

el hombre acelera el ritmo de la naturaleza

En todos los seres vivos se producen espontáneamente mutaciones.

Cuando se alteran la química del material genético del organismo o la estructura de un cromosoma

se produce una mutación que cambia la estructura

o la función del organismo y de su progenie.

En general, las mutaciones son nocivas,

y la selección natural anula esos cambios.

A veces, una mutación es beneficiosa y aumenta las probabilidades de sobrevivir o de reproducirse del organismo,

o el valor de éste cuando se trata de plantas y animales de

interés inmediato para el hombre.

En el presente artículo, Björn Sigurbjörnsson,

Director Adjunto de la División Mixta FAO/OIEA

de la Energía Atómica en la Agricultura y la Alimentación,

explica la labor que realizan

los técnicos para mejorar las especies por medio de mutaciones,

y el papel que las técnicas nucleares desempeñan en pro de la llamada

«Revolución Verde».

Este artículo se basa, entre otros materiales, en un trabajo del Dr. Sigurbjörnsson publicado hace pocos meses en la revista «Scientific American».

Las mutaciones pueden obtenerse artificialmente por irradiación de plantas enteras, por tratamiento de la simiente con agentes químicos mutágenos, o por irradiación de las semillas, que será el método de que principalmente se ocupará el presente artículo. La inducción artificial de mutaciones fue descubierta en 1927, pero los primeros intentos de producir mutaciones para mejorar plantas no tuvieron éxito, por lo que se abandonó la idea. Sin embargo, el considerable desarrollo de los conocimientos en los últimos años ha permitido obtener, en general, buenos resultados. Así, hoy se cultivan en todo el mundo, en una superficie de varios millones de hectáreas, más de 100 variedades de plantas obtenidas a partir de mutaciones inducidas, por ejemplo: trigo, arroz, cebada, avena, soja, así como verduras, árboles frutales y plantas ornamentales. Algunas de esas variedades han desempeñado importante papel en la «Revolución Verde» y han resultado en notables incrementos del rendimiento agrícola; otras mejoras de las especies vegetales, obtenidas mediante la inducción de mutaciones, prometen ayudar en gran medida a consolidar dicha «Revolución».

En 1964, el OIEA y la FAO aunaron sus actividades mediante la creación de la División Mixta de la Energía Atómica en la Agricultura y la Alimentación. Desde entonces, la División Mixta ha desarrollado varios programas coordinados de modificación de las especies por medio de mutaciones con objeto de mejorar las cosechas. Uno de los primeros programas de este tipo — el programa de investigaciones sobre el empleo de las mutaciones inducidas en el arroz — fue ejecutado principalmente por instituciones del Sudeste de Asia y tuvo como fruto algunas variedades nuevas. Otro programa coordinado que se desarrolla actualmente tiene por objeto aumentar el contenido proteínico de los cereales y de las leguminosas. Los científicos que participan en este programa han dado ya a conocer los alentadores resultados obtenidos al tratar de aumentar el contenido proteínico del arroz y de la cebada y mejorar los cultivos ricos en proteínas, como las alubias y los guisantes. En el Japón se han producido mutantes del arroz con un contenido proteínico considerablemente superior, y en el Paquistán se ha conseguido elevar el contenido proteínico del «arroz milagroso». En el Japón, la irradiación de una variedad de arroz ha permitido obtener toda una serie de mutantes con un contenido de proteína doble del que se encuentra en la naturaleza.

Modificación de la herencia

En esencia, las mutaciones consisten en cambios repentinos del material genético de un organismo, e incluyen todos aquellos cambios que no pueden explicarse por una recombinación normal de las unidades que determinan la herencia. Como de ellas dependen todas las alteraciones genéticas, las mutaciones constituyen en último término el factor a que se debe la evolución de todas las formas presentes de vida. (Incididentalmente: el eminente fitogeneticista sueco Profesor Åke Gustafsson ha subrayado recientemente que la «Revolución Verde» no es más que un comienzo. Lo que tenemos que instaurar es una «Evolución Verde», apoyada sobre los pilares de la investigación y de la tecnología agrónomas y complementada por los oportunos reajustes económicos, sociales y políticos.)

