

EL SISTEMA INTENSIVO DE CULTIVO DEL ARROZ (SICA) DISMINUYE LA CANTIDAD DE SEMILLAS PARA LA SIEMBRA, AUMENTA LOS RENDIMIENTOS AGRÍCOLAS Y AHORRA EL AGUA DE RIEGO

Yoannis Martín[✉], F. Soto, Y. E. Rodríguez y R. Morejón

ABSTRACT. The work was developed at Los Palacios Rice Research Station for three years and later at small-scale producers' areas belonging to a non-specialized system (popular rice) as an agricultural extension. The study consisted of determining the effect of seedling age, plant spacing and seedling number per site on agricultural yield. Results showed a seed amount reduction in the nursery, to the value of 5 kg.ha⁻¹.year⁻¹, which represent between 35 and 40 % of that used in the traditional transplanting system. In addition, agricultural yields increased up to 2.0 t.ha⁻¹; there was a greater tillering and root system development per plant compared to the check control. On the other hand, when crop irrigation was discontinued for 21 days, 3 300 m³.ha⁻¹.year⁻¹ of water were saved.

Key words: rice, cropping systems, transplanting, age, seedlings, spacing, seed, yield

RESUMEN. El trabajo se desarrolló durante tres años en la Estación Experimental del Arroz Los Palacios y, posteriormente, en pequeña escala como extensión agrícola en las áreas de los productores pertenecientes al sistema no especializado (arroz popular). El estudio consistió en determinar el efecto de la edad de la postura, distancia de plantación y cantidad de posturas por sitio sobre el rendimiento agrícola. Los resultados demostraron una reducción en la cantidad de semillas a utilizar en el semillero, para un valor de 5 kg.ha⁻¹ en una campaña, representando entre el 35 y 40 % de la que se utiliza en el sistema tradicional de trasplante. Además, se lograron incrementos del rendimiento agrícola de hasta 2.0 t.ha⁻¹; se observó un mayor ahijamiento y desarrollo del sistema radical por planta respecto al testigo. Asimismo, la suspensión del riego al cultivo por 21 días permitió ahorrar 3 300 m³.ha⁻¹ de agua por campaña.

Palabras clave: arroz, sistemas de cultivo, trasplante, edad, plántulas, espaciado, semillas, rendimiento

INTRODUCCIÓN

El arroz es uno de los cereales más antiguos que los agricultores cultivan bajo riego por más de cuatro mil años y es el alimento más importante en el mundo, resultando ser una fuente de alimento primario para más de un tercio de la población mundial.

En Cuba, el aumento de la producción arrocería y sus rendimientos, la reducción de los costos y satisfacción de las demandas de consumo son objetivos comunes de los productores e investigadores en la actualidad (1).

Desde el 2000 hasta la actualidad, se abre camino una nueva metodología conocida como sistema intensivo de cultivo del arroz (SICA), que permite el trasplante con plántulas de ocho a 12 días de edad, máximo 15 días, a muy bajas densidades y con riegos intermitentes en las fases de crecimiento y madurez, e inundación solo en la fase reproductiva.

Con el uso de este sistema se ha logrado que las producciones de 2 t.ha⁻¹ alcancen más de 10 t.ha⁻¹ sin

más fertilizantes químicos, pesticidas ni variedades, solo rompiendo las reglas convencionales de manejo del arroz.

Tradicionalmente, el arroz se trasplanta al campo entre los 42 y 56 días, cuando las plántulas están vigorosas y listas para sobrevivir, colocándose en grupos de tres o más por sitio, con la esperanza de que por lo menos una o dos lleguen a la madurez completa; sin embargo, con este innovador sistema, las plántulas son trasplantadas individualmente a los ocho días, con una disminución en los costos por concepto de semillas y agua (1).

Teniendo en cuenta lo antes expuesto, se realizó un estudio del SICA y su efecto en la cantidad de hijos finales, la altura final de la planta y el rendimiento agrícola.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se llevó a cabo en áreas de la Estación Experimental del Arroz Los Palacios, Pinar del Río, perteneciente al Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), con la variedad INCA LP-5, en un suelo Hidromórfico Gley Nodular Ferruginoso (2), durante las campañas de frío y primavera del 2005, 2006 y 2007.

