



Influencia de la fertilización fosforada sobre la interferencia de *Amaranthus hybridus* y *Portulaca oleracea* en lechuga producida en suelos orgánicos

Bielinski M.Santos¹
Joan A.Dusky²
William M.Stall²
Donn G. Shilling²
Thomas A.Bewick²

RESUMEN. Se llevaron a cabo estudios de campo en el sur de la Florida, Estados Unidos, para determinar las reducciones de rendimientos de lechuga causadas por densidades de bledo (*Amaranthus hybridus*) y verdolaga (*Portulaca oleracea*) bajo dos programas de fertilización fosforada. Para los complejos lechuga-bledo y lechuga-verdolaga se realizaron aplicaciones de fósforo (P) en dos modalidades: a) al voleo, aplicando 250 kg P/ha y b) en bandas, a razón de 125 kg P/ha. Así mismo, se utilizaron las densidades de malezas 0, 2, 4, 8 y 16 plantas/6 m de hilera (5,4 m²). El diseño utilizado fue de parcelas divididas, las densidades ocuparon las subparcelas. Los rendimientos comerciales obtenidos indican que ambas malezas siguieron patrones diferentes en cuanto a su interferencia con el cultivo. En las mezclas lechuga-bledo, las densidades críticas de bledo fueron influenciadas según el programa de fertilización utilizado. Con P al voleo, se observaron reducciones de rendimiento de entre 2 y 4 plantas/6 m de hilera (aproximadamente 20%). Cuando el P fue aplicado en bandas, las mermas alcanzaron 24% con densidades superiores a 8 plantas/6 m de hilera. En las mezclas lechuga-verdolaga, cuando P fue aplicado en bandas, el peso fresco de las cabezas de lechuga fue superior dentro de cada densidad, comparado con el uso de P al voleo (incremento de 13%). La densidad crítica para reducción de rendimientos ocurrió entre 0 y 2 plantas/6 m hilera, resultando en reducciones promedio de 17%, sin importar el nivel de P utilizado. Las máximas reducciones de rendimiento alcanzaron 48 y 44% cuando se permitió la competencia de 16 plantas de verdolaga/6 m de hilera para P al voleo y en bandas, respectivamente.

Palabras clave: Interferencia, competencia, fertilización, fósforo, bledo, verdolaga, lechuga, *Amaranthus hybridus*, *Portulaca oleracea*.

ABSTRACT. Influence of phosphorus fertilization programs on the interference of *Amaranthus hybridus* and *Portulaca oleracea* with lettuce grown in organic soils. Field trials were conducted in South Florida, United States, to determine the extent of yield reductions due to population densities of smooth pigweed (*Amaranthus hybridus*) and common purslane (*Portulaca oleracea*) under two P fertility regimes. For lettuce-pigweed and lettuce-purslane complexes, P was applied in two ways: a) broadcast at 250 kg P/ha and b) banded at 125 kg P/ha. Weed densities of 0, 2, 4, 8 y 16 plants/6 m row (5.4 m²) were established. Studies were conducted within a split-plot design, where weed densities were in the subplots. Based on lettuce commercial fresh weight, results showed that both weeds followed different interference patterns. In lettuce-pigweed complexes, critical weed densities were influenced by P regimes utilized. With P broadcast, yield reductions were observed between 2 and 4 plants/6 m row (approximately 20%). When P was banded, yield reductions reached 24% with densities higher than 8 plants/6 m row. In lettuce-purslane complexes, when P was banded, fresh weight was higher within each density (13% increase) as compared with P broadcast. Critical weed densities occurred between 0 and 2 plantas/6 m row (17% reduction), regardless of the P regime utilized. Maximum yield reductions reached 48 and 44% with 16 purslane/6 m row for P broadcast and banded, respectively.

Key words: Interference, competition, fertility, phosphorus, smooth pigweed, common purslane, lettuce, *Amaranthus hybridus*, *Portulaca oleracea*.

¹ Investigador Principal. Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales. Santo Domingo, República Dominicana. bmsantos@yahoo.com.

² Profesores. Horticultural Sciences Department, University of Florida. Gainesville, Florida, EUA.