Las mutaciones naturales o espontáneas se deben a diversas causas. Los rayos cósmicos que constantemente bombardean la tierra penetran fácilmente en la materia. Si uno de ellos incide sobre un cromosoma

puede producir un cambio mutacional. Fenómenos físicos corrientes, como es el calor, pueden producir mutaciones; igualmente, el oxígeno puro a presión. Se ha demostrado que el material genético puede sufrir mutaciones simplemente por el proceso de envejecimiento. Diversas sustancias, entre otras la cafeína, han demostrado ser potenciales mutágenos.

Pero en la naturaleza se producen pocas mutaciones. Entre 10 000 plantones de cebada puede esperarse encontrar uno o dos que no tengan el color verde normal por haber sufrido mutaciones espontáneas que afecten a su clorofila. Además la frecuencia con que se producen mutaciones espontáneas es variable, pues algunos genes las sufren con más frecuencia que otros.

Entre los pioneros de la inducción de mutaciones se encuentra el genético americano H.J. Muller quien, en 1927, publicó un artículo en el que exponía su descubrimiento de que en la mosca de la fruta *Drosophila melanogaster* la frecuencia de las mutaciones aumenta si se irradia el insecto con rayos X. Más tarde, su trabajo fue galardonado con el premio Nobel. Casi simultáneamente, otro científico americano, L.J. Stadler, demostró la inducción de mutaciones en el trigo y la cebada. Ya en aquellos primeros tiempos, Muller opinaba que las mutaciones inducidas podían revolucionar la fitogenética.

La evolución natural se basa en tres factores principales: mutaciones espontáneas; hibridación, que mezcla entre sí las mutaciones para dar un número casi ilimitado de estructuras genéticas; y la selección natural, que resulta en la supervivencia de individuos cuyas estructuras genéticas los hacen más capaces de sobrevivir y reproducirse. Hasta ahora, los fitogenetistas sólo han podido controlar dos de estos factores: la hibridación, seleccionando cuidadosamente los progenitores al cruzar plantas, y la selección natural, creando deliberadamente condiciones difíciles de vida y seleccionando cuidadosamente las plantas que mejor resisten. Cuando se demostró la posibilidad de inducir artificialmente mutaciones, muchos fitogenetistas comenzaron a experimentar con este tercer factor fundamental de la evolución: las mutaciones.

Al principio se sabía muy poco acerca de la sensibilidad de las semillas a las radiaciones, de los efectos de las condiciones fisiológicas en que se encontraban las semillas en el momento de irradiarlas, y de los efectos que ejercerían las radiaciones sobre ellas y sobre el desarrollo de las generaciones siguientes. Incluso cuando se lograron favorables mutaciones, resultó difícil aplicarlas por no haberse comprendido bien la necesidad de establecer objetivos genéticos específicos, de elegir progenitores adecuados, y de tratar debidamente la progenie. Todas estas deficiencias explican el que no se obtuvieran los esperados «milagros».

Por fortuna, algunos fitogenetistas —entre otros el Prof. Gustafsson, de la Universidad de Lund— se percataron de que el defecto no estaba en el principio de las mutaciones inducidas en sí, sino en demás factores mencionados. Su labor ayudó a que renaciera la confianza en esta técnica.

A la izquierda, espigas de cebada normal;

