivent être plus secs (avec une teneur en humidité de 16 à 18%), si le battage se fait à la main.

Séchage

Le riz battu doit être séché pour réduire le taux d'humidité à 12-14%. Cela se fait en mettant le paddy (c'est-à-dire le grain dans l'enveloppe) dehors au soleil ou en utilisant un séchoir. Au Sahel la teneur en humidité peut atteindre des niveaux aussi faibles que 8%: s'il fait trop sec, la qualité du riz devient mauvaise en raison de la grande proportion de brisures lors de l'usinage.

Le riz devrait être étalé en couches minces, 2-5 cm de profondeur, et tourné toutes les 1 à 2 heures.



Photo 12. La récolte et le battage. (A) Récolte manuelle (photo: CABI) (B) Moissonneuse-batteuse mécanique (photo: CABI) (C) Plants de riz récoltés séchés avant le battage (photo: CABI) (D) Le riz peut être battu mécaniquement et mis en sac dans le champ (photo: Kabirou Ndiaye, AfricaRice).

Si l'on sèche au soleil des grains destinés à être utilisés comme semences (à utiliser la saison suivante), il faut davantage de soin: les grains doivent être tournés plus souvent et ne doivent pas être exposés aux températures supérieures à 42° C. Lorsque les températures sont ainsi élevées, les grains doivent être séchés à l'ombre, pas au soleil.

En cas d'utilisation de séchoir, il faut veiller à ne pas trop utiliser de chaleur, car elle peut brûler les grains.

Le riz moissonné ou paddy doit être protégé de la pluie. La pluie ou toute autre source d'eau peut faire germer les grains ou causer leur décoloration et une détérioration de leur qualité.

Valorisation post-récolte

L'étuvage du riz est un processus utilisé pour augmenter la valeur nutritive des grains de riz qui n'ont pas été décortiqués. Pendant l'étuvage les vitamines de type B migrent du péricarpe (son) vers le grain. L'étuvage a pour résultat une teneur en certains minéraux et vitamines plus élevée que dans le riz normal. L'étuvage modifie également le goût, la texture (plus ferme et moins collante), l'apparence (blanche) et l'odeur (inodore), et réduit le temps de cuisson du riz. Les grains de riz étuvés sont également plus résistants aux attaques de ravageurs pendant le stockage par rapport à ceux du riz non étuvé. Il réduit également les risques de fragmentation lors du décorticage.

Toutefois, le riz étuvé peut s'avérer plus coûteux en raison du coût supplémentaire de l'étuvage, de la main d'œuvre et de l'énergie utilisée en particulier. Le décorticage est également plus difficile et plus coûteux.

Le riz étuvé est préféré par certains mais pas par tous les consommateurs. L'étuvage tend à être une pratique commune dans les régions où le riz est une culture traditionnelle, par exemple au Nigéria, dans le delta du Niger, en Gambie et au Bénin. Il n'est pas très pratiqué dans des zones où le riz est une culture non-traditionnelle, comme dans certaines régions du Sénégal et du Mali.

Il existe de nombreuses méthodes d'étuvage du riz, mais les étapes de base sont le trempage, la cuisson à la vapeur et le séchage (Photo 14). Avant l'étuvage, les grains sont d'abord lavés et les débris flottants sont enlevés. Le riz est ensuite trempé pendant 10-24 heures, égoutté puis placé dans de l'eau bouillante jusqu'à ce qu'il gélifie - c'est à dire la féculle devient comme une gelée. A ce stade les balles s'ouvrent partiellement. Le riz est alors égoutté et séché, après quoi il peut être stocké et usiné plus tard.

Usinage

L'usinage consiste à :

1. Enlever la paille et les corps étrangers, tels que des pierres
2. Enlever le son et polir les grains
3. Trier en catégories, c'est à dire les brisures et les grains entiers
4. Peser et ensacher



Photo 13. Après le battage. (A) Le riz est emballé et transporté du champ (photo: CABI) (B) Après le séchage, le paddy peut être placé dans des sacs qui peuvent être stockés dans un endroit frais et sec sur des palettes en bois (photo: CABI).

Entreposage

ravageurs, dont les insectes (comme le tribolium rouge de la farine, *tribolium castaneum*), des rongeurs et des oiseaux, ainsi que des champignons.

Pour éviter tout dommage, les grains et le paddy devraient être stockés dans un entrepôt propre et bien ventilé. Les sacs de jute sont les plus recommandés car ils permettent une bonne aération ; des sacs hermétiques (étanches à l'air) peuvent aussi être utilisés. Le riz étuvé est moins susceptible d'être endommagé pendant le stockage que le riz brut.

Les entrepôts de grains doivent avoir un plancher étanche à l'humidité, ainsi que des murs et un toit imperméables à l'eau. Il est préférable de pouvoir sceller l'entrepôt, afin que la fumigation soit possible si le besoin se fait sentir. L'étanchéité du stockage contribue également à l'exclusion des rongeurs et des oiseaux. Parmi les exemples de matériel de stockage de riz, il y a notamment des sacs et des récipients métalliques hermétiques. Lorsque les grains sont stockés dans des sacs, ceux-ci doivent être entassés sur des palettes au moins à 50 cm des murs.

Les systèmes de stockage hermétiques se sont avérés être un moyen efficace d'entreposer

les grains. Dans un milieu étanche tout insecte présent à l'intérieur inspire de l'oxygène, expire du dioxyde de carbone et finit par mourir par suffocation et déshydratation. Cela se produit dans 5 à 10 jours selon le niveau d'infestation par les insectes. D'autres avantages d'un système hermétique sont que la teneur en humidité du grain et de l'environnement de stockage reste constante, et le système étanche réduit le risque de dégâts causés par les rongeurs et les oiseaux.

Pour éviter des problèmes liés à la mycotoxine, dus à certains types de champignons, les grains doivent être séchés jusqu'à un taux d'humidité sans risques (12-14%) avant l'entreposage. La réduction des dommages matériels aux grains pendant la récolte et l'entreposage, et la garantie des conditions d'entreposage salubres, à sec et protégées contre les insectes, contribuent également à éviter une contamination par des mycotoxines.

Production de semences

Si le riz est cultivé pour produire des semences, les plants qui ne sont pas bons doivent être élagués avant la récolte. Après la récolte et le séchage (teneur en humidité fixée à 12-14%), le battage doit être effectué avec précaution à une vitesse plus lente que celle utilisée pour le battage du riz destiné à la consommation, afin d'éviter d'endommager les semences.

Les semences doivent être stockées comme le paddy, soit dans des sacs de jute ou hermétiquement fermés. En cas d'utilisation de sacs de jute, les semences devraient être protégées des attaques d'insectes par l'utilisation d'insecticide, comme les graines de neem, qui est un produit issu de plantes; les pesticides ne sont pas nécessaires si on utilise des sacs hermétiquement fermés.

Gestion des résidus

La paille et le chaume de riz contiennent environ 40% d'azote (N), 33% de phosphore (P), 85% de potassium (K), 44% de soufre (S) et 85% de silicium (Si) absorbés par les plants de riz. L'incorporation de la paille dans le sol restitue donc la plupart des nutriments absorbés par la culture. La paille doit être répartie uniformément dans le champ pour éviter la création de "points de concentration en nutriments".

Quand les engrains minéraux sont utilisés et la paille incorporée, les réserves de N, P et K du sol sont maintenues ou augmentent même et les micronutriments, le Zn par exemple, sont aussi restitués au sol.

Le brûlage a pour résultat la perte de presque toute teneur en N, mais les pertes de P, K et S sont moindres. Il crée aussi des «points de concentration» en nutriments aux endroits où a lieu le brûlage et appauvrit les autres parties du champ.

Un labour effectué tôt, à sec et peu profond (5-10 cm de profondeur) pour incorporer des résidus de cultures et améliorer l'aération du sol pendant les périodes de jachère augmente la disponibilité de N jusqu'à la phase de croissance végétative de la culture de riz suivante. Le labour superficiel du sol sec exige un tracteur à 4 roues motrices et devrait être réalisé 2-3 semaines après la récolte dans les systèmes de culture où la période de jachère sèche-humide entre deux cultures est d'au moins 30 jours.



Photo 14. Étuvage pour améliorer la valeur du paddy. (A) Le riz est lavé pour éliminer la paille et d'autres corps étrangers, ainsi que les grains à demi remplis (photo: CABI) (B) Chauffage du riz (photo: CABI) (C) Le paddy est séché, puis blanchi (photo: CABI).



