

Metodología de campo

para la evaluación de la tolerancia al estrés hídrico en el cultivo de arroz

Gelis Torrealba¹
Iris Pérez Almeida²
Nelly Delgado³
Catalina Ramis⁴
Luis Angulo⁵
Oralys León⁶
Miguel Muñoz⁷
Getssy Martínez⁷

¹Investigadora. ⁷Personal Técnico. INIA. Instituto Nacional de investigaciones Agrícolas del Estado Guárico
²Investigadora. INIA. Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias
³Investigadora. INIA. Instituto Nacional de investigaciones Agrícolas del Estado Portuguesa
⁴Personal docente Genética, UCV-Facultad de Agronomía, ⁵ Postgrado UCV-Facultad de Agronomía
⁶Investigadora. INIA. Instituto Nacional de investigaciones Agrícolas del Estado Monagas
 Correos electrónicos: gtorrealba@inia.gob.ve; iperez@inia.gob.ve; delgado.nelly@gmail.com; ramis.catalina@gmail.com; luis2003genetica@yahoo.es; oleon@inia.gob.ve; mmunoz@inia.gob.ve; getssycarolina@gmail.com

Introducción

Evaluación y selección de materiales genéticos de arroz

Determinación del contenido de humedad del suelo

Diseño de campo

Desarrollo de progenies

Evaluación de progenies

Glosario

Bibliografía consultada

Introducción

La disponibilidad de agua por habitante en el mundo, se ve cada vez más disminuida, citándose entre las causas más importantes su uso irracional, la contaminación y los cambios climáticos; por este motivo, se impone a nivel de todos los países del mundo, tomar medidas de racionalización del uso del agua y evitar la contaminación de las fuentes hídricas. Venezuela no escapa a este fenómeno, como país tropical, tiene zonas con períodos de mayor y menor precipitación, problemas de contaminación de las fuentes

de aguas y períodos en los que algunas cuencas del país presentan sequías, ocasionando problemas críticos en las actividades económicas y en el suministro de agua para consumo, con consecuencias socioeconómicas invalorables. De allí, la importancia de contar con una metodología de campo que nos permita evaluar los cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.) y sus progenies, en la búsqueda de cultivares tolerantes al estrés hídrico.

La tolerancia al estrés hídrico (Foto 1) es una característica compleja, basada en la acción e interacción de diferentes caracteres, entre los cuales se encuentran los de origen morfológico: sistema radical eficiente, reducción del macollamiento, etc.), así como los fisiológicos: reducción de la transpiración, alta eficiencia en el uso del agua, cierre estomático, ajustes osmótico y bioquímicos (acumulación de prolina, poliamina, etc).



Foto 1. Evaluación de tolerancia al estrés hídrico en arroz.

Otros cambios morfológicos, en la respuesta de la planta de arroz a la deficiencia de agua, incluyen una mayor relación raíz/tallo y el enrollamiento de las hojas. Determinar las características asociadas al estrés hídrico de la planta y su facilidad de medición, son clave en el proceso de selección durante el mejoramiento.

Para que el fitomejorador pueda obtener variedades con las características deseadas por el productor, la agroindustria y el consumidor, debe desarrollar líneas promisorias, utilizando diversos métodos, entre ellos, el método del pedigrí o genealógico, selección masal, retrocruza, descendencia de una semilla por planta, entre otros. El método más usado en el cultivo de arroz es el de pedigrí, iniciando con la selección en la segunda generación (F_2) y continuando hasta llegar a la obtención de familias homogéneas (F_6).

La metodología de campo para evaluación a tolerancia al estrés hídrico, en un programa de mejoramiento genético del cultivo de arroz, se ejecuta en diferentes etapas:

Etapa I. Evaluación y Selección de materiales genéticos de arroz contrastantes para la característica de estrés hídrico (tolerante y susceptible)

Para tal fin, se establece un ensayo a nivel de campo con los materiales genéticos de arroz, bajo dos condiciones de humedad del suelo: (1) Irrigado, asegurando un adecuado aprovisionamiento de

agua para prevenir la ocurrencia de déficit hídrico o sequía en el cultivo, con la aplicación de una lámina de 10 centímetros, manteniéndose bajo condiciones de inundación hasta la fase de maduración de grano; (2) Suelo inicialmente saturado de agua, sin condiciones de inundación, monitoreándose periódicamente el contenido de humedad del suelo (Foto 2). Cuando los materiales genéticos inician el enrollamiento de las hojas, se aplica riego para llevar el suelo a su condición inicial, con una frecuencia promedio de riego de cada 10 días.

