

# I Curso de capacitación en Mejoramiento genético en arroz.

*Sancti Spiritu, Cuba, 30 octubre al 10 de noviembre 2006*

## **PRINCIPIOS DEL MEJORAMIENTO GENÉTICO EN EL ARROZ.**

**Enrique Suárez Crestelo. Instituto de Investigaciones del Arroz (IIArroz). Autopista del Mediodía, Km. 16 <sup>1</sup>/<sub>2</sub>, Bauta, La Habana, Cuba. E.mail: [enrique@iiarroz.cu](mailto:enrique@iiarroz.cu).**

El éxito del mejoramiento de plantas depende de tres factores principales:

- Una clara definición de los objetivos.
- Adecuadas fuentes genéticas de los caracteres deseados.
- Adecuadas pruebas para identificar los genotipos superiores.

Existen muchos métodos de mejoramiento y cada uno de ellos tiene sus puntos fuertes y puntos flojos. El método de mejoramiento a elegir dependerá de la naturaleza del carácter o caracteres de interés, el modo de herencia y la variabilidad presente o disponible. En algunos casos los factores económicos influyen en el método seleccionado.

### **SELECCIÓN MASAL.**

Este es el método de mejoramiento más antiguo practicado por el hombre. Las plantas son seleccionadas en base a su genotipo y la semilla cosechada de estas plantas se mezcla. Se necesita una población inicial grande y el proceso se debe repetir en generaciones subsecuentes. Puede ser usado para preservar las características de una variedad pura.

#### **Ventajas.**

- Es un método seguro.
- Puede llevar a la rápida liberación de una variedad.

#### **Desventajas.**

- No se conoce si las plantas que se están seleccionando son homocigóticas o heterocigóticas.
- Interacción genotipo x ambiente. El ambiente en los que las plantas crece afecta su desarrollo y apariencia. Con la selección masal no es posible conocer si el fenotipo seleccionado es superior en apariencia debido a la herencia o al ambiente.

### **SELECCIÓN DE LÍNEAS PURAS.**

Este método es usado para explotar algunas variedades tradicionales (adaptadas) donde están presentes los tipos deseados. El mejor genotipo ya presente en la población es aislado. Es necesario realizar una gran cantidad de selecciones de la

población original y eliminar las líneas de peor comportamiento durante varias generaciones hasta seleccionar una variedad que equivale a la progenie de una línea pura.

Ventajas.

- La línea pura es muy uniforme en apariencia y comportamiento.

Desventajas.

- No se crean nuevos genotipos ya que está limitado a la variación ya presente en la población original.
- La línea pura puede ser limitada en su adaptación.

La aplicación práctica de estos métodos, actualmente es muy limitada ya que no hay creación de nueva variabilidad genética por lo que es necesario utilizar otras herramientas que permitan crear genotipos mejor adaptados. La principal fuente de creación de variabilidad genética es la hibridación, aunque existen otras que también serán examinadas en este curso.

### **Variedades multilíneas.**

Existen otros conceptos desde el punto de vista del mejoramiento en plantas autogamas. Los métodos de mejoramiento para estas plantas se han basado en el concepto de las líneas puras. Este método se ha usado en algunos casos para resistencia a enfermedades muy difundidas donde un solo gen para resistencia ha sido incorporado dentro de las variedades líderes. Las variedades multilíneas están compuestas de líneas genéticamente idénticas, excepto que cada línea posee un gen de resistencia diferente para la enfermedad.

Un ejemplo en arroz ha sido el control de *Pyricularia grisea* a través de multilíneas de la variedad Sasanishiki. De los 15 genes de resistencia completa a *Pyricularia grisea* identificados en variedades de arroz en Japón, 13 genes fueron usados para desarrollar las líneas isogénicas.

Desventajas.

- La utilidad está limitada solamente a áreas de alto riesgo.
- El mejoramiento se realiza solamente para la resistencia y no para rendimiento u otras características.
- El trabajo requerido para producir y mantener las isolíneas reduce los recursos disponibles para el mejoramiento de otras características varietales.
- Las variedades multilíneas deben ser reconstituidas cada año para asegurar la proporción correcta de las líneas.

### **Mezcla de variedades.**

Es una mezcla mecánica de dos o más variedades con el objetivo de amortiguar el efecto de la interacción genotipo ambiente y podría ser más estable en diferentes localidades y años que una sola de las variedades.

Desventajas.

- La mezcla de variedades será siempre menos uniforme que una variedad aun cuando se hayan seleccionado las variedades para uniformidad en la maduración.
- La mezcla de variedades deben ser reconstituidas cada año para mantener la estabilidad.

### **HIBRIDACIONES.**

El objetivo de la hibridación en especies de autopolinización como el arroz, es combinar en un genotipo los caracteres deseados que se encuentran en dos o más genotipos. Los mejoradores siempre esperan obtener genotipos que sean superiores a los padres.

La selección de los progenitores es un punto crítico ya que determina el potencial del programa de mejoramiento. Usualmente uno de los padres es seleccionado por su comportamiento ya probado en el área o para las condiciones en que se cultivará. El otro padre (s) generalmente tiene algunos atributos que no posee o no expresa el primer progenitor.

Para la selección de los progenitores se deben tener en cuenta algunas consideraciones entre las que se encuentran las siguientes:

1. Definir el carácter que se necesita mejorar.
  - ¿Es de herencia simple o poligénico?
  - ¿Es heredable?
2. Definir el objetivo del cruzamiento.
  - ¿Es para crear diversidad genética?
  - ¿Es para incrementar el rendimiento?
  - ¿Es para tolerancia a estrés?
3. Revisar las posibles fuentes genéticas para el carácter.
  - ¿Se van a usar especies salvajes? ¿Tiene el otro padre genes de compatibilidad? ¿El carácter será estable en el cruce?
  - ¿Se utilizarán tipos no adaptados? Aun cuando los genes de interés sean monogénicos es posible que se haya transferido efectos multigénicos secundarios incluyendo caracteres ligados para calidad y adaptación.
  - ¿Se utilizarán tipos adaptados? ¿Será suficiente la variación genética para una útil selección?
  - ¿Es el padre una línea pura o una población?
4. Definir el tipo de producto final que usted quiere.
  - Una variedad o línea pura.
  - Un híbrido.
  - Una población.

5. Seleccionar el método de mejoramiento a seguir.

### **Tipos de cruzamientos.**

**Cruce simple.** Es la hibridación de una línea o variedad con otra línea o variedad. El progenitor femenino se debe seleccionar considerando los objetivos del programa y usando la experiencia del conocimiento de los materiales disponibles. Se deben seleccionar tantos como sean posibles para cada objetivo y preferiblemente de diferentes fuentes genéticas. El uso de los materiales mejorados como madres es más conveniente, pero también significa una base citoplasmática más estrecha.

**Retrocruce.** Es el cruce de un  $F_1$  con uno de sus padres. Son utilizados normalmente en aquellos casos donde el padre recurrente es superior a todos los progenitores disponibles para hacer un topcross. También si un padre esencial para el programa combina pobremente, realizar el retrocruce ofrece las mejores oportunidades para obtener el tipo deseado.

**Topcross.** Es el cruce de un  $F_1$  con una variedad o línea. Muchos mejoradores consideran que el topcross es más útil que el cruce doble.

**Cruce doble.** Es el cruce de dos  $F_1$ . El cruce doble es útil para combinar un gran número de caracteres deseables en un cruce dado.

Existen algunas reglas generales que ayudan a decidir que tipo de cruces hacer.

1. Si uno de los padres de un cruce simple se conoce o sospecha que es un pobre combinador, entonces es mejor hacer un retrocruzamiento.
2. Si ambos padres de un cruce simple son buenos combinadores pero carecen de uno varios caracteres, entonces es aconsejable realizar un topcross.
3. Si ambos padres de un cruce simple son buenos combinadores pero carecen de caracteres importantes que no son posibles encontrar en otro padre para realizar un topcross, entonces es mejor hacer un cruce doble.

Si dejamos establecido que la hibridación es la principal fuente de creación de variabilidad genética para el mejoramiento, es necesario definir que vías vamos a seguir para manejar y seleccionar la descendencia en las generaciones subsecuentes.

### **Selección por pedigrí.**

Consiste básicamente en la selección por plantas desde la generación  $F_2$ . Se recomienda producir suficiente semilla  $F_1$  para tener una población  $F_2$  grande y además tener una reserva de semilla.

Ventajas.

- Eliminación de material en generaciones tempranas.
- Se tiene mucha información de los materiales en evaluación.
- Rápido acercamiento a la homocigosis.
- Se pueden seleccionar líneas sobresalientes rápidamente.

Desventajas.

- Se consume mucho tiempo en las evaluaciones de las líneas.
- Generalmente se puede trabajar con muy pocos cruces.

### **Selección masal (bulk).**

Consiste en la selección de plantas y la mezcla de la semilla para la próxima generación. Este proceso se repite hasta generaciones avanzadas en que se seleccionan plantas para formar líneas y posteriormente pasar a los estudios de rendimiento.

Ventajas.

- Es un método simple y poco costoso.

Desventajas.

- Las líneas seleccionadas a veces muestran segregación y deben ser seleccionadas nuevamente para obtener uniformidad.
- Existe el riesgo de que genotipos deseables se pierdan de la población.

### **Selección masal modificada.**

Es una combinación de la selección por pedigrí y la selección masal ya que se realiza selección de los fenotipos superiores y se mezcla la semilla para formar una nueva población hasta la  $F_4$  y a partir de esa generación se realiza la selección por plantas y se sigue el método de selección por pedigrí. Este método ha ganado mucha popularidad entre los mejoradores ya que se utilizan las ventajas de ambos métodos.

### **Descendiente de una sola semilla.**

El objetivo de este método es mantener descendientes de la mayor cantidad de plantas  $F_2$  posibles en la población durante las generaciones segregantes con el objetivo de reducir la pérdida de los genotipos superiores para caracteres que tienen baja heredabilidad. Es un método poco costoso y como solo se necesita una semilla por planta, puede ser cultivado en invernadero para avanzar generaciones.

### **Método de Retrocruzamiento.**

Los métodos de mejoramiento anteriormente mencionados no son excluyentes unos de otros por lo que se pueden combinar en dependencia de las condiciones y necesidades del programa de mejoramiento. Existen otras vías para crear variabilidad genética o para transferir caracteres deseables. Dentro de estas vías se encuentra el **Método de Retrocruzamiento**. Este método es una forma de hibridación recurrente por medio de la cual una característica superior puede ser adicionada a una variedad de buen comportamiento. Este método ha sido utilizado de forma extensiva para transferir caracteres cualitativos, como resistencia a insectos y enfermedades. En el caso del arroz existen muchos reportes de transferencia de genes de resistencia de las especies salvajes al arroz cultivado a través de retrocruzamiento. El programa de retrocruzamiento es más fácil de manejar si el carácter que está siendo adicionado cumple con los siguientes requisitos: 1) es de herencia simple, 2) es dominante y 3) es fácilmente reconocido en los híbridos.

## **MEJORAMIENTO GENÉTICO DEL ARROZ EN CUBA**

El Programa de Mejoramiento Genético del Arroz en Cuba desde su creación a inicios de la década de los años 70 se ha sustentado básicamente en las hibridaciones, (Suárez et al, 1988) y en la inducción de mutaciones, (Suárez et al, 2000), como fuentes de creación de variabilidad genética. En el año 1996 se comenzó a utilizar la selección recurrente a partir de poblaciones introducidas y otras creadas en el país, (Pérez et al, 2000) y también se ha empleado el cultivo de tejidos donde se han obtenido algunos resultados en el rescate de embriones inmaduros de cruces entre *Oryza sativa* L. y *Oryza latifolia* Desv.

Los objetivos del programa han estado encaminados a la obtención de un tipo de planta indica semienana con alto potencial de rendimiento agrícola y resistencia a *Tagosodes orizicolus* Muir, que ha sido el objetivo principal durante muchos años. Con la aparición en Cuba, en 1997, del ácaro *Steneotarsonemus spinki* Smiley, un nuevo objetivo de trabajo fue incluido en el programa.

El Programa de Mejoramiento Genético del Arroz se ha basado en el esquema que aparece en la figura 1 y para su implementación se ha contado con un Banco de Germoplasma compuesto actualmente por 2349 accesiones las cuales se han empleado como progenitores en el programa de hibridaciones y como parentales en el programa de inducción de mutaciones. En la figura se puede observar que en el desarrollo del programa de mejoramiento han participado las Estaciones experimentales ubicadas en las localidades de Jucarito (Granma), Vertientes (Camaguey), Sur del Jíbaro (Sancti Spiritus) y en Bauta (La Habana), donde se encuentra la sede del Instituto de Investigaciones del Arroz (IIA). Además de las **hibridaciones** y de la **inducción de mutaciones**, se ha empleado la **selección recurrente** y el **cultivo de tejidos**, aunque este se ha dirigido básicamente al rescate de embriones inmaduros en cruces interespecíficos.

El programa de mejoramiento en periodos precedentes ha trabajado fundamentalmente en el desarrollo de variedades para el ecosistema de riego, sin embargo actualmente se le presta gran importancia a los ecosistemas relacionados con la producción de arroz popular, que generalmente son deficitarios en fertilizantes y riego.

Se han priorizado los cruces múltiples empleando un grupo importante de progenitores de diferentes orígenes geográficos entre los que se encuentran variedades de la India con resistencia a la salinidad, variedades de China con tolerancia al ácaro *Steneotarsonemus spinki* Smiley., así como un grupo de mutantes originados en Estados Unidos y América Latina.

