

EFFECTO DE LA DENSIDAD DE SIEMBRA EN LA PRODUCTIVIDAD DE AMARANTO EN EL VALLE INFERIOR DEL RÍO NEGRO

EFFECT OF PLANT POPULATION ON PRODUCTIVITY OF AMARANTH IN THE VALLE INFERIOR DEL RÍO NEGRO

Zubillaga M F₁; Orioli G A_{1,2}; Barrio D A₁; Quichán S E₁.

¹Universidad Nacional de Río Negro (UNRN) Sede Atlántica. Viedma. Río Negro. Argentina.

²Universidad Nacional del Sur. Departamenteo de Agronomía. Bahía Blanca. Argentina.

mzubillaga@unrn.edu.ar

Resumen

El amaranto es un cultivo de gran adaptabilidad a diferentes ambientes, múltiples usos en la industria alimenticia y excelente calidad nutricional, características que lo transforman en una nueva alternativa productiva para el Valle Inferior del Río Negro (VIRN). Para cultivar amaranto de manera eficiente en esta zona es necesario obtener toda la información posible, para ello se realizaron trabajos de evaluación del cultivo en diferentes tipos de suelos, dosis de fertilización, frecuencias de riego, fechas de siembra y adaptabilidad de cultivares. A partir de los resultados obtenidos surgió la necesidad de conocer el comportamiento del cultivo en diferentes densidades de siembra y distancias entre líneas, factores importantes de considerar para maximizar rendimientos bajo las condiciones ambientales del VIRN.

Con el objetivo de identificar la densidad óptima de plantas que permita maximizar rendimientos se llevaron a cabo ensayos durante los ciclos productivos 2012-2013. La siembra se realizó en surcos a fines del mes noviembre con el cv Mexicano de *A. cruentus*. El número de plantas deseado en cada ensayo se ajustó mediante raleo. Los ensayos consistieron en 7 densidades de siembra: DI: 71.500 pts ha⁻¹; DII: 110.000 pts ha⁻¹; DIII: 143.000 pts ha⁻¹ sembradas a 0,70 cm entre líneas; y, DIV: 85.800 pts ha⁻¹; DV: 143.000 pts ha⁻¹; DVI: 286.000 pts ha⁻¹; DVII: 572.000 pts ha⁻¹ sembradas a 0,35 cm entre líneas. Durante el transcurso del ciclo productivo se efectuaron las tareas de desmalezado, fertilización y riego necesarias para un adecuado desarrollo de las plantas. Al momento de cosecha se determinó el rendimiento en grano y la biomasa por hectárea. Los resultados de rendimiento obtenidos fueron: DI: 1832 kg ha⁻¹; DII: 2524 kg ha⁻¹; DIII: 2913Kg ha⁻¹; DIV: 2200 kg ha⁻¹; DV: 2698 kg ha⁻¹; DVI: 2966 kg ha⁻¹; DVII: 2942 kg ha⁻¹. En cuanto a los valores de biomasa fueron DI: 14558 kg ha⁻¹; DII: 18759 kg ha⁻¹; DIII: 20856 ha⁻¹; DIV: 16245 kg ha⁻¹; DV: 19174 kg ha⁻¹; DVI: 29355 kg ha⁻¹; DVII: 33026 kg ha⁻¹.

A partir de los resultados obtenidos se infiere para cada distancia entre líneas una tendencia a incrementar los rendimientos conforme aumenta el número de plantas por hectárea. Sin embargo, no se hallaron diferencias entre DVI y DVII, ni entre las densidades DIII y DVII. El rendimiento de DIII fue mayor a DV posiblemente debido al efecto de la distancia entre líneas. Plantas sembradas a mayor distancia entre líneas permitirían un mayor desarrollo de panojas y de la planta en general, con incrementos en rendimiento y biomasa. Por lo antes mencionado, el índice de cosecha para DIII y DV fue 14%, mientras que para DVII fue de solo 9%. En cuanto a la biomasa por hectárea, la tendencia fue similar a la observada en el rendimiento.

Palabras clave: amaranto, cruentus, densidad de siembra, rendimiento, Valle Inferior de Río Negro

Summary

Amaranth is a crop of great adaptability to different environments, multiple uses in the food industry and excellent nutritional quality, features that make it into a new productive alternative to Valle Inferior del Río Negro (VIRN). To grow amaranth efficiently in this area is necessary to obtain all possible information for this crop assessment work performed in different soil types, fertilization, irrigation frequencies, planting dates and cultivar adaptability. From the results it became necessary to know the behavior of the crop at different densities and spacings, important factors to consider to maximize yields under ambient conditions VIRN.

