
RESPUESTAS DE CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN DE LA ZÁBILA A DIFERENTES DENSIDADES DE PLANTACIÓN Y NIVELES DE FERTILIZACIÓN USADOS

GROWTH AND PRODUCTION OF ALOE IN RESPONSE TO DIFFERENT PLANTATION DENSITIES AND FERTILIZATION LEVELS USED

Añez, Bruno y Vásquez, Jorge; Instituto de Investigaciones Agropecuarias(I.I.A.P.).
Universidad de Los Andes (U.L.A.), Apdo. 77 (La Hechicera), Mérida, Venezuela.
bruno@ula.ve, joanua@ula.ve

Resumen

El objetivo de este estudio fue medir el efecto que sobre el crecimiento, producción y rendimiento de la zábila (*Aloe barbadensis M.*), tuvo el empleo de diferentes densidades de plantación y distintos niveles de fertilización. El trabajo de campo se realizó en un suelo Cambortid típico, franco-arcillo-arenoso de la estación experimental San Juan de Lagunillas, Mérida, Venezuela, donde se probaron cuatro densidades de plantación "D" (hileras sencillas a 0,40 m entre ellas: 62.500 plantas.ha⁻¹, dos hileras a 0,40 m entre ellas y 0,80 m entre cada par de hileras: 41.667 plantas.ha⁻¹, tres hileras a 0,40 m entre ellas y 0,80 m entre cada tres hileras: 46.875 plantas.ha⁻¹ e hileras sencillas a 0,50 m entre ellas: 50.000 plantas. ha⁻¹) como parcelas principales y cuatro niveles de fertilización "F" (0; 1000; 2000 y 3000 Kg.ha⁻¹ de la fórmula 12-12-17/2) como subparcelas. Los espacios entre plantas fueron de 0,40 m para todos los tratamientos. Se usó el diseño de bloques al azar arreglado en parcelas divididas con cuatro repeticiones. El número de hojas por planta y el ancho y grosor de las hojas no fueron influidos por los tratamientos. El largo de las hojas y el número de hijos por planta fueron afectados significativamente por D independientemente del F empleado. La producción por planta y el rendimiento de gel fueron significativa e independientemente influidos tanto por D como por F. La producción por planta de acíbar no fue afectada por los tratamientos; en tanto que, su rendimiento fue significativamente influido por D independientemente de F.

Palabras clave: *Aloe barbadensis*, densidades de plantación, niveles de fertilización, crecimiento vegetativo, producción, rendimiento.

Abstract

The objective of this study was to measure the effect of different plantation densities and fertilization levels on aloe (*Aloe barbadensis M.*) growth, production and yield. The field work was carried out at San Juan of Lagunillas Experimental Station, State of Merida, Venezuela, on a Typical Cambortid sandy-clay-loam soil, where four plantation densities 'D' (simple rows separated 0.40 m between them: 62,500 plants. ha⁻¹, two rows 0.40 apart and 0.80 m between each pair: 41,667 p. ha⁻¹, three rows separated 0.40 m between them and 0.80 m between every

three rows: 46,875 p. ha⁻¹, and simple rows separated 0.50 m between them: 50,000 p. ha⁻¹) as main plots and four fertilization levels 'F' (0; 1000; 2000 or 3000 Kg. ha⁻¹ of 12-12-17/2) as subplots were tested using a split-plot arrangement of treatments in a randomized blocks design with four replications. The intrarow plant spacing was 0.40 m for all treatments. The number of leaves per plant, broad, and thickness of leaves were not influenced by the treatments. The long of leaves and the number of suckers per plant were significant and independently affected by D. The plant production and yield of gel were significant and independently affected by both D and F. The plant production of acíbar (resinous latex-aloin-) was not affected by the treatments, whereas its yield was significantly influenced by D independently of F used.

Key words: aloe barbadensis, plantation densities, fertilization levels, vegetative growth, production, yield.

