

# INFORMACIONES Agronomicas



INVESTIGACION  
**INPOFOS**  
EDUCACION

INSTITUTO DE LA POTASA Y EL FOSFORO  
POTASH & PHOSPHATE INSTITUTE  
POTASH & PHOSPHATE INSTITUTE OF CANADA

## MANEJO DEL POTASIO EN ARROZ

Achim Dobermann y Thomas Fairhurst\*

### Introducción

El potasio (K) es esencial para que ocurran normalmente diversos procesos en la planta. Entre estos se pueden mencionar la osmoregulación, activación de enzimas, regulación del pH y balance entre aniones y cationes en las células, regulación de la transpiración por los estomas y transporte de asimilados (producto de la fotosíntesis) hacia el grano. El K fortalece las paredes celulares y está envuelto en la lignificación de los tejidos escleróticos. A nivel de toda la planta, el K incrementa el área foliar y el contenido de clorofila, retrasa la senescencia y por lo tanto contribuye a una mayor fotosíntesis y crecimiento del cultivo. A diferencia del nitrógeno (N) y el fósforo (P), el K no tiene un efecto mayor en el macollamiento, sin embargo, su presencia incrementa el número de granos por panoja, el porcentaje de granos llenos y el peso de 1000 granos.

La deficiencia de K resulta en acumulación en la planta de azúcares lábiles de bajo peso molecular, amino ácidos y aminos que son una muy buena fuente de alimento para los patógenos que atacan las hojas. Por otro lado, el K mejora la tolerancia de la planta a condiciones climáticas adversas, al acame y al ataque de insectos y enfermedades. Los síntomas de deficiencia tienden a aparecer primero en las hojas viejas, debido a que el K es móvil dentro de la planta y se transloca de las hojas en senescencia a las hojas jóvenes. A menudo, la respuesta en rendimiento a la aplicación de K solamente se observa cuando el suplemento de otros nutrientes, especialmente N y P, es suficiente.

### Síntomas de deficiencia de K y efectos en el rendimiento

Los primeros síntomas de deficiencia de K en arroz aparecen como plantas de color verde oscuro que tienen hojas con márgenes de color amarillo parduzco o puntos necróticos. Estos síntomas aparecen primero en las puntas de las hojas viejas.

A medida que la deficiencias se acentúa, el color amarillo parduzco de las puntas de las hojas se desplaza a lo largo del filo y finalmente llega a la base de la hoja. Las hojas superiores son cortas, agobiadas y de un color verde oscuro sucio. Las hojas viejas cambian de color amarillo a café y si la

**OCTUBRE 2001**

**No. 45**

### Contenido

	Pág.
Manejo del potasio en arroz	1
Investigación demuestra que rendimientos muy altos son posibles con nuevo manejo nutricional del cultivo de maíz	6
Evaluación de la nutrición y fertilización de la soya en Guárico, Venezuela	10
Reporte de investigación reciente	13
Cursos y Simposios	15
Publicaciones de INPOFOS	16
Editor: Dr. José Espinosa	

\* Tomado de: Dobermann, A., and T. Fairhurst. 2000. Rice: nutrient disorders & nutrient management. Potash and Phosphate Institute and International Rice Research Institute.

Se permite copiar, citar o reimprimir los artículos de este boletín siempre y cuando no se altere el contenido y se cite la fuente y el autor.

deficiencia no se corrige aparece una decoloración gradual de las hojas jóvenes. Las puntas y los márgenes de las hojas se pueden secar. Se pueden también presentar fajas amarillentas a lo largo del tejido

