

Evolución de la producción de etileno en la hoja bandera y la panoja de arroz (*Oriza sativa*) y sus efectos sobre la calidad del grano

A. CARBONE¹ & A. VIDAL²

¹ Instituto de Fisiología Vegetal, INFIVE. Departamento de Biología y Ecología, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP. CC 327, 1900, La Plata, Argentina². Departamento de Producción Vegetal, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP. CC 31, 1900, La Plata, Argentina.

CARBONE A. & A. VIDAL. 1997. Evolución de la producción de etileno en la hoja bandera y la panoja de arroz (*Oriza sativa*) y sus efectos sobre la calidad del grano. Rev. Fac. Agron., La Plata 102 (2): 197-202.

El etileno es una hormona que regula diversos procesos fisiológicos, entre los cuales se puede mencionar la senescencia de las hojas y la maduración de las inflorescencias de los cereales. El objetivo de este trabajo fue determinar si el etileno participa en la maduración del grano de arroz y afecta su calidad culinaria. Con este propósito se efectuaron aplicaciones de un inhibidor y un promotor de la síntesis de etileno: AVG (aminoetoxi-vinilglicina) y Ethephon, respectivamente, sobre plantas de arroz cv. Yerúa P.A. Las aplicaciones se realizaron en distintos momentos desde la antesis hasta la madurez fisiológica del grano. Se determinó la producción de etileno en panojas y hojas banderas y el contenido de clorofila presentes en estas últimas como índice de senescencia. La calidad culinaria del grano se evaluó por el porcentaje de amilosa del almidón y la temperatura de gelatinización de éste último. Durante la senescencia de la hoja bandera y la maduración de la panoja la producción de etileno se incrementó. El porcentaje de amilosa del almidón de los granos provenientes de ambos tratamientos se incrementó significativamente, mientras que la temperatura de gelatinización disminuyó de manera no significativa. Estos resultados indicarían un aumento en la calidad culinaria del grano de arroz como respuesta a las aplicaciones de Ethephon.

Palabras clave: Amilosa, arroz, calidad del grano, etileno, temperatura de gelatinización.

CARBONE A. & A. VIDAL. 1997. Ethylene production by the flag leaf and panicle and their effects on grain quality in rice (*Oriza sativa*). Rev. Fac. Agron., La Plata 102 (2): 197-202.

Ethylene is a plant hormone that regulates several physiological processes, such as, senescence of leaves and ripeness of inflorescence in cereals. The aim of this work was to determine if ethylene is involved in rice grain ripeness and its culinary quality.

AVG (aminoethoxyvinylglycine) and Ethephon (chloroethylphosphonic acid) were sprayed on different rice plots cv. Yerúa P.A. from anthesis to grain ripeness. Ethylene production was quantified in both, panicles and flag leaves. Chlorophyll content, as a senescence index, was measured on the latter. Grain culinary quality was evaluated by calculating the starch amylose percentage and by recording starch gelatinization temperature.

Ethylene production increased during flag leaves senescence and panicle ripeness in all plots. The amylose percentage also increased significantly in grains treated with AVG and Ethephon, while gelatinization temperature did not decrease significantly in both treatments. These results showed that ethylene might play a role in rice grain quality.

Key words: amylose, rice, grain quality, ethylene, gelatinization temperature.

INTRODUCCIÓN

El contenido de etileno en espigas y hojas banderas de trigo se incrementa progresivamente desde el estado de antesis hasta la madurez fisiológica del grano de trigo (Labraña *et al.*, 1991; Labraña & Araus, 1991; Beltrano *et al.*, 1994). Por otra parte, la aplicación de ciertos compuestos que inhiben la síntesis de etileno, como el AVG (aminoetoxivinilglicina), previenen o retrasan la maduración de la espiga, mientras que la aplicación de Ethephon acelera dichos procesos con la consiguiente reducción en la duración del período de llenado del grano y el peso de mil granos (Beltrano *et al.*, 1994).

En arroz, un cereal de verano que ocupa el segundo lugar entre los cultivos del mundo, esta información es escasa. Saka *et al.* (1992) reportaron la emisión de etileno por las panojas y hojas banderas aunque no hicieron ninguna referencia a sus posibles efectos sobre los principales parámetros que determinan la calidad culinaria del grano, como el porcentaje de amilosa del almidón y la temperatura de gelatinización del mismo (Chang & Li, 1980).

Otros factores, tales como la temperatura ambiente durante el cuarto subperíodo del cultivo, pueden afectar estos constituyentes de la calidad culinaria del grano (Vidal & Asborno, 1994).

Sobre la base de estos antecedentes los objetivos del trabajo fueron: determinar la producción de etileno en la panoja y hojas bandera de arroz desde antesis hasta la madurez fisiológica del grano y observar los efectos del AVG y el Ethephon sobre los procesos de maduración y senescencia de la panoja y sobre algunos parámetros determinantes de la calidad culinaria del grano.

