

gobiernos estudien la posibilidad de emplear esas técnicas cuando preparen proyectos destinados a fomen-

tar el estudio o el aprovechamiento de los recursos hidráulicos.

APLICACION DE ABONOS EN EL CULTIVO DEL ARROZ

ESTUDIO DE ALGUNOS METODOS DE APLICACION CON AYUDA DE TECNICAS ISOTOPICAS

Ha dado ya sus primeros resultados un programa de investigaciones sobre la aplicación de técnicas isotópicas en el cultivo del arroz, iniciado hace más de un año por el Organismo Internacional de Energía Atómica. Los trabajos realizados en virtud de varios contratos de investigación, adjudicados por el Organismo como parte del citado programa, han permitido obtener datos importantes sobre las ventajas relativas de los diferentes métodos de aplicación de abonos fosfatados en el cultivo del arroz.

Es bien conocida la variedad y profundidad de las investigaciones agrícolas que el empleo de los radioisótopos permite hoy día. Puede decirse, en general, que gracias a la aplicación de las técnicas isotópicas se está obteniendo gradualmente un conocimiento detallado de los procesos químicos, biológicos y de otra índole que determinan el éxito o el fracaso de una empresa agrícola, conocimiento que a su vez permite perfeccionar los sistemas de cultivo. Ello se manifiesta, tal vez con más evidencia que en ningún otro aspecto, en la aportación de las técnicas isotópicas a los estudios sobre la abundancia y movimiento de las sustancias nutritivas, y su absorción y metabolismo en las plantas.

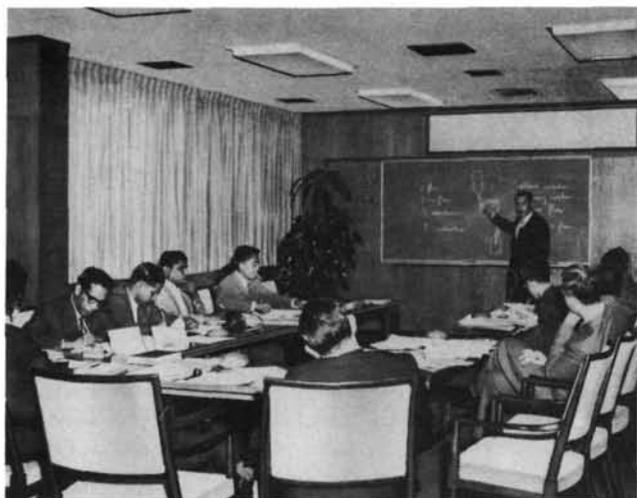
Aunque una modificación radical de los sistemas de cultivo debe basarse exclusivamente en un estudio minucioso de todos los procesos que entran en juego, los resultados de algunas investigaciones pueden ofrecer un interés práctico inmediato. Concretamente, el conocimiento de la eficacia relativa de los distintos métodos de aplicación de abonos -por ejemplo, si han de colocarse en la superficie del suelo o a cierta profundidad- puede ser de interés y utilidad inmediatas para los agricultores.

La necesidad de obtener esa información en lo que respecta a la aplicación de abonos fosfatados para el cultivo del arroz es particularmente acuciante. Los experimentos sobre el terreno efectuados durante varios años por procedimientos tradicionales no han proporcionado resultados inequívocos en cuanto a la eficacia relativa de los distintos métodos de aplicación de dichos productos para el cultivo de esa gramínea.

