

RYTHMES D'EMISSION COMPARES DES RACINES NODALES DE TROIS VARIETES DE RIZ (*ORYZA SATIVA L.*)

par D. PICARD et M. JACQUOT *

RESUME. — Les rythmes d'émission des racines nodales, du semis à la maturité, ont été étudiés en relation avec la croissance et le développement des parties aériennes, chez trois variétés de riz : Morobérékan, IR 5 et 2243, dans des conditions de culture au champ avec une alimentation hydrique non limitante. Les trois variétés ont des rythmes d'émission racinaire très différents l'un de l'autre. L'émission intense est tardive chez 2243 ; IR 5 produit le plus grand nombre de racines nodales par plante mais, par tige, ce nombre est nettement le plus élevé chez Morobérékan, variété à tallage modéré ; la vitesse de croissance, à l'origine des racines nodales, est aussi la plus élevée chez Morobérékan. Cette dernière variété montre des caractéristiques racinaires plus favorables que les deux autres pour une tolérance de la plante à des périodes de sécheresse.

INTRODUCTION

Si un certain nombre de mécanismes d'adaptation ont été reconnus chez les espèces xéro-philés (Lemee, 1967), il est beaucoup plus difficile de discerner des variétés mieux adaptées que d'autres, en fait de résistance à la sécheresse, au sein d'une même espèce.

Ceci est particulièrement vrai pour le riz, le plus fréquemment cultivé avec irrigation.

En Côte d'Ivoire, la riziculture pluviale est, cependant, très répandue dans des régions où la pluviosité, théoriquement suffisante, s'avère extrêmement irrégulière (Gigou, 1973). Les cultures ont donc à supporter des épisodes secs plus ou moins longs, et la recherche de variétés adaptées à cette situation présente un intérêt certain.

Etudiant ce problème pour le genre *Gossypium*, Vieira Da Silva (1970) signale comme l'un des mécanismes possibles de résistance des plantes, leur aptitude à obtenir des quantités d'eau élevées à partir d'un système racinaire très développé.

Les études comparées sur l'enracinement de différentes variétés de riz, en liaison ou non avec la consommation en eau, en riziculture pluviale, sont peu nombreuses. Rajagopalan (1957) a montré l'existence de différences morphologiques importantes entre le système racinaire d'un riz de plateau, réputé résistant à la sécheresse, et celui

d'un riz de bas-fond irrigué, réputé sensible. Le riz de plateau avait des racines plus épaisses et avait colonisé 50 à 55 cm de sol en 50 jours, contre 40 cm pour le riz irrigué. Nicou, Seguy et Had-dad (1970) ont aussi reconnu des différences morphologiques importantes entre certaines variétés.

L'enracinement du riz à un instant donné résulte du développement de son système séminal puis, rapidement (Roy, 1967), de l'émission des racines au niveau du plateau de tallage, de leur élongation et de leur ramification. Le rythme d'émission conditionne donc en partie le développement du système adventif. Pélerents (1958) donne quelques indications sur ce rythme pour une variété de riz pluvial. L'objet de ce travail est d'en faire l'étude chez trois variétés, pour voir s'il est possible de mettre en évidence des différences qui pourraient être utilisables dans un schéma de sélection.

Sur la variété IR 8, dans une expérimentation conduite en pots, Pradhan, Varade et Kar (1973) ont montré l'effet du régime d'alimentation en eau de la plante sur le nombre de racines : ce nombre est le plus élevé lorsque le riz est maintenu sous une lame d'eau constante de 3 ± 1 cm, et décroît lorsque le potentiel matriciel de l'eau dans le sol décroît (de 0 à -1 bar).

Chez *Panicum maximum*, des expériences en pleine terre ont montré (Picard, 1973) que des périodes sèches de courte durée ont un effet perturbateur sur le rythme d'émission des racines.

* JACQUOT M., Ingénieur de recherches IRAT, station de Bouaké (Côte-d'Ivoire).

** PICARD D., Institut de recherches ORSTOM, centre d'Adiopodoumé (Côte-d'Ivoire).

8 SEP. 1976

O. R. S. T. O. M. Ex 1

Collection de Référence

63 n° - 8309 Agr.

C'est pourquoi, dans un premier temps, l'étude dont les résultats sont reportés ici a été réalisée en pleine terre, en conditions de riziculture pluviale mais avec irrigation d'appoint de façon, d'une part, à prendre en compte les effets de compétition rencontrés au champ, d'autre part, à limiter les perturbations liées à la variabilité des pluies et à étudier ce rythme d'émission en conditions d'alimentation en eau non limitantes. L'essai a été réalisé en 1973 à la ferme des Cultures irriguées de Tombokro, ferme expérimentale du ministère de la Recherche Scientifique de Côte d'Ivoire.

MATERIEL VEGETAL DISPOSITIF EXPERIMENTAL

Matériel végétal.

Etant donné le peu de connaissances dont on dispose sur l'enracinement du riz pluvial, il a été décidé, dans cette première expérience, de faire l'étude détaillée d'un petit nombre de variétés. Trois ont été choisies.

Morobérékan : indica à haute tige, feuille large, tallage faible, tiges de gros diamètre, racines primaires épaisses.

IR 5 : indica à tige courte, feuille étroite, tallage fort, tiges de diamètre fin, racines primaires fines.

Ces deux variétés sont actuellement largement cultivées en Côte d'Ivoire, l'une en riziculture pluviale, l'autre en riziculture de bas-fond et irrigation par submersion.

2243 : indica à tige courte, issue du croisement Morobérékan × RT 1031-69, de type aérien voisin de Morobérékan, sauf la taille. Cette variété n'est pas cultivée actuellement ; elle a été décrite par Jacquot (1974).

Dispositif expérimental.

Les trois variétés ont été comparées dans un essai en blocs randomisés à 6 répétitions. La parcelle élémentaire, de 3 m de large, comporte 10 lignes de 11,4 m de long. Par demi-parcelle, on rencontre successivement : 2 lignes de bordure, 2 lignes dans lesquelles sont effectués les prélèvements hebdomadaires et 1 ligne centrale.

Les lignes sont écartées de 30 cm et les plantes également de 30 cm sur la ligne.

Chaque semaine, 4 puis 2 plantes par parcelle (1) sont prélevées à la bêche, selon des emplacements tirés au hasard, avec une motte de terre cubique d'environ 20 cm de côté.

(1) Quatre plantes jusqu'au 43^e jour après le semis, deux au-delà, le développement des touffes étant trop important pour que l'ensemble des comptages et mensurations puisse être effectué en une journée.