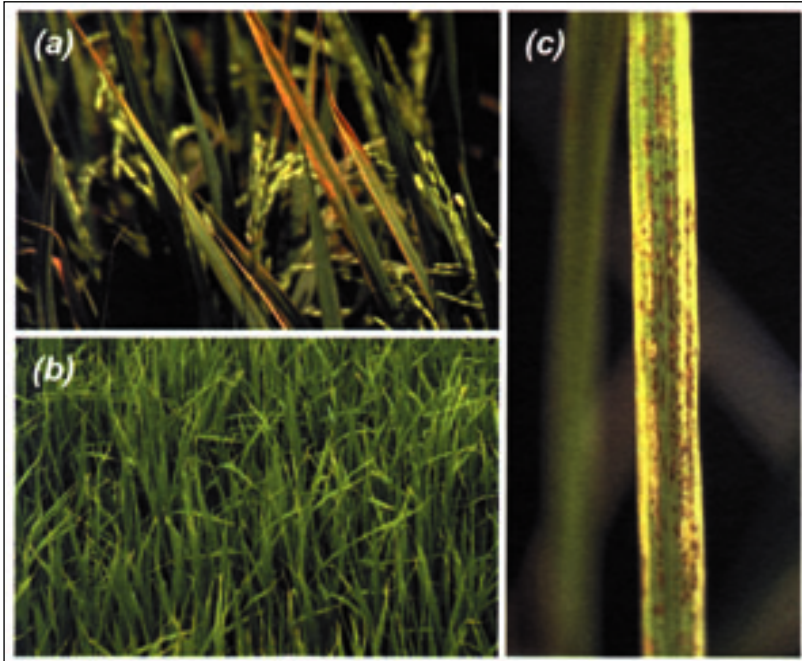
intervenal y se agobian las hojas bajas. Los síntomas de deficiencia de K (particularmente la presencia de márgenes de color amarillo parduzco en las hojas) son similares a los síntomas de infección con virus que provocan la enfermedad denominada tungro. Sin embargo, se puede distinguir un síntoma de otro porque el tungro aparece en parches y no ocurre en todo el campo.

Cuando la deficiencia de K es severa, aparecen puntos café en las puntas de las hojas viejas que luego se esparcen a toda la hoja, la que a su vez toma un color café general y finalmente se seca. Pueden también aparecer puntos necróticos en la panoja.

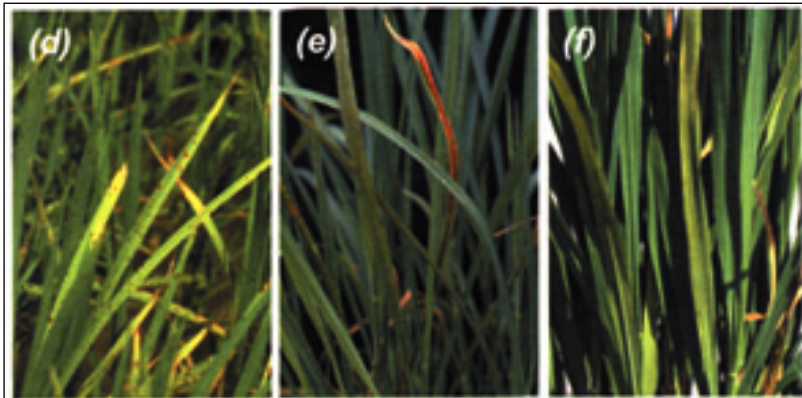
A menudo no se detectan los síntomas de deficiencia de K porque éstos no son tan fáciles de reconocer como los síntomas de deficiencia de P y N. Esto se debe a que los síntomas de deficiencia de K tienden a aparecer durante periodos más avanzados del ciclo de crecimiento. Los síntomas foliares generalmente son más aparentes en los híbridos que en las variedades ya que los primeros tienen una mayor demanda de K y una óptima relación N:K más estrecha.

Otros síntomas y efectos de la deficiencia de K en el crecimiento de la planta se describen a continuación:

- Plantas de crecimiento lento (hojas pequeñas, tallos cortos y delgados). El macollamiento se reduce solamente en condiciones de muy severa deficiencia.
- Mayor incidencia de acame de plantas.
- Senescencia temprana de las hojas, marchitamiento y enrollamiento de las hojas, particularmente en condiciones de alta temperatura y baja humedad.
- Alto porcentaje de espiguillas estériles o mal llenadas, condición causada por una pobre viabilidad del polen y una translocación tardía de los carbohidratos. Se reduce el peso de 1000 granos.
- Mal sistema radicular (muchas raíces negras y baja densidad y longitud de las raíces) que causa una reducción en la absorción de nutrientes. Se reduce la producción de citoquinina en las raíces.