MATERIALES Y MÉTODOS

Cariopsis de arroz (*Oriza sativa* L.) cv. Yerua P.A. fueron sembrados el 7 de Noviem-

bre 1994 en macetas de plástico de 5 l de capacidad, empleándose como sustrato una mezcla de tierra tamizada y arena (3:1). Luego de la emergencia se llevó a cabo un raleo dejando una sola planta por recipiente, las cuales se inundaron de manera permanente transcurridos 30 días. Se fertilizó con NP₂ (15:15:15) a razón de 200 g.kg⁻¹ tierra seca en estado de diferenciación panicular y encañamiento. Durante la experiencia no se observaron síntomas de deficiencia mineral, presencia de enfermedades o plagas. Las plantas se cultivaron en un invernáculo situado en el predio de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (UNLP), en La Plata (34° 52' S) bajo condiciones de irradiancia solar normal y el fotoperíodo natural para la localidad. La temperatura dentro del invernáculo fue determinada diariamente con un termógrafo siendo normal para los estadios fenológicos del cultivo (Fig. 1).

El estado fisiológico del cultivo se evaluó mediante la escala de Tottman *et al.* (1979). Las plantas llegaron a antesis hacia comienzos de febrero y a partir de ese estado se efec-

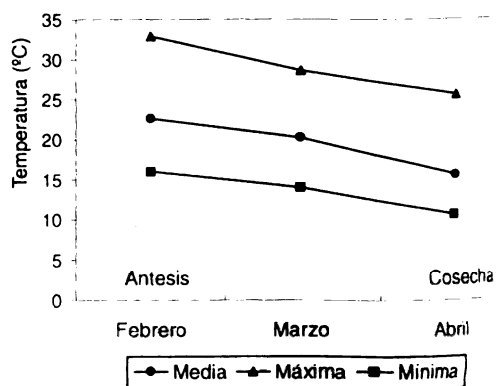


Figura 1. Temperaturas media máxima, media y media mínima durante el período de llenado del grano.

Mean maximum, mean and mean minimum temperature during grain development.

tuaron los siguientes tratamientos: a) Aplicación foliar de AVG 50 μ M; b) aplicación foliar de Ethephon 10^{-3} M y c) control, asperjadas con agua, en un diseño enteramente al azar con tres repeticiones de 40 plantas cada una.

Teniendo en cuenta los efectos gametocidas de estas sustancias (Bennet & Hughes, 1972) las aplicaciones se realizaron semanalmente a partir de post-antesis hasta la madurez fisiológica del grano.

La emisión de etileno se determinó semanalmente sobre cinco panojas y las hojas bandera correspondientes para cada repetición, desde antesis hasta madurez fisiológica del grano. El procesamiento del material vegetal y la determinación de etileno que se efectuó con un cromatógrafo de gases Konik KNK 3000 HRGC se realizó de acuerdo a Beltrano *et al.* (1994). El contenido de clorofila total se determinó en hojas banderas mediante el método de Moran & Porath (1980) midiendo la absorbancia en un espectrofotómetro Shimadzu UV160A a 644 y 660 nm.

Las panojas se cosecharon cuando alcanzaron un contenido de humedad del 24% y fueron trilladas manualmente. Los cariopsis se secaron en estufa con aire forzado a 41 °C hasta el 13,5 % de humedad, y luego se determinó el peso de mil granos (PMG). Los parámetros de calidad evaluados fueron: la temperatura de gelatinización del almidón, la cual se determinó utilizando la prueba alcalina variando la concentración de OHK hasta 1,3% (Little *et al.*, 1958). Para ello se utilizaron 6 semillas enteras pulidas en un molinillo Universal Guidetti & Antioli, las cuales se colocaron en cajas de plástico de 4x4 cm con tapa, que se completaron con 10 ml de solución de OHK.

El contenido de amilosa del almidón se determinó según la técnica de Williams *et al.* (1958) modificada por Juliano (1971). Se realizó la curva estándar con amilosa de papa pura BDH Biochemical, midiéndose los valores de absorbancia a 620 nm con un Spectronic 20 Bauch & Lomb.

Los datos fueron analizados estadísticamente mediante un análisis de varianza y las diferencias se establecieron según LSD ($P < 0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante el período de maduración la producción de etileno aumentó tanto en la hoja bandera como en la panoja de las plantas testigo (Fig. 2a y b). El Ethephon incrementó significativamente la liberación de etileno tanto en las hojas banderas como en las panojas, mientras que las plantas asperjadas con AVG emitieron etileno en concentraciones menores que el testigo, tendencia que se manifestó durante todo el ciclo de maduración (Fig. 2a y b). A la madurez fisiológica los niveles de etileno liberado disminuyeron, sin diferencias significativas entre los tratamientos, debido quizás al metabolismo restringido al mínimo en estos órganos (Carbone & Beltrano, 1995).

