

Efecto de la fertilización nitrogenada sobre el rendimiento, la fenología y la calidad nutricional de *Amarantus cruentus* en el Valle Inferior del Río Negro

Zubillaga M. F., Quichán S., Barrio D.A.

Departamento de Ciencias Exactas, Naturales y de Ingeniería. Sede Atlántica,
Universidad Nacional de Río Negro, Don Bosco y Leloir s/n (8500) Río Negro.
Email: drbarrio@unrn.edu.ar

Resumen

El amaranto es un cultivo de interés dado que se adapta a diferentes condiciones climáticas y que el grano posee un importante contenido de proteínas de alto valor biológico. Estas características lo transforman en un cultivo factible de introducir en las zonas de producción del Valle Inferior del Río Negro. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la fertilización nitrogenada sobre el rendimiento, el desarrollo fenológico y la calidad nutricional de *Amarantus cruentus* cultivar *Don Guien*. El amaranto se sembró el 5 de diciembre de 2011 en un suelo con las siguientes características fisicoquímicas: textura arcillosa; pH: 7,7; 3,2 % de materia orgánica y 0,26 % de nitrógeno; conductividad eléctrica de 0,58 mS/cm; y manteniéndose en condiciones de humedad según los requerimientos del cultivo. La fertilización se basó en diferentes dosis de N para todos los tratamientos, utilizando como fertilizante urea granulada. Las dosis de N utilizadas fueron: 1) 0 kg ha⁻¹ (control); 2) 50 kg ha⁻¹; 3) 100 kg ha⁻¹; 4) 150 kg ha⁻¹ y 5) 300 kg ha⁻¹. Se realizó un riego pre-siembra y luego 4 riegos más, todos de forma gravitacional. El control de malezas se efectuó manualmente. La emergencia de las plántulas ocurrió a los cinco días, el inicio de floración a los 65 días y la madurez fisiológica a 135 días. La composición nutricional del grano fue: proteínas: 16,6 ± 0,2 %; lípidos: 6,0 ± 0,5 %; hidratos de carbono: 68,0 ± 3 %, todos los resultados se expresan en base seca. El rendimiento, la altura de planta y la biomasa tuvieron una tendencia a aumentar con la dosis de nitrógeno. Los rendimientos en grano fueron de 2220 ± 70, 3037 ± 180, 3255 ± 210, 3828 ± 240 y 3592 ± 270 kg/ha, respectivamente. Los valores de altura de planta fueron: 1,4 ± 0,1; 1,7 ± 0,2; 1,7 ± 0,1; 1,9 ± 0,2 y 1,9 ± 0,1 m, respectivamente. Los valores de biomasa fueron: 1,55 ± 0,15; 1,52 ± 0,13; 1,5 ± 0,2; 1,64 ± 0,1; 1,65 ± 0,1 kg/m² y para el largo de panoja 41 ± 4; 47 ± 6; 53 ± 5; 53 ± 7; 51 ± 6 cm, respectivamente. En conclusión el cultivo de amaranto responde a la fertilización nitrogenada alcanzando su máxima eficiencia a 150 kg N/ha.

1,4 ± 0,1 1,7 ± 0,2 1,7 ± 0,1 1,9 ± 0,2 1,9 ± 0,1

Introducción

El amaranto es una planta anual, herbácea o arbustiva de diversa morfología. Pertenece a la familia Amaranthaceae. El género *Amaranthus* está compuesto por 50 especies, pero después de varios estudios se ha llegado a la conclusión de que las especies de semilla comestible se reducen a: *Amaranthus hypochondriacus*, *A. caudatus* y *A. cruentus*. El amaranto es eficiente en su proceso fotosintético, ya que es una planta C4, cuyo mecanismo de fijación de carbono supera, dependiendo del ambiente, en eficiencia al resto de las plantas CAM y C3. Las plantas con ruta C4 crecen en general más rápido y responden mejor ante condiciones ambientales adversas. Hacen un uso eficiente del agua consumida para formar biomasa en comparación con las plantas C3.

Según Bejosano y Corke (1998), las proteínas de especies de amaranto son de mejor calidad que las proteínas de otros cereales. Alrededor del 17% del grano está constituido por proteínas de reserva, sin embargo su importancia no radica sólo en la cantidad sino en la calidad de la proteína, ya que presenta un excelente balance de aminoácidos (Segura *et al.*, 1992; Barba de la Rosa, 2007). Por su composición, la proteína del amaranto es similar a la de la leche y se aproxima a la proteína ideal propuesta por la FAO para la alimentación humana. Tiene un contenido importante de lisina, aminoácido comúnmente limitante en otros cereales. De acuerdo con la clasificación de Osborne, las proteínas de reserva del amaranto están constituidas mayoritariamente por albúminas, globulinas y glutelinas (Segura-Nieto *et al.*, 1994).

Por lo tanto todos los aspectos relacionados con la nutrición nitrogenada del amaranto tanto sea su disponibilidad en el suelo, absorción y distribución, como así también aspectos genéticos y de influencia del medio ambiente sobre el metabolismo nitrogenado, son de suma importancia a la hora de valorar las propiedades del amaranto según la cantidad y calidad de su proteína.

Uno de los principales factores limitantes en la producción de grano de amaranto es el nitrógeno (N) y variedades de amaranto diferentes responden de manera distinta a la cantidad de nitrógeno aplicada (Elbehri *et al.*, 1993).

Pospisil y col. (2006) encontraron que la fertilización nitrogenada (100 kg N/ha) incrementa el rendimiento, el peso de 1000 semillas y la longitud de la inflorescencia en años secos, probablemente debido a que las condiciones dadas fueron desfavorables para la mineralización. En cambio, en años donde las condiciones ambientales (temperatura y

precipitaciones) resultan más favorables, el amaranto puede crecer sin fertilización o con solo 50 kg N/ha. Por su parte, Olaniyi y col (2008) probaron cinco niveles de fertilización nitrogenada (0 – 15 – 30 – 45 - 60 kg N/ha) obteniendo como resultado un incremento en la altura de la planta, número de hojas, rendimiento de materia seca, rendimiento en grano y atributos de calidad a medida que se incrementaba la dosis de N de 0 a 60 kg N/ha, aunque los mayores rendimientos en grano se obtuvieron con 45 kg N/ha. Myers (1998) logró el incremento del rendimiento en grano utilizando dosis de N mayores a 90 kg N/ha, pero dosis muy elevadas (180 kg N/ha) pueden tener un efecto adverso a cosecha debido al incremento de la altura de la planta, caída de plantas y prolongada maduración de las semillas. Es decir que, si bien se ha encontrado que el amaranto responde positivamente a la fertilización nitrogenada, que tipo, cuando y cuanto se debe aplicar depende fundamentalmente de las propiedades físico-químicas del suelo y de la respuesta de la planta a esas condiciones (Fasina *et al.*, 2008).

El objetivo de este trabajo fue determinar el efecto de la fertilización nitrogenada sobre el rendimiento de semilla; la concentración de proteína en la semilla, hoja y tallo; biomasa; altura de planta y longitud de inflorescencias en *Amarantus cruentus cv Don Guien* cultivadas bajo riego en el Valle Inferior del Río Negro.

Materiales y métodos

Ubicación del estudio. El ensayo se llevó a cabo en el campo de la Estación Experimental del INTA del Valle Inferior del Río Negro (Ruta 3 km 971. Viedma, Río Negro). Se utilizó *Amarantus cruentus CV. Don Guien*. Esta especie posee destacado potencial de producción y adaptación a la agricultura extensiva. La precipitación media es de 391 mm con una distribución casi homogénea a lo largo del año. La estación primavera-estival que es la de mayor importancia desde el punto de vista agrícola, se caracteriza por presentar un ambiente seco y con alta demanda hídrica debido a que las precipitaciones en este período son de irregular distribución y deficitarias para los cultivos (Berasategui, 2002).

Características del suelo. El *amarantus cruentus CV Don Guien* se sembró en un suelo con las siguientes características físicoquímicas (30 cm superiores): textura arcillosa; pH: 7,7 sobre pasta saturada; 3,2 % de materia orgánica, 0,26 % de nitrógeno y conductividad eléctrica de 0,58 mS/cm.

Manejo del cultivo. Se realizaron las labores culturales propias de la preparación para los cultivos de verano, para ello en el mes de septiembre se pasó dos veces una rastra doble pesada y luego un cuadrante para emparejar el suelo.

La siembra se realizó el 5 de diciembre de 2011 en parcelas de 5,0 m de largo con 4 surcos distanciados en 0,70 m, con cuatro repeticiones. Se emplearon aproximadamente 100 semillas por metro. Se tapó y compactó levemente con rastrillo a una profundidad de siembra no superior a 2 cm. A los 25 días de la emergencia se efectuaron los raleos necesarios para ajustar la densidad de plantas a 12,5 plantas m⁻². La totalidad de las parcelas fueron mantenidas libres de malezas manualmente. De acuerdo a los resultados obtenidos por Erley y col (2005) las dosis de N utilizadas fueron: 1) N = 0 kg ha⁻¹ (control); 2) N = 50 kg ha⁻¹; 3) N = 100 kg ha⁻¹; 4) N = 150 kg ha⁻¹; 5) N = 300 kg ha⁻¹. El N se aplicó en forma de urea que contenía un 46% de N. Las condiciones de humedad se mantuvieron de acuerdo a los requerimientos del cultivo. Se realizó un riego pre-siembra y luego 4 riegos más, de forma gravitacional.

Rendimiento y componentes del rendimiento. El rendimiento se calculó cosechando 1 m lineal de los surcos 2 y 3 (centrales) medidos a 2 m del extremo de la parcela y los resultados en peso (kg) de grano en base seca se expresaron por hectárea. Los granos se secaron a 105 °C hasta peso constante. Una porción de los granos secos de cada parcela se molió y conservó en recipiente cerrado a -20 °C hasta la determinación de proteínas (Método de Kjeldahl-Arnold-Gunning) y composición nutricional. La biomasa se determinó por pesada secándola a 60 °C hasta peso constante. El índice de cosecha se calculó como el cociente entre el peso en grano/ha y el peso de biomasa/ha.

Resultados

En la tabla 1 se muestran los resultados de rendimiento y componentes del rendimiento con relación a los diferentes tratamientos de N. *Amarantus cruentus* cv *Don Guien* respondió favorablemente a la fertilización nitrogenada. Como puede observarse en la tabla 1 el rendimiento en grano se incrementó significativamente hasta 150 kg N/ha, mientras que no se observaron diferencias entre 150 y 300 kg N/ha. El mayor rendimiento (3828 ± 240 kg/ha) se observó con 150 kg N/ha. Pospisil y col (2006) también observaron un aumento en la

producción de grano de *Amarantus cruentus* asociado con la fertilización nitrogenada. El incremento en la producción de grano (150 %, respecto del control) con 100 kg N/ha fue similar al obtenido por Pospisil y col (2006), sin embargo nosotros observamos respuesta a la fertilización nitrogenada bajo condiciones óptimas de riego, mientras que Pospisil y col (2006) reportaron un aumento en la producción de grano solo bajo condiciones de estrés hídrico. Es de destacar que los valores de rendimiento por hectárea bajo condiciones de riego (presente trabajo) fueron el doble que los obtenidos por Pospisil y col. (2006) en condiciones de estrés hídrico (270 mm durante el período del cultivo). Por otra parte, Myers (1998) aplicó diferentes dosis de N a tres cultivares de amaranto y observó un 42% de incremento en rendimiento con dosis de 180 kg con respecto al control. La diferencia fue atribuida al mayor número de granos por planta, ya que el peso del grano y el número de plantas por hectárea se mantuvieron constantes. También observó que la dosis más alta de nitrógeno retrasó la maduración del grano como resultado de un prolongado período vegetativo y un retraso en la maduración del grano.

La altura de planta fue similar en dosis de 150 y 300 kg N/ha (tabla 1) lo que sugiere que un incremento en la altura de planta no afectaría el rendimiento en grano como lo observado por Myers (1998). Sin embargo, el aumento observado en la altura de planta debido a dosis más elevadas de nitrógeno favoreció la caída de plantas (datos no mostrados) sin embargo no afectaron la producción de grano. El largo de la panícula se incrementó con la dosis de N aplicada y se observó que con 100 kg N/ha es suficiente para lograr la mayor longitud. En concordancia con lo sugerido por Myers (1988) el incremento en el rendimiento estaría asociado con un mayor número de granos por panícula.

La máxima cantidad de biomasa se observó a partir de 150 kgN/ha, sin embargo dosis superiores no mostraron la misma tendencia (tabla 1). Contrariamente a estos resultados, los cambios observados por Pospisil y col (2006) respecto del contenido de biomasa, altura de planta y largo de panoja estuvieron asociados con la disponibilidad de agua y no con la fertilización nitrogenada. Nuestros resultados muestran que bajo condiciones de riego *Amarantus cruentus cv Don Guien* la altura de planta y el largo de panoja respondieron positivamente a la fertilización nitrogenada.

El contenido de proteínas en el grano no se modificó con la dosis de N aplicada, sin embargo se observó un incremento altamente significativo en el contenido de proteínas del tallo y las hojas (Tabla 1). Similares resultados fueron reportados por otros autores (Myers, 1998, Arellano Vázquez y Galicia Franco 2007). Estos resultados sugieren que la fertilización

nitrogenada de *Amarantus cruentus* cv *Don Guien* en condiciones bajo riego mejoran su calidad forrajera al incrementar significativamente el contenido de N en tallos y hojas.

Conclusiones

En conclusión el cultivo de *Amarantus cruentus* cv *Don Guien* responde a la fertilización nitrogenada incrementado su rendimiento en grano y calidad forrajera. Se sugiere una dosis de 150 kg N/ha para cultivos bajo riego en la región del Valle Inferior del Río Negro.

Tabla 1

Tratamientos (kg N/ha)	0	50	100	150	300
Componentes del rendimiento					
Rendimiento en grano (kg/ha)	2220 ± 70	3037 ± 180	3255 ± 210	3828 ± 240	3592 ± 270
Biomasa (kg/m ²)	1,55 ± 0,15	1,52 ± 0,13	1,5 ± 0,2	1,64 ± 0,1	1,65 ± 0,1
Índice de cosecha	0,14 ± 0,07	0,20 ± 0,05	0,22 ± 0,1	0,23 ± 0,06	0,22 ± 0,1
Proteína grano (%)	16,2 ± 0,08	16,2 ± 0,1	16,3 ± 0,05	16,3 ± 0,03	16,6 ± 0,04
Proteína tallo (%)	2,5 ± 0,1	3,6 ± 0,05	6,3 ± 0,07	7,8 ± 0,1	7,3 ± 0,03
Proteína hoja (%)	11,1 ± 0,04	12,9 ± 0,01	13,4 ± 0,08	13,2 ± 0,1	13,8 ± 0,03
Altura de planta (m)	1,4 ± 0,1	1,7 ± 0,2	1,7 ± 0,1	1,9 ± 0,2	1,9 ± 0,1
Largo de panoja (cm)	41 ± 4	47 ± 6	53 ± 5	53 ± 7	51 ± 6

Bibliografía

1. Arellano Vázquez, J. L.; Galicia Franco, J. A. 2007. Yield and plant and panicle traits in amaranth in response to nitrogen and seeding rate. *Agricultura Técnica en México*. 33(3): 251-258.
2. Barba De La Rosa AP.; Silva-Sánchez C.; González De Mejía E. 2007. Amaranth: An Ancient Crop For Modern Technology. In: *Hispanic Foods: Chemistry And Flavor*. Tunick M.H. Gonzalez De Mejia E. Eds. Publisher: American Chemical Society Washington DC pp 103-116
3. Bejosano, F.; Corke, H. 1998. Protein quality evaluation of Amaranthus wholemeal flours and protein concentrates. *J. Sci. Food Agric.*, 76, 100-106.
4. Berasategui L. 2002. Estadísticas climáticas del Valle de Viedma. 30 años: Información Técnica N° 20. Año 1 N°2 – ISSN: 1666-6054. pp: 1-70.
5. Elbehri A., Putnam D.H., Schmitt M., 1993. Nitrogen fertilizer and cultivar effects on yield and nitrogen use efficiency of grain amaranth. *Agron. J.* 85:120–128

6. Erley G.S., Kaul H.P., Kruse M., Aufhammer W. 2005. Yield and nitrogen utilization efficiency of the pseudocereals amaranth, quinoa, and buckwheat under differing nitrogen fertilization. *Europ. J. Agronomy* 22. pp: 95-100
7. Fasina, A.S., Awe G.O. and Aruleba J.O. 2008. Irrigation suitability evaluation and crop yield-An example with *Amaranthus cruentus* in Southwestern Nigeria. *African Journal of Agricultural Research*. Vol. 2 (7), pp. 61-66
8. Myers, R. L. 1998. Nitrogen fertilizer effects on grain amaranth. *Agron. J.* 90:597-602.
9. Olaniyi J.O., Adelasoye K.A., Jegede C.O. 2008. Influence of nitrogen fertilizar on the growth, yield and quality of grain amaranth varieties. *Word Journal of Agricultural Science* 4 (4): 506-513
10. Pospisil A., Prospisil M., Varga B., Svecnjak Z. 2006. Grain yield and protein concentration of two amaranth species (*Amaranthus* spp.) as influenced by the nitrogen fertilization. *Europ. J. Agronomy* 25 pp: 250-253
11. Segura-Nieto M.; Vázquez-Sánchez N.; Rubio-Velázquez H.; Olguín-Martínez L.; Rodríguez-Nester C.; Herrera-estella L. 1992. Characterization of Amaranth (*Amaranthus Hypochondriacus* L.) seed proteins. *J Agric Food Chem.* 40: 1553-1558.
12. Segura-Nieto, M.; Barba de la Rosa A. P.; Paredes-López, O. 1994. Biochemistry of amaranth proteins. In *Amaranth: Biology, Chemistry and Technology*; Paredes-López, O., Ed.; CRC Press: Boca Raton, FL; pp 75-106