Sur chaque échantillon, la terre est éliminée par aspersion, puis sont déterminés :

— sur les parties aériennes : la hauteur de la plante (distance entre la base du plateau de tallage et l'extrémité de la feuille la plus longue, puis de la panicule), le nombre de tiges et de feuilles non mortes, le stade du maître-brin, enfin le nombre de panicules à partir de l'épiaison. Les plantes d'un même traitement sont alors regroupées en un échantillon unique sur lequel on mesure le poids de matière sèche (par passage à l'étuve à 105 °C jusqu'à poids constant) ;

— sur les racines : chaque semaine, le nombre de racines émises au niveau du plateau de tallage, de longueur inférieure à 3 cm ; le nombre total de racines développées, d'abord chaque semaine pour les trois variétés puis, à partir du cinquante et unième jour, tous les quinze jours, en alternant Morobérékan et 2243, puis IR 5.

Pour la suite, on désignera :

— par racines primaires, les racines émises au niveau du plateau de tallage (appelées en général racines nodales ou racines adventives), par opposition aux racines secondaires qui sont les ramifications de premier ordre... ;

— par « R 3 », les racines primaires de longueur inférieure à 3 cm ;

— par « R D », les racines primaires développées.

Pour définir les racines primaires nouvellement émises, la longueur limite de 3 cm a été choisie relativement arbitrairement. Chez *Panicum maximum* (Picard, 1973) ceci correspond à des racines âgées d'environ 24 heures.

L'humidité pondérale de l'horizon 0-10 cm est contrôlée régulièrement par des prélèvements de sols à la tarière. Lorsque cette humidité devient inférieure à 50 % de la capacité de rétention de cet horizon, une irrigation d'appoint est pratiquée.

Après l'apparition des premières panicules, un profil cultural a été réalisé sur les trois parcelles de deux blocs.

Le rendement en paddy a été mesuré sur les deux rangs médians.

Le calendrier et les techniques culturales ont été les suivants :

— préparation du terrain le 9 mars 1973 : gyro-broyage de la végétation naturelle en place (tapis graminéen de faible taille à base de *Paspalum*), labour à 20 cm, épandage de 80 kg/ha de P₂O₅ et K₂O, pulvérisage croisé ;

— semis, manuellement, le 12 mars, en poquets au carré de 30 × 30 cm, avec 3 grains par poquet ;

— démariage manuel 8 jours après semis, à une plante par poquet ;

— azote épandu en couverture : 40 kg/ha à trente jours, puis, sur IR 5 seulement, 20 kg/ha à soixante-sept jours.

Cette variété montrait en effet un jaunissement marqué à cette date, au contraire des deux autres variétés. L'essai a été implanté sur jachère naturelle derrière défriche, ce qui justifie que la fertilisation azotée ait été volontairement limitée pour éviter la verse.

La récolte a été faite à cent trente jours pour Morobérékan et 2243, cent cinquante jours pour IR 5.

L'interprétation statistique des résultats a été effectuée par analyse de la variance des paramètres mesurés date par date, en regroupant les deux ou quatre résultats d'une même parcelle. Les moyennes significativement différentes à l'issue du

test F ont été comparées par le test de Newman et Keuls (Dagnelie, 1970).

RESULTATS

Définition des étapes de la croissance et du développement des parties aériennes.

Les étapes de la croissance et du développement pour les trois variétés sont représentées à la figure 1.

La germination ayant duré trois jours, la courbe d'évolution du nombre de talles (fig. 2) permet de définir les trois dernières étapes de la phase végétative.

Les étapes de la phase reproductive ont été déterminées à partir des observations de l'apex de la tige principale (tableau I) et de la courbe sigmoïde moyenne d'allongement de la panicule du riz (Chandraratna, 1964).

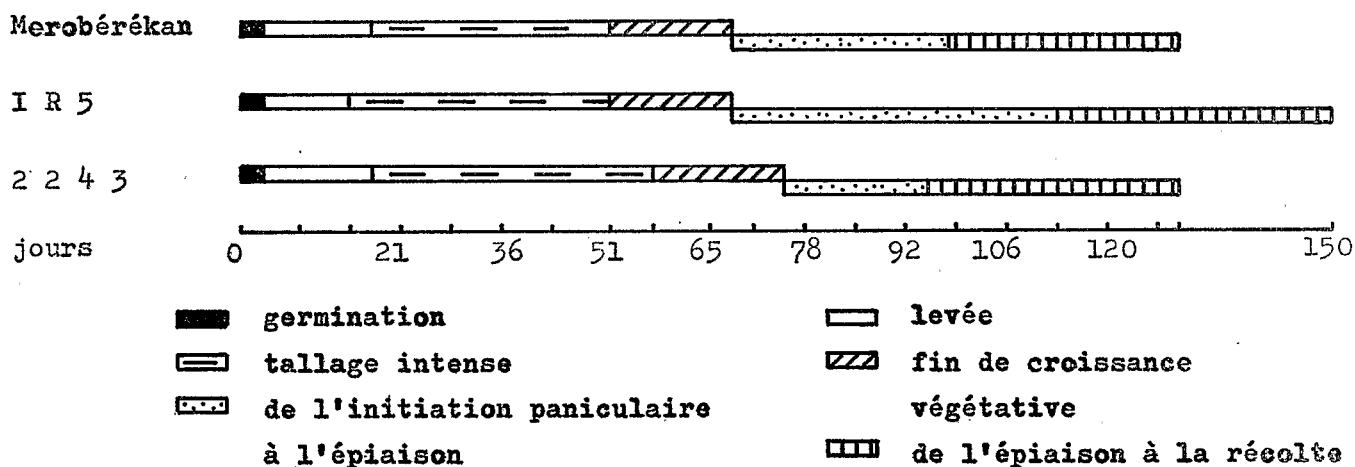


Figure 1 : les étapes de la croissance et du développement.

Tableau I

NOMBRE DE JOURS DU SEMIS A L'APPARITION DE CERTAINS EVENEMENTS DU DEVELOPPEMENT SUR LA TIGE PRINCIPALE

	Deux derniers entre-nœuds de 4 cm de longueur totale	Panicule de 0,5 cm de longueur	Panicule de 2 cm de longueur	Début d'épiaison (10 % des plantes)
Morobérékan	71	78	85	98
IR 5	74	78	98	115
2243	78	85	donnée manquante	95

On peut distinguer trois périodes dans la courbe d'évolution du nombre de talles : une période de tallage intense, un plateau puis une chute plus ou moins prononcée. Durant les deux dernières périodes, les variations du nombre de talles liées à

l'hétérogénéité des conditions de milieu (que l'examen du profil cultural révèle particulièrement) sont très marquées. Ces fluctuations peuvent être éliminées en procédant à l'ajustement suivant :

Soit y le nombre de tiges par plante, x le nombre de jours cumulés à partir du semis, pour Morobérékan :

jusqu'au cinquante et unième jour, la relation liant y à x est celle observée (non linéaire) ;

entre le cinquante et unième et le soixante et onzième jour, $y = \text{constante} = 13$;

entre le soixante et onzième et le cent vingtième jour, $y = 0,117x + 27,3$; $r = -0,41$.