Introducción

La especie vegetal conocida en castellano como zábila, sábila, zabira, zabida, pitazábila en portugués como aloés, erva babosa, azebre vegetal en francés como aloés y en italiano, inglés y alemán como aloe, es una planta perenne, originaria del sur de África y cultivada actualmente en muchos países tropicales y subtropicales. Según la Taxonomía Botánica se le considera dentro del reino Vegetal; división embriophyta-siphonogama; subdivisión angiosperma; clase Monocotiledoneae; orden Liliales; familia Liliaceae; subfamilia asfondoideae; tribu Aloineae; género aloe; especie **Aloe vera** (L.) Burm.f.; sinónimo, **Aloe barbadensis** Miller (Contreras, 1990; Genet y van Schooten, 1992; Instituto Nacional de Ecología 1994).

La zábila, cuyo nombre se atribuye a una deformación del vocablo árabe çavila que significa planta espinosa, se cultiva por sus hojas gruesas y carnosas, de las cuales se obtiene una sustancia gelatinosa (gel), que ha demostrado su efecto positivo sobre diferentes clases de enfermedades de la piel y del estómago y un latex resinoso (acíbar), que exudan las hojas al ser cortadas, que contiene un líquido oleoso (aloina) usado como purgante o laxante. La especie ha sido utilizada por el hombre desde tiempos tan remotos como 6.000 años antes de Cristo (a de C.), siendo los chinos los primeros en usarla. Alejandro "Magno" (356-323, a de C.) conquistó la isla de Socotora, en el sur de Arabia, motivado principalmente, por la presencia en ella, de gran cantidad de aloe, el cual era muy apreciado por sus soldados para el tratamiento de heridas y enfermedades. En el antiguo Egipto era de uso común, Cleopatra VII (69-30, a de C.), lo utilizaba como ingrediente esencial en sus tratamientos diarios de belleza. En el siglo I de la era cristiana, Dioscorides lo describió minuciosamente en su Herbolario griego y resaltó sus virtudes medicinales y cosméticas. Los españoles quienes conocían sus propiedades curativas lo trajeron al continente americano (Guzmán, 1990; Genet y van Schooten, 1992).

Tradicionalmente, la zábila ha sido cultivada en cantidades relativamente grandes en El Cabo (Sudáfrica) y en algunas islas del Caribe (Barbados, Puerto Rico, Cuba, Santo Domingo-Haití, islas Neerlandesas-Aruba, Bonaire, Curazao-). Desde 1930 ha recibido la atención de la industria médica y cosmetológica de EE.UU y Europa, acontecimiento que estimuló el establecimiento de plantaciones en México, Texas, República Dominicana, Haití y Namibia. En Aruba se explotaba desde principios del siglo XIX y alrededor de 1920 contaba con más de 6.000 hectáreas y producía más del 50% de la aloina comercializada en el mundo. En Venezuela, su explotación comercial se inició en 1934, en la región peninsular y costera del estado Falcón (Guzmán, 1990; Genet y van Schooten, 1992; Sanchez, 1998).

El nombre genérico aloe, parece provenir del término árabe alloeh o del hebreo hallal;

ambos vocablos significan sustancia brillante y amarga. Existen cerca de 200 especies del género Aloe, pero sólo 12 contienen acíbar, cuyo principio activo es la aloina. Tres de ellas son comercialmente importantes: Aloe ferox (Aloe del Cabo) con 4,5 a 9,0% de aloina, Aloe pernyi (Aloe sucotrina, Aloe de Socotora) con 5,5 a 10% de aloina y Aloe barbadensis (Aloe vera, Aloe de Curazao) con un contenido de aloina de 20 a 24%, esta última es la más cultivada en Venezuela (Contreras, 1990; Sánchez, 1998).

La zábila se adapta muy bien a condiciones áridas y semiáridas y en Venezuela puede ser cultivada con perspectivas de éxito en varias zonas ecológicas del país, preferiblemente en aquellas enmarcadas en los límites de las zonas de vida: Bosque seco tropical y del Bosque muy seco tropical, las cuales abarcan poco más del 40% del territorio nacional (alrededor de 370.000 Km² de superficie) desde el nivel del mar hasta 1.000 msnm, con precipitaciones y temperaturas medias desde 500 a 1.800 mm anuales y desde 22 hasta 29°C, respectivamente (Ewel y Madriz, 1968).