El contenido de clorofilas totales en hojas bandera se muestra en la Tabla 1, observándose la disminución progresiva en los tratamientos efectuados a medida que avanza la maduración de la panoja. No obstante, al llegar al estado de madurez fisiológica del grano las hojas bandera de las plantas asperjadas con AVG retuvieron un mayor contenido, de manera similar a lo observado por Beltrano *et al.* (1994).

Sin embargo, la menor emisión de etileno en las plantas tratadas con AVG no se correlacionó con un incremento significativo en el PMG, contrariamente a lo observado en trigo por Beltrano *et al.* (1994). Tampoco tuvieron ningún efecto apreciable las aplicaciones de Ethephon sobre este parámetro (Tabla 2). Esto se puede atribuir a que el arroz, bajo ciertas condiciones, no se comporta como una planta de ciclo estrictamente anual y, si bien la emisión de esta hormona tiene una evolución similar a la encontrada en otros cultivos, como el trigo, no posee el mismo mecanismo de

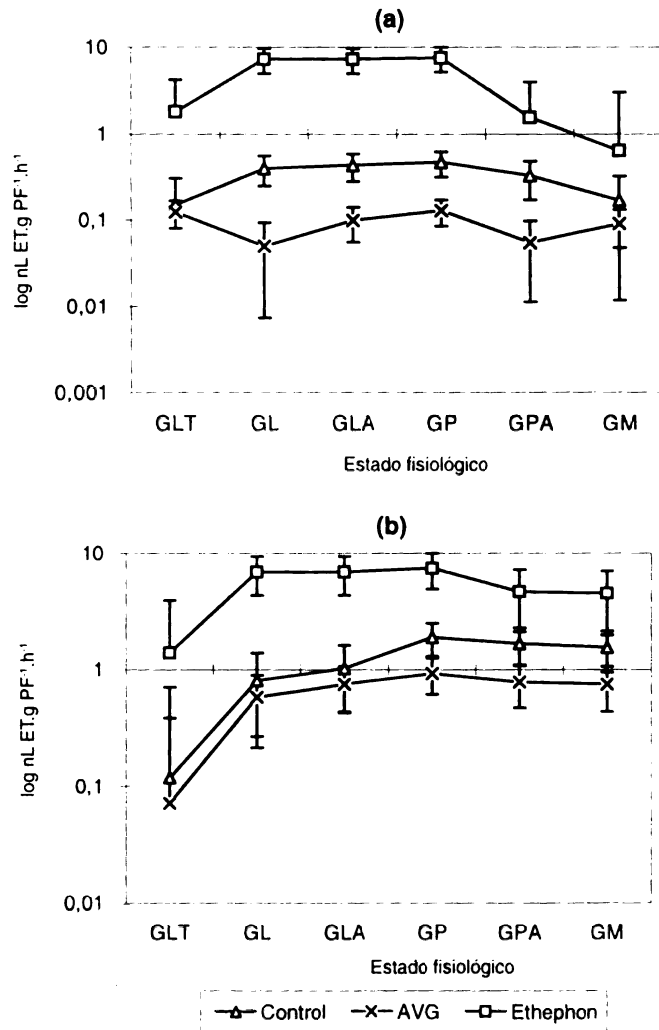


Figura 2. Producción de etileno (a) por la hoja bandera y (b) la panoja, en arroz cv. Yeruá P.A. asperjado con AVG y Ethephon. **Referencias:** GLT: grano lechoso temprano; GL: grano lechoso; GLA: grano lechoso avanzado; GP: grano pastoso; GPA: grano pastoso avanzado; GM: grano maduro.

Ethylene production by (a) flag leaf and (b) panicle in rice cv. Yeruá P.A. sprayed with AVG and Ethephon. References: GLT: Early milk; GL: medium milk; GLA: late milk; GP: medium dough; GPA: late dough and GM: hard dough.

acción.

Ambos tratamientos produjeron incrementos significativos en el contenido de amilosa del grano por lo cual dicho incremento no puede atribuirse a la acción del etileno, y si bien

las diferencias en temperatura de gelatinización del almidón no fueron significativas, se establece una disminución en los tratamientos (Tabla 2).

Estudios futuros permitirán dilucidar la

Tabla 1. Contenido de clorofilas totales ($\mu\text{g cm}^{-2}$) en hojas banderas de arroz cv. Yerúa P.A. asperjadas con AVG y Ethephon. **Referencias:** GLT: grano lechoso temprano; GL: grano lechoso; GLA: grano lechoso avanzado; GP: grano pastoso; GPA: grano pastoso avanzado; GM: grano maduro.