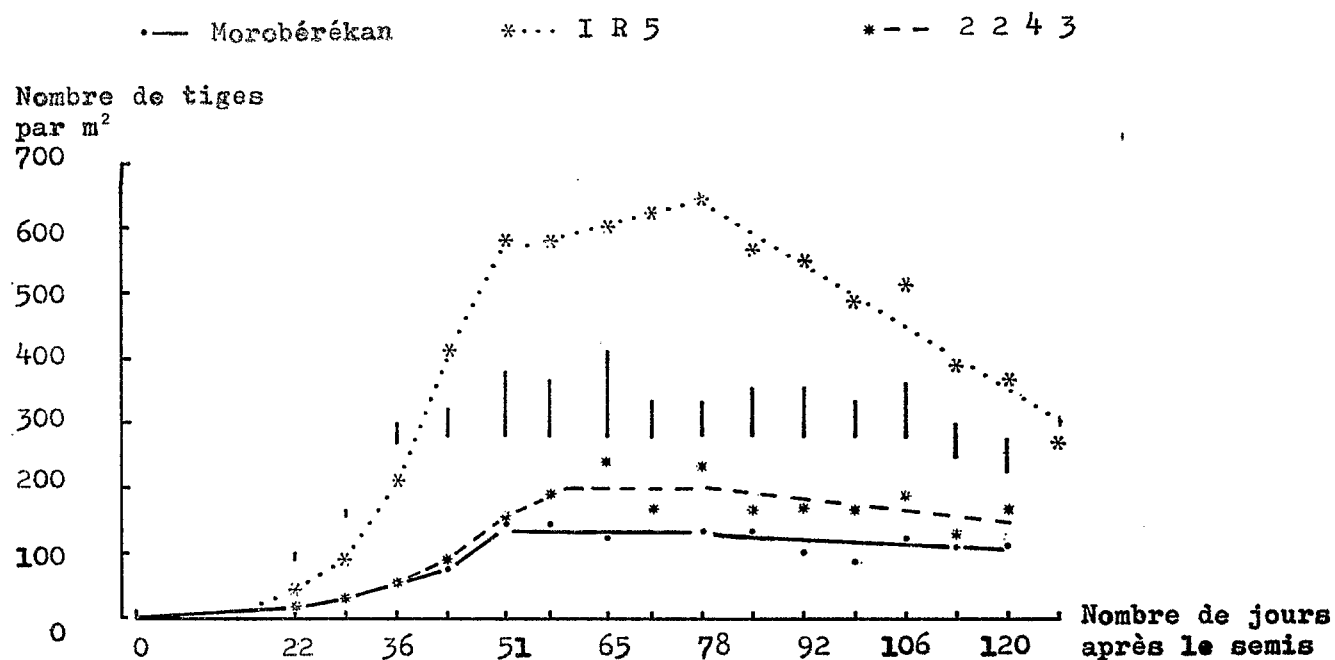


Figure 2 : évolution du nombre de tiges par m².

plus petit écart significatif entre 2 valeurs selon le test de Newman et Keuls.

Pour IR 5 :

jusqu'au soixante-dix-huitième jour, la relation est celle observée (non linéaire) ;

entre le soixante-dix-huitième et le cent vingt-septième jour, $y = -0,620x + 106,1$; $r = -0,97$.

Pour 2243 :

jusqu'au cinquante-septième jour, la relation est celle observée (non linéaire) ;

entre le cinquante-septième et le soixante et onzième jour, $y = \text{constante} = 17$;

entre le soixante et onzième et le cent vingtième jour, $y = -0,117x + 27,26$; $r = -0,62$.

L'hétérogénéité relevée dans le nombre de tiges par touffe se répercute directement dans le poids de matière sèche des plantes.

Si on calcule ce poids à partir du nombre ajusté de tiges et du poids moyen de matière sèche d'une tige, on obtient une augmentation de matière sèche d'abord lente puis plus rapide et linéaire pour les trois variétés jusqu'au quatre-vingt-dixième jour environ (fig. 3).

Morobérékan est beaucoup plus grande que les deux autres variétés dont les tailles sont voisines : 1,40 m à l'épiaison pour la première, contre 1 m pour les deux autres au même stade.

Jusqu'au cinquantième jour, le nombre de feuilles par tige sur les trois variétés est comparable. Ensuite, et jusqu'au cent neuvième jour, Morobérékan a le nombre de feuilles le plus élevé (en moyenne 5,6), 2243 un nombre intermédiaire (en moyenne 5,1) et IR 5 le nombre le plus faible (environ 4,6) (fig. 4).

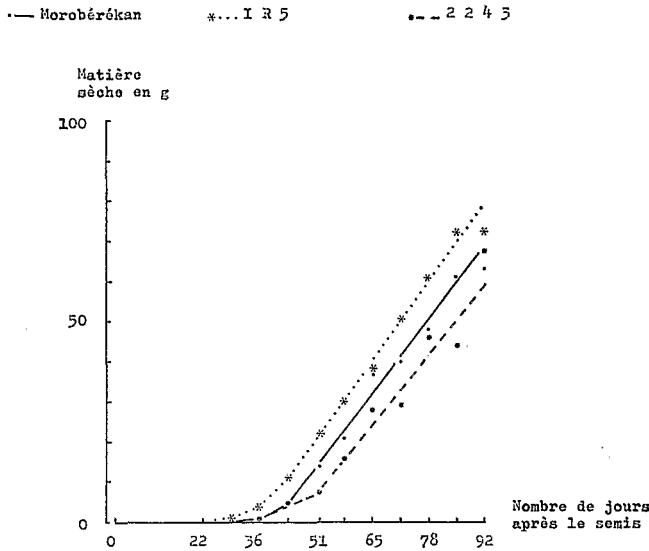


Figure 3 : matière sèche par plante pendant la phase avant épisaison.
(Recalculée après ajustement du nombre de tiges par plante)

Dans les conditions expérimentales, les trois variétés se caractérisent donc, dans leur développement aérien, par :

— pour Morobérékan : un tallage faible, une hauteur importante, un nombre de feuilles par tige supérieur aux autres pendant la phase reproductive, un poids de matière sèche par tige toujours supérieur aux autres mais un poids de matière sèche par plante intermédiaire ;

— pour IR 5 : un tallage très fort, une taille courte, un nombre de feuilles par tige le plus souvent inférieur aux autres, un poids de matière sèche par tige très faible mais un poids de matière sèche par plante supérieur aux autres pendant la phase végétative ;

— pour 2243 : un tallage légèrement supérieur à Morobérékan, une taille courte comme IR 5, un nombre de feuilles par tige intermédiaire, et un poids de matière sèche par tige, mais un poids de matière sèche par plante inférieur aux autres.