Determinación del contenido de humedad del suelo

El contenido de humedad del suelo, puede determinarse de dos maneras: por el método gravimétrico, consistente en la toma y pesada de muestras de suelo y la eliminación del agua contenida en las mismas por secado en estufa, de acuerdo a lo descrito por Villafañe (1998); o en su defecto

empleando sensores de humedad diseñados para tal fin.

Para la evaluación de cultivares de arroz productivos, destinados al sistema de siembra sin inundación, se toman en consideración las características asociadas al estrés hídrico: nivel de enrollamiento de las hojas, nivel de secado de la hoja, tal como están descritas en el sistema de Evaluación Estándar del Arroz del Instituto Internacional de Investigaciones de Arroz (IRRI 2002), se pueden incluir también la longitud de las raíces, el volumen radical, el contenido relativo de agua en la hoja; además de las variables rutinariamente utilizadas por el fitomejorador como criterios de selección, entre ellas: 1) **Características morfológicas y fisiológicas:** Vigor vegetativo, altura, ciclo, acame, ejerción de la panícula, senescencia, fertilidad de las espiguillas, aceptación fenotípica, desgrane, floración al 50%. 2) **Resistencia o tolerancia a plagas:**



Foto 2. Ensayo para evaluación y selección de progenitores.

sogata (*Tagosodes orizicolus*), piricularia (*Magnaporthe grisea*), virus de la hoja blanca, añublo de la vaina (*Rhizoctonia solani*), pudrición de la vaina (*Sarocladium oryzae*), escaldado de la hoja (*Monographella albescens*), pudrición del tallo (*Sarocladium oryzae*), helminthosporiosis (*Cochliobolus miyabeanus*), manchado del grano (complejo de hongos). 3) **Componentes de rendimiento:** longitud de panícula, número de panículas/planta, número de granos/panícula, peso de 1.000 granos. 4) **Calidad de grano:** longitud, forma, calidad molinera, apariencia del endospermo (centro blanco), contenido de amilosa y calidad de cocción.

Por otra parte, es adecuado contar con el análisis físico-químico de los suelos, el registro de los datos climáticos (precipitación, temperatura, radiación, insolación, humedad relativa, velocidad del viento) y la temperatura del follaje, para el estudio de la tolerancia al estrés hídrico.

No todos los materiales genéticos reaccionan igual ante la condición de estrés, de allí, que para evaluar esas posibles diferencias, se debe establecer una estrategia para la selección de los progenitores, que incluya su estudio en condiciones contrastantes de humedad y el cálculo del índice de susceptibilidad a la sequía (ISS), como indicador de la habilidad intrínseca de los cultivares para superar el estrés por déficit de agua. Este parámetro puede ser calculado

para cada una de las variables evaluadas.

El ISS se puede calcular, basándonos en la propuesta de Fischer y Maurer (1978), según la siguiente fórmula:

$$ISS = \frac{1 - (Y_s / Y_p)}{1 - (\bar{Y}_s / \bar{Y}_p)}$$

Donde Y_s es el rendimiento bajo condiciones de estrés hídrico, Y_p es el rendimiento bajo condiciones de irrigación, \bar{Y}_s y \bar{Y}_p son los promedios del rendimiento experimental de todos los cultivares creciendo bajo condiciones de estrés y sin estrés, respectivamente, y $1 - (\bar{Y}_s / \bar{Y}_p)$ corresponde a la intensidad del estrés hídrico.

Diseño de campo

Para mayor facilidad de manejo del agua en las parcelas experimentales y obtener información confiable, se puede establecer un diseño de bloques al azar, con arreglo de tratamientos en franjas y tres repeticiones, si las condiciones experimentales así lo requieren; en su defecto cualquier otro diseño y arreglo de tratamientos es factible, siempre y cuando se tome en consideración el manejo diferencial del agua de riego. En el primer caso mencionado, los dos tratamientos de condiciones de humedad del suelo se colocan en las franjas y dentro de cada franja, en las subparcelas, se ubican los cultivares a evaluar.

Los materiales genéticos inicialmente son sembrados en semillero y luego a los 30 días se trasplantan a nivel de campo, separados a 30 centímetros entre

surcos y 25 centímetros entre plantas.