Photo 15. Gestion des résidus. (A) Un tas de paille prêt à être brûlé (photo: CABI) (B) Transport de tiges de riz pour nourrir le bétail (photo: CABI).

Note : L'incorporation de la paille et du chaume lorsque le sol est labouré humide a pour résultat une immobilisation temporaire de N. L'établissement de la culture devrait être effectué 2-3 semaines après l'incorporation de la paille; autrement, l'urée (comme source de N) doit être appliquée en même temps que la paille.

Toutefois, les avantages de rendement résultant de l'incorporation des résidus de récolte sont plus grands à long terme qu'à court terme. L'épandage et l'incorporation de la paille sont exigeants en main d'œuvre et nécessitent plus de carburant par rapport au brûlage. Parfois la paille est vendue aux éleveurs et le bétail mange aussi le chaume laissé au champ (Photo 15). Avec le temps, de tels champs peuvent devenir déficients en K.

Rotations de cultures

Riz de plateau: le riz peut être alterné avec le maïs, le sorgho, le millet, le coton et les légumineuses comme le niébé.

Les agriculteurs préfèrent souvent appliquer des engrains au riz et au maïs au lieu du sorgho et du millet. Le riz est la plus rentable des cultures sur lesquelles on applique l'engrais. Bien que des quantités minimes de nutriments soient appliquées sur les légumineuses, celles qui fixent l'azote peuvent contribuer à améliorer la fertilité des sols et donc indirectement conduire à une amélioration des rendements du riz lors des rotations ultérieures.

Riz pluvial de bas-fonds: le riz peut être alterné avec des légumes comme les patates douces et les pommes de terre, le gombo, les tomates et les aubergines, ainsi qu'avec des légumineuses comme les haricots (Photo 16).

Riz irrigué de bas-fonds: Une culture de riz peut être suivie d'une autre culture de riz, ou des légumes comme les oignons (échalotes), les tomates et le gombo peuvent être cultivés après une récolte de riz.

Note: Les légumes sont souvent plus rentables que le riz. Alors, les agriculteurs appliquent des engrains minéraux et beaucoup d'engrais organiques aux légumes et moins sur le riz, mais le riz cultivé après une récolte de légumes bénéficie de l'engrais résiduel.



Photo 16. Rotation du riz avec d'autres cultures. (A) Cultiver la patate douce (à droite) après le riz (à gauche) aide à la gestion des adventices, des ravageurs et des maladies (photo: CABI) (B) Le riz cultivé après une légumineuse donne de meilleurs rendements qu'après une autre récolte de riz (photo: CABI).

Eléments clés à retenir

- Pour le riz irrigué de bas-fonds, maintenir une profondeur de 2-3 cm de lame d'eau du repiquage à l'initiation paniculaire, 5-7 cm après l'initiation paniculaire, ensuite assécher le champ 7-15 jours avant la récolte.
- Jusqu'à la récolte, veiller à ce que les mauvaises herbes n'envalissent pas le champ.
- Directives générales d'utilisation d'engrais sur chaque hectare de riz: pour le riz de plateau, appliquez 100-200 kg de NPK 15-15-15 ou 100 kg de DAP au moment du labour et 100-150 kg d'urée au tallage comme fumure d'entretien; pour le riz pluvial de bas-fonds, appliquer 200 kg de NPK 15-15-15 lors du labour et 100 kg d'urée en fumure d'entretien si on cultive des variétés à haut rendement; pour le riz irrigué de bas-fonds appliquer 100 kg de DAP ou NPK 15-15-15 avant le planage et environ 200 à 300 kg d'urée en 3 apports: au tallage, à l'initiation paniculaire et au démarrage ou seulement au tallage si on utilise de l'urée granulée.
- Pour le riz irrigué de bas-fonds, drainer le champ avant l'application de l'urée, et inonder le champ à nouveau 2-3 jours après avoir appliqué l'urée.
- Pour contrôler la salinité due à une nappe d'eau élevée, améliorer le drainage ou utiliser des variétés tolérantes. Si la salinité est due à l'évaporation de l'eau d'irrigation et à la concentration des sels dissous, ajouter de l'eau fraîche.
- Si possible, appliquer 5-10 tonnes de fumier animal par hectare chaque année.
- Réduire les pertes de grains mangés par les oiseaux en les effrayant, en récoltant lorsque les grains sont prêts, et en évitant de semer des variétés à cycle différents.
- Récolter quand 80% de la panicule est dure et brune, le grain prélevé de la partie supérieure des épis est ferme sous la dent mais pas fragile, quelques grains restent en main quand la panicule est pressée, et la partie supérieure fait un son cliquetant quand elle est secouée, soit environ 4 semaines après la floraison.
- Pour récolter le riz irrigué de bas-fonds avec une moissonneuse-batteuse, drainer le champ 15 jours avant la date de la récolte.
- En cas de battage à la main, sécher les épis de riz au soleil près de 3-7 jours après la récolte avant le battage
- Sécher le riz battu à un degré d'humidité de 12-14% en étalant le paddy au soleil. Si les températures dépassent 42° C, sécher le riz à l'ombre, pas en plein soleil.
- Entreposer les grains et le paddy dans un entrepôt propre, sec, avec une bonne ventilation.
- Si le riz est cultivé pour la production de semences, les plants indésirables (anormaux) doivent être élagués, effectuer le battage avec précaution à une vitesse lente et stocker les semences de riz comme le paddy.
- De préférence, incorporer la paille dans le sol et alterner le riz avec d'autres cultures.

6. Ce qui peut mal tourner

La production du riz implique de nombreux processus, dont beaucoup ont été décrits dans ce guide. Même si l'agriculteur a tout fait correctement, des problèmes inattendus peuvent toujours se produire. Certains de ces problèmes et des exemples de solutions possibles sont présentés dans les tableaux ci-dessous.

Tableau 5. Carentces en nutriments

Nutriments	Symptômes	Où est-ce que la carence est-elle susceptible de se produire	Ce qu'il faut faire
Azote (N) (Photo 17)	Plantes rabougries Les feuilles deviennent petites et vert pâle Les symptômes apparaissent d'abord sur les feuilles les plus âgées La couleur jaune pâle se développe à la pointe des vieilles feuilles et se propage vers la base pour couvrir les feuilles entières Les feuilles jaunes finalement brunissent, s'assèchent et meurent Tallage réduit	Sols pauvres en matière organique Sols à texture légèrement sableuse, qui ont été lessivés par de fortes pluies ou par une irrigation excessive Sols épuisés par une culture intensive Sols inondés	Appliquer de l'engrais azoté, comme le DAP ou l'urée La carence peut être corrigée et ne provoquer qu'une réduction de rendement limitée si des mesures appropriées sont prises au début de la saison Introduire des légumineuses (par exemple des légumineuses à grains) en rotation avec le riz
Phosphore (P)	Des plantes rabougries, avec des feuilles étroites et érigées Des feuilles bleu/violet Les symptômes apparaissent d'abord et deviennent plus sévères sur les feuilles les plus vieilles; normalement les jeunes feuilles restent saines Les vieilles feuilles brunissent et meurent Le nombre de tiges, de panicules et de grains par panicule est réduit	Sols à texture grossière avec une faible teneur en matière organique et de faibles réserves de P Sols salins, sodiques et calcaires Sols épuisés par une culture intensive Sols acides et extrêmement usés Sols érodés où la couche arable a été enlevée et sols de bas-fonds dégradés	Corriger la carence en P quand les symptômes sont déjà apparus n'est pas très efficace; toutefois, l'application d'engrais phosphatés solubles, comme le phosphate d'ammonium, peut réduire les effets de la carence en P Des mesures correctives devraient être prises pour la culture suivante. Appliquer des quantités correctes de P comme engrains de fond à partir des engrais phosphatés comme le DAP, NPK ou le SSP Appliquer du phosphate naturel Appliquer du fumier Corriger des problèmes de sol, comme l'acidité et la salinité