Les rendements estimés en paddy ont été les suivants (à 13 % d'humidité) :

- Morobérékan : 2,8 t/ha,
- IR 5 : 5,3 t/ha,
- 2243 : 2,5 t/ha.

Développement racinaire.

A LA LEVEE

Le système séminal comprend une racine principale à géotropisme positif très marqué qui se

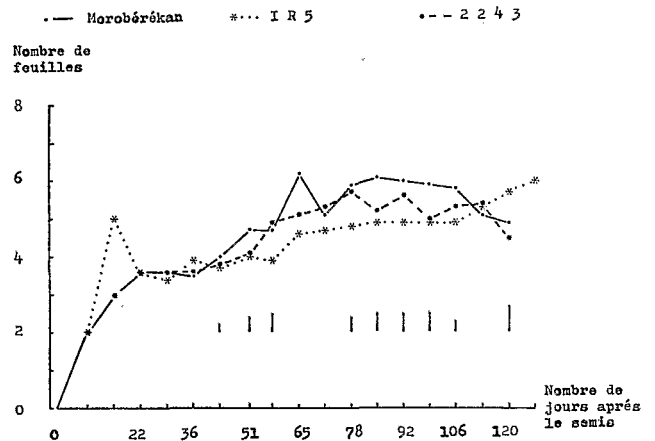


Figure 4 : évolution du nombre de feuilles par tige.

plus petit écart significatif entre 2 valeurs selon le test de Newman et Keuls.

ramifie rapidement, et deux racines sub-horizontales issues du nœud scutellaire (Roy, 1967). Puis apparaissent en moyenne cinq racines adventives sur le mésocotyle, dans les jours qui suivent la germination : on a compté, huit jours après semis, 4,7 racines de ce type chez Morobérékan ; 4,3 chez IR 5 ; 3,7 chez 2243 ; et, quinze jours après semis, respectivement : 4,9 ; 4,6 ; 4,1. Ces 5 racines, d'orientation sub-horizontale, sont toutes émises au même niveau sur le mésocotyle.

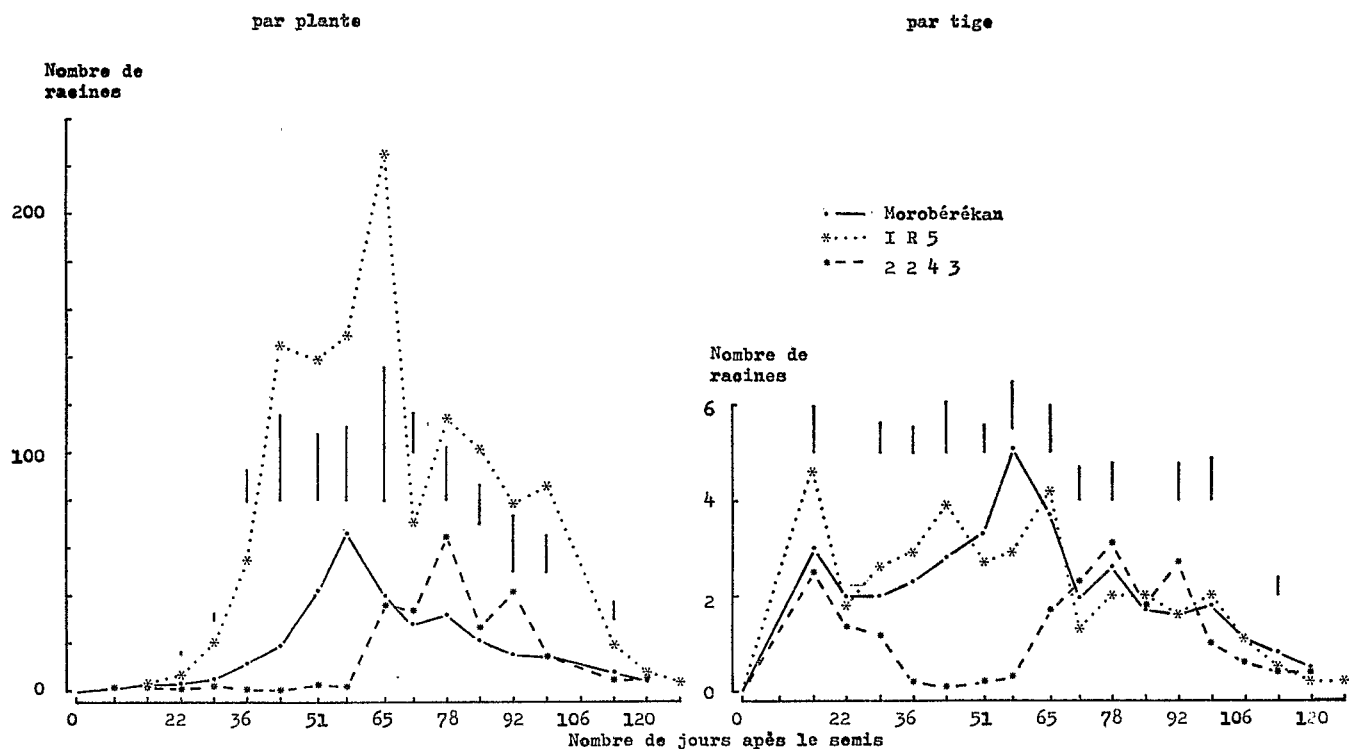
Cependant, si la profondeur de semis est trop grande, leur nombre augmente et elles se répartissent en deux ou trois étages. Pour IR 5, on a compté jusqu'à 11 racines réparties en trois étages : 5, 3, 3, en partant de la semence et en remontant vers le plateau de tallage.

Les premières racines primaires qui, seules, vont nous intéresser maintenant, apparaissent avant la première ramification du maître-brin. Quinze jours après le semis, on compte déjà, en moyenne, 3,8 racines primaires chez Morobérékan, 6,8 chez IR 5 et 3,4 chez 2243, qui sont cependant encore jeunes puisque 3,1 chez Morobérékan, 4,5 chez IR 5 et 2,3 chez 2243 ont moins de 3 cm de long (« R 3 »).