In order to identify the optimum plant density that maximizes yield trials were conducted during the 2012-2013 production cycle, planting is done in rows at the end of november month with the Mexican cv of *A. cruentus*. The desired number of plants in each test was adjusted by thinning. The trials consisted of seven densities: DI: 71.500 pts ha⁻¹; DII: 110.000 pts ha⁻¹; DIII: 143.000 pts planted ha⁻¹ to 0.70 cm between the lines; and DIV: 85.800 pts ha⁻¹; DV: 143.000 pts ha⁻¹; DVI: 286.000 pts ha⁻¹; DVII: 572.000 pts planted ha⁻¹ to 0.35 cm between the lines. Throughout the production cycle they were made tasks of weeding, fertilizing and watering necessary for suitable development of plants. At harvest grain yield and biomass per hectare it was determined. Grain yield obtained were: DI: 1832 kg ha⁻¹; DII: 2524 kg ha⁻¹; DIII: 2913Kg ha⁻¹; DIV: 2200 kg ha⁻¹; DV: 2698 kg ha⁻¹; DVI: 2966 kg ha⁻¹; DVII: 2942 kg ha⁻¹. The biomass values were DI: 14558 kg ha⁻¹; DII: 18759 kg ha⁻¹; DIII: 20856 ha⁻¹; DIV: 16245 kg ha⁻¹; DV: 19174 kg ha⁻¹; DVI: 29355 kg ha⁻¹; DVII: 33026 kg ha⁻¹.

From the results can deduce for each distance between lines tend to increase yields as the number of plants per hectare enhance. However, no difference between DVI and DVII, or between DIII and DVII densities were found. The grain yield was higher in DIII than DV possibly due to the distance between lines. Plants grown at a greater distance between lines allow further development of panicles and overall plant, with increases in yield and biomass. As mentioned above, harvest index for DIII y DV was 14%, while for DVII was only 9%. The trend of biomass per hectare was similar that the observed in grain yield.

Key Word: Amaranth, density, Yield, cruentus

Introducción

Para maximizar rendimientos es importante conocer la respuesta del cultivo a la densidad de plantas dado que, ciertos rasgos morfológicos responden a este parámetro y serán afectados según el ambiente. Así Haas (1983) sostiene que altas densidades promueven menos ramificaciones, pocas panojas secundarias, diámetros de tallos menores y una maduración más uniforme, asegurando también que el efecto de la densidad depende de la especie, el cultivar y del ambiente.

Según Bansal et al. (1995) altas densidades permiten incrementos en la producción de semilla y un menor porcentaje de acame. Por su parte, Robinson (1986) en Minnesota encontró los mayores rendimientos con densidades que varían entre las 180.000 y 210.000 plantas ha⁻¹. Saldaña et al. (2006) trabajando con dos cultivares de *A. hypocondriacus* bajo dos densidades de población (62.500 y 375.000 plantas ha⁻¹) obtuvo para ambos cultivares los mayores rendimientos de semilla y biomasa aérea así como, los menores valores de diámetro de tallo y porcentaje de acame con la mayor densidad. Según Alejandre y Gómez (1986) para densidades de población que fluctuaron entre 50.000 y 100.000 plantas ha⁻¹ los rendimientos oscilaron entre 0,5 y 1,5 tn ha⁻¹. Glimplinger et al. (2007) como resultado de sus ensayos con densidades de 8.000; 17.000; 35.000; 70.000; 140.000 plantas ha⁻¹ recomiendan al productor un stand de plantas mayor a 50.000 plantas ha⁻¹. Henderson et al. (2000) trabajando con diferentes cultivares de amaranto en densidades de 74.000; 173.000

y 272.000 plantas ha^{-1} , recomiendan como óptima la densidad intermedia. García-Pereyra et al. (2009) trabajando con cuatro genotipos, tres de *A. hypocondriacus* y uno de *A. cruentus* bajo cuatro densidades de plantas ha^{-1} (31.250; 41.666; 62.500; 125.000 plantas ha^{-1}) concluyeron que la densidad de 125.000 plantas ha^{-1} es la que permitió obtener el mayor rendimiento en grano. Como se puede apreciar, la densidad óptima o aquella que produce el mayor rendimiento difiere según el autor, la especie y el ambiente, confirmando así la necesidad de profundizar el tema.