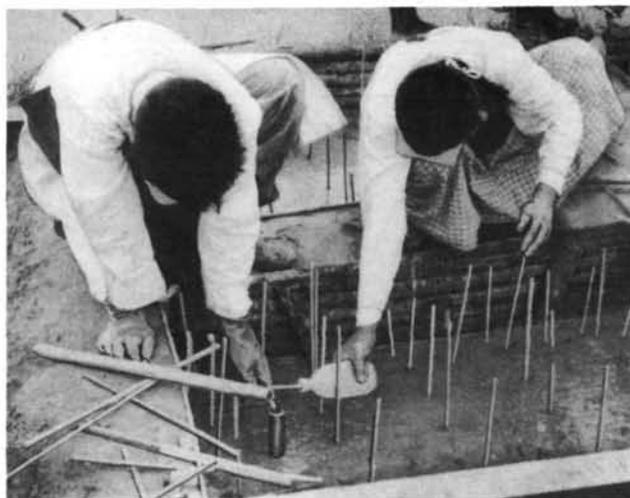
Pero ello no es sorprendente. Las variaciones del rendimiento de las diferentes parcelas de un campo experimental no son muy grandes. Aunque el fosfato puede emplearse de muy distintas maneras, los rendimientos suelen acercarse tanto al que se obtendría en condiciones óptimas, que la comparación de los rendimientos no proporcionaría un índice preciso y sensible de la eficacia de los fosfatos utilizados según los diversos métodos de aplicación. Sin embargo, si en un experimento de esta índole se utiliza superfosfato marcado con fósforo radiactivo (fósforo-32), es posible determinar la fracción de fosfato procedente del abono absorbida por la planta. De esta manera, puede determinarse directamente el grado de absorción, con independencia del desarrollo de las plantas o del rendimiento de los cultivos.

En la octava reunión de la Comisión Internacional del Arroz, celebrada en diciembre de 1961 en Nueva Delhi, varios investigadores comunicaron al representante del OIEA su deseo de utilizar técnicas isotópicas para comparar los diferentes métodos de aplicación de fosfatos en el cultivo del arroz. Tres meses más tarde, la Sección de Agricultura del Organismo, en cooperación con investigadores de varios Estados Miembros, preparó un experimento sobre el terreno y dispuso lo necesario para la distribución de abonos fosfatados marcados. Se concertaron siete contratos de investigación con especialistas de Birmania, Filipinas, Hungría, Pakistán Oriental, Pakistán Occidental, República Árabe Unida y Tailandia. Se llevaron a cabo nueve experimentos sobre el terreno, absolutamente idénticos, utilizando abonos marcados que provenían todos del mismo origen. Dichos experimentos se realizaron simultáneamente en tipos de suelo y en condiciones climáticas muy diferentes. A intervalos regulares se tomaron muestras de las hojas, que se enviaron para su análisis al laboratorio del Organismo en Seibersdorf o que analizaron los propios investigadores.

A fines del año pasado, funcionarios de la Sección de Agricultura del Organismo se reunieron con los titulares de los contratos de investigación y varios



Reunión celebrada en Los Baños (Filipinas) para discutir los resultados de los experimentos llevados a cabo con miras a estudiar los métodos de distribución de abonos fosfatados en los arrozales



La fotografía muestra la aplicación de abono radiactivo entre las hileras, a 10 cm de profundidad, en el experimento realizado en Birmania. Se empleó un inyector construido en el país

expertos invitados en el Instituto Internacional de Investigaciones sobre el Arroz, sito en Los Baños (Filipinas). En la reunión se compararon e interpretaron los resultados de los experimentos, y se elaboró el programa de trabajo para el año en curso. En la quinta Conferencia sobre radioisótopos, celebrada en mayo en Tokio, se presentó un informe sobre los resultados de los experimentos efectuados el año pasado. A continuación figura un resumen de dichos resultados.

Experimentos sobre el terreno y resultados

Todos los titulares de los contratos ejecutaron experimentos idénticos sobre el terreno, que consistieron en lo siguiente:

- 1) Aplicación de superfosfato marcado sobre la superficie del suelo;
- 2) Aplicación del abono incorporándolo a la capa superficial del suelo (es decir, mezclándolo con ella);
- 3) Aplicación del abono a 10 cm de profundidad del punto de siembra;
- 4) Aplicación a 20 cm de profundidad del punto de siembra;
- 5) Aplicación a 10 cm de profundidad, entre las hileras;
- 6) Aplicación a 20 cm de profundidad, entre las hileras.

Además de las parcelas sometidas a estas operaciones, había otras parcelas testigo que no se abonaron. Cada aplicación se llevó a cabo en ocho parcelas seleccionadas al azar en un campo experimental, o

sea, en 56 parcelas (inclusive ocho parcelas testigo sin abonar) repartidas al azar en un campo.