Introducción

Entre los diversos vegetales de hoja que se cultivan en los Estados Unidos, la lechuga (*Lactuca sativa* L.) ocupa las mayores áreas cultivadas (USDA 2000). En el estado de Florida, las mayores áreas de producción están localizadas en histosoles (50-80% de materia orgánica) de los Everglades y del lago Apopka. Existen muchas plagas que pueden atacar los campos de lechuga, lo cual ocasiona pérdidas significativas de rendimiento y calidad. El manejo de malezas en suelos orgánicos es costoso y está basado principalmente en el control manual. Esto se debe principalmente a que el control mecánico puede causar daños en el sistema radicular poco profundo de las plantas de lechuga, lo cual se refleja en los rendimientos. Especies de malezas como el bledo y la verdolaga son consideradas agresivas en climas tropicales y subtropicales (Holm *et al.* 1991). En el sur de Florida, *A. hybridus* y *P. oleracea* ejercen una gran presión sobre los campos de vegetales, especialmente en los suelos orgánicos del área agrícola de los Everglades.

Otros métodos de manejo de malezas, como el control químico, tienen un impacto limitado en la producción de *L. sativa*, debido a la falta de moléculas herbicidas registradas para este propósito (Stall *et al.* 1998). El alto costo de generación y registro de nuevos herbicidas, junto a los riesgos ambientales de contaminación de aguas subterráneas y suelos, justifica la búsqueda de alternativas para el manejo de malezas. El manejo agrícola de malezas implica el uso de rotaciones de cultivo y el aumento de la competitividad del cultivo para la captura de factores esenciales de crecimiento, tales como luz, agua y nutrientes (Anderson 1983). Sin embargo, para desarrollar técnicas efectivas de manejo agrícola de malezas, se requieren estudios que proporcionen información sobre las interacciones cultivos-malezas. En ese sentido, se sabe poco acerca de la relación existente entre densidad de malezas y rendimiento de vegetales.

Se han utilizado diversas metodologías para medir el impacto de las poblaciones de malezas sobre los cultivos. Dentro de esas metodologías, frecuentemente se utilizan estudios de densidades para determinar la competitividad y las reducciones de rendimientos. Los estudios aditivos se utilizan en campo abierto para conocer el impacto de densidades cambiantes de malezas con una densidad fija del cultivo. Se han reportado muchos estudios para cultivos como las legu-

minosas y los cereales (Rejmanek *et al.* 1989, Liebman y Robicheaux 1990, Radosevich *et al.* 1997). Sin embargo, existen pocos reportes sobre el impacto de especies nocivas de malezas sobre el crecimiento y el desarrollo de las hortalizas.

La naturaleza de las interacciones maleza-cultivo puede ser afectada por la disponibilidad de recursos limitados, tales como luz, agua, espacio físico y nutrientes. Este balance puede ser cambiado a favor de cualquiera de las especies, dependiendo de la situación de cada recurso, así como de la agresividad de las especies involucradas. Se ha reportado previamente que la competencia por nutrientes puede ser influenciada por la competencia por otros factores de crecimiento (DiTomaso 1995). Otros autores han enfatizado la influencia que la fertilización nitrogenada tiene al proveer una ventaja adicional a los cultivos o las malezas (Okafor y DeDatta 1976, Carlson y Hill 1986, Morales-Payan *et al.* 1997). Sin embargo, se conoce poco acerca de la influencia del fósforo (P) sobre la competitividad de las hortalizas. Sánchez *et al.* (1990) demostraron que se pueden obtener mayores rendimientos de maíz dulce (*Zea mays* L.) al aplicar 33% del P recomendado en bandas, en comparación con tratamientos con P al voleo. Shreffler *et al.* (1994) indican que aplicar P en bandas por debajo de las hileras de siembra de lechuga provee ventajas competitivas adicionales al cultivo contra la interferencia de una especie de bledo (*Amaranthus spinosus* L.). No se han realizado estudios que determinen el impacto de diferentes programas de fertilización fosforada sobre las interacciones lechuga-bledo y lechuga-verdolaga.

La fertilización fosforada es un componente básico en la producción de lechuga en los suelos orgánicos del sur de la Florida, debido principalmente a que estos suelos son naturalmente deficientes en este elemento (Hochmuth *et al.* 1994). Además, el P es un nutriente relativamente inmóvil en el suelo (Sample *et al.* 1980). Por lo tanto, plantas con sistemas radiculares desarrollados y profundos, como el bledo y la verdolaga, podrían capturar el P más eficientemente que la lechuga. Los objetivos específicos del estudio fueron: a) determinar las reducciones de rendimientos de lechuga causadas por *A. hybridus* bajo dos programas de fertilización fosforada, y b) determinar las reducciones de rendimientos de lechuga causadas por *P. oleracea* bajo dos programas de fertilización fosforada.