Con el objetivo de identificar el número de plantas que permita maximizar el rendimiento en grano de *A. cruentus* cv Mexicano se llevaron a cabo ensayos de densidades durante los ciclos productivos 2012-2013.

Materiales y métodos

El ensayo se llevó a cabo durante los ciclos productivos 2011-2012 y 2012-2013. El material genético utilizado fue *A. cruentus* cv Mexicano seleccionado a partir de ensayos preliminares que lo mostraron como el cultivar más adaptado para la región del VIRN. Este valle se encuentra ubicado a $40^{\circ} 48'$ de latitud Sur y $63^{\circ} 05'$ de longitud Oeste, que se extiende de Oeste a Este siguiendo la margen sur del Río Negro hasta su desembocadura en el Océano Atlántico, 100 km aguas abajo. El río y el mar actúan como moderadores de los valores térmicos de la Región. De acuerdo a los registros históricos la temperatura media mensual (14°C) y la amplitud térmica de lugar, hacen a la zona adecuada para el desarrollo de una amplia variedad de cultivos. La precipitación media es de 391,2 mm con una distribución casi homogénea a lo largo del año. La estación primavera-estival 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).

Luego de las labores culturales y previo a la siembra, se realizaron muestreos de suelo con el objetivo de determinar las características edáficas del sitio experimental. Para ambos años de ensayo la textura del suelo fue franca y con propiedades químicas dentro de parámetros normales. Estas características permitieron clasificar este suelo como de buena aptitud agrícola.

La siembra se realizó a chorrillo y de manera manual. Cuando las plantas alcanzaron un porte de 20-30 cm se efectuaron los raleos necesarios para ajustar el número de plantas a las densidades programadas. Los ensayos consistieron en siete densidades de siembra: DI: 71.500 pts ha^{-1} ; DII: 110.000 pts ha^{-1} ; DIII: 143.000 pts ha^{-1} sembradas a 0,70 cm entre líneas; y, DIV: 85.800 pts ha^{-1} ; DV: 143.000 pts ha^{-1} ; DVI: 286.000 pts ha^{-1} ; DVII: 572.000 pts ha^{-1} sembradas a 0,35 cm entre líneas.

La práctica de riego se llevó a cabo de manera gravitacional por surco (sistema más utilizado por los productores de la zona) con un total 8 riegos en cada ensayo.

Para la fertilización se utilizó urea granulada (46% N) con una dosis total de nitrógeno de 90 Kg ha^{-1} fraccionada en dos etapas: la primera cuando la planta alcanzó los 60 cm de altura y la segunda aplicación a inicio de floración.

El control de las malezas se realizó manualmente en 3 momentos del ciclo de desarrollo del cultivo. Durante los años de experimentación tuvo incidencia el insecto plaga "bicho moro" (*Epicauta adspesa* spp) el cual se controló mediante aplicaciones de insecticida Clorpirifos 48% p/v. EC a razón de 150 cc hl^{-1} . Este producto se utilizó en solución acuosa en 2 aplicaciones realizadas con mochila para cada uno de los años de ensayo respectivamente.

La cosecha se realizó manualmente sobre los surcos centrales, eliminando los surcos laterales de cada unidad experimental y un metro en ambos extremos de los surcos centrales, con el objetivo de eliminar el efecto borde. El material de cada tratamiento fue trillado individualmente para determinar rendimiento en grano (Re) y biomasa aérea (Rb) por planta (g planta $^{-1}$). Los datos también fueron calculados por hectárea (Kg ha^{-1}), y con ellos se calculó el índice de cosecha (IC) mediante el cociente entre ambos rendimientos (Re/Rb).

A partir de los datos obtenidos se elaboraron tablas que fueron analizadas a través del programa estadístico INFOSTAT (Di Renzo et al., 2008). A cada variable se aplicó un ANOVA doble con un diseño en cada año de bloques simples al azar. Las comparaciones de a pares de medias se realizaron mediante diferencia mínima significativa de Fisher (DMS) al 5% con los promedios de ambos años.

Resultados y discusión

A partir de los resultados obtenidos (Tabla 1) se infiere que para cada distancia entre líneas hubo una tendencia a incrementar los rendimientos económicos (Re) y biológicos (Rb) conforme aumentó el número de plantas por hectárea. Sin embargo, no se hallaron diferencias entre los Re de los tratamientos DVI y DVII; posiblemente debido a que superando las 143.000 plantas por hectárea ya no fue operativa la compensación entre el peso del grano y el peso total de la planta. Por lo antes mencionado, el IC para DVI y DVII fue de 10,15 y 8,93%, respectivamente.