Nutriment	Symptômes	Où est-ce que la carence est-elle susceptible de se produire	Ce qu'il faut faire
Potassium (K) (Photo 18)	Les plantes peuvent être déficientes sans présenter des symptômes Les symptômes apparaissent seulement dans les conditions de carence aiguë et surtout pendant les phases avancées de la croissance Couleur jaune-brun sur les bords des feuilles La couleur brune commence à partir de la pointe de la feuille et avance le long des bords vers la base Les symptômes apparaissent d'abord sur les feuilles vieilles	Sols sableux Sols avec une faible teneur en matière organique Sols recevant des quantités excessives d'engrais azotés ou d'engrais azotés et phosphatés avec une application insuffisante d'engrais potassiques Sols acides très usés Sols mal drainés	Appliquer les engrains potassiques, dont NPK, MOP ou SOP Les résidus de riz contiennent de grandes quantités de K ; recycler les résidus ajoute du K au sol Ajouter du fumier bien avant le semis
Soufre (Photo 19)	Plants rabougris Chez les jeunes plants, la plante entière jaunit et les symptômes peuvent être confondus avec ceux de la carence en N Les symptômes apparaissent d'abord et deviennent plus sévères sur les feuilles les plus jeunes; ce qui diffère de ceux de la carence en N qui affecte les plus vieilles feuilles en premier lieu Les jeunes feuilles deviennent jaune ternes ou brillant mais les vieilles feuilles restent normalement vertes	Sols ayant une faible teneur en matière organique Sols sableux qui ont été lessivés par de fortes pluies ou par une irrigation excessive Sols épuisés par une culture intensive	Appliquer la quantité appropriée de soufre en la mélangeant avec la terre arable bien avant de semer en utilisant le soufre élémentaire, le SSP ou le gypse Pour les cultures sur pied, appliquer le sulfate d'ammonium, le magnésium ou le sulfate de potassium
Fer (Fe) (Photo 20)	Les symptômes apparaissent d'abord sur les feuilles les plus jeunes Les symptômes de la carence apparaissent sous forme de raies décolorées sur les jeunes feuilles Les feuilles naissantes entières se décolorent en cas de carence aiguë en fer.	C'est un problème principalement dans les sols de plateau - les sols de plateau ont une concentration faible en fer soluble La disponibilité du fer augmente après l'inondation Faible teneur en matière organique du sol Sols alcalins ou calcaires	Planter des cultivars qui utilisent le fer de façon efficiente Pour les sols de plateau à pH élevé, utiliser l'engrais à sulfate d'ammonium au lieu de l'urée pour fournir N Le sulfate d'ammonium est un engrais acidifiant qui augmente la disponibilité du Fe Appliquer de l'engrais à sulfate à la volée à raison de 30 kg de Fe par hectare
Zinc (Zn) (Photo 21)	Les symptômes se manifestent 2-4 semaines après le repiquage Beaucoup de taches poussiéreuses brunes ou bronze apparaissent sur la feuille Les taches s'élargissent et couvrent finalement la feuille entière Aux stades avancés, la feuille entière tourne au bronze et sèche La carence en zinc cause aussi un retard de croissance du plant	Sols sableux lessivés Sols alcalins Sols nivelés où le sous-sol est exposé pour la culture : le Zn disponible dans la couche arable est souvent le double de celui qui est dans le sous-sol Sols avec un apport excessif d'engrais phosphatés, qui réduisent la disponibilité du Zn en raison de la formation de phosphates de Zn Sols excessivement chaulés	Les sols alcalins faibles devraient être régénérés Utiliser 2 kg de sulfate de zinc par hectare dans la pépinière Appliquer 25-30 kg de sulfate de zinc par hectare dans les sols déficients en Zn Ne pas mélanger les engrais à base de Zn avec les engrais phosphatés Si la carence apparaît dans les cultures sur pied, appliquer Zn en pulvérisation foliaire à raison de 5 kg/ha

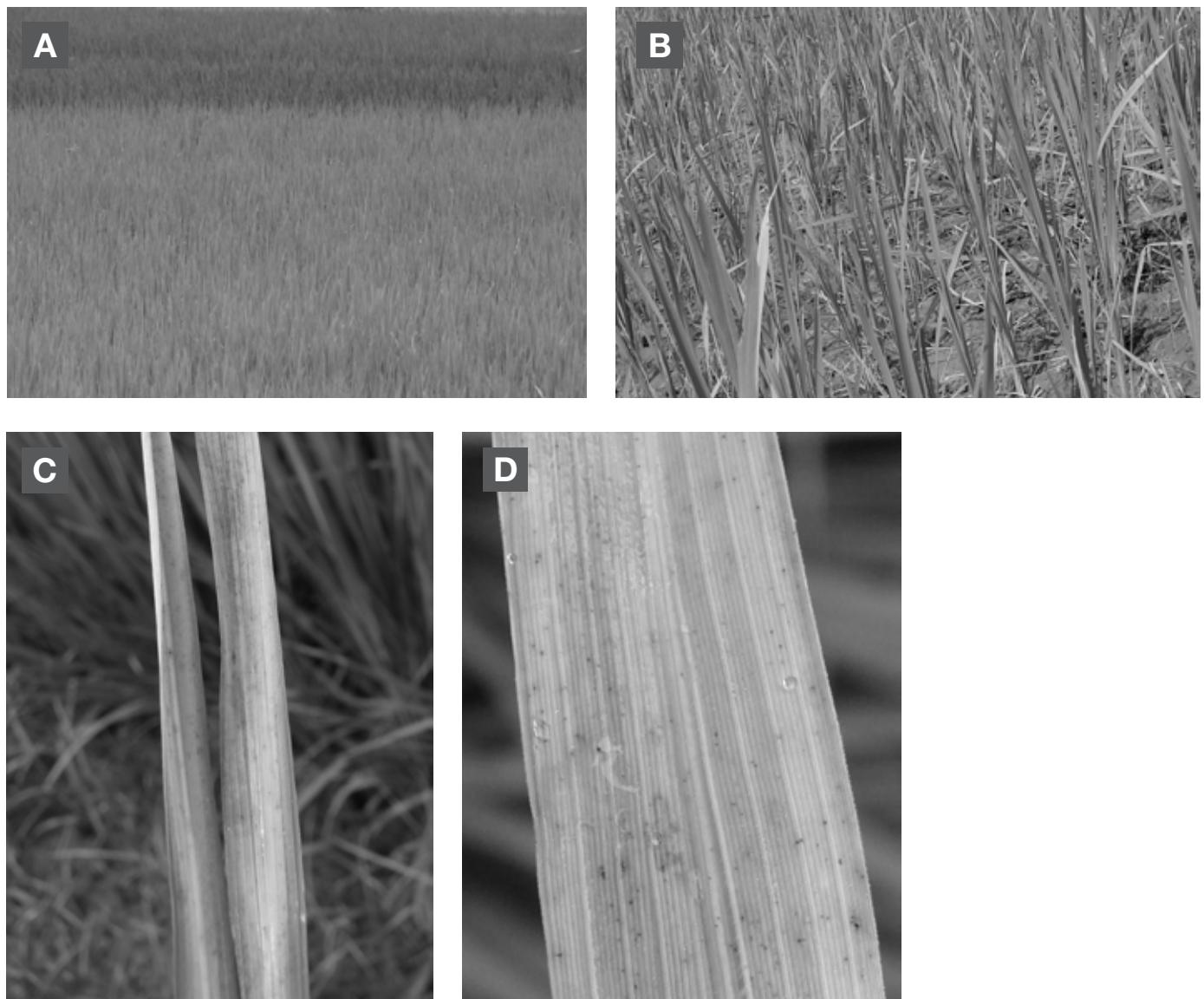


Photo 17. Carence en azote. (A) Les plants déficients en azote sont pâles (au premier plan), tandis que ceux riches en azote sont verts (au fond) (photo: Shamie Zingore, IPNI) (B) Les feuilles plus âgées ou des plants entiers jaunissent, le tallage est réduit (photo: Shamie Zingore, IPNI) (C) Le jaunissement commence à partir de l'extrémité de la feuille, progresse vers la base, le milieu de la feuille jaunit avant les bords. Le jaunissement progresse sous une forme en "V" (photo: Shamie Zingore, IPNI) (D) Les feuilles finissent par mourir (photo: Shamie Zingore, IPNI).