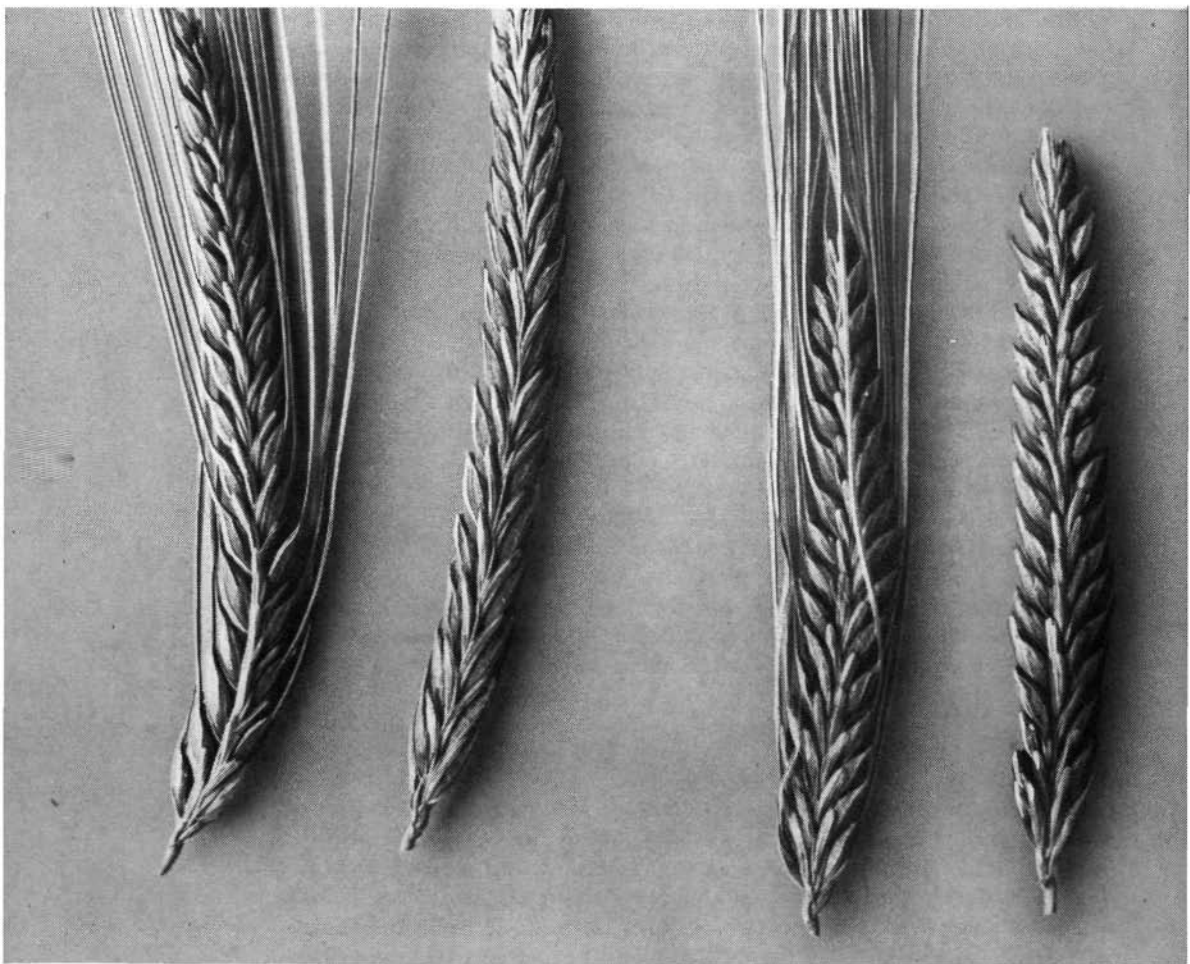
a la derecha, espigas de mutante obtenido por irradiación con neutrones rápidos.

Puede apreciarse claramente la menor longitud y mayor densidad de la nueva variedad.

Para facilitar la comparación, a la derecha tanto de la espiga testigo como de la obtenida por irradiación se las muestra desprovistas de las barbas.

Hasta hace poco, los agentes principales para inducir mutaciones eran los rayos X y los rayos gamma. No siempre tenían éxito dado que no se conocía suficientemente la importancia de controlar las condiciones fisiológicas de las semillas en el momento del tratamiento, especialmente su contenido en oxígeno y en humedad. A su vez, los tratamientos con neutrones eran difíciles porque no se podían determinar las dosis de manera fidedigna en un reactor nuclear, especialmente cuando se empleaban neutrones rápidos, es decir, de alta energía.

Intensos estudios realizados por equipos de biólogos, químicos y físicos han permitido recientemente superar las dificultades que planteaba la utilización eficaz de ambos tipos de radiaciones, y mejorado notablemente la inducción de mutaciones. Casi todos los fitogenetistas pueden ahora disponer fácilmente de radiaciones ionizantes — rayos X producidos por tubos de rayos X u otros dispositivos, rayos gamma procedentes de isótopos radiactivos (principalmente cobalto-60 y cesio-137), y neutrones obtenidos en reactores o generadores especiales de neutrones. Se ha de reconocer, no obstante, que aun es posible considerable progreso.