Tabla 1. Valores promedio de rendimiento (Re), biomasa (Rb) e índice de cosecha (IC) para las diferentes densidades evaluadas en los ciclos productivos ensayados.

Densidad de siembra (Pts ha ¹)	Rendimiento (Kg ha ⁻¹)	Biomasa (Kg ha ⁻¹)	IC (%)
71500 DI	1831,66 a	14557,83 a	12,60 c
110000 DII	2523,66 c	18759,50 c	13,46 d
143000 DIII	2913,33 e	20856,16 d	13,98 e
85800 DIV	2200,50 b	16245,33 b	13,55 d
143000 DV	2698,17 d	19174,33 c	14,11 e
286000 DVI	2965,66 e	29354,67 e	10,15 b
572000 DVII	2942,33 e	33026,33 f	8,93 a

Los tratamientos DIII y DV tuvieron la misma densidad de plantas, sin embargo el primero logró mayor Re y Rb que el segundo, posiblemente debido a un efecto de la distancia entre líneas. En DIII la compensación entre peso de granos y rendimiento biológico fue operativa, lo que posibilitó que el mayor peso biológico desarrollado a una distancia entre líneas de 0,70 m produjera un Re de 2.913 Kg ha⁻¹ contra 2.698 Kg ha⁻¹ cuando las plantas crecieron a 0,35 m de distancia entre líneas. Por lo antes mencionado no se hallaron diferencias en los valores de IC (13,98% y 14,11% para DIII y DV de respectivamente).

Una menor distancia entre líneas generó para una misma densidad un mayor espaciamiento entre las plantas de una misma hilera sin embargo, produjo efectos similares a los observados cuando aumenta la densidad, es decir una reducción del porte de la planta y posiblemente del tamaño de panoja lo que se tradujo en una disminución en los rendimientos.

Conclusión

Para la zona de estudio la densidad de 143.000 pts ha⁻¹ con una distancia entre líneas de 0,70 m permitiría alcanzar los mayores rendimientos en grano con importantes valores de biomasa. Sin embargo, densidades más elevadas (286000 pts ha⁻¹ y 572000 pts ha⁻¹) produjeron rendimientos similares, motivo por el cual podrían ser consideradas aptas para el VIRN. A pesar de ello, debería tenerse en cuenta que mayores densidades implican costos más elevados en semilla y un aumento de la evapotranspiración del cultivo, pero favorecerían el control de malezas tarea de vital importancia durante los primeros estadios de cultivo.

Bibliografía

- Alejandre I.G., Gómez F. 1986. El cultivo de Amarantho en México. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, México. 248 p.
- Bansal G.L., Rana M.C, Upadhyay G. 1995 Response of grain amaranth (*Amaranthus hypochondriacus*) to plant density. Indian J. Agric. Sci. 65:818-820.
- Di Rienzo J.A., F. Casanoves, M.G. Balzarini, L. Gonzalez, M. Tablada & C.W. Robledo. 2008. InfoStat, versión 2008, Grupo InfoStat, - FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina
- García-Pereyra J., Valdés-Lozano C.G.S, Olivares-Sáenz E, Alvarado-Gómez O., Alejandre-Iturbide G., Salazar-Sosa E., Medrano-Soldán H. 2009. Rendimiento en grano y calidad del forraje de amaranto (*Amaranthus spp.*) cultivado a diferentes densidades en el noreste de México. ΦΥΤΟΝ 78: 53-60.
- Gimplinger D.M.; Erley G.S.; Dobos G.; Kaul H.P. 2008. Optimum crop densities for potencial yield and harvestable yield of grain amaranth are conflicting. Europ. J. Agronomy 28: 119-125.
- Hass P.W. 1983. Amaranth density report. RRC/NC/-83/8. New Crops Dep., Rodale Res. Ctr., Rodale Press, Emmaus, Pa.
- Henderson T, Johnson B; Schneiter A. 2000. Row spacing, plant population, and cultivar effects on grain amaranth in the northern great plains. Agron. J. 92: 329-336.
- Robinson R.G. 1986. Amaranth, quinoa, ragi, tef, and niger: Tiny seeds of ancient history and modern interest. Stn. Bull. AD-SB-2949. Agric. Exp. Stn., Univ. of Minnesota St. Paul.
- Saldaña G., Santos A., Trujillo T., Juaréz H., Estrada A., Gonzáles F. 2006. Respuesta de genotipos de amaranto a densidades de población. Revista de fitotecnia mexicana. vol 29, Nº 004. pp: 307-312.