

# LOS RADIOISOTOPOS Y EL ARROZ

A pesar de que la gran mayoría de la población de las regiones menos desarrolladas del mundo se alimenta a base de arroz, es sorprendente lo poco que se sabe de la fisiología de esta planta del arroz y sobre su nutrición. Los métodos tradicionales de su cultivo, que, como es natural, se adaptan a las condiciones locales, son diversísimos, y enormes las diferencias de rendimiento y calidad. Algunas de estas diferencias se pueden atribuir a lo variadas que son las características fijas del medio ambiente, pero es lógico suponer que en muchos casos, la pobreza del rendimiento y la baja calidad del arroz se pueden superar adoptando métodos de cultivo más adecuados a las características y necesidades fisiológicas de la planta.

Los radioisótopos se pueden emplear eficazmente para investigar algunas de estas características. Utilizados como trazadores, pueden ayudar a revelar las relaciones entre la planta y el suelo, los fertilizantes y otros factores ambientales. Otros métodos de investigación parecen más sencillos, pero en realidad resultan más complicados y exigen mucho más tiempo. Además, no todos los procesos se pueden estudiar con los procedimientos tradicionales. Por ejemplo, algunas características peculiares del cultivo del arroz sólo se pueden en la actualidad investigar mediante la utilización de isótopos.

La mayor parte de estas características peculiares se deben a que en muchos sitios el arroz se cultiva en tierras pantanosas o inundadas, a veces bajo una capa de agua de varios metros de profundidad. Así se crean condiciones poco comunes, a las que el arroz se adapta muy bien. Por ejemplo, casi todas las plantas necesitan que haya oxígeno en el suelo, en la parte donde están sus raíces, pero el arroz puede prescindir de él por razones que todavía no acaban de comprenderse. Por otra parte, la inundación de los campos modifica la composición química del suelo y algunas de estas modificaciones perjudican al crecimiento de las plantas pero, en cambio, no afectan a la del arroz.

## Absorción del oxígeno

Ciertas investigaciones sobre la absorción del oxígeno por las raíces del arroz pueden ilustrar la utilidad de los radioisótopos para estudiar este tipo de problemas. En general las hojas de las plantas absorben el óxido de carbono de la atmósfera durante el día pero durante la noche absorben oxígeno solamente, igual que los seres humanos. En cuanto a las raíces, generalmente absorben el oxígeno del suelo sin interrupción. Ahora bien, si los poros del suelo están inundados, el oxígeno atmosférico no

puede penetrar en él y las raíces se ven privadas del oxígeno que necesitan. ¿Cómo resuelve este problema el arroz? Quizá el metabolismo de esta planta -es decir, los procesos químicos que se desarrollan dentro del organismo- es diferente del de las demás. La mejor manera de estudiar el mecanismo metabólico es recurriendo a los radioisótopos, y en el caso del arroz se ha utilizado ya el carbono radiactivo (carbono-14). Estas investigaciones se han visto coronadas por resultados concluyentes, pero se han descubierto interesantes detalles que hacen pensar que el arroz expulsa peróxido de hidrógeno por sus raíces; parte del oxígeno contenido en el peróxido se libera espontáneamente, y así se mantiene el nivel de oxígeno necesario en la proximidad de las raíces. Probablemente cuando acaben estas investigaciones se sabrá exactamente cómo se desarrolla este proceso.

Para fomentar la investigación de esta clase de problemas el Organismo Internacional de Energía Atómica ha concertado contratos de investigación con los institutos agrícolas de algunos de sus Estados Miembros. Algunas de estas investigaciones versan sobre las relaciones edafológicas y la fertilización, y el arroz es uno de los cultivos principales que se estudian. En mayo pasado el Organismo reunió en Viena un grupo de expertos para que estudiaran algunos de los principales problemas que plantea el empleo de los radioisótopos en las investigaciones sobre las relaciones edafológicas y la fertilización, y entre las cuestiones de más importancia que se trataron estaban las relativas al arroz.



Esta fotografía de plantas de arroz en un terreno anegado en Indonesia, muestra una de las modalidades de cultivo del arroz de que se trata en este artículo



En el Instituto de Investigaciones Agronómicas de Gyogon (Birmania), y dentro del marco de un proyecto de asistencia técnica del OIEA, se están llevando a cabo investigaciones mediante radioisótopos sobre la nutrición del arroz, en especial sobre la absorción de fósforo. En la fotografía aparecen varios miembros de una misión del OIEA (tercero, cuarto y quinto por la derecha) que visitó Birmania en julio pasado, con el Director del Instituto (segundo por la izquierda) y el experto en asistencia técnica del Organismo (cuarto por la izquierda)

En una comunicación presentada al grupo de expertos por el Profesor S. Mitsui, de la Universidad de Tokio, se reseñan las principales aplicaciones de los radioisótopos en los estudios sobre problemas edafológicos en relación con el arroz y su cultivo, y se enumeran algunas cuestiones que se podrían investigar con ayuda de los radioisótopos.

## Estudios sobre fertilización

En virtud de los contratos concertados por el Organismo se están realizando una serie de investigaciones sobre el arroz. Una de ellas, que se está llevando a cabo en el Departamento de Agronomía de la Escuela de Agricultura de la Universidad Nacional de Formosa, trata de la recuperación de grandes superficies de terreno dejado al descubierto por las mareas bajas en Formosa, para destinarlo a la agricultura. En lo que al cultivo del arroz se refiere, estos esfuerzos se han visto coronados por el éxito, aunque la elevada salinidad del terreno haya demorado el crecimiento de las raíces, disminuyendo así el rendimiento de los fertilizantes y de las cosechas. Con objeto de mejorar la utilización de los fertilizantes, uno de los contratos de investigación del OIEA estudia la posibilidad de recurrir a la aplicación foliar del fertilizante (que consiste en rociar con los fertilizantes las hojas de las plantas). Utilizando el arroz como cultivo de ensayo, se estudian la absorción, el desplazamiento y la distribución de los fertilizantes a base de fosfato marcados con fósforo radiactivo ( $^{32}\text{P}$ ) y de urea marcada con carbono radiactivo ( $^{14}\text{C}$ ), fumigados sobre las hojas de la planta.

Si esta investigación da resultados satisfactorios, se tiene el propósito de emprender otras para estudiar la manera de difundir más el uso de la fertilización foliar. Estos estudios pueden llegar a ser de inmensa importancia para el aprovechamiento agrícola de las tierras marginales. Los investigadores de problemas agrícolas de distintas partes del mundo han comprobado en general que la aplicación foliar de los fertilizantes puede llegar a ser mucho más eficaz que la aplicación de fertilizantes en el suelo en aquellos lugares en que las condiciones del terreno -por ejemplo, su baja temperatura o su excesiva alcalinidad- mitigan la eficacia del fertilizante, pero hasta ahora no se había estudiado en el caso del arroz la posibilidad de compensar los efectos desfavorables de la salinidad del suelo recurriendo a la fertilización foliar.

En otro trabajo de investigación que está llevando a cabo el Instituto de Nutrición Vegetal y Fertilizantes de la Universidad de Tokio, se emplea el silicio radiactivo ( $^{31}\text{Si}$ ) para determinar el valor del silicio como sustancia nutritiva del arroz. Últimamente ha cobrado mucho interés la utilización de escoria de silicio como fertilizante complementario del arroz, en los países que se dedican a cultivarlo. Se cree que el silicio fortalece el tallo del arroz. Esto es muy importante porque el nitrógeno tiende a restar rigidez al tallo, con lo que la planta del arroz se encama antes de que madure el grano. Este efecto del nitrógeno obliga a limitar la cantidad de este fertilizante que se puede utilizar en los cultivos de arroz. La dificultad tal vez se pueda superar aplicando simultáneamente silicio, pues al fortalecer el tallo permitiría el empleo de mayores cantidades de fertilizantes nitrogenados, lo que a su vez mejoraría el rendimiento del cultivo y evitaría las dificultades que generalmente crea la debilidad del tallo.

Parte de la labor realizada en el Instituto de Investigaciones Agronómicas de Birmania con arreglo a un proyecto de asistencia técnica del Organismo



Como parte de este mismo trabajo, el Instituto de Tokio está efectuando otras investigaciones para evaluar la acción de los fertilizantes mediante el empleo de radioisótopos. Una de ellas versa sobre la absorción del fósforo contenido en distintos fertilizantes, especialmente en aquellos que se usan en forma de pastillas. Se ha podido comprobar que en el caso del arroz el empleo de fertilizantes fosfatados en pastillas aumenta la absorción del fósforo, mientras que en el caso del trigo ocurre lo contrario. Como esta conclusión es de mucha importancia para el uso de fertilizantes en pastillas, se están estudiando de nuevo estos procesos a fin de determinar mejor los factores que entran en juego.

## **Absorción de desechos radiactivos**

En el mismo Instituto se han terminado recientemente los trabajos de investigación correspondientes a otro contrato del OIEA, relacionado con la absorción de sustancias radiactivas por plantas de arroz cultivadas en tierras bajas regadas con aguas contaminadas. En la mayor parte del mundo el arroz se cultiva en tierras inundadas y existe la posibilidad de que en los países productores de arroz se construyan reactores nucleares, por lo cual es importante determinar qué proporción de los desechos radiactivos de las aguas que riegan las tierras de cultivo es absorbida por el arroz. Para eso hay que estudiar, por una parte, la absorción de radioisótopos por el suelo y, por otra, su paso del suelo a la planta; ambas cuestiones presentan características especiales debido a las condiciones peculiares en que se cultiva el arroz.

Ciertos experimentos preliminares realizados con estroncio radiactivo ( $^{90}\text{Sr}$ ) y cesio radiactivo ( $^{137}\text{Cs}$ ) parecen indicar que el arroz cultivado en tierras pantanosas tiende a concentrar estos elementos más que el arroz de las tierras altas. Además, se supone que determinadas sales que forman parte de los fertilizantes utilizados -y no hay que olvidar que en el cultivo del arroz se emplean los fertilizantes en grandes cantidades- pueden modificar el movimiento de las sustancias radiactivas en el suelo y su absorción por las plantas.

Uno de los resultados más importantes de las investigaciones efectuadas por el Instituto de Tokio se relaciona con el efecto del amonio sobre la absorción del cesio radiactivo por la planta del arroz. Los fertilizantes nitrogenados más utilizados en el cultivo del arroz suelen ser las sales de amonio. Por un proceso denominado nitrificación, producido por la acción de ciertas bacterias, el nitrógeno de las sales de amonio se combina con el oxígeno para formar nitratos, y en esta forma es como las plantas

suelen absorber el nitrógeno. Pero como en los terrenos inundados no hay oxígeno, el arroz absorbe directamente el nitrógeno en forma de sal de amonio.

Las investigaciones realizadas en Tokio han permitido comprobar que si hay amonio en el suelo, el arroz absorbe más cesio-137, que es uno de los radioisótopos más importantes producidos por la fisión nuclear (en cambio, la presencia del amonio no parece influir en la absorción de estroncio radiactivo). Como una parte de las sustancias radiactivas absorbidas por la planta se transmitirán a las personas que se alimenten con su grano, es muy importante encontrar la manera de reducir la absorción de cesio radiactivo. Si en una determinada región se comprueba que la absorción de cesio radiactivo alcanza proporciones inquietantes, el nitrógeno destinado a fertilizar las tierras arroceras se podría emplear en forma de nitratos más bien que en forma de sales de amonio, pues la absorción de cesio radiactivo no aumenta si hay nitratos en el suelo.

Pero también en este caso las condiciones especiales del cultivo del arroz plantean una dificultad. Por falta de oxígeno en los suelos inundados, el oxígeno de los nitratos se combina con diversas sustancias, por la acción de ciertas bacterias, y libera nitrógeno en forma de gas, que se pierde en la atmósfera. Este proceso es la desnitrificación. Para solucionar este problema se ha sugerido que el nitrato se extienda sobre la superficie de la tierra, es decir, en la capa superficial que contiene abundante oxígeno cuando las plantas comienzan a crecer, en vez de mezclarlo con la tierra antes del cultivo; de esta manera, el nitrógeno puede ser absorbido por la planta antes de que se inicie la desnitrificación.

## **Modificaciones genéticas**

En el programa de contratos de investigación del OIEA se presta atención también a la posibilidad de crear nuevas y mejores variedades de arroz mediante modificaciones genéticas radioinducidas. Varios trabajos de investigación contractuales se refieren a los problemas de mutación genética de las plantas y el arroz es una de las cosechas principales objeto de las experiencias. Se han obtenido ya resultados favorables al mejorarse las características fitológicas de las nuevas variedades de esta planta. Sin embargo, en esta esfera no cabe esperar la obtención de resultados muy rápidos. En un simposio científico que se reunió el año pasado en Karlsruhe (Alemania), y que organizaron conjuntamente el OIEA y la FAO, se examinó el estado actual de los trabajos sobre mutaciones radioinducidas.