En San Juan de Lagunillas y sus alrededores (Edo. Mérida), existen zonas con características que parecen muy convenientes para la explotación comercial de la zábila. Esto unido a la poca investigación sobre el cultivo nos motivó a emprender estudios para generar información que nos permita el manejo adecuado de la especie. Es en este contexto, donde el estudio de poblaciones y de fertilización se hacen casi imperativos, por la influencia que ejercen sobre el crecimiento, producción y rendimiento biológico de los cultivos; y más aún, por su incidencia en el rendimiento económico (producto vendible) con la calidad suficiente para satisfacer las exigencias de los compradores (Añez, Espinoza y Vásquez, 2003).

Las distancias de plantación reportadas en la literatura, como más usadas por los cultivadores de zábila, son muy variables; 0,5; 0,65; 0,70; 0,80 y 1,0 m entre hileras y 0,30; 0,35; 0,40; 0,50; 0,55; 0,80 y 1,0 m entre plantas dentro de las hileras (Guzmán, 1990; Genet y van Schooten, 1992; Massiah, 1998).

En México, en explotaciones bajo riego se usan densidades de plantación de 10.000 a 15.625 plantas por hectárea, resultantes de distancias entre surcos (hileras) de 0,8 a 1,0 m y entre plantas dentro de los surcos de 0,8 m para permitir las maniobras de la cosecha. Además, cada 16 surcos se traza un camino de 2,5 m de ancho como corredor, para facilitar el manejo de la plantación (Instituto Nacional de Ecología, 1994).

Contreras (1990), señaló que, la densidad de plantación más utilizada en Venezuela es la de 10.000 plantas. ha⁻¹ (1,0 m entre hileras x 1,0 m entre plantas) y menciona que la densidad óptima podría ser de 18.182 plantas. ha⁻¹ (1,0 m entre hileras y 0,55 m entre plantas) porque una densidad mayor, parece afectar el crecimiento general de las plantas y dificultar las labores de recolección de las pencas. Razón suficiente, para evitar recomendaciones que sobrepasen las 20.000 plantas. ha⁻¹.

En la misma localidad del presente estudio, Añez y Vásquez (2002), determinaron que desde el punto de vista botánico, la zábila no tuvo restricciones de crecimiento ni de producción con 0,40 m entre hileras x 0,40 m entre plantas (mínimas distancias de plantación empleadas); y en consecuencia, el número de hojas por planta, las dimensiones de las hojas (largo, ancho y espesor) y la producción de gel y acíbar por hoja no fueron afectadas por las distancias entre hileras. En términos generales, los rendimientos de gel y acíbar aumentaron al disminuir las distancias de plantación entre hileras desde 1,60 hasta 0,40 m. Vale decir, al aumentar las poblaciones desde 15.625 hasta 62.500 plantas. ha⁻¹.

En cuanto a las condiciones edáficas y fertilización, aun cuando puede establecerse y sobrevivir en suelos pobres, pedregosos, poco profundos y escasos en materia orgánica, los suelos ideales para la explotación comercial de la zábila deben ser profundos con buen drenaje, de textura media (preferiblemente franco-arenosa) y pH ligeramente alcalino (Instituto Nacional

de Ecología, 1994).

Yepez, Díaz, Granadillo y Chacin (1993), consiguieron que los valores de productividad registrados en *A. vera L.*, parecen indicar que la acumulación de biomasa seca de las hojas depende de la combinación óptima de la frecuencia de riego y las dosis de fertilizantes. Señalaron además que, si la disponibilidad de agua es alta, no es necesaria la fertilización y si el recurso agua es escaso, dosis bajas de fertilizantes (21,42 g.m⁻² de la fórmula 15-15-15) serían suficientes para lograr una adecuada acumulación de biomasa seca en las hojas. Según Castillo, Molina y Chavarria (1996), la absorción de nutrimentos de la zábila estuvo relacionada con la curva de crecimiento de la planta, de manera tal que, a mayor acumulación de materia seca, hubo mayor absorción de elementos nutritivos. En general, el patrón de absorción de nutrientes fue creciente hasta el décimo noveno mes después de la plantación. Los valores máximos de absorción de macronutrientes fueron: 364; 303; 92; 69 y 21 Kg.ha⁻¹ para Ca, K, N, Mg y P, respectivamente. Hacen énfasis en que los requerimientos de Ca y K en esta especie, son muy elevados en comparación con otros cultivos. Por tanto, deberían tenerse muy presentes en las recomendaciones de fertilización.