Todas las operaciones de cultivo efectuadas en los semilleros, por ejemplo, aplicación de abonos a base de nitrógeno y de potasio y trasplante de las plantas, se llevaron a cabo siguiendo un procedimiento uniforme. El superfosfato marcado, cuya actividad específica inicial era de 0,4 milicurios por gramo de fósforo, se aplicó a razón de 40 kg de fósforo por hectárea.

Las plantas se recolectaron a los 20, 40, 60 y 80 días de haberlas trasplantado del semillero. En el cuadro siguiente figura el índice relativo correspondiente a cada modo de aplicación, calculado en función de la fracción de fósforo del abono absorbido por las plantas (que conviene distinguir de la cantidad absorbida de fósforo que se encuentra naturalmente en el terreno).

Modo de aplicación	Índice, tomando como base la aplicación sobre la superficie
Sobre la superficie	100
Incorporado a la capa superficial	109
A 10 cm de profundidad del punto de siembra	54
A 20 cm de profundidad del punto de siembra	39
A 10 cm de profundidad, entre las hileras	44
A 20 cm de profundidad, entre las hileras	35

Los datos muestran que, por término medio, aplicando el abono sobre la superficie o incorporándolo a la capa superficial se obtienen resultados muy superiores a los de las otras formas de aplicación. Entre los distintos suelos se observaron grandes diferencias en la absorción relativa correspondiente a cada modo de aplicación. Sin embargo, en todos los casos, los resultados obtenidos con las dos formas



Visto del campo experimental de Hungría; en el centro de la parcela se han cortado algunas plantas en calidad de muestra

de aplicación en la superficie fueron superiores a los cuatro modos restantes de aplicación. Ello es notable, si se tienen en cuenta las diferencias que existían entre los suelos (cuyo contenido de fosfato natural variaba ampliamente), los distintos medios ambiente y las variedades de arroz empleadas, así como el hecho de que una de las modalidades de aplicación consistió en colocar el abono junto al punto de siembra, lo que suele dar un rendimiento óptimo en la mayor parte de las especies vegetales. Es, pues, evidente que en un solo año, gracias a esa labor realizada en común, se resolvió definitivamente un importante problema práctico. (Una limitación del proyecto fue, sin embargo, que ninguno de los experimentos se ejecutó en suelos lateríticos).

Los experimentos pusieron también de manifiesto las variaciones del índice de absorción del fosfato du-

Cosecha final en el campo experimental de Pakistán Oriental



rante el período de desarrollo de la planta. Se tomaron muestras a intervalos de 20 días, para medir el porcentaje de fósforo absorbido procedente del abono. En el cuadro siguiente se indican los resultados medios obtenidos con los diferentes modos de aplicación y se compara la absorción en los distintos intervalos, tomando como base un índice de 100 correspondiente a la absorción de abonos aplicados sobre la superficie 20 días después del trasplante.

Modo de aplicación	Días transcurridos después del trasplante			
	20	40	60	80
Sobre la superficie	100	96	89	114
Incorporado a la capa superficial	138	124	97	111
A 10 cm de profundidad del punto de siembra	146	71	45	58
A 20 cm de profundidad del punto de siembra	109	61	34	48
A 10 cm de profundidad, entre las hileras	72	72	45	46
A 20 cm de profundidad, entre las hileras	50	48	37	40

Los resultados muestran claramente la intensidad inicial de la absorción cuando el abono se aplica junto al punto de siembra y su insuficiencia en fases ulteriores. En particular, cuando el abono se aplica a 10 cm de profundidad, la absorción relativa disminuye muy rápidamente a medida que se desarrolla el sistema radicular, mientras que aplicándolo sobre la superficie o incorporándolo a la capa superficial no se registran variaciones apreciables en función del tiempo. En los demás casos, la absorción disminuye con el tiempo de manera mucho menos pronunciada que cuando el abono se coloca junto al punto de siembra. Por tanto, como puede verse en el cuadro precedente, la escasa eficacia relativa del abono aplicado junto al punto de siembra es el resultado de una combinación de factores: modo de aplicación y tiempo.