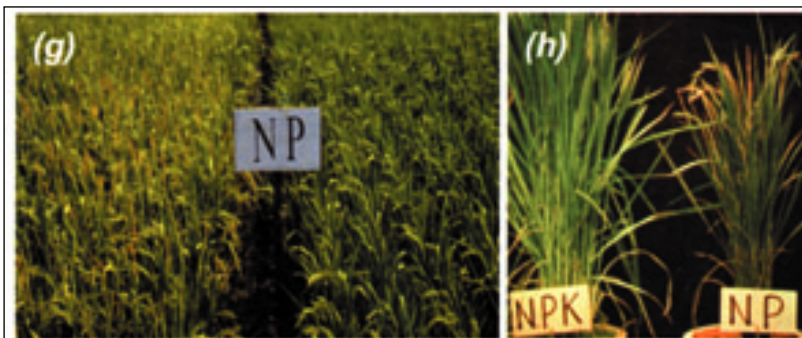


**Fotos a, b y c. Síntomas de deficiencia de K en arroz que inician con un amarillamiento de los bordes de las hojas.**



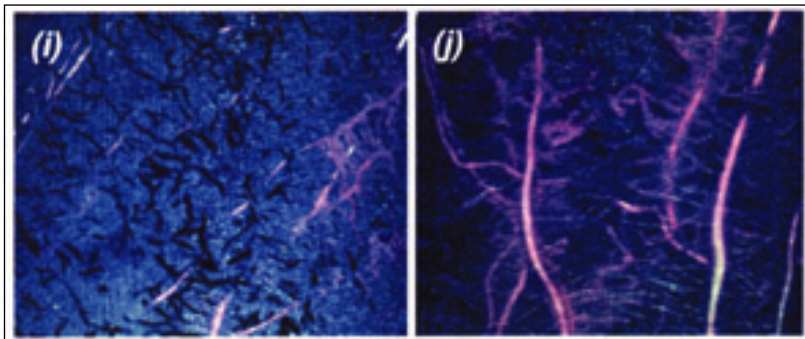
**Fotos d y e. Cuando la deficiencia de K se acentúa aparecen manchas de color café en la superficie de las hojas.**

**Foto f. El bronceado de las hojas es también una característica de la deficiencia de K en arroz.**



**Foto g. Los síntomas de deficiencia de K son más probables en los híbridos nuevos (izquierda) que en las variedades (derecha).**

**Foto h. Los rendimientos de arroz a menudo se limitan por fertilización desbalanceada. A la derecha, el efecto del N y P aplicados al cultivo no se observa debido a la falta de K.**



**Foto i. Raíces de plantas de arroz deficiente en K cubiertas con una capa negra de sulfuro de hierro.**

**Foto j. En contraste, raíces saludables de arroz cubiertas de una capa café rojiza de óxido de hierro**

- Bajo poder de oxidación de las raíces que reduce la resistencia del sistema radicular a sustancias tóxicas producidas en el suelo en condiciones anaeróbicas. Por ejemplo, toxicidad de hierro (Fe) causada por deficiencia de K.
- Incremento en la incidencia de enfermedades, particularmente la mancha parda (*Helminthosporium oryzae*), cercospora (*Cercospora* spp.), quemadura bacteriana (*Xanthomonas oryzae*), mancha de la panoja (*Rhizoctonia solani*), pudrición de la panoja (*Sarocladium oryzae*), pudrición del tallo (*Helminthosporium sigmoideum*) y piricularia o tizón (*Pyricularia oryzae*) cuando se usan cantidades excesivas de N y cantidades insuficientes de K.

### Contenido de K en la planta

Durante el crecimiento vegetativo hasta la floración, el suplemento de K es generalmente suficiente y la posibilidad de respuesta es baja si el contenido foliar de K está entre 1.8 y 2.6%. Para producir el máximo número de espiguillas por panícula, el contenido de K en las hojas maduras debe ser > 2% en el embuchamiento.

El nivel crítico de K en la paja a la cosecha está entre 1 y 1.5%, pero rendimientos mayores a 7 t/ha requieren concentraciones de K > 1.2% en la paja y > 1.2% en la hoja bandera a la floración.

Para óptimo crecimiento, la relación N:K en la paja debe estar entre 1:1 y 1:1.4.

### Contenido de K en el suelo

En arroz de inundación, los contenidos de K extraídos con acetato de amonio ( $\text{NH}_4\text{OAc}$  1N) varían entre 0.05 a 2.0 cmolc/kg (multiplicar por 390 para transformar a ppm o mg/kg). A menudo se usa un nivel crítico general de 0.2 cmolc/kg de suelo, sin embargo, dependiendo de la textura y mineralogía del suelo y del aporte de K de

fuentes naturales, el nivel crítico del K extraído con  $\text{NH}_4\text{OAc}$  1N puede variar de 0.1 a 0.4 cmolc/kg. La cantidad de K retenido (fijado) depende del contenido de arcilla del suelo, por esta razón, los niveles críticos son más altos en suelos que contienen altas cantidades de arcillas de tipo 2:1. A continuación se presentan diferentes criterios que ayudan a determinar el estado del K en el suelo:

- Contenido de K intercambiable < 0.15 cmolc/kg: bajo contenido de K, respuesta segura a la aplicación de fertilizantes potásicos.
- Contenido de K intercambiable entre 0.15 y 0.45 cmolc/kg: contenido medio, respuesta probable a la aplicación de fertilizantes potásicos.
- Contenido de K intercambiable > 0.45 cmolc/kg: alto contenido de K, respuesta a la aplicación de fertilizantes potásicos solamente cuando se obtienen rendimientos altos (> 8 t/ha).