En un estudio para medir la producción de hojas de zábila en respuesta a dosis crecientes de nitrógeno, fósforo y potasio, se determinó que hubo diferencias significativas para dosis de nitrógeno. El mejor tratamiento correspondió a la aplicación de 150 Kg de N. ha⁻¹, con un rendimiento total de 118 t de hojas.ha⁻¹. El testigo sin N tuvo un rendimiento significativamente inferior al resto de los tratamientos con N. Hubo una marcada respuesta de las plantas hasta la dosis de 150 Kg de N.ha⁻¹, a partir de la cual, no se produjeron aumentos en el rendimiento de hojas. Se hace notar también que, se registró una concentración foliar promedio de 1,49% de N, en las parcelas fertilizadas con 150 Kg de N.ha⁻¹. No hubo diferencias significativas en la producción de hojas con las diferentes dosis de P y de K usadas; sin embargo, se recalca que los mejores tratamientos correspondieron a las aplicaciones de 200 y 240 Kg.ha⁻¹ de P₂O₅ y K₂O, respectivamente (Rodríguez-Morales, 1996).

No se encontró información de la acción conjunta de las densidades de población y de la fertilización sobre el comportamiento de la zábila, la cual, tratamos de medir en este trabajo, cuyos objetivos fueron; 1. Dilucidar si las densidades de plantación y la fertilización tienen efectos interactivos o independientes, sobre la producción de la zábila bajo las condiciones edafoclimáticas de San Juan de Lagunillas y 2. Determinar la densidad de plantación, la disposición de las plantas en el campo y la dosis de fertilizantes más adecuadas para la obtención del rendimiento óptimo de la zábila bajo las condiciones de la zona del estudio.

Materiales y métodos

Las labores de campo se realizaron durante 431 días en la estación experimental del I.I.A.P., en San Juan de Lagunillas, estado Mérida, Venezuela (08° 31'N, 71° 21'W), altitud 1100 msnm, precipitación promedio de 500 mm anuales, temperatura media anual de 22° C. El sitio está enclavado en un área descrita como de Clima, Bsw; zona de vida, Bosque seco premontano subtropical; vegetación, Hortícola bajo riego; suelo, Cambortid típico, franco fino, micáceo,

Cuadro 1. Análisis de suelo del sitio de estudio

Clase Textural	pH 1:2	CO %	N. total %	P.Olsen	K.Aprov.	Mg.Aprov.	Ca.aprov.
				mg.Kg ⁻¹			
Faa	6,6	0,60	0,07	8	160	156,5	2446

isohipertérmico (Ochoa y Malagan, 1979).

A una muestra compuesta del suelo (0,0-0,20 m de profundidad) se le hizo análisis de rutina en el laboratorio de suelos y química agrícola del I.I.A.P. (Cuadro 1.).

Para el montaje del ensayo se utilizó el diseño experimental de bloques al azar en un arreglo de parcelas divididas con cuatro repeticiones y los tratamientos siguientes:

Para las parcelas principales (densidades de plantación –D-)

D₁. Hileras sencillas a 0,40 m entre ellas; 62.500 plantas.ha⁻¹.

D₂. Dos hileras a 0,40 m entre ellas y a 0,80 m entre cada par de hileras: 41.667 plantas. ha⁻¹.

D₃. Tres hileras a 0,40 m entre ellas y a 0,80 m entre cada tres hileras; 46.875 plantas.ha⁻¹

D₄. Hileras sencillas a 0,50 m entre ellas: 50.000 plantas.ha⁻¹.

Para las subparcelas (fertilización química –F-)

F₀. Sin aplicación de fertilizantes.

F₁. 1000 Kg.ha⁻¹ de la fórmula 12-12-17/2.

F₂. 2000 Kg.ha⁻¹ de la fórmula 12-12-17/2.