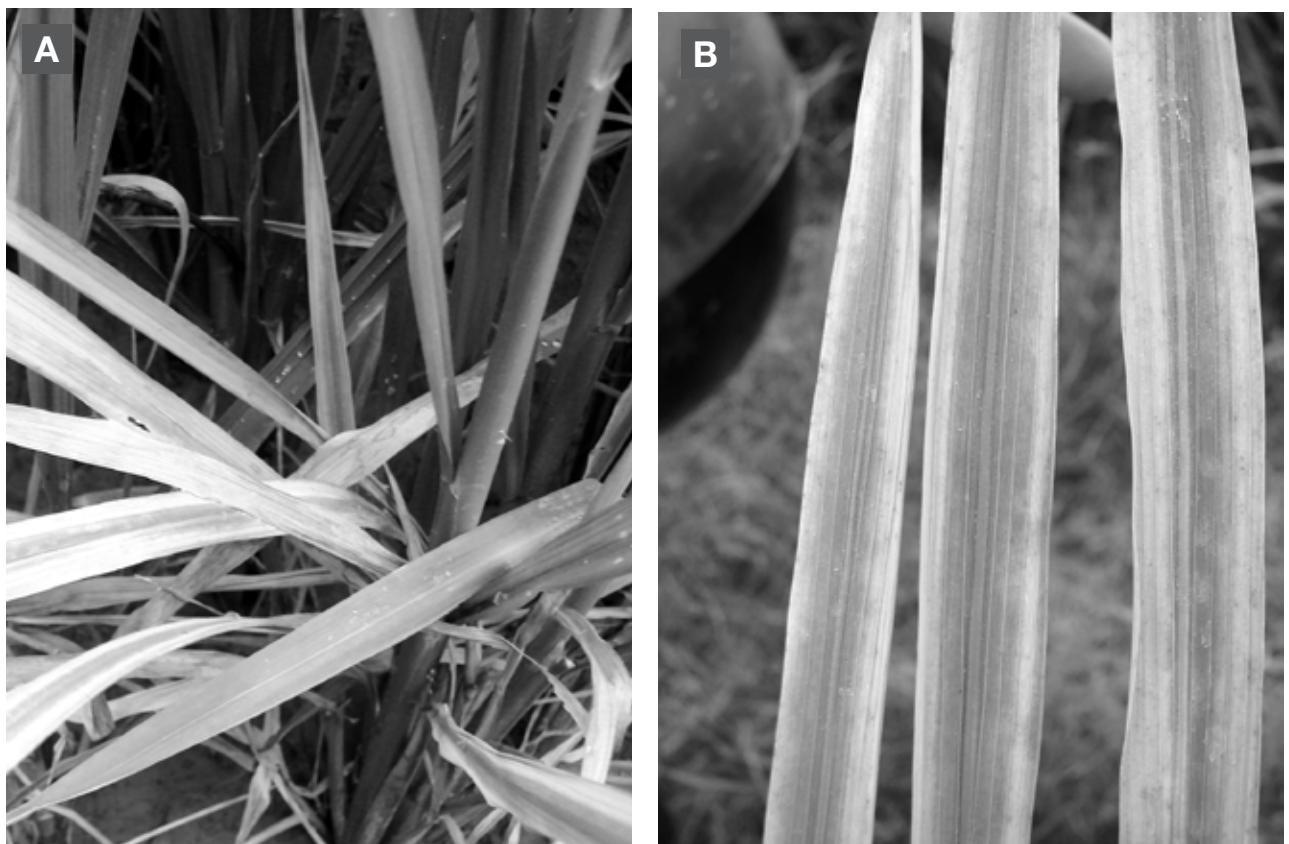


Photo 18. Carence en potassium. (A) Les feuilles inférieures commencent à jaunir (photo: Shamie Zingore, IPNI) (B) Le jaunissement commence à partir de la marge des feuilles (photo: Shamie Zingore, IPNI)

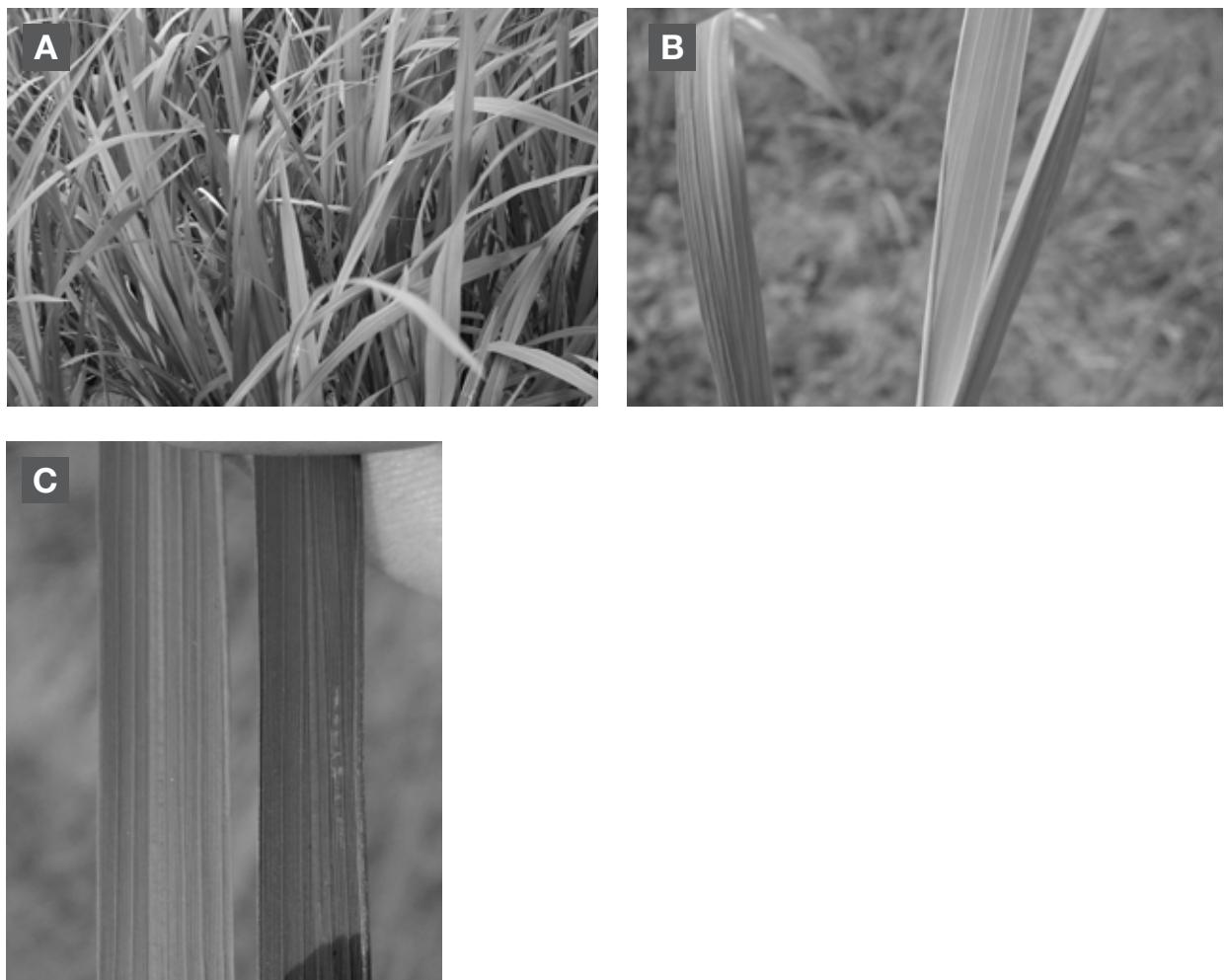


Photo 19. Carence en soufre. (A) Les plantes sont jaune pâle, les jeunes feuilles sont plus touchées. Ce n'est pas comme la carence en N qui affecte les feuilles inférieures et où la couleur jaune est plus profonde (photo: Shamie Zingore, IPNI) (B) Les feuilles les plus jeunes (au milieu) présentent des symptômes de carence (photo: Shamie Zingore, IPNI) (C) Le jaunissement sur la feuille peut être uniforme, mais les pointes peuvent mourir (photo: Shamie Zingore, IPNI)