El estudio se desarrolló teniendo en cuenta los siguientes principios recomendados por SICA: se tomaron posturas jóvenes de ocho, 18 y 30 días de germinadas, dos distancias de plantación (15x15 y 25x25 cm) y las

Ms.C. Yoannis Martín y Y. E. Rodríguez, Especialistas, Ms.C. R. Morejón, Investigador Agregado de la Estación Experimental de Arroz "Los Palacios", Pinar del Río; Dr.C. F. Soto, Investigador Titular del departamento de Fitotecnia, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), gaveta postal 1, San José de las Lajas, La Habana, Cuba, CP 32 700.

✉ yoannis@inca.edu.cu

cantidades de posturas (una o dos) por sitio. Además, al cultivo se le suspendió el agua por períodos de siete a 10 días, para un total de 21 días sin agua en la fase vegetativa hasta la etapa de ahijamiento, 65 días en la campaña de frío y 50 en la primavera, momento en que se le mantiene una pequeña lámina de 10 a 15 días antes de la cosecha; se realizaron dos actividades de escarde manual y las demás atenciones culturales se dirigieron según lo establecido en el Instructivo técnico del cultivo del arroz (3).

Se utilizó un diseño experimental de Bloques al Azar con arreglo trifactorial, donde se probaron 12 tratamientos con tres réplicas cada uno de ellos, en parcelas de 2 m de ancho por 3 m de largo. Los tratamientos estudiados fueron los siguientes:

Tratamiento	Factores	Niveles
T ₁ - A ₁ B ₁ C ₁	A-Edad de trasplante	A ₁ -8 días
T ₂ - A ₁ B ₁ C ₂		A ₂ -18 días
T ₃ - A ₁ B ₂ C ₁		A ₃ -30 días
T ₄ - A ₁ B ₂ C ₂	B-Distancia de plantación	B ₁ -15 x 15 cm B ₂ -30 x 30 cm
T ₅ - A ₂ B ₁ C ₁		
T ₆ - A ₂ B ₁ C ₂		
T ₇ - A ₂ B ₂ C ₁		
T ₈ - A ₂ B ₂ C ₂		
T ₉ - A ₃ B ₁ C ₁		
T ₁₀ - A ₃ B ₁ C ₂	C-Número de postura por sitio	C ₁ -1 postura por sitio
T ₁₁ - A ₃ B ₂ C ₁		C ₂ -2 postura por sitio
T ₁₂ - A ₃ B ₂ C ₂		

Se realizaron diferentes evaluaciones: altura final (cm) en 10 plantas, cantidad de hijos finales en 10 plantas y rendimiento agrícola (t.ha⁻¹) en un metro cuadrado; todos estos muestreos se hicieron en cada una de las réplicas de los diferentes tratamientos y los datos se procesaron por el paquete estadístico Statgraph 5.0, mientras que las medias se compararon según la prueba de Tukey (p≤0,05).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante las seis campañas de investigación de frío y primavera en el 2005, 2006 y 2007, se encontraron diferencias significativas (p≤0.05) entre los tratamientos en la cantidad de hijos finales (Tabla I); solo en la primavera del 2007, la significación fue para la interacción entre los factores edad y distancia de plantación (Tabla II).

Se puede apreciar que en el 2007 (Tabla II), hubo diferencias significativas en los tratamientos donde existen interacciones entre dos factores (edad y distancia de plantación), no ocurriendo así en el resto de las interacciones y coincidiendo los mayores valores de cantidad de hijos finales en el tratamiento T₃ (ocho días, 30x30 cm y una postura por sitio) en el 2005, 2006 y 2007 de la campaña de frío. Resultados similares se observaron en la campaña de primavera, donde los valores más altos se vieron en los tratamientos T₃ (ocho días, 30x30 cm y una postura por sitio) y T₇ (18 días, 30x30 cm y una postura

por sitio), sin diferencias significativas entre ellos, por lo que coincidió que los valores más bajos en los tres años en ambas campañas de frío y primavera los mantuvo el testigo T₁₀ (30 días, 15x15 cm y dos posturas por sitio). Al respecto, otros plantean que el cultivo del arroz sometido a una fuerte deficiencia de agua durante un período de días permitió ir elevando la temperatura del suelo gradualmente (4, 5). Esta pudo ser una de las causas que permitieron que las plantas ahijaran mucho más en la variante de SICA con respecto al testigo.