F₃. 3000 Kg.ha⁻¹ de la fórmula 12-12-17/2.

12-12-17/2, expresa el porcentaje de N, P₂O₅, K₂O y Mgo, respectivamente, contenido en la fórmula.

La preparación del suelo se hizo con tractor, mediante un pase de arado, dos pases de rastra y se terminó de acondicionar con escardilla. La plantación se efectuó el 13-05-2002, con semilla asexual (hijos) de 20 a 30 cm de largo, obtenida de una plantación cercana que había sido usada en un estudio precedente. Las distancias de plantación entre hileras fueron las señaladas como tratamientos en las parcelas principales y la distancia entre plantas dentro de las hileras fue de 0,40 m para todo el ensayo.

El 18-06-2002, se realizó la fertilización, para tal fin, alrededor de cada planta se suministró la cantidad de fertilizante de acuerdo con su área ocupada y con el tratamiento de la subparcela correspondiente. Se aprovechó la operación de abonamiento para aporcar toda la plantación.

Durante el desarrollo del ensayo, cada vez que hubo necesidad de ello, se hizo control de malezas con escardilla y se usó riego por gravedad para complementar el aporte de las lluvias y suplir los requerimientos hídricos de la zábila.

Los datos de las variables evaluadas, se tomaron de cuatro plantas centrales de cada tratamiento. El 18-07-2003 se efectuó la cosecha, se registraron: dimensiones de la hoja (longitud, ancho y grosor), se midió la hoja N° 3, contada a partir de la hoja visible más nueva. El ancho y el grosor se determinaron con vernier a 5 cm de la inserción de la hoja en la roseta; número total de hojas por planta; número de hijos por planta; peso fresco en g del gel o parenquima de las hojas de dos plantas completas por tratamiento. Para su obtención, se eliminó con un cuchillo el tejido clorenquimatoso de las hojas; peso en g del acíbar fresco, para tal fin, se recogió en un recipiente de vidrio, mediante un embudo, todo el látex proveniente del derramamiento libre de todas las hojas de dos plantas por tratamiento.

Las dimensiones de la hoja en cm, la producción en g por planta de gel y acíbar frescos, se analizaron estadísticamente en sus valores originales, en tanto que, el número de hojas e hijos por planta se transformaron en valores X y $X+0,5$, respectivamente, para evitar que las medias y las variancias tendieran a ser iguales y siguieran la distribución de Poisson (Steel y Torrie, 1960).

Resultados

Características vegetativas

El número de hojas por planta y dos de las dimensiones de la hoja (ancho y grosor) cuyos promedios fueron: 15,52; 6,15 cm y 1,22 cm, respectivamente, no mostraron diferencias significativas entre los tratamientos. En tanto que, la otra dimensión, el largo de la hoja fue afectado significativa e independientemente por las densidades de plantación empleadas (Cuadro 2).

Cuadro 2. Valores medios en cm del largo de las hojas de zábila bajo diferentes den-

Densidades de plantación	D ₄ 50.000 p.ha ⁻¹	D ₃ 46.875 p.ha ⁻¹	D ₂ 41.666 p.ha ⁻¹	D ₁ 62.500 p.ha ⁻¹
Medias	44,75 a	40,37 ab	39,00 ab	36,94 b
Las medias identificadas con la misma letra no son significativamente diferentes al nivel del 5% de acuerdo con la prueba de rangos múltiples de Duncan. (Error estándar de las medias Parc. Principales=1,88)				

Cuadro 3. Medias en valores $\sqrt{X+0,5}$ del número de hijos por planta de zábila sometida a diferentes densidades de plantación.