Etapa II. Desarrollo de Progenies

Los progenitores que resulten seleccionados, se siembran con la finalidad de realizar los cruces simples. Una estrategia empleada para garantizar la mayor cantidad de semillas, consiste en realizar los cruces recíprocos. Las semillas cosechadas son empleadas y procesadas para originar poblaciones segregantes como: doble haploides, retrocruza (por ejemplo: R_1F_2), F_2 . Para la producción de líneas doble haploides, las panículas de plantas F_1 obtenidas de los cruzamientos entre progenitores contrastantes para estrés hídrico, pueden ser procesadas por cultivo de anteras, siguiendo la metodología de Lentini *et al.* (1997).

Etapa III. Evaluación de Progenies

Las familias segregantes son evaluadas, bajo las mismas condiciones en que fueron evaluados sus progenitores y realizando las evaluaciones previamente señaladas. Como apoyo a la metodología de campo, es recomendable emplear herramientas biotecnológicas, como la evaluación molecular (obtener los patrones electroforéticos y genotipar para cada marcador molecular: isoenzimas, microsatélites, etc.), que permita determinar marcadores moleculares asociados a la tolerancia al estrés hídrico en arroz, lo cual facilitaría y acortaría

el tiempo para el proceso de selección en la obtención de nuevos cultivares de arroz con tolerancia al estrés hídrico.

Glosario

Autofecundación: es la fecundación de la parte femenina de un individuo hermafrodita por su parte masculina del mismo individuo.

Cruces-cruzamiento: reproducción sexual de dos individuos diferentes, que resulta en una prole que se queda con parte del material genético de cada progenitor. Los organismos parientes deben ser genéticamente compatibles y pueden ser de variedades diferentes o de especies muy cercanas.

Cultivar: conjunto de plantas cultivadas que son distinguibles por determinadas características (morfológicas, fisiológicas, citológicas, químicas u otras) significativas para propósitos agrícolas, las cuales cuando son reproducidas (sexual o asexualmente) o reconstituidas, retienen sus características distintivas.

Diseño de campo: es el plano donde se especifica la ubicación y la distribución de cada uno de los tratamientos que se establecerán en el campo.

Familias homogéneas (F_6): son líneas estabilizadas, completamente homogéneas en sus características del cultivar (morfológicas, fisiológicas, cito-

lógicas, químicas u otras). Es una F_1 luego de cinco ciclos de autofecundación.

Fitomejorador: persona natural o jurídica que, aplicando técnicas de mejoramiento de planta y obtiene nuevos cultivares.

Genotipar: es la determinación del genotipo o contenido genómico específico de un organismo biológico, mediante un procedimiento de laboratorio. En otras palabras, es la técnica de laboratorio que se utiliza para determinar la información genética de un organismo, o genotipo y poder diferenciarlo del resto. Procedimiento consiste en asignar letras a los patrones electroforéticos, por ejemplo: aa, ab o bb.

Líneas promisorias: conjunto de plantas de un cultivar que sobresale por características deseables para propósitos agrícolas.

Marcadores Moleculares: son secuencias identificables de ADN que se encuentran en determinados lugares del genoma; por lo que se puede definir como una característica heredable que permite clasificar el genotipo de un individuo.

Patrones electroforéticos: es el producto observado en un gel de agarosa o acrilamida, luego de aplicar la técnica de electroforesis, como método de laboratorio en el que se utiliza una corriente eléctrica controlada con la finalidad de separar biomoléculas según su tamaño y

carga eléctrica a través de una matriz gelatinosa.

Progenie: generación o familia de la cual se origina o desciende. Es el resultado de la reproducción entre parentales.

Progenitores: padre o madre biológicos. Antepasado directo de una especie.

Segunda generación (F_2): es la segunda generación filial, producto de autopolinizar las plantas de la primera generación (F_1).

Variedad: es un cultivar, distinguibles por determinadas características (morfológicas, fisiológicas, citológicas, químicas u otras) significativas para propósitos agrícolas.

Bibliografía consultada

- Fischer, R A. y Maurer, R.1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. Part 1: grain yield response, *Aust. J. Agric. Res.* 29:897-912.
- International Rice Research Institute (IRRI). 2002. Standard Evaluation System for rice (SES). 68 p.
- Lentini, Z., Martínez, C. y Roca W. 1997. Cultivo de anteras de arroz en el desarrollo de germoplasma. Publicación CIAT-Colombia N° 293. 57 p.
- Villafañe R. 1998. Diseño agronómico del riego. Fundación Polar-Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía, Departamento de Ingeniería Agrícola. Maracay. 147 p.