PENDANT LE TALLAGE

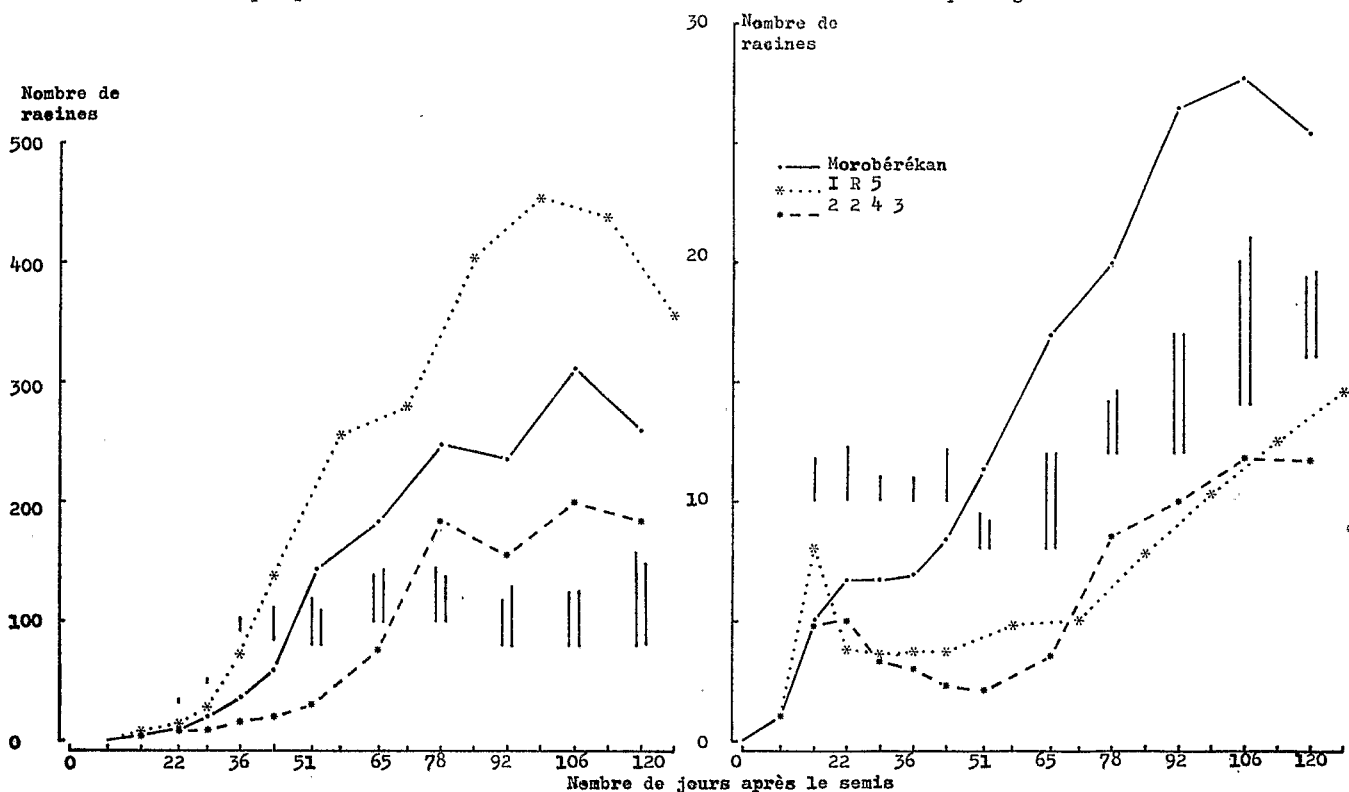
Le nombre de « R 3 » par plante augmente très rapidement après le début du tallage chez Morobérékan. Le nombre de « R 3 » par tige, à partir du vingt-deuxième jour, augmente lui aussi pendant cette période (fig. 5 et 6).

Figure 5 : évolution du nombre de racines primaires de longueur inférieure à 3 cm



plus petit écart significatif entre 2 valeurs selon le test de Newman et Keuls.

Figure 6 : évolution du nombre de racines primaires développées par plante



plus petit écart significatif entre 2 valeurs selon le test de Newman et Keuls.

Pour IR 5, le phénomène est le même que pour Morobérékan entre le vingt-deuxième et le quarante-troisième jour, mais le nombre de « R 3 » par plante cesse d'augmenter une semaine avant l'arrêt de la phase de tallage intense, ce qui d'ailleurs, peut n'être que le résultat d'une imprécision (voir discussion à la page 166, § 1) dans le comptage des « R 3 » chez IR 5, l'allure générale de la courbe restant imprécise. On atteint, à ce moment là, 140 « R 3 » pour IR 5 et 40 « R 3 » pour Morobérékan.

La variété 2243 a un comportement différent de celui de deux autres, l'apparition de « R 3 » est un phénomène très rare pendant cette période et l'on ne trouve que 5 « R 3 » par plante le cinquante-septième jour.

Comme conséquence de l'évolution du nombre de « R 3 », le nombre de « RD » par plante croît très rapidement pour IR 5, moins rapidement pour Morobérékan, moins encore pour 2243.

Entre le vingt-deuxième jour et la fin du tallage, la courbe d'évolution du nombre de « RD » par tige présente des différences selon les trois variétés : pour Morobérékan, ce nombre est constant pendant la première moitié de la période, puis augmente fortement pendant la deuxième moitié ; pour IR 5, il reste sensiblement constant ; pour 2243, il diminue. Les différences entre IR 5 et 2243 ne sont cependant pas significatives avant le cinquante et unième jour.

PENDANT LA FIN DE LA CROISSANCE VEGETATIVE

Durant cette période, le nombre de « R 3 » passe par un maximum pour Morobérékan et IR 5, puis rediminue. Par contre, l'arrêt du tallage marque le début de l'émission intense de racines primaires chez 2243 (fig. 5 et 6).

La pente de la courbe de variation du nombre de « RD » par plante s'infléchit après l'arrêt du tallage chez Morobérékan et IR 5. A l'inverse, elle augmente fortement chez 2243.

Le nombre de « R 3 » par tige passe par un maximum chez Morobérékan (5,1), et chez IR 5 (4,2), mais avec un décalage dans le temps : il est atteint juste après arrêt du tallage chez Morobérékan, juste avant l'initiation paniculaire chez IR 5. Pour 2243, au contraire, le nombre de « R 3 » par tige augmente très fortement.

Le nombre de « RD » par tige, lui, augmente toujours fortement chez IR 5 et commence à augmenter fortement chez 2243.

ENTRE L'INITIATION PANICULAIRE ET L'EPIAISON

Le nombre de « R 3 » par plante diminue fortement chez Morobérékan et IR 5. Il passe par un maximum peu après l'initiation paniculaire, puis diminue ensuite chez 2243.

Le nombre maximum de « RD » par plante pour IR 5, 450, est atteint pendant cette phase. Chez Morobérékan, le nombre de « RD » par plante continue à augmenter faiblement et, chez 2243, un palier est atteint.

Le nombre de « R 3 » par tige décroît aussi régulièrement et diffère peu d'une variété à l'autre à partir du début de l'initiation paniculaire.