Densidades de plantación	D ₂	D ₃	D ₄	D ₁
Medias	3,402 a	3,298 a	2,90 b	2,505 c
Las medias señaladas con la misma letra no son significativamente diferentes al nivel del 5% de acuerdo con la prueba de rangos múltiples de Duncan (Error estándar de las medias Parc. Principales=0,112)				

Cuadro 4. Valores medios de gel en Kg.planta⁻¹ de zábila bajo diferentes densidades de plantación

Densidades de plantación	D ₃	D ₄	D ₂	D ₁
Medias	1,01 a	0,980 a	0,676 b	0,561 b
Las medias seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes al nivel del 5% de acuerdo con la prueba de rangos múltiples de Duncan. (Error estándar de las medias de las parcelas principales=0,085)				

sidades de plantación

El número de hijos por planta fue influido significativamente por las densidades de plantación, independientemente del nivel de fertilización usado (Cuadro 3)

Producción por planta y rendimiento por hectárea de gel y acíbar frescos (peso húmedo)

La producción de gel en Kg.planta⁻¹ fue influida significativa e independientemente por las densidades de plantación como por las dosis de fertilizantes usadas (Cuadro 4, Figura 1).

El rendimiento de gel en t.ha⁻¹ fue afectado significativa e independientemente por las densidades de plantación y por los niveles de fertilización empleados (Cuadro 5, Figura 2)

Densidades de plantación	D ₄	D ₃	D ₁	D ₂
Medias	48,984 a	47,314 a	35,058 ab	28,190 b
Las medias señaladas con la misma letra no son significativamente diferentes al nivel del 5% de acuerdo con la prueba de rangos múltiples de Duncan.				
(Error estándar de las medias de las Parcelas principales=5,672)				

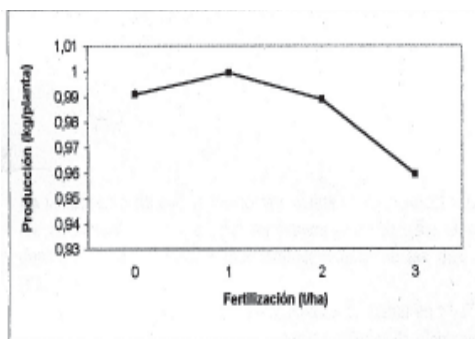


Fig 1. Relación entre la producción del gel (peso húmedo) por planta y la fertilización de la zábila en San Juan de Lagunillas (Mérida, Venezuela) La curva fijada: $y=0,991+0,018x-0,0095x^2$ R²=0,984

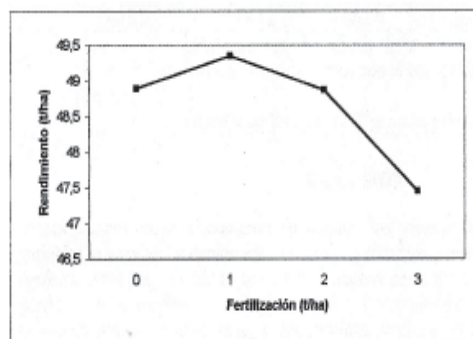


Fig 2. Relación entre el rendimiento de gel (peso húmedo) por hectarea y la fertilización de la zábila en San Juan de Lagunillas (Mérida, Venezuela). La curva fijada: $y=48,8891+0,9206x-0,4667x^2$ R²=0,948

Cuadro 5. Valores medios de gel en t.ha⁻¹ de zábila sometida a diferentes densidades de plantación

La producción de acíbar fresco por planta cuyo promedio fue de 91,33 g no fue influida por los tratamientos. Empero, el rendimiento en t.ha⁻¹ fue afectado significativamente por las densidades de plantación independientemente de las dosis de fertilizantes suministradas (Cuadro 6).

Cuadro 6. Valores medios de acíbar en t.ha⁻¹ de zábila bajo diferentes densidades de plantación.

Densidades de plantación	D ₁	D ₄	D ₃	D ₂
Medias	5,685 a	4,662 b	4,262 c	3,755 d
Las medias señaladas por la misma letra no son significativamente diferentes al nivel del 5% de acuerdo con la prueba de rangos múltiples de Duncan. (Error estándar de las medias de parcelas principales=0,0615)				

Discusión

Antes de comenzar a examinar en detalle, los efectos de los tratamientos sobre las variables evaluadas, podemos apreciar que, en términos generales, hubo una comunión casi perfecta entre los requerimientos edafoclimáticos de la zábila y las condiciones ecológicas predominantes en San Juan de Lagunillas. Esa conexión especie-ambiente, no sólo se evidencia con la similitud de los requerimientos de clima del cultivo y los prevalecientes en la zona del estudio; sino también con el hecho de que, las demandas nutricionales de la zábila, que según Castillo, Molina y Chavarria (1996), en orden decreciente fueron: Ca>K>N>Mg>P>Fe>Zn>Mn>Cu.