Tabla I. Hijos finales por plantón en las campañas de frío y primavera 2005, 2006, 2007

Tratamientos	Campaña de frío			Campaña primavera	
	2005	2006	2007	2005	2006
T ₁	18.6 g	20.3dc	17.3bdc	18 cb	20cb
T ₂	16.0 defg	17.0ed	14fe	15.6 dc	16.6dc
T ₃	45.0 a	47.66a	46a	26.3 ba	27.3ba
T ₄	20.3 cd	21.3dc	18.3dc	20 cb	21cb
T ₅	17.0 de	18.0ed	15e	16.6 c	17.6dc
T ₆	14.3 defg	15.33fed	12.3fe	14 cd	15edc
T ₇	29.6 b	30.7b	27.7b	29.3 a	30.3 ^a
T ₈	25.3 cb	26.3cb	23.3cb	25 ba	26ba
T ₉	14.0 defg	17ed	14fe	15.6 dc	16.6dc
T ₁₀	8.3 h	9.33f	6.7f	7.66 e	7.6e
T ₁₁	11.3 efg	12fe	15.7dc	14 dc	11.6ed
T ₁₂	16.6 def	17.7ed	14.7fe	16.3 c	17.3dc
ES	0.78*	0.73*	0.79*	0.80*	0.73*

Tabla II. Hijos finales por plantón en la campaña de primavera del 2007

Tratamientos	Campaña de primavera 2007
A ₁ B ₁	15.3 bc
A ₁ B ₂	21.2 ab
A ₂ B ₁	13.3 c
A ₂ B ₂	24.2 a
A ₃ B ₁	10.7 c
A ₃ B ₂	24.8 a
ES	1.03*

Medias con letras en común por columna no difieren significativamente para p≤0.05, según la prueba de Tukey

Algunos estudios fisiológicos refieren que el trasplante temprano de las plántulas de arroz antes de los 15 días puede expresar potenciales genéticos para incrementar el ahijamiento (6), lo que define a los intervalos de crecimiento de plantas de la familia de las gramíneas (arroz, trigo, cebada y otros granos) como el tiempo entre la emergencia sucesiva de un grupo de hijos y hojas que afectan el crecimiento de la planta.

Esta pudiera ser una de las causas que provoca una mayor emisión de hijos cuando se utiliza este nuevo sistema de trasplante, pues las plántulas se llevan al campo con solo dos hojas emitidas y no se les interrumpe ningún ciclo de vida (emisión de hijos), lo que trae consigo una mayor cantidad de macollos por planta, cosa que no ocurre con el sistema tradicional. Además, se plantea que la cantidad de hijos depende en gran medida del número de

raíces que tenga la planta y viceversa, por lo que en este trabajo se pudo observar que, en todos los casos, las plantas de SICA tuvieron un mayor desarrollo radicular que el testigo, ya que con más raíces las plantas tienen más fortaleza y sobre todo una activa acumulación de nutrientes. Resultados similares también habían sido presentados anteriormente (7).

Al respecto, se plantea que cuando se utiliza una sola planta por sitio, se obtiene una mayor cantidad de hijos, por la sencilla razón de que es una planta bien nutrida para producir esa cantidad de hijos fértiles al final de la etapa de ahijamiento (6).

En cuanto a la altura final de las plantas, no hubo diferencias significativas en ambas campañas, a pesar de haber evaluado distintas densidades de población (Tabla III).

Tabla III. Altura final (cm) en las campañas de frío y primavera del 2005, 2006 y 2007

Tratamientos	Campaña de frío			Campaña de primavera		
	2005	2006	2007	2005	2006	2007
T ₁	90.7	90.9	88.1	88.7	88.4	87.8
T ₂	88.6	92.9	91.8	89.3	91.1	90.6
T ₃	91.9	92.9	91.9	92.5	92.1	90.5
T ₄	89.1	89.9	89.8	90.3	86.7	87.9
T ₅	92.3	88.9	92.2	93	91.7	91.7
T ₆	93.1	92.3	91.5	92.2	91.6	88.6
T ₇	93.1	93.5	92.7	93.5	91.5	90.8
T ₈	94.8	93.8	93	93.5	93.5	90.5
T ₉	89.3	88.7	87.9	88.8	88.8	89.4
T ₁₀	90.7	91.5	90.7	91.1	92.9	92.6
T ₁₁	93.5	90.6	89.8	90.3	88.3	86.7
T ₁₂	89.1	92.6	91.8	92.6	94.3	92.2
ES	1.24 ns	1.24 ns	1.24 ns	1.28 ns	0.97 ns	1.42 ns