Total chlorophyll content ($\mu\text{g cm}^{-2}$) in flag leaf of rice cv. Yerúa P.A. sprayed with AVG and Ethephon. **References:** GLT: Early milk; GL: medium milk; GLA: late milk; GP: medium dough; GPA: late dough and GM: hard dough.

Estado	GLT	GL	GLA	GP	GPA	GM
Control	41,33 a	30,41 b	24,25 b	22,29 b	19,82 b	15,46 b
AVG	44,12 a	37,86 a	29,11 a	26,90 a	25,70 a	20,22 a
Ethephon	31,40 b	24,45 c	18,85 c	18,42 c	13,92 c	6,54 c

Para cada estado, los valores seguidos por letras comunes no difieren entre si según el Test de LSD ($P < 0,05$).

Values followed by the same letter, for each physiological stage do not differ significantly between them according to LSD Test ($P < 0,05$).

Tabla 2. Peso de mil granos (PMG), contenido de amilosa y temperatura de gelatinización del almidón en cariopsis de arroz integrales y vestidos cv. Yerúa P.A. asperjados con AVG y Ethephon.

Grain weight ($\times 1000$), amylose content and starch gelatinization temperature in rice grains cv. Yerúa P.A. sprayed with AVG and Ethephon.

	PMG		Contenido de Amilosa (%)	Temperatura de Gelatinización ($^{\circ}\text{C}$)
	Integrales	Vestidos		
Control	25,32 b	31,93 a	16,30 a	6,15 a
AVG	24,13 b	31,29 a	17,45 b	6,11 a
Ethephon	24,89 b	30,24 a	17,06 c	6,10 a

Para cada columna, los valores seguidos por letras comunes no difieren entre si según el Test de LSD ($P < 0,05$).

For each column values followed by the same letter, are not significantly different between them, according to LSD Test ($P < 0,05$).

acción de estos reguladores sobre los mecanismos genéticos que intervienen en la síntesis del almidón.

Fernanda Gaspari por la confección de los gráficos. Alejandra Carbone fue becaria de perfeccionamiento de la CICBA durante la realización de este trabajo.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue subsidiado por el CONICET, Argentina. Los autores agradecen a los Ing. Agrs. Edgardo Montaldi y Daniel Caldiz la lectura crítica del manuscrito y a la Ing. Ftal.

BIBLIOGRAFÍA

- Beltrano J., A. Carbone, E. Montaldi & J.J. Guíamet. 1994. Ethylene as a promoter of wheat grain maturation and ear senescence. *Plant Growth Regulation* 5: 107-112.
- Bennet R. & M. Hughes. 1972. Additional mito-

- sis in wheat pollen induced by Ethrel. *Nature* 240: 566-568.
- Carbone A. & J. Beltrano.** 1995. Comportamiento fisiológico de los cariopsis de trigo sometidos a pre-tratamientos con etileno. *Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata*. 71: 81-86.
- Chang T.T. & C.E. Li.** 1980. Genetics and breeding. *Rice: Production and utilization* (B.S. Luh, ed), AVI, Westport, CT. 87 pp.
- Jullano B.O.** 1971. A simplified assay for milled-rice amylose. *Cereal Science Today* 16: 334-360.
- Labraña X. & J.L. Araus.** 1991. Effect of foliar applications of silver nitrate and ear removal on carbon dioxide assimilation in wheat flag leaves during grainfilling. *Fields Crops Research* 28: 149-162.
- Labraña X., M. Vendrell & J.L. Araus.** 1991. Ethylene production in wheat flag leaves and ears during grain filling. *Plant Physiology and Biochemistry* 29: 349-354.
- Little R.R., G.B. Hilder & E.H. Dawson.** 1958. Differential effect of dilute alkali on 25 varieties of milled white rice. *Cereal Chemistry* 35: 111-126.
- Moran R. & D. Porath.** 1980. Chlorophyll determination in intact tissues using N,N-dimethylformamide. *Plant Physiology* 65: 478-479.
- Saka H., A. Kogen, M. Okumura & S. Watanabe.** 1992. Fluctuation of ethylene production in excised panicles and flag leaf blades during grain ripening in rice (*Oryza sativa* L.). *Japanese Journal of Crop Science* 61: 285-291.
- Tottman D.R., R. Makepeace & H. Broad.** 1979. An explanation of the decimal code for the growth stages of cereals, with illustrations. *Annals of Applied Biology* 93: 221-234.
- Vidal A. & M. Asborn.** 1994. Influence of sowing time upon phenology and grain quality of rice. *Proceeding of Temperate Rice Achieving and Potential. Temperate Rice Conference*. Yanco Australia. 80 pp.
- Williams V.R., W.T. Wu, H.Y. Tsal & H.G. Bates.** 1958. Varietal differences in amylose content of rice starch. *Journal of Agricultural Food Chemistry* 6: 47-48.