Materiales y Métodos

Se realizaron dos estudios de campo en el Everglades Research and Education Center de la Universidad de Florida, entre 1996 y 1999. El suelo fue clasificado como Medisaprist, con un contenido de materia orgánica de aproximadamente 75% y pH de 6,3. Las temperaturas diurnas y nocturnas promedio fueron de 28 y 17C, respectivamente. El contenido de P extraíble con agua fue de 3,0 mg P/l de suelo, lo cual es insuficiente para la producción comercial de lechuga (Sánchez *et al.* 1990, Hochmuth *et al.* 1994). Las aplicaciones de P fueron realizadas en dos modalidades: a) al voleo, aplicando 250 kg P/ha y b) en bandas soterradas 5 cm por debajo de las hileras de lechuga a razón de 125 kg P/ha. Se utilizó $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ como fuente para las aplicaciones al voleo, y ácido fosfórico para aplicaciones en bandas. Estos niveles del nutriente fueron escogidos con base en recomendaciones para el cultivo (Sánchez *et al.* 1990). Otros nutrientes esenciales fueron aplicados al voleo tomando en cuenta análisis de suelos.

Se sembraron semillas de lechuga de hoja "South Bay" directamente en hileras dobles (30 cm de separación entre hileras) sobre camas de 0,9 m de ancho. En cuanto a las malezas, las semillas de bleto y verdolaga fueron esparcidas 10 días antes de la siembra de la lechuga sobre bandejas con celdas de 24 cm³. Al momento de la emergencia de la lechuga, se trasplantaron plántulas de malezas en el estado de dos hojas verdaderas entre las hileras dobles del cultivo en las siguientes densidades: 0, 2, 4, 8 y 16 plantas/6 m de hilera (5,4 m²), equivalentes a 0, 0,37, 0,75, 1,50 y 3,00 plantas/m². Otras especies de malezas fueron removidas manualmente o con azadas. Las plantas de lechuga fueron raleadas a una distancia 0,30 m.

Los tratamientos fueron ordenados en dos estudios, correspondientes a cada complejo (lechuga-bleto y lechuga-verdolaga). El diseño utilizado en cada estudio fue de parcelas divididas con cuatro repeticiones, donde los programas de fertilización fosforada se ubicaron en las parcelas y las densidades de malezas en las subparcelas. El 50% del área de cada unidad experimental fue cosechada cuando las plantas de lechuga del testigo sin malezas alcanzaron la madurez, basada en la firmeza de las cabezas, tamaño y apariencia. Las hojas externas de cada cabeza fueron eliminadas en el momento de la cosecha. Se midió el número y el peso comercial de cabezas de lechuga. Los datos reco-

lectados fueron sometidos a análisis de varianza ($P=0,05$). Las medias de los tratamientos fueron separadas por errores estándar calculados de los datos resultantes para cada variable.

Resultados y Discusión

Estudios lechuga-bleto

Los datos obtenidos indican que existió diferencia significativa ($P<0,05$) entre los factores fertilización fosforada y densidad de maleza para el peso de cabezas comerciales (Fig. 1). Sin embargo, el número de cabezas comerciales no fue afectado ($P>0,05$) por ningún factor. En todos los casos, incluyendo el testigo libre de malezas, el peso fresco fue superior cuando el P fue aplicado en bandas comparado con las aplicaciones al voleo. El peso fresco de las cabezas de lechuga disminuyó a medida que las densidades de malezas se incrementaban dentro de cada programa de fertilización fosforada.

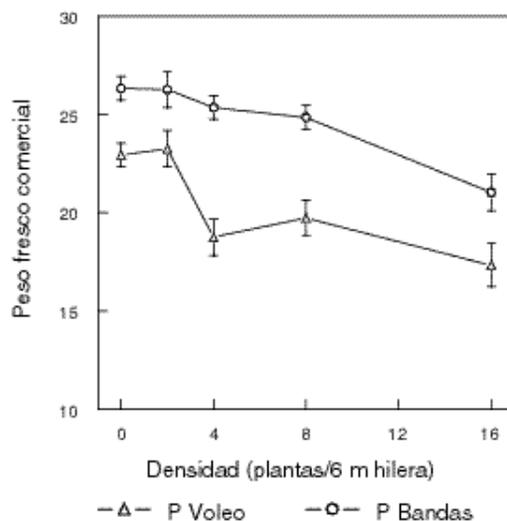


Figura 1. Efectos de densidades de bleto (*Amaranthus hybridus*) sobre el peso fresco comercial de lechuga.

Las densidades críticas de bleto fueron influenciadas de acuerdo con el programa de fertilización utilizado. Con P al voleo, se observaron reducciones significativas de rendimiento entre 2 y 4 plantas/6 m de hilera, equivalente a aproximadamente 20%. Cuando el P fue aplicado en bandas, las mermas en la producción alcanzaron 24% con densidades superiores a 8 plantas/6 m de hilera.

Debido a que el número de cabezas comerciales no fue afectado, el efecto del bledo sobre la lechuga se basó en la reducción del peso fresco de cada cabeza.

Estudios lechuga-verdolaga

Para el peso fresco de cabezas comerciales de lechuga, ambos factores influenciaron independientemente ($P < 0,05$) esta variable (Fig. 2). El número de cabezas comerciales cosechadas no fue afectado por ninguno de los dos factores bajo estudio. Cuando el P fue aplicado en bandas, el peso fresco de las cabezas de lechuga fue superior dentro de cada densidad de verdolaga, comparado a cuando se utilizó P al voleo, representando un incremento de un 13%. Así mismo, el peso fresco de las cabezas de lechuga disminuyó a medida que se incrementó la densidad de verdolaga. Las reducciones máximas de rendimiento alcanzaron 48 y 44% cuando se permitió la competencia de 16 plantas de verdolaga/6 m de hilera para P al voleo y en bandas, respectivamente.

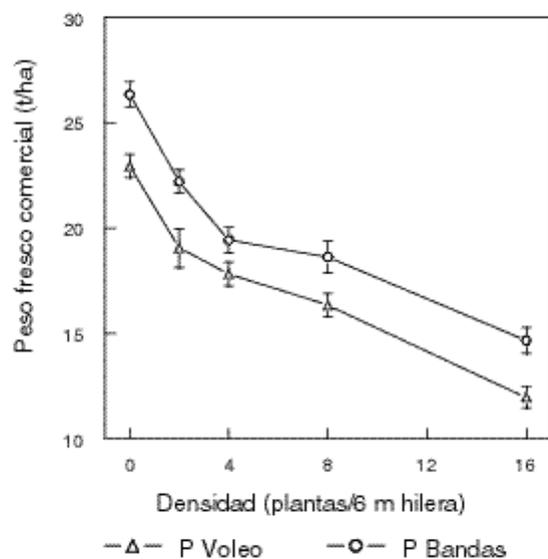


Figura 2. Efectos de densidades de verdolaga (*Portulaca oleracea*) sobre el peso fresco comercial de lechuga.

En contraposición al complejo lechuga-bledo, donde los valores de densidad crítica fueron modificados de acuerdo con el programa de aplicación de P elegido, el complejo lechuga-verdolaga mantuvo su densidad crítica para reducción de rendimientos entre 0 y 2 plantas/6 m hilera, resultando en reducciones promedio de 17% en el peso fresco comercial obtenido, sin importar el nivel de P utilizado. Sin embargo, el

aplicar P en bandas permitió al cultivo absorber y utilizar el P más eficientemente, aparentemente debido a la mayor concentración del nutriente alrededor del sistema radicular poco profundo de la lechuga.

La verdolaga ha sido reportada como una maleza que responde positivamente a las aplicaciones de P (Santos *et al.* 1998). En los complejos lechuga-verdolaga, la competencia por P podría constituir el mecanismo primario de interferencia. Sin embargo, es sabido que la competencia por nutrientes puede interactuar o incrementar la competencia por otros factores esenciales, tales como luz y agua (DiTomaso 1995). Esto podría estar ocurriendo en situaciones donde se aplica el P al voleo, donde la verdolaga crece más rápidamente que la lechuga y consecuentemente podría sombrear el cultivo más eficientemente, debido a los mayores niveles de absorción del nutriente. Estas interacciones nutrientes-luz no son raras en mezclas de cultivos y malezas, donde las malezas son favorecidas por la alta fertilidad del suelo, creciendo más rápidamente y reduciendo el nivel de radiación solar fotosintéticamente activa recibida por las hojas del cultivo (Liebman y Robichaux 1990; Okafor y DeDatta 1976).

Basados en conclusiones previas presentadas por Santos *et al.* (1998), los datos obtenidos en los estudios sugieren dos posibles explicaciones para las interacciones lechuga-bledo y lechuga-verdolaga. Primero, *A. hybridus* ha sido reportada como una maleza con consumo de lujo de P más competitiva que la lechuga, y podría estar absorbiendo el nutriente en detrimento del cultivo (Santos *et al.* 1998). Cuando el P es colocado en bandas cercanas al sistema radicular del cultivo, se obtiene un efecto positivo sobre el crecimiento del cultivo en dos direcciones: a) aumento de la competitividad y b) aumento de las oportunidades de absorción de P antes de que las raíces de bledo ocupen la rizosfera del cultivo. Los cambios en la competitividad de la lechuga se reflejan en el cambio de las densidades críticas de reducciones de rendimiento para la maleza, al pasar de un programa de fertilización al otro. Segundo, *P. oleracea* es una maleza que responde positivamente a la fertilización fosforada y no presentó ningún cambio en las densidades críticas al cambiar el programa de fertilización. Esto indica que al aplicar P en bandas, el cultivo se beneficia principalmente por los cambios en las concentraciones relativas de P alrededor de su sistema radicular. Deben realizarse más investigaciones con el fin de determinar el nivel de interferencia de dichas malezas sobre el cultivo en diferentes

momentos del ciclo vegetativo. De igual modo, se sugiere establecer los mecanismos primarios y secundarios de interferencia de ambas especies sobre la lechuga.

Literatura citada

- Anderson, WP. 1983. Weed Science: Principles. West Publ. Co., St. Paul, Minn., EE.UU.
- Carlson, HL; Hill JE. 1986. Wild oat (*Avena fatua*) competition with spring wheat: Effects of nitrogen fertilization. Weed Science 34:29-33.
- DiTomaso, JM. 1995. Approaches for improving crop competitiveness through the manipulation of fertilization strategies. Weed Science 43:491-497.
- Hochmuth, G; Hanlon E; Nagata, R; Zinder, G; Schueneman, T. 1994. Crisphead Lettuce: Fertilization Recommendations for Crisphead Lettuce Grown on Organic Soils in Florida. Fla. Coop. Ext. Serv. Bull. SP-153. 25 p.
- Holm, LG; Plucknett, DG; Pancho, JV; Herberger, JP. 1991. The World's Worst Weeds: Distribution and Biology. Krieger Publ. Co., Florida, EE.UU.
- Liebman, M; Robicheaux, RH. 1990. Competition by barley and pea against mustard: Effects on resource acquisition, photosynthesis and yield. Agric. Ecosys. Environ, 31:155-172.
- Morales-Payan, JP; Santos, BM; Stall, WM; Bewick, TA. 1997. Effects of purple nutsedge (*Cyperus rotundus*) on tomato (*Lycopersicon esculentum*) and bell pepper (*Capsicum annuum*) vegetable growth and fruit yield. Weed Tech. 11:672-676.
- Okafor, LI; DeDatta, SK. 1976. Competition between upland rice and purple nutsedge for nitrogen, moisture and light. Weed Science 24:43-46.
- Radosevich, S; Holt, J; Ghersa, C. 1997. Weed Ecology: Implications for Management. John Wiley and Sons, Inc., New York, EE.UU.
- Rejmanek, M; Robinson, GR; Rejmankova, E. 1989. Weed-crop competition: Experimental designs and models for data analysis. Weed Science 37:276-284.
- Sample, EC; Soper, RJ; Racz, GJ. 1980. Reactions of phosphate fertilizers in soils. In Eds. FE Khasawneh *et al.* The Role of Phosphorus in Agriculture. Madison, WI: ASA, CSSA, SSSA, p. 263-304.
- Sánchez, CA. 1991. Soil-Testing and Fertilization Recommendations for Crop Production on Organic Soils in Florida. Fla. Coop. Ext. Serv. Bull. 876.
- Sánchez, CA; Swanson, S; Porter, PS. 1990. Banding P to improve fertilizer use efficiency of lettuce. J. Am. Soc. Hort. Sci. 115:581-584.
- Santos, BM; Dusky, JA; Stall, WM; Shilling, DG; Bewick, TA. 1998. Phosphorus effects on competitive interactions of smooth pigweed (*Amaranthus hybridus*) and common purslane (*Portulaca oleracea*) with lettuce (*Lactuca sativa*). Weed Science 46:307-312.
- Shreffler, JW; Dusky, JA; Shilling, DG; Brecke, BJ; Sanchez, CA. 1994. Effects of phosphorus fertility on competition between lettuce (*Lactuca sativa*) and spiny amaranth (*Amaranthus spinosus*). Weed Science 42:556-560.
- Stall, WM; Dusky, JA; Gilreath, JP. 1998. Estimated effectiveness of recommended herbicides on selected common weeds in Florida vegetables. In Ed. DL Colvin. 1998. Florida Weed Management Guide. Gainesville, FL: Univ. of Florida. p. 313-316.
- USDA (United States Department of Agriculture). 2000. Vegetables: 1999 Summary. Washington, DC: National Agricultural Statistics Service. 78 p.