Medias con letras en común por columna no difieren significativamente para $p \leq 0.05$, según la prueba de Tukey

Para la variable rendimiento (Tablas IV y V), se pueden apreciar diferencias significativas entre los tratamientos en la época de frío de los tres años y en la primavera del 2006. En el caso particular de la campaña de frío del 2007, la significación estuvo en las interacciones siguientes: edad x densidad de siembra y edad x número de posturas por sitio.

La mayor parte de las combinaciones de los niveles de cada factor mostraron un resultado significativamente superior, lo que demostró que con cualquier combinación se logran incrementos en los rendimientos con respecto al testigo. Los tratamientos T₁ (ocho días, 15x15 cm y una postura por sitio), T₅ (18 días, 15x15 cm y una postura por sitio), T₆ (18 días, 15x15 cm y dos posturas por sitio), T₈ (18 días, 30x30 cm y dos posturas por sitio), T₉ (30 días, 15x15 cm y una postura por sitio), T₁₁ (30 días, 30x30 cm y una postura por sitio) y T₁₂ (30 días, 30x30 cm y dos posturas por sitio), y se reitera el T₃ (ocho días, 30x30 cm y una postura por sitio) como una de las combinaciones de mayores incrementos del rendimiento.

Tabla IV. Rendimiento agrícola (t.ha⁻¹) al 14 % de humedad en las campañas de frío y primavera

Tratamientos	Campaña de frío		Campaña de primavera		
	2005	2006	2005	2006	2007
T ₁	5.51ba	6.01cba	4.4	4.44b	3.4
T ₂	4.97b	5.47cb	3.5	3.57cb	3.3
T ₃	7.01a	6.84 a	4.6	6.61a	4.8
T ₄	4.96b	5.46cb	3	3.56cb	3.1
T ₅	5.39b	5.88cba	3.4	3.98cb	2.8
T ₆	6.09ba	5.26c	3.5	4.69cb	3.2
T ₇	5.22b	5.72cba	3.4	3.82cb	2.6
T ₈	6.18ba	6.67ba	4	4.77b	3.9
T ₉	5.72ba	6.22cba	3.7	4.32b	3.6
T ₁₀	3.03c	2.83d	2.8	2.65d	2.6
T ₁₁	5.84ba	6.34cba	4.2	1.41b	3.8
T ₁₂	5.55ba	6.05cba	3.8	4.20cb	3.1
ES	0.16*	0.13*	0.25 ns	0.15*	0.24 ns

Tabla V. Rendimiento agrícola (t.ha⁻¹) al 14 % de humedad en la campaña de frío

Campaña de frío 2007			
A ₁ B ₁	4.5 ab	A ₁ C ₁	4.7 ab
A ₁ B ₂	4.3 ab	A ₁ C ₂	4.1 b
A ₂ B ₁	4.94 a	A ₂ C ₁	4.5 ab
A ₂ B ₂	4.8 a	A ₂ C ₂	5.3 a
A ₃ B ₁	3.58 b	A ₃ C ₁	4.3 ab
A ₃ B ₂	3.89 a	A ₃ C ₂	4.3 b
ES	0.20*		0.20*

Medias con letras en común por columnas no difieren significativamente para $p \leq 0.05$, según la prueba de Tukey

En cuanto a las interacciones significativas en la campaña de frío del 2007, todas superan el comportamiento del testigo.

Respuestas similares han sido obtenidas en estudios anteriores (6), donde se alcanzaron mayores rendimientos cuando se aplicó el estrés en la misma fenofase de este trabajo. Además, se ha demostrado que tanto en condiciones semi-controladas como en campo y para esta misma fenofase (ahijamiento), hubo un incremento del rendimiento agrícola al aplicar un estrés al cultivo, superando de forma significativa al testigo (7).