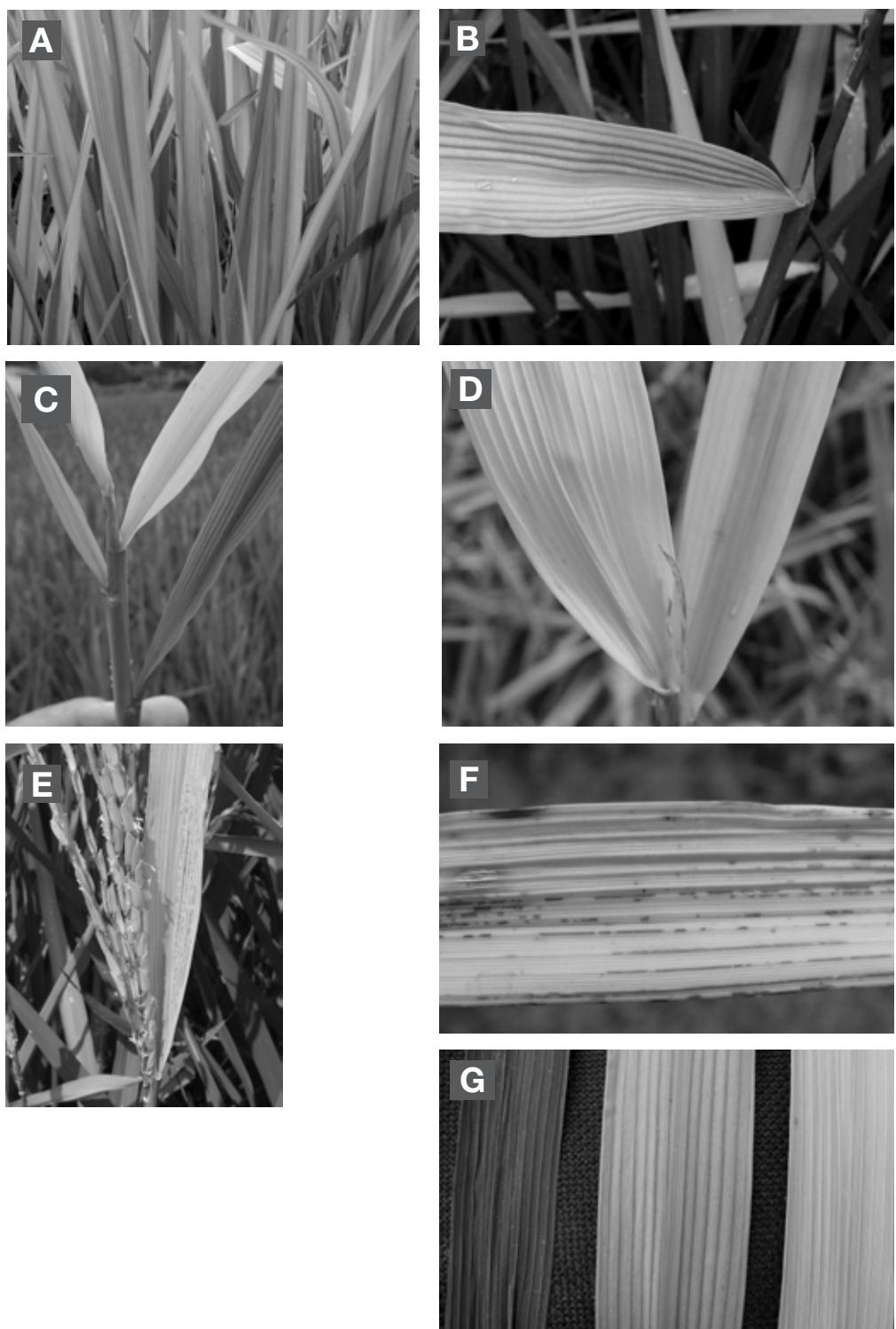


Photo 20. Carence en fer. (A) Les plants deviennent pâles et jaunes (photo: Shamie Zingore, IPNI) (B) Sur certaines feuilles, les nervures restent vertes alors que les feuilles jaunissent entre les nervures - la feuille a des rayures vertes et jaunes (photo: Shamie Zingore, IPNI) (C) Les jeunes feuilles peuvent être très pâles (presque blanches), et les feuilles plus âgées peuvent avoir un jaunissement entre les nervures (photo: Shamie Zingore, IPNI) (D) Les pointes de nouvelles feuilles se dessèchent (photo: Shamie Zingore, IPNI) (E) Les panicules en développement et la feuille étandard sont pâles (photo: Shamie Zingore, IPNI) (F) Les feuilles pâles développent des stries brunes (photo: Shamie Zingore, IPNI) (G) Feuille verte saine (à gauche), stries indiquant une carence modérée (au milieu), couleur pâle - signe de carence aiguë (à droite) (photo: Shamie Zingore, IPNI).

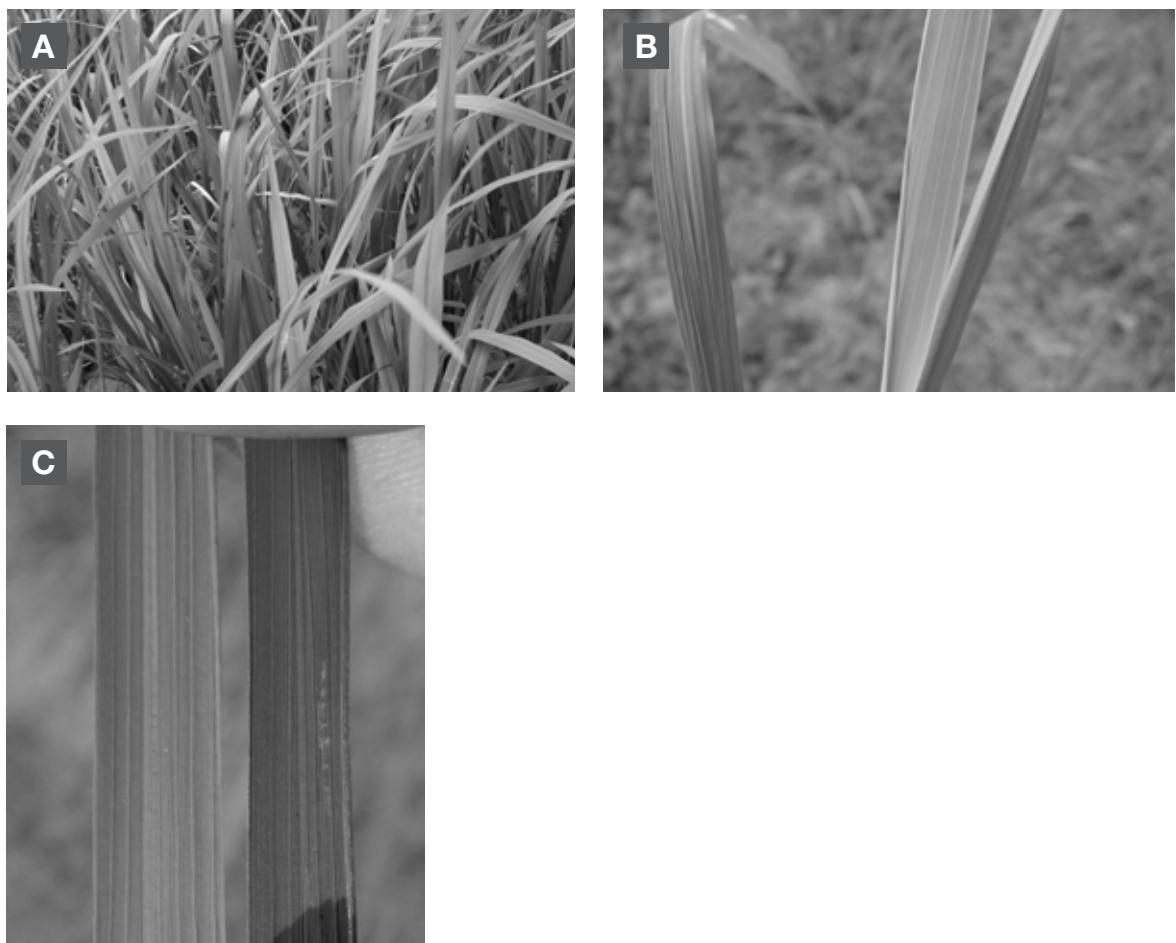


Photo 21. Carence en zinc. **(A)** Taches brunes sur les feuilles inférieures (photo: Shamie Zingore, IPNI) **(B)** Couleur brun clair sur la feuille (photo: Shamie Zingore, IPNI) **(C)** Rayures brunes sur les feuilles, bandes blanches à proximité de la nervure centrale (photo: Shamie Zingore, IPNI)