La saturación de K (% de la CIC total) es a menudo un mejor indicador de la capacidad de suplementar K del suelo antes que la cantidad absoluta de K extraída con  $\text{NH}_4\text{OAc}$  1N. Esto se debe a que el porcentaje de saturación de K toma en cuenta la relación entre el K y los otros cationes intercambiables (Ca, Mg, Fe). Los rangos propuestos son los siguientes:

- Saturación de K < 1.5%: baja saturación, respuesta segura a la aplicación de fertilizantes potásicos.
- Saturación de K de 1.5 a 2.5%: saturación media, respuesta probable a la aplicación de fertilizantes potásicos.
- Saturación de K > 2.5%: saturación alta, respuesta poco probable a la aplicación de fertilizantes potásicos.

### Causas de las deficiencias de K

Las causas comunes de la presencia de síntomas de deficiencia de K son las siguientes:

- Baja capacidad del suelo de suplementar K.
- Insuficiente aplicación de fertilizantes potásicos minerales.
- Remoción completa de la paja del campo.
- Baja eficiencia del K aplicado debido a alta fijación en el suelo o a pérdidas por lixiviación.
- Presencia de cantidades excesivas de sustancias

reducidas ( $\text{H}_2\text{S}$ , ácidos orgánicos,  $\text{Fe}^{2+}$ ) en suelos pobremente drenados, lo que retarda el crecimiento de las raíces y la absorción de K.

- Relaciones muy amplias entre Na:K, Mg:K, o Ca:K o condiciones salino sódicas en el suelo. Exceso de Mg en suelos derivados de rocas ultrabásicas. Concentraciones altas de bicarbonato en el agua de riego.

### **Condiciones en las cuales se presenta la deficiencia de K**

La deficiencia de K en arroz es más común bajo las siguientes prácticas de manejo del cultivo:

- Excesivo uso de N o N+P con aplicación insuficiente de K.
- En el primer crecimiento de arroz sembrado directamente, cuando la población de plantas es grande y el sistema radicular es superficial.
- Los diferentes cultivares difieren en su susceptibilidad a la deficiencia de K y en la respuesta a la aplicación de fertilizantes potásicos. El requerimiento de K de los híbridos de arroz es mayor que las variedades debido a que los híbridos tienen una relación N:K más estrecha en la planta. Se requiere K adicional para sostener un vigoroso sistema radicular, incrementar la formación de raíces superficiales y mejorar el llenado del grano de los híbridos de arroz.

Suelos particularmente sensibles a la deficiencia de K incluyen los siguientes tipos de suelos:

- Suelos naturalmente bajos en K
  - Suelos de textura gruesa con baja CIC y bajas reservas de K.
  - Suelos altamente meteorizados con baja CIC y bajas reservas de K, como los suelos ácidos Ultisoles y Oxisoles y otros suelos degradados de los trópicos.
- Suelos en los cuales se inhibe la absorción de K
  - Suelos arcillosos con una alta fijación de K debido a la presencia de altas cantidades de arcillas de tipo 2:1 (illita o vermiculita).
  - Suelos con un alto contenido de K pero que tienen una amplia relación (Ca + Mg):K. Ejemplos son los suelos calcáreos y los suelos derivados de rocas ultrabásicas. Una relación (Ca + Mg):K muy alta resulta en una adsorción más fuerte de K a los sitios de intercambio y reduce la concentración de K en la solución del suelo.

- Suelos sulfato ácidos lixiviados con un bajo contenido de bases. La deficiencia de K en suelos sulfato ácidos puede ocurrir aun cuando el suelo contenga cantidades altas de K.
- Suelos pobremente drenados y fuertemente reducidos donde la absorción de K es inhibida por la presencia de  $\text{H}_2\text{S}$ , ácidos orgánicos y una excesiva concentración de  $\text{Fe}^{2+}$ .
- Suelos orgánicos (Histosoles) con reservas bajas de K.

### **Efecto de la inundación en la disponibilidad y absorción de K**

En las condiciones anaeróbicas que se producen después de la inundación, el K se desplaza de la fase de intercambio a la solución del suelo debido a la competencia por los sitios de intercambio con el  $\text{Fe}^{2+}$  y el  $\text{Mn}^{2+}$  que aparecen en estas condiciones. Esto incrementa la concentración de K en la solución del suelo y mejora la difusión del nutriente hacia las raíces del arroz, particularmente en los suelos con baja capacidad de fijar K como los suelos dominados por arcillas tipo 1:1 (caolinita). Sin embargo, una mayor concentración de K en la solución del suelo puede incrementar las pérdidas por lixiviación en suelos de textura gruesa o en suelos con altas tasas de percolación (> 10 mm/día).

La inundación de suelos que contienen vermiculita, illita u otros materiales que fijan K (arcillas de tipo 2:1) puede incrementar la fijación y reducir la concentración de K en la solución del suelo y el arroz pasa a depender de las reservas no intercambiables de K. Las raíces del arroz liberan  $\text{H}^+$  (para balancear el exceso de absorción de cationes) y  $\text{O}_2$  (para oxidar el  $\text{Fe}^{2+}$ ), sin embargo, ambos procesos causan acidificación de la rizosfera, incrementando de esta forma la liberación de K no intercambiable (debido a que el K es desplazado de las posiciones interlaminares por los iones  $\text{H}^+$ ).

### **Absorción de K por las plantas y remoción del campo**

La eficiencia del uso interno de K en arroz depende del suplemento de K y el estado general de la planta. En condiciones de nutrición balanceada y óptimas condiciones de crecimiento, se puede esperar una eficiencia interna de 69 kg de grano por kg de K absorbido. Esto equivale a una remoción de 14.5 kg de K por tonelada de grano a niveles de rendimientos económicos (70 – 80% del rendimiento máximo).

Sin embargo, en campos de agricultores, el promedio estimado de la eficiencia interna de K es solamente de

**Tabla 1. Absorción y contenido de K de las variedades modernas de arroz.**

Parte de la planta	Kg de K absorbido por tonelada de grano cosechado	
	Rango típico observado <sup>1</sup>	Promedio observado <sup>2</sup>
Grano + paja	14 - 20	17.0
Grano	2 - 3	2.5
Paja	12 - 17	14.5
Contenido de K (%)		
Grano + paja	0.22 - 0.31	0.27
Grano	1.17 - 1.68	1.39
Paja	0.61 - 1.20	1.07
<b>1 Medido en experimentos en campos de agricultores en Asia (n = 1300)</b>		
<b>2 Promedio de campos de agricultores y parcelas de investigación (n = 1300)</b>		

60 kg de grano por kg de K absorbido. El promedio observado de la remoción de K en sistemas irrigados en Asia es de 17 kg de K por tonelada de grano (Tabla 1). Teniendo en cuenta esta relación, una cosecha de 6 toneladas de grano por hectárea absorbe alrededor de 100 kg de K (comparado con solamente 87 kg de K por hectárea en condiciones de crecimiento óptimo). Del total de K absorbido, 80% permanece en la paja a la madurez.

Si solamente se seca el grano y la paja regresa al campo, se remueve solamente 2.5 kg de K por tonelada de grano. Cuando se quema la paja no se pierde K a la atmósfera, sin embargo, éste se puede perder por lixiviación del K de la cenizas si la paja se acumula y quema en montones grandes.

### Manejo general de K

El manejo del K debe ser considerado como parte de un sistema de manejo de la fertilidad a largo plazo, debido a que el K no cambia de forma o se pierde fácilmente de la zona radicular por los procesos químicos y biológicos de corto plazo que gobiernan en el suplemento de N en el arroz.

El manejo del K debe asegurar que la eficiencia de uso del N no esté limitada por deficiencia de K. A continuación se presentan recomendaciones generales de manejo para prevenir la deficiencia y mejorar la eficiencia de uso del K.

**Fuentes naturales:** Se debe estimar el ingreso de K de fuentes naturales al sistema para lograr determinar los requerimientos específicos de K para cada sitio. En la mayoría de las zonas de arroz irrigadas, el aporte de K en el agua de riego varía entre 10 a 50 kg de K/ha por cultivo, lo cual es suficiente para balancear las pérdidas y lixiviación de rendimientos de alrededor de 5 a 6 t/ha.

La concentración de K en el agua de riego tiende a seguir el siguiente comportamiento: agua de pozo poco profundo cerca de asentamientos humanos (5 – 20 mg/L), pozos profundos (3 – 10 mg/L), agua superficial de canal o río (1 – 5 mg/L).

Los aportes de K por agua de riego se pueden calcular cuando se conoce la cantidad de agua que se usa durante el ciclo. Por ejemplo, si el promedio de la concentración de K en el agua es de 3 mg/L, existe un aporte de 30 kg de K/ha si se usan 1000 mm de agua de riego. El contenido de K en el agua de riego puede variar considerablemente de sitio a sitio y de año a año. La utilización de agua de riego con bajo contenido de K puede promover la reducción de K en el suelo y llevar a severa deficiencia, mientras que las aguas ricas en K pueden contener suficiente K para satisfacer las necesidades de cultivos de alto rendimiento. Si se desea manejar la nutrición por cada sitio específico es necesario saber la magnitud de este aporte.

**Manejo del suelo:** Se puede incrementar la absorción de K mejorando la condición sanitaria del sistema radicular mediante prácticas de manejo del suelo como por ejemplo la labranza profunda (para mejorar la percolación a al menos 3 – 5 mm por día) y evitando excesivas condiciones de reducción en el suelo.

**Manejo del cultivo:** Se debe establecer una adecuada población de plantas saludables de arroz usando semilla de alta calidad de una variedad moderna que tenga múltiple resistencia a plagas y enfermedades y que se pueda manejar bien en el campo.

**Manejo de la paja:** Es aconsejable incorporar el residuo de paja al suelo. Sin embargo, si la única alternativa es quemar la paja, el residuo debe esparcirse bien en el campo (por ejemplo como la distribución que deja la combinada en el campo) antes de la quema. La ceniza que queda acumulada cuando se quema en montones se debe luego esparcir en el campo.

**Manejo balanceado de los fertilizantes:** Se deben aplicar las dosis óptimas de N y P y corregir las deficiencias de micronutrientes. Se debe aplicar fertilizantes potásicos, residuos de corral y otros materiales (cáscara de arroz, ceniza) para reponer el K removido en el arroz cosechado y sacado del campo.

A continuación se presentan algunas recomendaciones de fertilización de uso general en arroz:

- Se deben corregir las deficiencias de otros nutrientes (N, P, Zn), se deben corregir otros problemas en el suelo (restricciones en la profundidad del sistema radicular, toxicidades) y se

debe asegurar el adecuado manejo general de cultivo para maximizar la respuesta del cultivo al fertilizante potásico. Las dosis de K para mantener rendimientos de 5 a 7 t/ha y reponer el K removido en el grano y en la paja varían entre 20 y 100 kg K/ha (para convertir en  $K_2O$  multiplicar por 1.2). La dosis requerida depende de muchos factores: la capacidad tampón de K del suelo (alta en vertisoles y otros suelos que contienen arcillas fijadoras de K), textura del suelo, disponibilidad de otros nutrientes, variedad, meta de rendimiento, manejo de la paja, intensidad del cultivo y la cantidad de K presente en el agua de riego. En muchas zonas arroceras del mundo se obtienen respuestas significativas al K solamente cuando todos los otros factores son manejados adecuadamente y los rendimientos son superiores a 6 t/ha.

ⁿ Si la mayoría de la paja permanece en el campo (después de la cosecha con combinada o cosecha

manual de las panojas) y los aportes de K de residuos de corral son bajos, se debe aplicar 3 kg de K por cada tonelada de grano cosechada (por ejemplo 15 kg si el rendimiento fue de 5 t/ha) para reponer la remoción de K del campo.

ⁿ Cuando se saca la paja del campo y el aporte de otras fuentes de K (residuos de corral, agua, sedimento) es bajo, se debe aplicar al menos 10 kg de K por tonelada de grano cosechada (50 kg de K por 5 t/ha de rendimiento) para reponer la mayoría de K removido. Para evitar el agotamiento del K del suelo, y si el presupuesto lo permite, se debe tratar de reponer todo el K removido del campo aplicando 15 kg de K/ha por cada tonelada de grano cosechada.

ⁿ Los híbridos de arroz requieren siempre de aplicaciones más altas de K (50 a 100 kg de  $K\ ha^{-1}$  en la mayoría de suelos).Z