Como se indica más arriba, las mutaciones pueden inducirse no sólo por medio de radiaciones ionizantes sino también con productos químicos mutágenos, cuyos efectos son tan similares a los de las radiaciones que se han denominado sustancias radiomiméticas. Los más eficaces son varios derivados de ácidos sulfónicos, especialmente el metano-sulfonato de etilo (EMS). Los mutágenos químicos no son eficaces si se aplican a las partes vegetativas de una planta, lo que limita notablemente sus aplicaciones. Debido a ello, siguen empleándose únicamente como suplemento de las radiaciones en el tratamiento de semillas. En la fitotecnia práctica es corriente utilizar más de un mutágeno para asegurar la obtención de un número máximo de mutaciones. Muchos fitogenetistas tienen por costumbre tratar diferentes lotes de semillas con rayos gamma, con neutrones y con un mutágeno químico (por ejemplo, EMS), elegido a continuación entre los materiales obtenidos por los tres procedimientos. La combinación de tratamientos, es decir, la utilización de diversos mutágenos sobre el mismo lote de semillas, no ha producido ventajas manifiestas.

Las mutaciones inducidas pueden utilizarse en fitotecnia de muchas maneras. La más directa es multiplicar las semillas del mutante inducido y suministrarlas a los cultivadores tan pronto se dispone de suficiente cantidad. La ventaja de este método consiste en que permite desarrollar en relativamente poco tiempo una variedad mejorada.

Otra ventaja es que, en general, la mejora lograda es sumamente específica. La aplicación ideal de este principio puede llevar a restaurar una variedad que tenía en general éxito y estaba bien adaptada pero cuyo cultivo decaía a causa de algún carácter agronómico específico, por ejemplo, porque sus tallos son débiles, o porque no resiste a una enfermedad determinada. En ese caso, una posibilidad sería encontrar en otra variedad el carácter que falta, cruzarla con la que se cultiva y desarrollar luego un largo proceso de selección utilizando como criterio que la nueva planta conserve todos los atributos beneficiosos de la variedad original y, además, aquel que se ha tratado de introducir por medio de la otra. No siempre es fácil lograr este resultado, pues es posible que el carácter deseado dependa de un gene situado en el mismo cromosoma que otros portadores de características indeseables. Con frecuencia, estos genes combinados son difíciles de separar por los medios clásicos. Incluso en este caso puede tener éxito el tratamiento mutágeno ya que puede llevar a deshacer esta conexión, es decir, a liberar el gene deseado de sus asociados nocivos.

Por otra parte, el tratamiento mutagénico de la variedad comercial puede ocasionar una mutación que produzca directamente el carácter deseado y no haga necesario recurrir al cruce de variedades. Es muy corriente que una planta que contenga una de estas mutaciones inducidas no sufra alteraciones en casi ninguna de sus demás características agronómicas importantes, aunque existen excepciones.

Cómo se restauró la calidad de la «pasta asciuta»

Este atributo especial de las mutaciones inducidas es de extrema importancia y constituye para el fitogenetista un medio complementario de extraordinario valor. Siguiendo este principio se han desarrollado diversas variedades comerciales: buen ejemplo de ello son las nuevas variedades del trigo duro italiano. En realidad, la pasta italiana no alcanza su reputada calidad sino se prepara con clases especiales de trigo duro.



The specific activity you want when you want it

At General Electric, we meet your radioisotope needs better. Better because the unique General Electric Test Reactor provides the high neutron flux essential for your high specific activity radioisotopes.

Better because General Electric quality assurance allows only high purity, uniform radioisotopes with the high specific activity you want.

Better because General Electric has a ready supply of quality radioisotopes to back up your order immediately.

Satisfied customers have made General Electric Irradiation Processing Operation the largest bulk supplier of Mo-99, C-14, Co-60, Ir-192, Xe-133, and other quality radioisotopes to manufacturers of
radio pharmaceuticals
radiochemicals
medical diagnostic and therapeutic equipment
process irradiation equipment
industrial radiography equipment.