Par contre, le nombre de « RD » par tige croît toujours fortement chez les trois variétés, mais ce nombre est beaucoup plus élevé pour Morobérékan (27 « RD » le quatre-vingt-douzième jour), que pour IR 5 et 2243 (respectivement 9 et 10 « RD » à la même date) (fig. 5 et 6).

ENTRE L'EPIAISON ET LA RECOLTE

Le nombre de « R 3 », par plante comme par tige, tend vers 0 et le nombre de « RD » par plante diminue, après être passé par un maximum pour Morobérékan et 2243 (respectivement 310 et 200 « RD » par touffe le cent sixième jour) (fig. 5 et 6).

Chez Morobérékan et 2243, le nombre de « RD » par tige se stabilise ; il augmente encore chez IR 5 dont l'épiaison est plus tardive.

L'émission de racines nouvelles se poursuit donc au-delà de l'épiaison, quoique à un niveau très bas.

DIAMETRE DES RACINES.

Les racines émises de plus en plus tardivement sont de plus en plus épaisses.

Les diamètres de la racine séminale sont voisines chez les trois variétés : Morobérékan : 0,47 mm ; IR 5 : 0,50 mm ; 2243 : 0,56 mm.

Les diamètres des racines primaires ont été mesurés à deux reprises (tableau II), à l'aide d'une loupe binoculaire munie d'un micromètre, sur les échantillons prélevés.

Tableau II

DIAMETRE DES RACINES PRIMAIRES (en mm)

	A 43 jours après semis		A 92 jours après semis Diamètres moyens
	Diamètres moyens	Diamètres extrêmes	
Morobérékan	0,76	0,48 - 1,20	1,02
IR 5	0,80	0,48 - 1,44	0,84
2243	0,56	0,40 - 0,72	1,19

SECTION DE RACCORDEMENT

Utile pour une discussion sur l'alimentation en eau (voir p. 167, § 5), la section de raccordement des racines aux tiges peut se calculer à partir du nombre de racines et de leur diamètre moyen. Le calcul exact devrait se faire uniquement à partir du diamètre des faisceaux du bois, mais celui-ci

n'a pas été mesuré. Comme il existe une corrélation étroite entre ces deux diamètres (Mori, 1972) le calcul conserve sa valeur pour classer les variétés.

Les valeurs suivantes ont été obtenues (tableau III) :

Tableau III
SECTIONS DE RACCORDEMENT
DES RACINES AUX TIGES
(en mm²)

	A 43 jours après semis		A 92 jours après semis	
	Section totale par plante	Section moyenne par tige	Section totale par plante	Section moyenne par tige
Morobékán	26,3	3,87	195,3	21,70
IR 5	69,4	1,88	237,7	4,85
2243	4,9	0,59	173,5	11,19

PROFONDEUR DES ENRACINEMENTS

Des observations directes, à partir de fosses creusées dans les parcelles, ont été effectuées au cent sixième jour après semis (tableau IV).

Tableau IV
PROFONDEURS OBSERVEES
DES ENRACINEMENTS
AU CENT SIXIEME JOUR
(en cm)

	Profondeurs
Morobékán	85 à 90
IR 5	60 à 65
2243	55 à 60

DISCUSSION

Conditions expérimentales.

Les rendements cités en page 163 témoignent de conditions, en particulier climatiques et sanitaires, lors de la culture, très favorables.

Avec l'irrigation de complément pratiquée, le riz n'a jamais souffert de manque d'eau. Les apports totaux (pluies + irrigation) ont été de 910 mm en cent trente jours pour Morobékán et 2243, et de 1.150 mm en cent cinquante jours pour IR-5, pour des évapotranspirations potentielles (mesurées à partir d'un évapotranspiromètre recouvert de *Paspalum notatum*) de 510 et 570 mm respectivement. L'humidité du sol a donc été maintenue voisine de la saturation et, selon Pradhan et al. (1973), le nombre de racines primaires émises proche du nombre le plus élevé possible.

Les résultats montrent une forte hétérogénéité (qui se traduit par les seuils de signification élevés

présentés sur les figures), en raison du choix qui a été fait d'expérimenter en plein champ.

A cette hétérogénéité s'ajoute, en ce qui concerne les comptages de racines, des difficultés conduisant à une certaine imprécision, surtout pour la variété IR 5 pour laquelle le nombre de « R 3 » et de « RD » à compter peut être très élevé. En effet, les ébauches de racines primaires sont plus ou moins apparentes selon que l'on enlève plus ou moins de gaines foliaires. Or, les plus anciennes sont en voie de décomposition, les plus récentes adhèrent fortement à la base des tiges. Ainsi, lors du comptage du 65^e jour, la dissection des gaines a été plus poussée que d'ordinaire, ce qui a conduit à un nombre de « R 3 » supérieur à la moyenne et, inversement, le 71^e jour. Le nombre d'ébauches est beaucoup moins important sur les autres variétés, les gaines foliaires plus épaisses et leur dissection plus facile à contrôler : l'imprécision, lors du comptage, est donc très réduite.

De plus, il semble que toutes les ébauches racinaires visibles au niveau du plateau de tallage, toujours chez IR 5, ne se développent pas (cf. ci-dessous).

De même, dans l'estimation des racines primaires développées, règne une certaine imprécision dans la mesure où seules les bases de ces racines sont prélevées, sur 10 cm environ. Les racines dont l'extrémité est morte peu après l'émission sont normalement éliminées, mais leur identification n'est pas toujours aisée ; de plus, un certain nombre de racines peuvent être comptées parmi les « RD » alors que leur longueur a excédé de peu celle des fragments isolés lors du prélèvement.

Liaison entre le développement des parties aériennes et le rythme d'émission des racines.

La liaison entre les diverses phases du développement du maître-brin et des parties aériennes, et celles du développement racinaire n'apparaît pas immédiatement.

Ceci peut, d'une part, s'expliquer par le fait que les comptages de racines sont effectués, non pas à partir du moment où elles sont initiées, mais à partir du moment où elles deviennent apparentes, c'est-à-dire avec un certain décalage dans le temps.

D'autre part, si la formation de racines primaires du maître-brin ou d'une talle s'arrête effectivement à un stade de développement précis, il semble bien que cette formation se poursuive simultanément sur les talles qui n'ont pas encore atteint ce stade. Ainsi Pinthus (1969) a montré que, pour le blé, cette formation, pour une talle, s'arrêtait lors de l'épiaison.

Or, les courbes de tallage, qui sont en bon accord avec celles obtenues précédemment par Jacquot (1972) montrent qu'après le soixante-dix-huitième jour, le nombre de tiges diminue, ce qui implique qu'un certain nombre d'entre elles régressent sans achever leur développement, du fait, vraisemblablement, de la compétition « intra-plante » (Lei, 1962).