Con valores máximos de absorción de macronutrientes, que para un período de 10 meses estuvieron por el orden de 364; 303; 92; 69 y 21 Kg.ha⁻¹ de Ca, K, N, Mg y P, respectivamente, pudieron ser parcialmente satisfechos con nutrimentos presentes en el suelo. En efecto, los análisis de laboratorio, determinaron tenores altos de Ca medios de K y medios Mg, con 12,23; 0,41 y 1,29 miliequivalentes por 100 g de suelo; los cuales equivalen aproximadamente a 4892; 319,8 y 309,6 Kg.ha⁻¹ de Ca, K y Mg, respectivamente (Añez y Vásquez, 2002), cantidades superiores a las requeridas por el cultivo. De manera tal que, los otros elementos mayores, que la zábila necesita en menores cantidades, pueden ser suministrados sin grandes desembolsos para los productores.

El crecimiento vegetativo expresado en parte, por el número de hojas por planta y por las dimensiones (ancho y grosor) de las hojas, no fue afectado significativamente por los tratamientos, resultados que concuerdan con los obtenidos por Añez y Vásquez (2002) para diferentes distancias de plantación entre hileras. La otra porción de las variables de crecimiento evaluadas: largo de las hojas y número de hijos por planta, fueron significativa e independientemente influidos por las densidades de plantación empleadas. En el Cuadro 2, se señala que el largo de las hojas para el tratamiento D₄, 50.000 plantas.ha⁻¹ y 0,50 m x 0,40 m de distancias de plantación fue significativamente superior al registrado con 62.500 plantas.ha⁻¹ y 0,40 m x 0,40 m de separación entre las plantas (D₁).

Este resultado parece indicar que alrededor de 0,40 m de distancia, las plantas comienzan a ser interferidas por sus vecinas, restringiendo el crecimiento de las hojas. El hecho de que las poblaciones intermedias 46.875 plantas.ha⁻¹ (D₃) y 41.666 plantas.ha⁻¹ (D₂) con distancias entre plantas de 0,40 m y 0,80 m para las hileras internas y externas, respectivamente, presentaran hojas con largos también intermedios, ayudan a reforzar esa línea de pensamiento. Lo expresado contradice a Añez y Vásquez (2002), en cuanto a que las distancias de plantación 0,40 m x 0,40 m, no restringieron el crecimiento de la zábila y coincide con Contreras (1990), quien indicó que densidades superiores a 18.182 plantas.ha⁻¹ (1,00 m x 0,55 m) parecen afectar el crecimiento general de las plantas.

En el Cuadro 3, se muestra la significancia de las densidades de plantación sobre el número de hijos por planta. En el se nota claramente que cuanto mayor fue el espacio entre hileras disponible para las plantas mas grande fue el número de hijos por planta: D_2 y $D_3 > D_4 > D_1$; vale decir, con distancias entre hileras 0,80 m; 0,5 m y 0,40 m, respectivamente. Estos resultados están en sintonía con los obtenidos por Añez y Vásquez (2002) y coinciden con dichos autores en que esa circunstancia puede demandar mano de obra adicional para los deshijos de la zábila.

La producción por planta y el rendimiento de gel fueron significativamente influidos por los tratamientos (Cuadros 4 y 5, Figuras 1 y 2). La no significancia de las interacciones $D \times F$, evidencian que los efectos de las densidades de plantación fueron independientes de los niveles de fertilización aplicados. En el Cuadro 4, se aprecia que la producción de gel en Kg.planta^{-1} fue mayor con poblaciones de 50.000 plantas. ha^{-1} (D_4) que con las más alta población usada 62.500 plantas. ha^{-1} (D_1) refutando los resultados obtenidos por Añez y Vásquez (2002). El efecto de la fertilización se muestra en la Figura 1. La ecuación de regresión cuadrática, permite determinar con un 98,4% de fidelidad, la variación provocada en la producción de gel por planta de zábila por cada unidad de cambio ocurrida en las dosis de fertilizante suministradas. El cálculo de la cantidad de fertilizante que bajo las condiciones del estudio, es necesario suplir para alcanzar la máxima producción de gel por planta de zábila es de 0,9474 t.ha^{-1} .