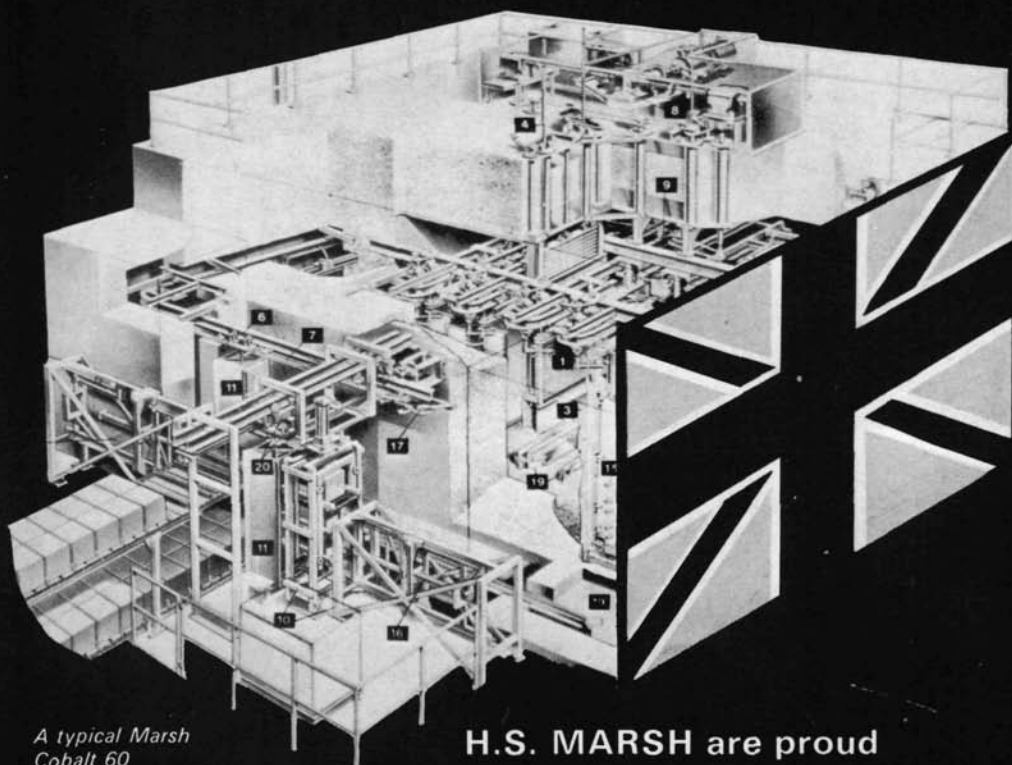
General Electric Company
Irradiation Processing Operation
Pleasanton, California 94566

137-35

GENERAL  **ELECTRIC**
U. S. A. Reg. Trademark

H.S. MARSH

Design for Britain – and
beat International Competition...



*A typical Marsh
Cobalt 60
irradiation facility.*

H.S. MARSH are proud to announce they have secured a design contract from the International Atomic Energy Agency, Vienna, for a demonstration irradiation facility proposed for India.