Tableau 6: Exemples d'insectes ravageurs qui endommagent le riz

Insecte	Dommages	Lutte
Scolytes des tiges (Photo 22)	Les larves pénètrent la tige et la mangent de l'intérieur Les parties en croissance des jeunes pousses peuvent mourir (cœurs morts) Floraison affectée (têtes mortes, panicules blanches) Les plantes peuvent tomber	Submersion, hersage ou labour en incorporant la paille pour réduire le transfert d'insectes d'une plante à l'autre Épuration de la végétation spontanée ³ entre saisons de culture Plantation de variétés qui mûrissent tôt
Moucherons africain	Tuméfactions cylindriques, connues sous le nom de galles, d'environ 3 mm de diamètre, peuvent être courtes ou d'environ 1 à 1,5 m de long, causées par les asticots qui éclosent d'œufs pondus par des moucherons femelles Souvent de couleur blanc argenté et généralement connues sous le nom de 'pousses argentées' ou 'galles de feuille d'oignon'	Plantation précoce et synchronisée Épuration de la végétation spontanée entre saisons de culture Labour en incorporant la paille pour réduire le transfert de populations d'insectes
Termites	Attaquent tant les jeunes que les vieilles plantes Endommagent les racines et remplissent l'intérieur de la tige avec du sol	Utiliser un pesticide Inondation des trous de termites Détruire les termitières, le nid et la reine
Charançon du riz et une plus grande scolyte du grain (ravageurs d'entrepôt)	Attaquent le paddy et les grains après l'usinage Les larves mangent l'intérieur des grains et, devenues adultes, sortent à travers des trous	Enlever les résidus infestés de la dernière saison Traiter les grains aux pesticides avant de les stocker Stockez les grains dans des conteneurs hermétiques
Sauterelle du riz (Photo 23)	Les nymphes et les adultes mangent les feuilles	Cultiver les parties du champ qui ne sont pas cultivées pour réduire le secteur où les adultes pondent leurs œufs
Punaise pentatome du riz (Photo 24)	Attaque les tiges, les feuilles et les grains en plein remplissage	Supprimer les hôtes possibles tels que les herbes poussant sur des diguettes Pour le riz pluvial, planter tôt au début des pluies

³Du riz qui pousse sans être délibérément planté

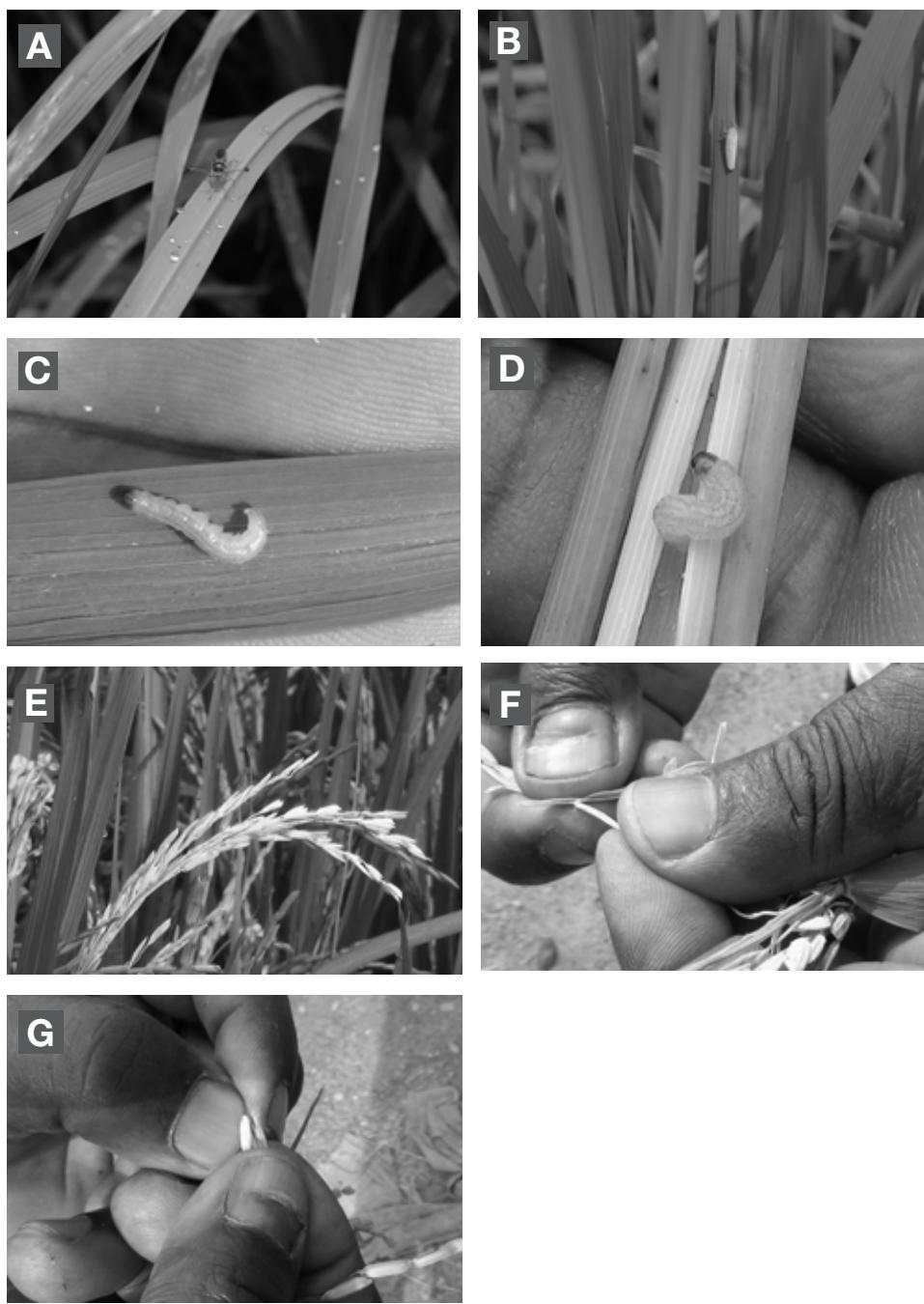


Photo 22. Scolytes de la tige. (A) Il existe plusieurs types de scolytes des tiges qui affectent le riz - par exemple la diopsis (photo: CABI/IPNI) (B) Un autre scolyte de la tige – un lépidoptère (photo: CABI/IPNI) (C) Larve du scolyte de la tige (photo: CABI) (D) Le scolyte de la tige endommage l'intérieur de la tige (photo: CABI) (E) Dommages du scolyte de la tige, « tête blanche » – panicule vide (sans grains) (photo: CABI) (F) Dommages du scolyte de la tige, panicule vide (photo: CABI) (G) Plant normal - panicule avec grains (photo: CABI).



Photo 23. La sauterelle du riz provoque des dommages aux feuilles (photo: CABI/IPNI).



Photo 24. La punaise du riz réduit le rendement en se nourrissant des grains en développement (photo: CABI/IPNI).

Tableau 7 : Exemples de maladies du riz

	Symptômes	Contrôle
Pyriculariose du riz (Photo 25)	<p>Sur les feuilles, longues lésions avec des extrémités pointues et des centres gris ou blancs; des marges vert sombre à marron rougeâtre, quelquefois avec une auréole jaune</p> <p>Si la maladie est grave, les lésions fusionnent et les feuilles meurent ; les gaines de feuilles sèchent et des plantes entières pourraient mourir.</p> <p>Les champs gravement infectés ont une apparence de brûlé</p> <p>Sur les cols des feuilles, la pourriture peut entraîner une chute prématuée de feuilles</p> <p>Sur les nodosités de la partie inférieure, le pourrissement cause des «épis argentés»</p> <p>Sur les panicules, les épis argentés ou semi entiers; une infection tardive après le remplissage des grains entraîne «des coussinets cassés»</p>	<p>Cultivars résistants</p> <p>Éviter une application excessive de l'engrais azoté et la sécheresse</p> <p>Assainissement du champ</p> <p>Plantation synchronisée</p>
Faux charbon (Photo 26)	Symptômes observés sur les grains après la floraison : de petites boules vertes ayant jusqu'à 1 cm de diamètre apparaissent sur les céréales, les boules éclatent, tournent à l'orange, puis au vert	<p>Utiliser des variétés tolérantes ou résistantes</p> <p>Éviter une application excessive de l'engrais azoté</p>
Tache brun foncé	<p>Des lésions en forme ovale réparties uniformément, ayant jusqu'à 1 cm de longueur</p> <p>Les taches sont marron, grisâtres au centre lorsque pleinement développées</p> <p>De jeunes lésions apparaissent comme de petites taches marron sombre</p> <p>Des lésions sur les panicules peuvent conduire à des taches noires sur les grains</p>	<p>Variétés résistantes</p> <p>Utiliser des semences exemptes de maladie</p> <p>Appliquer des intrants bien équilibrés, par exemple offrir des micronutriments s'ils sont déficients, combiner également des engrains organiques et inorganiques</p>
Tache brun foncé étroite (Photo 27)	Des taches marron étroites allongées, 2-12 mm de long et 1 à 2 mm de large, apparaissent sur les feuilles, gaines de feuilles, panicules	<p>Plantation de variétés précoces</p> <p>Semis précoce</p>
Virus de la panachure jaune du riz (Photo 28)	<p>Coloration jaune-orange des feuilles, parfois suivie par l'enroulement</p> <p>Plantes rabougries, tallage réduit, floraison non synchronisée, les épillets ne se remplissent pas de grains</p> <p>La maladie peut être transmise par les insectes</p> <p>Les jeunes plants sont les plus sensibles</p>	<p>Détruire les résidus de cultures, par exemple par combustion, et déraciner les plantes spontanées pour lutter contre les insectes ravageurs et le matériel végétal qui pourraient être porteurs de la maladie</p> <p>Retarder le temps de semis</p> <p>Utiliser des variétés tolérantes</p> <p>Utiliser des pesticides pour lutter contre les insectes vecteurs</p>

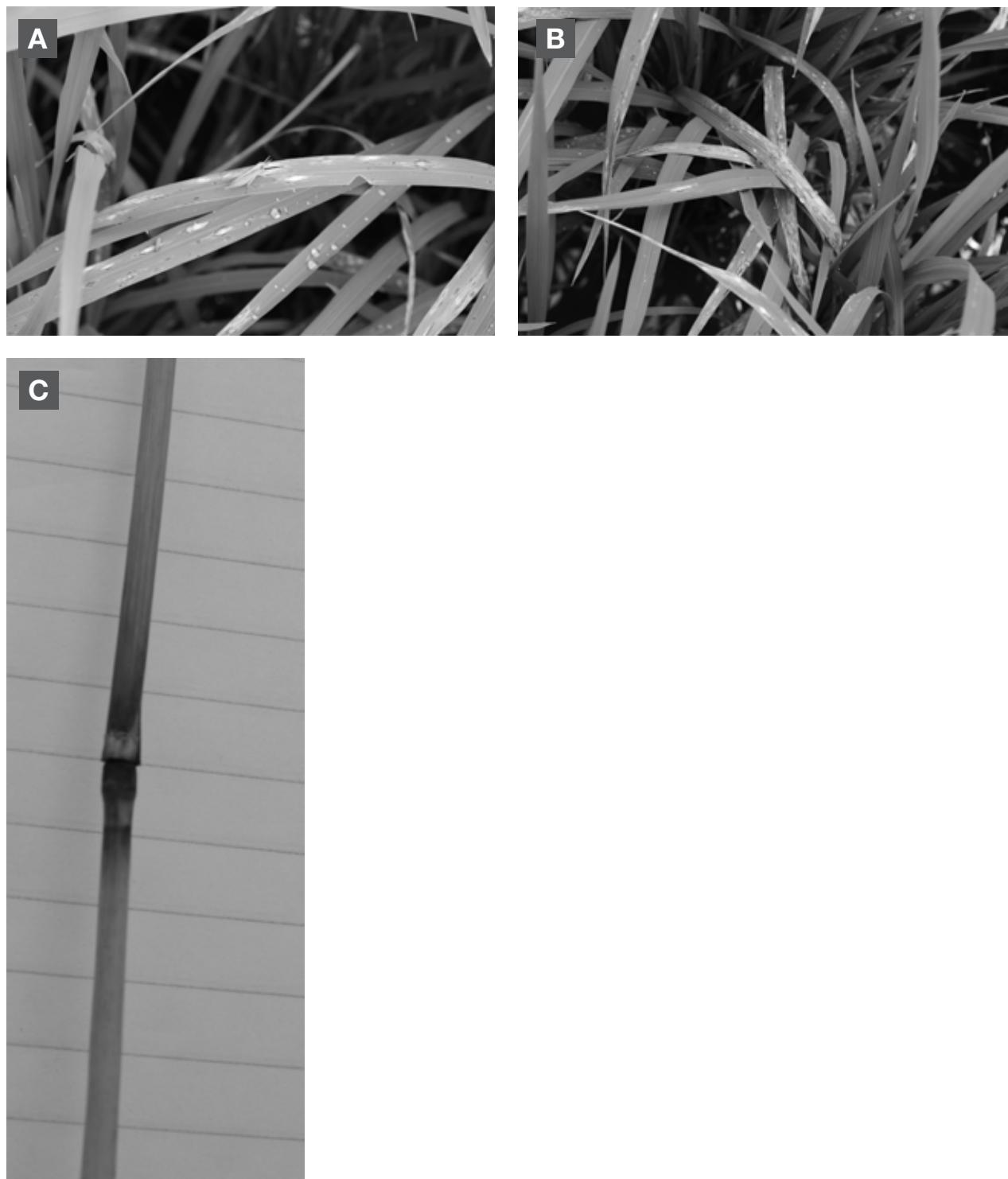


Photo 25. La pyriculariose du riz. (A) Les lésions ont un centre gris et une bordure brune (photo: CABI/IPNI) (B) Dans les cas graves, des lésions sur la feuille fusionnent et la feuille meurt (photo: CABI/IPNI) (C) Nœuds affectés par la maladie - si le nœud en-dessous de la tête est touché avant le remplissage des grains, les grains peuvent ne pas se remplir, s'il est affecté après le remplissage des grains, la tête peut s'affaisser vers le bas (photo: CABI/IPNI)



Photo 26. Faux charbon (photo:CABI).

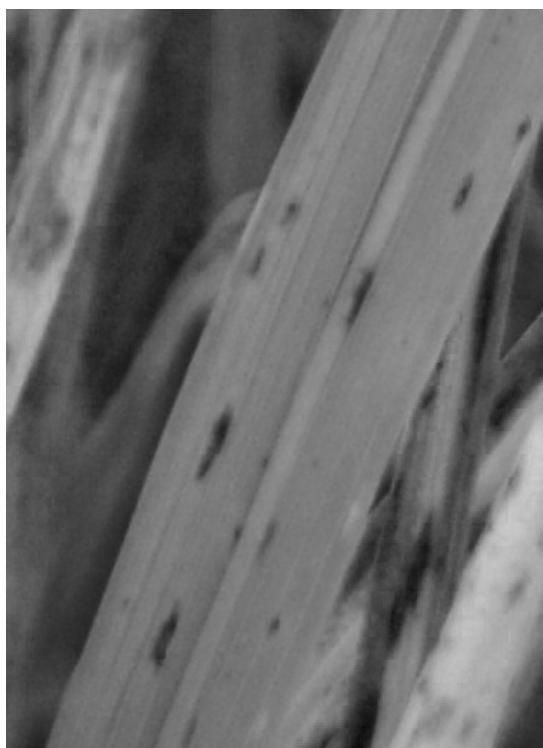


Photo 27. Taches brunes étroites sur la feuille (photo: CABI).

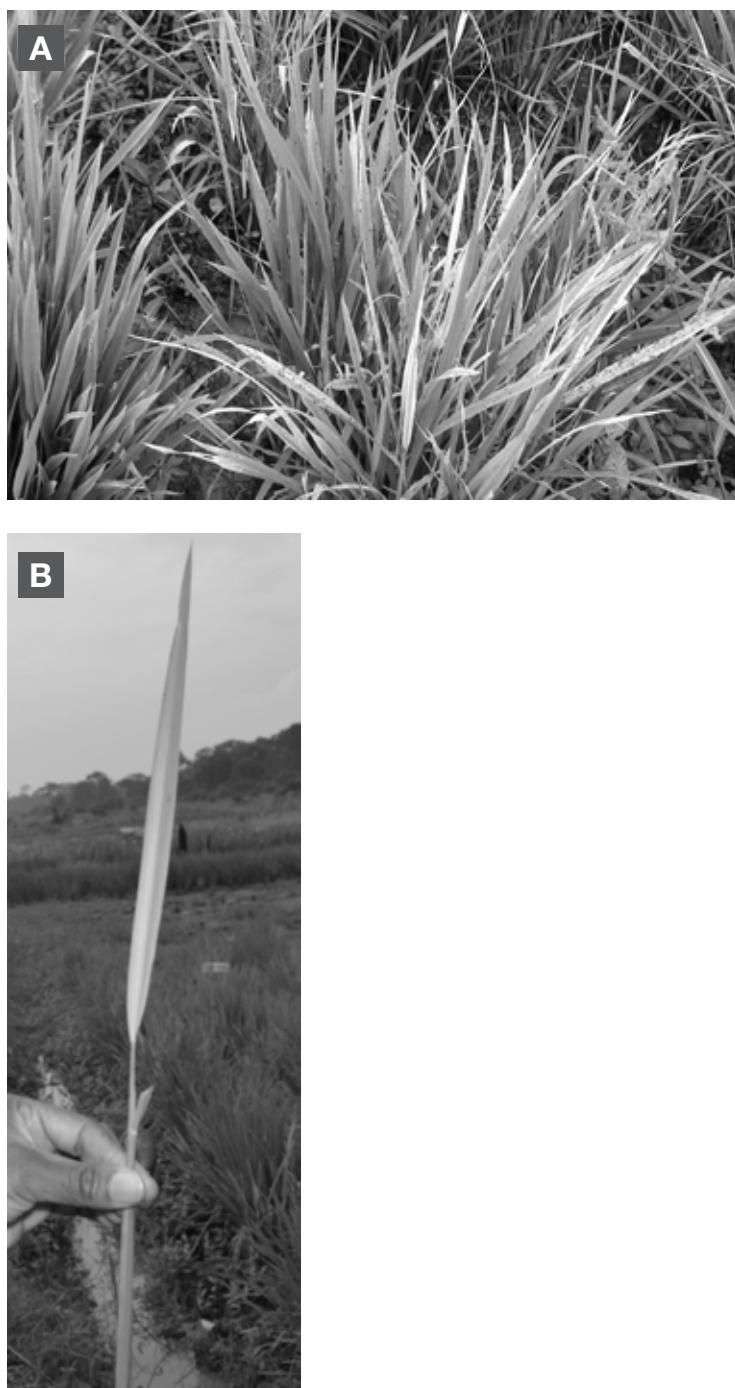


Photo 28. Virus de la panachure jaune du riz (RYMV). (A) Les plants infectés par le RYMV peuvent jaunir, et sont plus susceptibles d'être attaqués par d'autres maladies - dans ce cas, une tâche brune (photo: CABI) (B) Feuilles de plantes infectées par RYMV (photo: CABI).

7. Economie de la production rizicole

Le riz est l'une des principales cultures vivrières et commerciales en Afrique: les agriculteurs cultivent le riz pour la vente, mais une partie de la production est utilisée pour répondre aux besoins alimentaires des ménages.

Bon nombre de changements requis pour améliorer sa production nécessitent l'utilisation efficiente de ressources limitées, telles que les engrains, le fumier, les semences et la main d'œuvre. Par exemple, si on cultive des variétés améliorées de riz qui donnent de meilleurs rendements que les variétés locales, une plus grande quantité d'engrais serait nécessaire pour atteindre des rendements élevés. Mais, l'utilisation de l'engrais devrait également s'accompagner de bonnes pratiques de gestion, par exemple planter en temps opportun, bien gérer l'eau et éliminer les mauvaises herbes des champs.

Il est important d'avoir une idée de la rentabilité potentielle (avant son introduction) d'une pratique agricole 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.

L'augmentation minimum de rendement nécessaire pour recouvrir les coûts encourus par la mise en œuvre de la nouvelle technologie peut donner une idée quant à l'utilité probable de la nouvelle pratique.

Par exemple, si un agriculteur a l'habitude d'appliquer en surface, pour une variété de riz améliorée, deux sacs d'urée et d'obtenir 3,8 tonnes de riz par hectare, mais voudrait maintenant appliquer deux sacs d'urée supplémentaires, l'accroissement du rendement nécessaire pour couvrir le coût supplémentaire de l'engrais (en supposant que le prix de l'urée est de 50 dollars par sac de 50 kg et le prix du riz de 500 dollars la tonne) peut être calculée comme suit :

$$\text{Accroissement minimum nécessaire du rendement}(t/ha) = \frac{\text{Coût de l'urée}}{\text{Prix du riz}} = \frac{(2 \times 50)}{500} = 0,2$$

Ainsi, dans cet exemple, si l'agriculteur obtient 200 kg supplémentaires de riz par hectare, cela couvrirait le coût supplémentaire de l'urée.

Les coûts supplémentaires encourus pour utiliser une nouvelle technologie peuvent aussi être comparés aux avantages supplémentaires obtenus par l'utilisation de la technologie (analyse coûts-bénéfices).

Si, par exemple, dans l'exemple ci-dessus, les rendements antérieurs étaient de 3,8 tonnes à l'hectare, mais avec l'utilisation de deux autres sacs d'urée le rendement est passé à 4,5 tonnes à l'hectare, la valeur de rendement supplémentaire avec de l'engrais en comparaison avec le coût de l'engrais, le rapport bénéfice- coût (BCR), est calculé comme suit :

$$BCR = \frac{(\text{rendement avec engrais} - \text{rendement sans engrais}) \times \text{prix du riz}}{\text{quantité d'engrais appliquée} \times \text{prix de l'engrais}} = \frac{(4,5 - 3,8) \times 500}{(2 \times 50)} = 3,5$$

En règle générale, un rapport bénéfice-coût supérieur à 2 est nécessaire pour que le coût d'un investissement soit économiquement attrayant pour les agriculteurs – c'est-à-dire que le riz supplémentaire produit vaut au moins deux fois plus que le coût des intrants utilisés pour le produire. Dans le cas présent, le BCR est de 3,5 , c'est donc un investissement très intéressant - pour chaque dollar investi dans l'engrais, l'agriculteur a obtenu un rendement de 3,5 dollars.

Si des informations supplémentaires, par exemple sur les coûts de la main- d'œuvre, le désherbage et la lutte contre les insectes sont disponibles, des calculs plus détaillés peuvent être effectués. Rappelez-vous que la meilleure utilisation d'une ressource devrait être envisagée afin d'obtenir le meilleur rendement de l'intrant.

Un point à noter est que les prix des intrants et des produits, ainsi que le rendement des cultures peuvent varier. Par exemple, un bon revenu peut être obtenu en stockant les produits après la récolte, et en les vendant lorsque le marché n'est pas saturé et que les prix sont plus élevés. Egalement, 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 engrains 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 de diammonium	DAP	18–21	46–53				1–1,5	
Phosphate naturel	RP		25–41			25–50		
Phosphate de magnésium fusionné	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
NPK 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				

Tableau de référence 2. Facteurs de conversion des éléments nutritifs.

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	P ₂ O ₅
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

Pour plus d'informations

<http://www.knowledgebank.irri>

Une bonne source d'informations supplémentaires sur la production rizicole.

Defoer, T., Wopereis, M.C.S., Jones, M.P., Lancon F. and Erenstein O. (2003) Challenges, innovation and change: towards rice-based food security in sub-Saharan Africa –pp 219-234. Travaux de la 20ème session de la commission internationale du riz, Bangkok, Thaïlande, du 23-26 juillet 2002, Rome Italie, FAO.

La Figure 1 sur les écologies du riz a été adaptée à partir de cette référence.

Fairhurst, T.H., Witt, C., Buresh, R.J. and Dobermann, A. (2007) A Practical Guide to Nutrient Management .Rice. International Rice Research Institute, International Plant Nutrition Institute and International Potash Institute.

http://books.google.co.ke/books?id=x05GSmoGL2MC&pg=PP2&lpg=PP2&dq=T.H.+Fairhurst.+C.+Witt.+R.J.+Buresh.+and+A.+Dobermann&source=bl&ots=U-o2Jwdz2H&sig=C6EYbt2TQuSUUp4tt833g1QKk1o&hl=en&sa=X&ei=WpYNU_m-OLKa0QXYvYGqDw&redir_esc=y#v=onepage&q=T.H.%20Fairhurst%2C%20C.%20Witt%2C%20R.J.%20Buresh%2C%20and%20A.%20Dobermann&f=false

Importante documentation sur la gestion des éléments nutritifs pour le riz. Les estimations de teneur en éléments nutritifs dans les tiges de riz présentées dans ce guide sont basées sur les données présentées dans la référence. La référence dispose également d'une bonne collection de photographies illustrant les carences nutritives du riz.

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 engrains, 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