A partir de las poblaciones segregantes  $F_2$  se han seguido dos métodos de selección, uno de ellos consistente en el **método de selección por pedigrí** y el otro en un **método de selección masal modificado**, donde se seleccionan los fenotipos deseados de forma individual pero la semilla se mezcla nuevamente y se

repite la operación hasta la generación F<sub>4</sub> o F<sub>5</sub> en que se continua con el método de selección por pedigrí.

Todos los materiales genéticos seleccionados en las diferentes Estaciones Experimentales son sometidos a **evaluaciones de resistencia** a las principales plagas del cultivo entre las que son priorizadas el insecto *Tagosodes orizicolus* Muir, el hongo *Pyricularia grisea* Sacc., el virus de la Hoja Blanca y el ácaro *Steneotarsonemus spinki* Smiley.

Los **Estudios observacionales** de rendimiento así como los **Estudios regionales** se evalúan en todas las estaciones experimentales del país y durante las dos campañas de siembra (seca y húmeda). A las variedades que son seleccionadas para pasar a los **Estudios de validación** se les comienza el proceso de **Producción de semilla original** así como los **Estudios agronómicos** para determinarles la época y densidades óptimas de siembra y los niveles de fertilización nitrogenada. De forma similar se le realiza la determinación de la **calidad del grano** y la **tecnología industrial** óptima para su procesamiento.

En los últimos años se le ha dedicado especial atención al estudio de los progenitores teniendo en cuenta que la llamada “revolución verde” ha provocado una alta uniformidad genética en los cultivos y el arroz ha sido uno de los más afectados por lo que se desarrolló un **estudio de la base genética de las variedades nominadas por el programa de mejoramiento genético del arroz en Cuba**. Este trabajo demostró que la base genética de nuestras variedades es estrecha y que está constituida por 33 variedades ancestrales y 18 de ellas han contribuido al 77 % de la constitución genética de nuestras variedades comerciales. La uniformidad de campo también fue alta durante los últimos 20 años con la explotación inadecuada de la variedad Jucarito 104. Este trabajo constituye una novedad científica para el cultivo.

Como parte del perfeccionamiento del programa de mejoramiento se creó una **Base de Datos** para el control de la documentación del Banco de Germoplasma la cual se emplea de forma satisfactoria en estos momentos. Otro resultado de importancia en este sentido lo constituyó la preparación del **Catálogo de variedades de arroz de Cuba**, donde son descritas todas las variedades nominadas por el programa de mejoramiento desde su creación.

Se trabajó de forma acelerada en la obtención de genotipos adaptados a las siembras en el mes de noviembre con el objetivo de ampliar el calendario de siembra en la época que es la más productiva. Se obtuvo una línea que se está evaluando en estudios de validación.

A partir del desarrollo y generalización de las nuevas variedades que responden a diferentes ecosistemas, se estableció una nueva Política varietal para el sector especializado donde se incluyeron lineamientos que no se habían tomado en cuenta en el año 1984. Teniendo en cuenta el auge del programa popular de arroz por primera vez se implementó una política varietal para estas condiciones.

El Programa de Mejoramiento garantiza la producción de semilla original y básica de todas las variedades comerciales y en estudios de validación y de igual forma realiza los estudios agronómicos que permiten que todas las variedades nominadas cuenten con su tecnología de explotación tanto agrícola como industrial.

#### **Referencias bibliográficas.**

- Jennings, P.R.; W.R. Coffman and H.E. Kauffman (1979). Rice Improvement. International Rice Research Institute. Los Baños, Lagunas, Philippines.
- Koizumi S. Rice blast control with multilines in Japan. In: Exploiting biodiversity for sustainable pest management. Edited by T. W. Mew, E. Borromeo and B. Hardy. International Rice Research Institute. 2001.
- Matsuo T.; Y. Futsuhara; F. Kikuchi and H. Yamaguchi (Editores). (1997). Science of the rice plant. Volume Three. Genetics. Food and Agriculture Policy Research Center. Tokio.
- Pérez, R. y H. Reyes (2000). Selección recurrente, resultados preliminares de su empleo en el mejoramiento genético del arroz. . Revista Cubana del Arroz. Vol. 1, No 1.2000. p 31-36.
- Suárez, E., J. L. Hernández, Bertalina Leyva, J. E. Deus, y R. Alfonso (1988). Avances en el mejoramiento genético del arroz en Cuba durante el periodo 81/86. Cien.Tec.Agric.Vol. 11(2).
- Suárez, E., J. E. Deus, R. Pérez, R. Alfonso, R. Hernández, J. Ávila, J. L. Hernández, Violeta Puldón, A. Duany, J. Reinoso, H. Mesa y S. Rodríguez (2000). Mejoramiento genético del arroz mediante inducción de mutaciones. Revista Cubana del Arroz. Vol. 2, No 3.2000. p 17-23.