Así mismo, en la literatura internacional se habla de los cereales en condiciones de estrés, en este caso el arroz va a ser más eficiente en cuanto a la traslocación de los fotoasimilatos en la planta, los cuales van a ser llevados en forma de carbohidratos al grano, dándole un mayor peso y longitud a las panículas y trayendo consigo incrementos en los rendimientos agrícolas. Entre otras causas, estas podrían haber contribuido al incremento en los rendimientos en aproximadamente 2 t.ha⁻¹ respecto al testigo. Además, el concepto de sinergia sirve para ayudar a explicar el comportamiento del rendimiento cuando utilizamos el SICA; en este contexto sinergia significa que las prácticas utilizadas en el sistema intensivo actúan en positivo. Cada una de las prácticas culturales utilizadas

en el SICA hace una diferencia positiva en las productividades, pero el potencial real de este sistema es enfocado solamente cuando las prácticas son usadas en conjunto, pues así resulta una estructura de planta de arroz diferente de aquellas con las prácticas tradicionales. Con este nuevo sistema, las plantas de arroz tienen muchos más hijos, mejor desarrollo del sistema radicular y panículas más grandes con más granos, incidiendo en el rendimiento agrícola de manera positiva (8).

Existen criterios de que en el SICA, al no tener una lámina de agua y el suelo estar seco, hay una mayor disponibilidad de oxígeno, dándole con estas condiciones la posibilidad a las raíces de una óptima toma de O₂ para su uso posterior en la producción de energía. Este proceso de producción ocurre en las mitocondrias, donde el oxígeno juega un papel importante en el metabolismo. Por lo tanto, un buen abastecimiento de oxígeno mejora el metabolismo y provee más energía al crecimiento de la planta, mayor fortaleza, desarrollo a las raíces y favorece la activa acumulación de nutrientes, beneficiando así todas las etapas del cultivo desde el llenado del grano, la panícula por metro cuadrado y el rendimiento agrícola (7).

De forma general, se puede decir que cuando se utiliza cualquiera de las combinaciones de SICA, se obtienen incrementos en los rendimientos con respecto al testigo, destacándose el tratamiento T₃ (ocho días, 30x30 cm y una postura por sitio) como la combinación de mejor resultado en el rendimiento agrícola, en comparación con las demás combinaciones estudiadas.

REFERENCIAS

1. FAO. World agriculture: towards 2030/2050. Interim report. Prospects for food, nutrition, agriculture and major commodity groups. [on line] Rome: Global Perspective Studies Unit Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2006. 71 p. [Consultado 9-2009] Disponible en: <<http://www.fao.org/es/esd/AT2050web.pdf>>.
2. Cuba. MINAGRI. Nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba. La Habana: Instituto de Suelos, 1999, 64 p.
3. Cuba, MINAGRI. Instructivo técnico del arroz. 2006.
4. Polón, R. Impacto nacional en el incremento del rendimiento agrícola, economizar agua de riego y energía en el cultivo del arroz (*Oryza sativa* L.) como consecuencia del estrés hídrico. XVI Fórum de Ciencia y Técnica, 1990. [Consultado 9-2009]. Disponible en: <http://www.forumcyt.cu/UserFiles/forum/Textos/0109604.pdf>.
5. Polón, R. /et al./ La aplicación del estrés hídrico como alternativa para incrementar el rendimiento en el cultivo del arroz. *Cultivos Tropicales*, 1995, vol. 16, no. 2, p. 18-20.
6. Gil, J. V. Cultivo de arroz sistema intensificado Sica-sri en Ecuador: experiencia dedicada a los pequeños agricultores de arroz. [en línea] FUNDEC, 2008. 68 p. [Consultado 9-2009] Disponible en: <http://ciifad.cornell.edu/SRI/countries/ecuador/EcuGilLibroCultivodiArroz08.pdf>.
7. Polón, R. /et al./ Diferentes manejos de agua en el cultivo del arroz (*Oryza sativa* L) y su influencia en la germinación, masa seca, altura de la planta y el consumo de agua. *Cultivos Tropicales*, 2004, vol. 25, no. 2, p. 95-97.
8. Randriamiharisoa, R., Barison, J. y Uphoff, N. Soil biological contributions to the System of Rice Production. En: Uphoff, N., et al. (eds.), *Biological Approaches to Sustainable Soil Systems*. Boca Raton: CRC Press Taylor and Francis Group, 2006. p. 409-424.

Recibido: 4 de noviembre de 2008

Aceptado: 22 de octubre de 2009