Aunque desde el punto de vista del aprovechamiento de los abonos, la aplicación del fosfato sobre la superficie o su incorporación a la capa superficial da resultados más favorables que las restantes modalidades, se precisan más experimentos para conocer la influencia del abono sobre los rendimientos definitivos, cuando es absorbido en diferentes fases del crecimiento de la planta.

Experimentos en el laboratorio del OIEA

Los titulares de los contratos de investigación enviaron al laboratorio del Organismo en Seibersdorf grandes muestras de suelo representativas de los terrenos experimentales, a fin de efectuar estudios comparativos en tiestos con los diferentes tipos de suelo, en un medio ambiente constante. Se pensó que las diferencias locales en cuanto a clima, tipo de suelo y variedad del arroz podrían influir en el grado de aprovechamiento del fosfato contenido en los abonos. Los factores que se estimaron más importantes fueron la capacidad de oxidación-reducción del suelo* y el movimiento del agua a través del suelo.

* La reducción es un proceso por el cual disminuye el contenido de oxígeno de un compuesto químico, lo contrario de oxidación. La anegación de los arrozales, que origina la reducción del suelo, es un aspecto característico del cultivo del arroz en muchos países.

Los estudios efectuados en tiestos tuvieron por objeto determinar la influencia de los siguientes factores sobre la absorción de fosfato, utilizando nueve tipos diferentes de suelos: 1) cultivo de secano; 2) cultivo en terreno anegado (sin corriente); 3) cultivo en terreno con corriente intermitente y desagüe; 4) cultivo en terreno anegado, con corriente continua; y 5) aplicación de los abonos sobre la superficie y mezclándolos por completo con el suelo.

Las operaciones necesarias para cada uno de estos experimentos se llevaron a cabo en invernaderos. Se aplicó a todos los tiestos superfosfato marcado y una cierta cantidad de nitrógeno, potasio, magnesio y otros elementos nutritivos secundarios. Dos meses después de su germinación, se recolectaron las plantas de arroz para determinar su contenido de fósforo-31 (estable) y fósforo-32 (radiactivo). En el cuadro siguiente se indica el porcentaje medio de fósforo procedente del abono contenido en las plantas.

Régimen de irrigación	Porcentaje del contenido total de fósforo de las plantas correspondiente al fósforo del abono	
	Aplicación del abono	
	Superficial	Mezclado
Secano	57,6	38,5
Terrenos anegados	45,5	34,5
Corriente intermitente	47,6	37,1
Terrenos anegados, con corriente	45,4	34,5

Puede observarse que cuando el abono se aplica sobre la superficie el régimen de irrigación no afecta de modo apreciable al aprovechamiento del fosfato y, cuando se mezcla con el suelo, sólo en el caso del cultivo de secano las plantas absorben mejor el fósforo del abono que el del suelo. Los resultados correspondientes al cultivo en terreno con corriente intermitente y en terreno anegado con corriente no difieren sensiblemente de los concernientes al cultivo en terreno anegado sin corriente. Ello parece indicar que:

- 1) el proceso de reducción del suelo, durante este período de tiempo, no modificó de manera apreciable la disponibilidad de fosfato en el suelo;
- 2) la corriente de agua no incrementó la absorción del fosfato del abono en comparación con el del suelo;
- 3) en el cultivo de secano, en que el terreno se halla fuertemente oxidado, aumentó la disponibilidad de fosfato procedente del abono en comparación con el del suelo;
- 4) la mayor eficacia de la aplicación superficial concuerda con los resultados obtenidos sobre el terreno (sin embargo, cabe notar que los experimentos sobre aplicación de abonos efectuados en invernadero raras veces son directamente aplicables sobre el terreno, y han de interpretarse con prudencia).

La concordancia de estos resultados entre sí es tanto más extraordinaria cuanto que representan la media de resultados obtenidos en nueve suelos, que se diferenciaban no sólo por su composición química sino también por su contenido inicial de fósforo.