En el Cuadro 5, se presentan los rendimientos de gel en t.ha^{-1} y se revela que las densidades de población con 50.000 plantas. ha^{-1} (D_4) y 46.875 plantas. ha^{-1} (D_3) fueron significativamente superiores a la menor densidad de población usada en el estudio 41.666 plantas. ha^{-1} (D_2) y estadísticamente iguales a los obtenidos con la mayor población probada 62.500 plantas. ha^{-1} (D_1). Al parecer, el mayor número de plantas por hectárea de D_1 fue capaz de compensar parcialmente la disminución de rendimiento que su interferencia provocó en el largo de las hojas a 62.000 plantas. ha^{-1} (Cuadro 2).

Mediante la Figura 2, se expresa la variación de rendimiento provocada por los diferentes niveles de fertilizante suministrados. La ecuación de regresión posibilitó calcular la cantidad de fertilizante necesaria para lograr el rendimiento máximo de gel, bajo las condiciones del estudio, la cifra es de 0,9863 t.ha^{-1} , resultados parecidos a los mencionados por Rodríguez y Morales (1996) para nitrógeno y muy por encima de los 214,2 Kg.ha^{-1} de la fórmula 15-15-15 obtenidos por Yépez, Díaz, Granadillo y Chacín (1993), bajo condiciones de escaso suministro de agua.

El Cuadro 6, muestra como los rendimientos de acíbar en t.ha^{-1} fueron afectados por las densidades de plantación usadas. Es evidente que los rendimientos fueron directamente influidos por el incremento del número de plantas por unidad de superficie, sin que su efecto, fuera modificado por la disposición de las plantas en el campo. Esa reacción del rendimiento era de esperarse, por la no significancia de la producción de acíbar por planta bajo las diferentes densidades de plantación empleadas en el estudio. Los resultados concuerdan con los de Añez y Vásquez (2002).

Conclusiones

De los resultados obtenidos bajo las condiciones y limitaciones del estudio podemos concluir lo siguiente:

-Las variables de crecimiento vegetativo evaluadas (número, largo, ancho y grosor de las hojas y el número de hijos por planta) no fueron significativamente influidas por los niveles

de fertilización empleados.

-El número, ancho y grosor de las hojas no respondieron significativamente a las densidades de plantación.

-La producción en Kg.planta⁻¹ y el rendimiento de t.ha⁻¹ de gel fueron significativa e independientemente influidos por las densidades de plantación y los niveles de fertilización usados.

-La producción en Kg.planta⁻¹ de acíbar no fue afectada significativamente por los tratamientos.

-El rendimiento en t.ha⁻¹ de acíbar fue significativa e independientemente influido por las densidades de plantación empleadas.

Recomendaciones

Para materiales de plantación y condiciones de clima y suelo como los del estudio recomendamos:

-Plantar la zábila a 0,50 m entre hileras y 0,4 m entre plantas dentro de las hileras (50.000 plantas.ha⁻¹) o plantar tres hileras a 0,40 m entre ellas con separación de 0,80 m entre cada tres hileras y a 0,40 m entre plantas (46.875 plantas.ha⁻¹). Este último sistema de plantación, puede facilitar el manejo de las plantas en la cosecha.

-Fertilizar con 1000 Kg.ha⁻¹ de la fórmula 12-12-17/2, 40 días después del establecimiento de la zábila.

Bibliografía

- AÑEZ, B., y J. VÁSQUEZ. 2001. Capacidad de intercambio catiónico del suelo. Boletín Divulgativo 26 (3 y 4): 13-16. I.I.A.P., U.L.A., Mérida, Venezuela.
- AÑEZ, B., y J. VÁSQUEZ. 2002. Efecto de la densidad de población sobre el crecimiento y rendimiento de la zábila (*Aloe barbadensis* M.). I.I.A.P., Fac. de Ciencias Forestales y Ambientales, U.L.A., Mérida, Venezuela. 15 p.
- AