

Empleo de isótopos y de radiaciones en agricultura*

por C.G. Lamm

La energía atómica es, para la mayoría, los reactores nucleares. Pocos saben que hay otro aspecto de esa energía que ha transformado su vida cotidiana en los últimos 20 a 30 años. Cuando en 1957 se creó el Organismo Internacional de Energía Atómica, uno de sus objetivos iniciales más importantes era fomentar el empleo de los radioisótopos y de las fuentes de irradiación en la investigación, la industria, la agricultura y la medicina. Hoy son contadas las personas que aprecian hasta qué punto se ha conseguido ese objetivo. Por ejemplo, los radioisótopos y la irradiación controlada se emplean para mejorar los cultivos de plantas alimenticias, para conservar los alimentos, para descubrir aguas subterráneas, para esterilizar productos médicos, para analizar hormonas, para radiografiar tuberías, para el control de procesos industriales y para el estudio de la contaminación ambiental. Gran número de los objetos que utilizamos en nuestra vida cotidiana deben sus propiedades a la irradiación durante su fabricación.

Algunos elementos radiactivos, tales como el radio, se encuentran en estado natural, pero la mayoría de las sustancias radiactivas se producen en reactores nucleares o en aceleradores. Por lo general, solamente puede producirse un tipo de radioisótopo en un instante dado en un acelerador, a diferencia de los reactores en los que pueden producirse simultáneamente muchos radioisótopos diferentes.

Gracias a los reactores nucleares ha sido pues posible producir grandes cantidades de materiales radiactivos a bajo costo. Con ello, el empleo de los isótopos radiactivos producidos artificialmente ha logrado una amplia expansión desde finales de los años 40. La moderna tecnología ha puesto al alcance de la comunidad científica los isótopos que no emiten radiaciones.

En nuestra vida cotidiana necesitamos alimentos, agua y buena salud. Hoy los isótopos han llegado a desempeñar una importante función en las tecnologías cuyo fin es satisfacer esas necesidades básicas.

AGRICULTURA Y ALIMENTACION

En 1964 la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) crearon la División Mixta FAO/OIEA de la Energía Atómica en la Agricultura y la Alimentación ubicada en la Sede del OIEA en Viena. Esta División Mixta FAO/OIEA apoya y coordina proyectos de investigación en todo el mundo sobre el empleo de los isótopos y de las radiaciones en fitotecnía, fertilidad de suelos, riegos y cultivos, lucha contra los insectos y las plagas, producción y sanidad pecuarias, residuos químicos y contaminación, y conservación de

* Artículo adaptado de la publicación del OIEA "Los isótopos en la vida cotidiana".

alimentos. La Sección de Agricultura del Laboratorio del OIEA en Seibersdorf, (cerca de Viena), respalda estos trabajos, cuando es necesario, mediante labores de capacitación, investigaciones y servicios.

La División Mixta FAO/OIEA tiene a su cargo varios programas internacionales con el fin de:

1. producir variedades de plantas alimenticias de elevado rendimiento y con alto contenido en proteínas;
2. producir variedades resistentes a las enfermedades y al clima (y a veces una variedad temprana para conseguir dos o más cosechas anuales);
3. localizar y utilizar con eficacia los recursos hídricos;
4. determinar la absorción de abonos y la función de los oligoelementos;
5. combatir o erradicar las plagas;
6. evitar las pérdidas de las cosechas durante el almacenamiento;
7. mejorar la productividad y sanidad de los animales domésticos.

En todas estas esferas han contribuido notablemente los isótopos y las radiaciones. A continuación se subrayan algunos de estos programas, encaminados a reforzar los recursos nacionales en términos de capacitación y de expertos.

FITONUTRICION

El eficaz empleo de abonos es de gran importancia ya que éstos no solo son costosos sino que, para muchos países, pueden significar un enorme gasto de divisas extranjeras. El uso inadecuado o excesivo de abonos es caro y puede perjudicar al medio ambiente. Es por lo tanto esencial que la máxima cantidad del abono utilizado penetre en la planta, limitándose a un mínimo las pérdidas debidas a una aplicación errónea o a la desacertada elección del momento de aplicación, etc.

Los abonos marcados con isótopos radiactivos como el fósforo-32 o con isótopos estables como el nitrógeno-15 sirven para determinar la cantidad de abono absorbida por la planta y la que se pierde en el medio ambiente. El nitrógeno-15 permite además evaluar directamente la cantidad de nitrógeno atmosférico fijada en condiciones de campo.

En un país que participó en un programa de investigación sobre abonos nitrogenados para el maíz, organizado por la División Mixta FAO/OIEA, se estimó que el beneficio para dicho país se elevaba a 36 millones de dólares de los Estados Unidos anuales una vez que los agricultores de dicho país comenzaron a aplicar los resultados del programa de investigación destinado a utilizar con mayor eficacia el abono. En un programa similar referente a los cocoteros en Sri Lanka, resultó que el empleo eficaz del abono no solamente produjo economías directas en el costo de dicho abono sino que también se consiguió la disminución de los costos de producción. Programas similares realizados con cultivos tales como el arroz han dado como resultado economías de millones de dólares debido a la disminución de los gastos de fertilizantes. Son posibles economías, aún mayores. Un Grupo de expertos ha calculado recientemente que podría economizarse hasta el 50% de los abonos utilizados hoy en todos los países mediante la aplicación de abonos mejorados, un mejor aprovechamiento de las aguas y perfeccionados métodos de cultivo.

LUCHA CONTRA LOS INSECTOS

Si bien algunos insectos son importantes para mantener el equilibrio ecológico natural, otros destruyen valiosas plantas alimenticias. Algunos insectos, como el mosquito y la mosca tsé-tsé, son vectores de enfermedades infecciosas.



Figura 1. Los abonos marcados con el isótopo estable nitrógeno-15 permiten a los investigadores determinar las necesidades en materia de alimentación de los cultivos y aumentar la eficacia del abono empleado.

Se ha estimado que, a escala mundial, las pérdidas de las cosechas ocasionadas por los insectos pueden ascender al 10% de la cosecha total, cantidad igual al total de la cosecha de un país como los Estados Unidos de América o la Union de Repúblicas Socialistas Soviéticas.

Los métodos de control biológico poseen la ventaja de ser específicos para el insecto atacado y de contribuir a proteger el medio ambiente al minimizar el empleo de insecticidas. Por ello la técnica de los insectos estériles (TIE) puede ser útil, como se ha comprobado en algunos casos verdaderamente graves. La TIE consiste en administrar dosis esterilizantes de radiación ionizante a insectos machos criados en laboratorio. Los machos así esterilizados se ponen en libertad en elevadas cantidades en las zonas infestadas donde se aparean con las hembras pero sin producir descendencia. Tras repetidas liberaciones de machos esterilizados, la plaga de insectos se reduce notablemente en las zonas infestadas.

La primera utilización con éxito de la TIE se realizó en el caso de la mosca gusanera, plaga grave de insectos que viven en las heridas de los animales de sangre caliente, especialmente en el ganado. Se esterilizaron por irradiación moscas gusaneras macho y se dejaron

en libertad en la isla de Curaçao en el Caribe. Después de varios ciclos de reproducción, desapareció virtualmente la plaga de esa isla. Posteriormente se utilizó la TIE para erradicar la mosca gusanera del Estado de Florida, donde las pérdidas ganaderas debidas a esta plaga subían a más de 25 millones de dólares anuales. Estimulados por estos primeros éxitos se pusieron en ejecución numerosos proyectos de investigación y se han estudiado más de 200 especies de insectos.

Así se llevó a cabo una intensa actividad de investigación sobre la mosca mediterránea de la fruta, que dio como resultado nuevos éxitos en Capri y en otras islas. Recientemente una bolsa aislada de infestación de mosca mediterránea de la fruta quedó erradicada en California utilizando primero insecticidas y a continuación la TIE. Este método se utiliza actualmente en gran escala en América Central con el apoyo de la División Mixta FAO/OIEA y de su laboratorio. Análogamente se erradicó la mosca del melón de la isla de Rota en el Pacífico Sur.

Una de las mayores plagas del mundo es la mosca tsé-tsé, portadora de un parásito que ocasiona la enfermedad del sueño. La tsé-tsé es un obstáculo importante para el desarrollo socioeconómico del sur de África y del Sahara, dado que el parásito ataca al hombre y al ganado.

Para poder utilizar la TIE en el caso de la mosca tsé-tsé, la División Mixta FAO/OIEA tuvo que resolver primero el problema de criar enorme número de moscas tsé-tsé en el laboratorio. También presentó notables dificultades el problema de comprobar la eficacia de la TIE sobre el terreno, pero se ha creado una sencilla técnica basada en el examen al microscopio del sistema reproductor de las hembras. Los entomólogos estiman que pueden actualmente iniciar proyectos en gran escala para la erradicación de la mosca tsé-tsé, en los que la TIE se integra en un plan de lucha contra las plagas. En la región del Alto Volta se han realizado con éxito diferentes experimentos, y se encuentra un proyecto en gran escala en Tanga (Tanzanía) y otro se encuentra en su fase inicial en Nigeria.

MUTACIONES

Durante los últimos 15 años, las alteraciones genéticas radioinducidas han contribuido de manera creciente al mejoramiento de los cultivos, la fitogenética mutacional ha pasado a ser rama esencial de la fitotecnica. Las autoridades nacionales competentes han autorizado y aprobado para la producción comercial alrededor de 200 variedades de plantas de cultivo obtenidas por mutaciones inducidas así como un número similar de variedades de plantas ornamentales obtenidas por selección. Muchas de ellas revisten hoy importancia económica.

Un buen ejemplo del éxito alcanzado mediante la fitogenética mutacional es la obtención en Hungría, en cooperación con el Laboratorio del OIEA en Seibersdorf, de una nueva variedad de arroz resistente al añublo, que es una enfermedad muy nociva para el cultivo. Se probó primeramente una variedad francesa, Cesariot, que se sabía que poseía una buena resistencia a esta y otras infecciones. No obstante, la variedad Cesariot maduraba muy tardíamente en Hungría y en los veranos frescos no producía el rendimiento adecuado o fallaba por completo. La finalidad de los cambios genéticos necesarios en este caso está clara. Era necesario conseguir mutaciones que experimentasen una maduración precoz, pero conservando la resistencia al añublo y otras características valiosas. Para ello se irradiaron con diferentes magnitudes de radiación gamma y con neutrones rápidos muestras de miles de semillas de la variedad de arroz Cesariot, plantándose a continuación las semillas irradiadas. La selección se comenzó en la segunda generación de aquellas cuya florescencia era temprana, continuándose la selección en la tercera generación. Se observó que uno de los mutantes resultantes de la irradiación con neutrones rápidos "granaba" tres semanas antes que la variedad progenitora. Las plantas procedentes de las semillas de

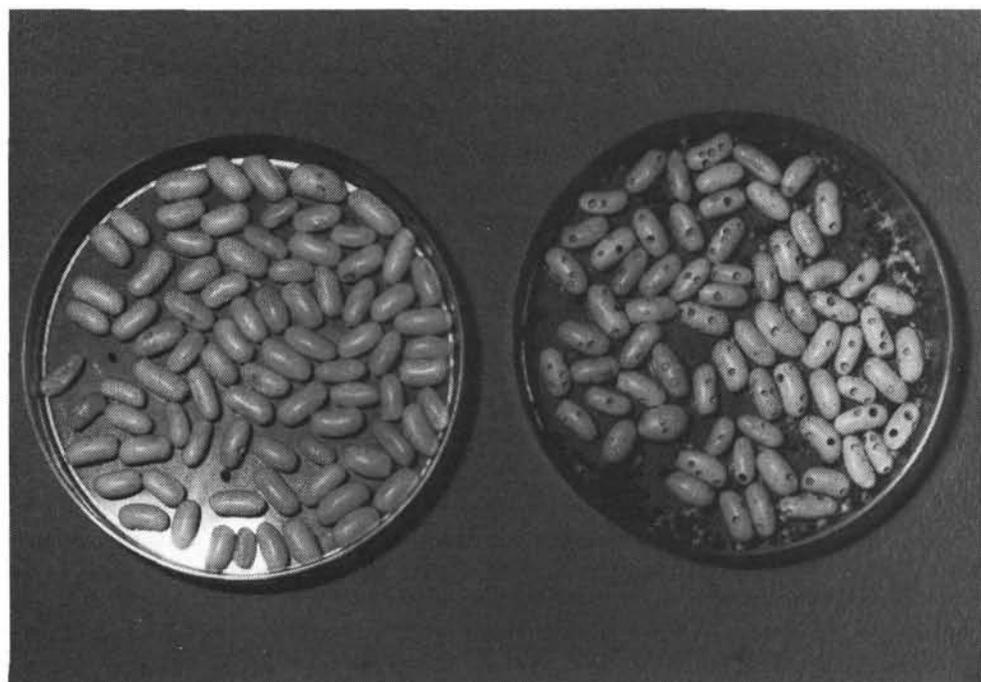


Figura 2. La infestación de la alubia blanca por el gorgojo puede eliminarse prácticamente mediante dosis bajas de irradiación gamma.

este mutante se reprodujeron bien. En subsiguientes generaciones, esta variedad germinaba muy rápidamente y era de crecimiento precoz, adelantándose en 28 días al Cesariot. Posteriormente se realizaron otros experimentos y, en una serie de pruebas con abonos de alto y de bajo contenido en nitrógeno, el mutante resultó ser adecuado. Así, mediante estudios mutacionales relativamente sencillos se resolvió el problema inmediato: se obtuvo una variedad mutante de arroz de maduración precoz, resistente a las enfermedades, que podía utilizarse directamente y que también era útil para ulteriores cruces genéticos. Este mutante se puso en circulación para su empleo a escala comercial en 1976 con el nombre de "Nucleory-2A".

En otros países se utilizan con éxito docenas de otros mutantes igualmente logrados, por ejemplo, mutantes de la cebada, de tallo corto y rígido, de alto rendimiento, que aprovechan mayores dosis de fertilizantes para producir mayor cantidad de grano. De hecho, hoy día la mayor parte de la superficie cultivada con cebada de primavera en Checoslovaquia y en la República Federal de Alemania lo está con mutantes radioinducidos y con sus descendientes mejorados por selección.

Otro ejemplo es el de mijo perla híbrido mejorado que se cultiva en la India en una superficie de varios millones de hectáreas. La producción del mijo perla, que había aumentado hasta 8 millones de toneladas durante 1970, descendió 3,6 millones de toneladas durante 1974 debido a un grave ataque del mildiú de los cereales, que destruía en particular los híbridos. El porcentaje de plantas enfermas variaba del 30 al 100% en diferentes zonas.

La principal razón era que la variedad masculina estéril de los híbridos de mijo perla llegó a ser tan susceptible a la enfermedad que no era posible cultivarla. Los esfuerzos realizados para inducir la resistencia a la infección en esta variedad masculina mediante irradiación dieron como resultado la obtención de una variedad que poseía un elevado grado de resistencia al mildiú. Cuando esta variedad se puso en circulación sustituyó a la variedad estéril y se convirtió en la única variedad masculina estéril cultivada en gran escala en la India. El aumento de producción alcanzó a más de 3 millones de toneladas, con un valor anual de unos 300 a 400 millones de dólares.

CONSERVACION DE ALIMENTOS

En un mundo que sufre hambre es un despilfarro excesivo permitir la pérdida del 25 al 30 por ciento de las cosechas debido al deterioro causado por los microbios y las plagas. Lo que es todavía más lamentable es que esas pérdidas son aún mayores en los países en desarrollo. Muy a menudo, la prolongación del período de conservación de ciertos alimentos (tales como el pescado y la fruta) durante algunos días es suficiente para evitar su pérdida.

Más de 25 años han transcurrido desde que se descubrió que las radiaciones pueden utilizarse para aumentar el período de conservación de algunos productos alimenticios. Desde entonces se han desplegado grandes esfuerzos para comprobar la comestibilidad de los alimentos tratados por irradiación. En 25 años de pruebas con dichos alimentos no se han detectado efectos nocivos ni para los animales ni para los seres humanos. No obstante, algunas autoridades han tardado en admitir este barato y eficaz método de conservación de alimentos. Actualmente los resultados obtenidos son tan convincentes que está empezando a ser otra la actitud de las autoridades competentes y se permite el consumo general de algunos alimentos irradiados.

Como mínimo, existen en funcionamiento 70 plantas piloto y de irradiación de alimentos. El reciente interés de los gobiernos por la utilización de la irradiación de alimentos queda demostrado por el hecho de que la mayoría de los irradiadores han sido construidos en los últimos cinco a diez años.

El análisis económico de la irradiación de alimentos demuestra que este método da una razón costo-beneficio favorable. Dependiendo del tamaño de la operación (capacidad anual de tratamiento), los costos totales de aplicación en el caso de este nuevo tratamiento varían de 0,9 a 3,2 por ciento del valor del producto en el caso de inhibición de la germinación en las patatas y en las cebollas; del 0,19 al 1,24 por ciento para la desinfestación de cereales, y del 0,2 al 2,0 por ciento para la prolongación del período de conservación del pescado.

El OIEA y la FAO tienen programas de investigación coordinados con muchos países del Sudeste de Asia y del Lejano Oriente; su finalidad es prolongar el período de conservación en almacenamiento de pescado fresco y seco, una de las fuentes más importantes de proteínas para la alimentación a las poblaciones de los países en desarrollo.

PRODUCCION Y SANIDAD PECUARIAS

En muchas regiones del mundo la producción pecuaria está obstaculizada por el deficiente crecimiento, capacidad reproductiva y producción de leche del ganado, que limitan la disponibilidad por el hombre de productos de origen animal, tales como carne, leche, huevos, fibras, cuero, etc. Esta disminución de la producción animal obedece a una nutrición insuficiente o desequilibrada, a una mala adaptación a las condiciones climáticas predominantes, y a las enfermedades parasitarias, entre otras.



Figura 3. Las vacunas radioatenuadas contra la estrogilosis de la oveja son un arma poderosa en la lucha contra esta enfermedad en los países en desarrollo.

Los programas coordinados de investigación sobre el estudio del metabolismo del nitrógeno no proteínico con ayuda del ^{15}N y el empleo de forrajes duros y de subproductos agroindustriales para los rumiantes, combinado con estudios sobre desequilibrios minerales, contribuyen a idear nuevos métodos de alimentación en los países con un déficit de piensos tradicionales para rumiantes.

Un programa en el que las técnicas de radioinmunoanálisis sirvan para medir los cambios hormonales durante el ciclo reproductivo del ganado vacuno y del búfalo ha contribuido a aumentar la capacidad reproductiva gracias a mejores prácticas de gestión y a una utilización más eficaz de técnicas de alimentación artificial.

Uno de los grandes obstáculos al aumento de la producción se debe a las enfermedades parasitarias. Las técnicas isotópicas no solo permiten obtener una idea clara de los efectos de los parásitos sobre el huésped sino que además ilustran la manera como la gestión y los genotipos (razas y especies) son modificables para reducir los efectos de los parásitos o de otras enfermedades sobre la producción. Se usan con éxito las radiaciones ionizantes para obtener una vacuna atenuada contra la estrogilosis pulmonar del ganado vacuno y ovino; esta tecnología se está empleando hoy en aquellas regiones del mundo en las que el control de esta enfermedad parasitaria es de importancia económica, es decir, Brasil, India y Etiopía.