El siguiente cuadro indica la cantidad relativa de fósforo del suelo disponible para su absorción por las plantas (conocido como valor A) en nueve tipos de suelos utilizados en los experimentos:

Suelo Nº	Valor A (miligramos de fósforo por kilogramo de suelo)
1	4
2	12
3	13
4	14
5	15
6	35
7	49
8	68
9	210

Otras investigaciones

El momento en que hay que aplicar los abonos es otro problema de considerable importancia; las técnicas isotópicas son especialmente indicadas para determinar las ventajas relativas de aplicar los abonos en diferentes épocas. Dentro del marco del programa de investigaciones sobre el arroz patrocinado por el Organismo, se ejecutarán este año experimentos sobre el terreno a fin de determinar cuál es la mejor época para aplicar los superfosfatos en los arrozales. Estos experimentos se efectuarán en diferentes lugares de Birmania, Filipinas, Hungría, Corea, Pakistán Occidental y Oriental, República Árabe Unida, Tailandia y, posiblemente, el Japón.

Los experimentos consistirán en a) aplicación del fosfato en tres cantidades distintas por unidad de superficie en el semillero, b) aplicación en tres épocas sucesivas, y c) aplicación en una sola vez y en varias veces de la misma cantidad de fosfato. Los resultados indicarán el grado de absorción del fosfato para cada uno de estos tres modos de aplicación. Se estudiará igualmente si el fosfato absorbido en fases avanzadas de desarrollo de la planta puede aprovecharse eficazmente en el metabolismo de la planta.

Se proyecta realizar en el laboratorio del Organismo varios experimentos conexos empleando muestras de suelos procedentes de los campos de ensayo. En el citado laboratorio se prepararán igualmente técnicas para ejecutar otros experimentos sobre el terreno.

Otro problema que se estudiará en el marco del programa de investigaciones es el de la eficacia de los abonos nitrogenados en el cultivo del arroz. A pesar de ser el elemento nutritivo más importante para esta planta, el nitrógeno ha sido apenas estudiado. Ello se debe en parte a que no existe ningún radioisótopo apropiado del nitrógeno, y para las investigaciones con indicadores ha de recurrirse a este elemento

del arroz, se prestará especial atención al estudio de los mecanismos que determinan la composición química del suelo en solución en las proximidades de las raíces, donde los elementos nutritivos son absorbidos de modo continuo por la planta.

El Organismo proyecta un programa continuo de investigaciones sobre el arroz con ayuda de técnicas radioisotópicas para resolver problemas de interés práctico inmediato para los agricultores. Uno de los más importantes es el de la absorción y el metabolismo de los elementos nutritivos. Por ejemplo es bien sabido que en el sudeste de Asia las variedades de arroz Indica a menudo no absorben el nitrógeno y que los rendimientos son bajos en comparación con los alcanzados con las variedades Japónica en regiones subtropicales. Es posible que el estudio detallado de la absorción del nitrógeno y de su transformación en aminoácidos en ambas variedades -Indica y Japónica- resuelva este problema y, por consiguiente, contribuya a mejorar el empleo de abonos nitrogenados en el sudeste de Asia. La experiencia ha demostrado que las investigaciones de esa índole sólo pueden llevarse a feliz término dentro del marco de un programa coordinado análogo al iniciado por el Organismo.

enriquecido en nitrógeno-15 (isótopo estable que puede distinguirse de la variedad común por su masa más pesada). Para ello se necesita un espectrómetro de masas, pero los centros de investigación agrícola situados en las regiones arroceras disponen raras veces de este aparato.

El laboratorio del Organismo en Seibersdorf dispone de un espectrómetro de masas para el análisis regular de muestras. En un futuro próximo se ejecutarán experimentos para estudiar la medida en que el aprovechamiento del nitrógeno por las plantas del arroz es afectado por la transformación de este elemento en el suelo, por las interacciones con otros elementos presentes en el suelo y por el modo y época de aplicación de los diversos tipos de abonos nitrogenados en cultivos de secano y en tierras anegadas. En virtud de un programa coordinado de contratos de investigación se llevarán a cabo experimentos de laboratorio, en tiestos y sobre el terreno, utilizando compuestos marcados con nitrógeno-15. Cuando proceda, las muestras se analizarán en el laboratorio de Seibersdorf. Este ha empezado los trabajos preliminares para elaborar técnicas adecuadas.

Respecto a la abundancia y movimiento de los elementos nutritivos en los suelos destinados al cultivo