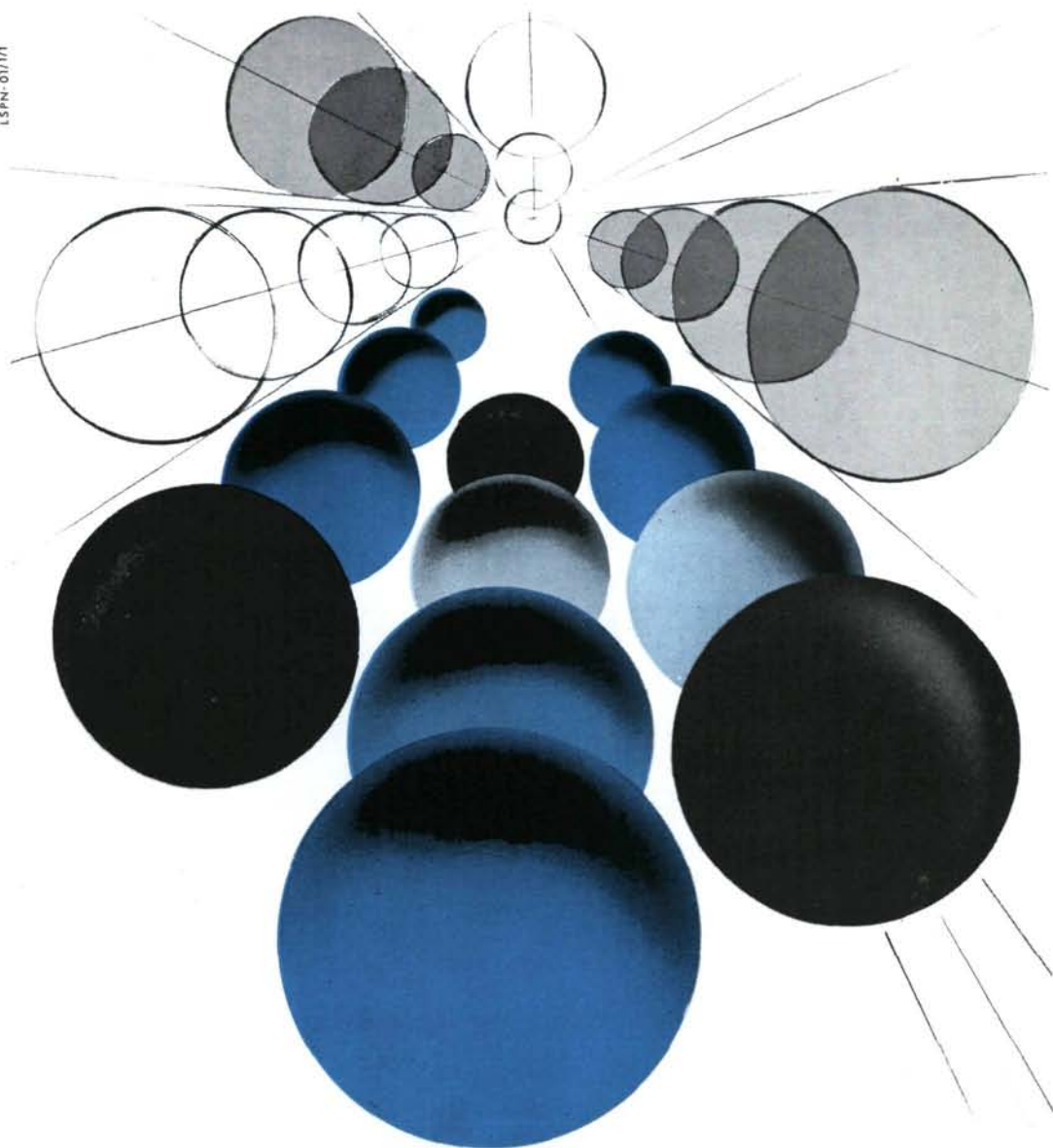
H. S. MARSH NUCLEAR ENERGY LTD.

Principal Licensee of the United Kingdom Energy Authority

125 Southampton Street, Reading, Berkshire

Telephone: Reading 84771 (4 lines) Telex Chamcom Slough 84314 Marsh

A member of the H.S. Marsh group of companies



AGIP NUCLEARE IN THE NUCLEAR FUEL CYCLE

AGIP NUCLEARE

of the ENI Group - 20122 Milano (Italy)
Industrial activities in the nuclear fuel cycle,
from the mining and refining of uranium,
to fabrication and reprocessing nuclear fuel.
Research and development activity on nuclear
fuel cycle and advanced nuclear reactors.

To ensure the country new sources of energy, ENI, together with AGIP NUCLEARE and SNAM PROGETTI, has chosen for its nuclear field to pursue a course of direct research into the development and building

of plants covering the various stages of fuel cycle - from mining uranium ore to reprocessing spent fuel - and to develop the design and construction of nuclear reactors. AGIP NUCLEARE operates in the nuclear fuel field

on an industrial scale and develops the nuclear processes up to the stage of pilot plants. SNAM PROGETTI is the architect-engineer who capitalises the research and development work on prototype and pilot plants processed by AGIP NUCLEARE by making new sources of energy available.