Enfin, comme on le verra plus loin, il apparaît que les racines de longueur peu inférieure ou égale à 3 cm sont déjà relativement âgées.

Cependant, il est clair que chez Morobérékan et IR 5, le début de l'émission active des racines primaires coïncide avec le début du tallage. Au contraire, chez 2243, le début de l'émission active ne se fait qu'après l'arrêt du tallage.

Le nombre maximum de « R 3 » est toujours observé avant l'initiation paniculaire, mais aussi bien la courbe de variation du nombre de « R 3 » que celle du nombre de « RD » montrent que, s'il y a blocage de l'initiation de nouvelles racines sur le maître-brin après l'initiation paniculaire, un certain nombre d'initiales apparaissent et poursuivent leur développement sur les talles plus jeunes (chez 2243, le nombre de « RD » semble constant à partir du 29 mai, mais il a été obtenu ce jour-là avec un nombre de tiges par touffe supérieur à la moyenne : il apparaît donc trop fort ; d'ailleurs la courbe du nombre de « R 3 » montre bien que l'émission se poursuit, comme sur les autres variétés).

Développement du système racinaire et alimentation en eau.

Les enracinements se sont développés dans des conditions de croissance et de développement des parties aériennes très favorables. Il n'est donc pas possible de confronter directement caractéristiques des enracinements et réactions à la sécheresse. Par contre, et c'est le but de l'essai, il est possible d'interpréter les résultats obtenus pour chaque variété en fonction des caractères apparus, lesquels sont plus ou moins favorables à une bonne alimentation en eau.

Parmi les caractères morphologiques les plus favorables à une alimentation en eau aussi abondante que possible, sont en général cités (Hallaire, 1964 ; Lemée, 1967 ; Heller, 1969 ; Baldy, 1973) :

- une surface d'absorption potentielle aussi élevée que possible,
- une section de raccordement des racines aux tiges aussi élevée que possible pour permettre un débit d'eau important vers les feuilles,

- une vitesse de croissance élevée pour pouvoir exploiter les couches profondes.

La surface d'absorption potentielle d'eau dans le sol, ou offre d'eau à la plante, est à rapprocher, selon les mêmes auteurs, de la surface foliaire qui règle la demande en eau.

Les résultats obtenus ici permettent de comparer seulement nombre de racines et nombre de feuilles. Selon que ces paramètres sont rapportés soit à la plante entière, soit à la tige, le jugement que l'on peut porter sur chaque variété change complètement.

Ainsi, par plante, IR 5 possède un nombre de « R 3 » et de « RD » très supérieur aux autres variétés, mais aussi un nombre de tiges et de feuilles très élevé. Or, par rapport à l'offre possible, le seuil où la demande ne peut plus être satisfaite paraît plus bas chez IR 5 et 2243, qui ont des nombres de « RD » par tige comparables et très inférieurs à ceux de Morobérékan.

Le tableau III relatif aux sections de raccordement, montre que si la section totale est plus élevée chez IR 5 que chez Morobérékan et que chez 2243, par contre, la section par tige est toujours plus élevée chez Morobérékan et, au 92^e jour après le semis, chez 2243.

En ce qui concerne la vitesse de croissance des racines, il est important qu'elle soit élevée de façon que la plante puisse tirer parti des réserves profondes du sol.

On peut calculer la vitesse de croissance à l'origine des racines à partir des observations effectuées.

Soit, en effet, v la vitesse de croissance des racines, supposée constante, lorsque la longueur de la racine passe de 0 à 3 cm ; le nombre de racines primaires ayant à un instant donné une longueur inférieure à 3 cm est donné par n :

$$n = 3 \cdot v^{-1} \cdot n_0,$$

où v est exprimé en $\text{cm} \cdot \text{j}^{-1}$,

n_0 = nombre de racines apparues en 24 heures.

Pendant un intervalle de temps de j jours, suffisamment court entre les dates t_i et t_{i+1} le nombre de « R 3 » passant de n_i à n_{i+1} et le nombre de « RD » de N_i à N_{i+1} , on a :

$$v = 3 \cdot \frac{N_{i+1} - N_i}{j} \cdot \frac{2}{n_{i+1} + n_i}$$

Cependant, l'estimation du nombre de racines apparues en 24 heures dans l'intervalle de temps considéré à partir de $(N_{i+1} - N_i) \cdot j^{-1}$ n'est correcte

que pendant la période où l'émission des racines est intense, de façon que N_{i+1} soit très supérieur à N_i et que l'erreur sur $(N_{i+1} - N_i)$ ne soit pas trop élevée. Lorsque l'apparition des racines devient moins importante, on observe parfois $N_{i+1} < N_i$, ce qui conduit à des valeurs aberrantes.

La moyenne des valeurs obtenues semaine par semaine pour chaque variété est la suivante :

Morobérékan :

entre le quinzième et le cinquante et unième jour après semis : $v = 0,9 \text{ cm.j}^{-1}$;

IR 5 :

entre le quinzième et le cinquante-septième jour après semis : $v = 0,45 \text{ cm.j}^{-1}$;

2243 :

entre le quinzième et le cinquante et unième jour après semis : $v = 1,0 \text{ cm.j}^{-1}$;

entre le cinquante-septième et le soixante-dix-huitième jour après semis :
 $v = 0,5 \text{ cm.j}^{-1}$.

Pour 2243, la valeur de $1,0 \text{ cm.j}^{-1}$ obtenue entre le quinzième et le cinquante et unième jour après semis a été calculée sur l'ensemble de l'intervalle de temps étudié du fait du petit nombre de racines émises dans cette période et, du fait que la variation du nombre de « RD » est pratiquement linéaire avec le temps durant cette période.

La vitesse de croissance des racines au départ est deux fois plus élevée chez Morobérékan que chez IR 5. Pour 2243, il faut considérer deux périodes : celle avant le déclenchement de l'émission intense des racines primaires, où la vitesse de croissance initiale est égale à celle de Morobérékan et celle, après ce déclenchement, où la vitesse chute de moitié.

Ces résultats sont à rapprocher des profondeurs maximales atteintes (tableau IV).

Les premières racines nodales apparaissent entre le huitième et le quinzième jour après semis. En se fondant sur la vitesse de croissance initiale calculée et le nombre de « R 3 » et de « RD » quinze jours après semis, on peut fixer la date, à 24 heures près, au douzième jour après semis.

Dans le tableau V, les données du tableau IV sont reprises pour une comparaison avec les profondeurs maximales théoriques au cent sixième jour après semis.

Tableau V
PROFONDEUR DES ENRACINEMENTS
OBSERVEE ET CALCULEE
(maximum théorique)
au cent sixième jour après semis
(en cm)

	Profondeur observée	Profondeur calculée
Morobérékan	85 à 90	85
IR 5	60 à 65	42
2243	55 à 60	95

Les observations sont en accord avec la valeur calculée uniquement dans le cas de Morobérékan.

Pour 2243, la profondeur atteinte est inférieure à la profondeur calculée, et le problème se pose de savoir si les premières racines émises ont une croissance continue pendant tout le cycle de la plante ou si elles s'arrêtent de croître au bout d'un certain temps.

Dans le cas de IR 5, le désaccord entre vitesse de croissance initiale calculée et profondeur réellement atteinte peut venir soit de variations de la vitesse de croissance en fonction de l'allongement de la racine, soit plutôt d'une sous-estimation de la vitesse moyenne de croissance par le calcul. Cette sous-estimation elle-même peut être liée à une surestimation du nombre de « R 3 »

(moyenne $\frac{n_{i+1} + n_i}{2}$ - trop forte), ce qui signifierait

que toutes les initiales de racines apparues ne se développent pas, hypothèse qui semble assez vraisemblable.

Il n'en demeure pas moins que la vitesse de croissance des racines apparaît plus faible chez IR 5 que chez Morobérékan, le cas de 2243 étant plus difficile à considérer.

CONCLUSION

Le rythme d'émission des racines adventives au niveau du plateau de tallage est un caractère lié au géotype chez le riz.

De ce point de vue, la variabilité chez trois variétés de l'espèce *Oryza sativa* apparaît plus élevée que chez le blé, selon les résultats de Pinthus (1969).

Chez Morobérékan et IR 5, l'émission commence au début du tallage, atteint son maximum d'intensité entre l'arrêt du tallage et l'initiation paniculaire du maître-brin, puis diminue rapidement. Elle se poursuit cependant jusqu'après l'épiaison.

Chez 2243, l'émission ne commence qu'après l'arrêt du tallage et atteint son maximum d'intensité après l'initiation paniculaire du maître-brin. Elle se poursuit aussi jusqu'après l'épiaison.

Parmi les trois variétés étudiées, Morobérékan est celle qui possède le plus de caractères apparemment favorables à une bonne résistance à la sécheresse. Par contre, IR 5, malgré son grand nombre de racines primaires par touffe et du fait de son très fort tallage, est apparentée, pour le caractère nombre de racines primaires par tige, à la variété 2243 chez laquelle on observe un retard de l'initiation intense des racines primaires jusqu'après l'arrêt de tallage. Ces deux variétés paraissent donc devoir être particulièrement sensibles à un épisode sec pendant la phase du tallage.

Les résultats font enfin ressortir, une fois de plus, la nécessité, d'une part, d'étudier les phénomènes dans leur dynamisme et pas seulement dans une situation à un instant donné ; d'autre part, de relier le développement des racines à celui des parties aériennes, un phénomène pouvant avoir des intensités très variables selon qu'il est jugé dans l'absolu ou relativement à un autre phénomène, lui-même intense : c'est le cas de l'émission des racines chez IR 5 pendant la phase de tallage intense.

Remerciements

Les auteurs remercient tous ceux qui les ont aidés dans la réalisation de l'essai, en particulier MM. Ridders et Jeannin, ou dans la discussion des résultats, en particulier MM. Reyniers et Le Buanec.

Bibliographie

- BALDY Ch. — 1973. Progrès récents concernant l'étude du système racinaire du blé (*Triticum sp.*). Annales Agronomiques de l'INRA, 24, 2, pp. 241-276.
- CHANDRARATNA M.F. — 1964. Genetics and breeding of rice. London, Longmans, 389 p.
- DAGNELIE P. — 1970. Théorie et méthodes statistiques. Gembloux, J. Duculot S.A., vol. 2, pp. 245-246.
- GIGOU J. — 1973. Etude de la pluviosité en Côte-d'Ivoire. Application à la riziculture pluviale. *L'Agronomie Tropicale*, XXVIII, 9, pp. 858-75.
- HALLAIRE M. — 1964. *Le potentiel efficace de l'eau dans le sol en régime de dessèchement. In : L'eau et la production végétale. Paris, INRA, pp. 27-62.
- HELLER R. — 1969. Biologie végétale. II. Nutrition et métabolisme. Paris, Masson, 578 p.
- JACQUOT M. — 1972. Quelques observations sur l'influence du milieu dans des cultures de riz pluvial. *L'Agronomie Tropicale*, XXVII, 10, pp. 1007-21.
- JACQUOT M. — 1974. Systèmes géniques contrôlant une courte taille de plante pour l'amélioration variétale du riz pluvial. *L'Agronomie Tropicale*, XXIX, 9, pp. 911-16.
- LEI H.S. — 1962. On the tillering rate of rice plant. Acta Biol. Exp. Sinica, 8, 1, pp. 35-44. In : *Fld Crop Abstr.*, 16, 3, p. 174.
- LEMEE G. — 1967. Précis de biogéographie. Paris, Masson, 359 p.
- MORI T. — 1972. Tissue differentiation and development in rice roots. Bull. Fac. Agric., Hirotsaki Univ., 18, pp. 236-304.
- NICOU R., SEGUY L., HADDAD G. — 1970. Comparaison de l'enracinement de quatre variétés de riz pluvial en présence ou absence de travail du sol. *L'Agronomie Tropicale*, XXV, 8, pp. 639-59.
- PELERETS C. — 1958. Etude du système racinaire du riz de terre ferme en conditions naturelles. Bull. Agric. Congo belge, 49, 5, pp. 1269-89.
- PICARD D. — 1973. Incidence d'une période sèche de courte durée sur l'émission des racines primaires de *Panicum maximum*. CR. Acad. Agric. Fr., 59, 18, pp. 1475-85.
- PINTHUS M.J. — 1969. Tillering and coronal root formation in some Common and Durum Wheat varieties. *Crop. Sci.*, 9, pp. 1267-72.
- PRADHAN S.K., VARADE S.B., KAR S. — 1973. Influence of soil water conditions on growth and root porosity of rice. *Pl. Soil*, 38, 3, pp. 501-8.
- RAJAGOPALAN K. — 1957. Root development improves drought resistance. *Rice News Tell.*, 5, 1, pp. 10-2.
- ROY J.K. — 1967. Anatomical studies in the genus *Oryza*. VI. Root anatomy and the mode of adventitious root development in Rice. *Oryza J. Assoc. Res. Workers (Cuttack)*, 4, 1, pp. 67-73.
- VIEIRA DA SILVA J.B. — 1970. Recherches sur diverses manifestations de la résistance à la sécheresse chez le cotonnier. Thèse Univ. Paris, Multigr., 193 p.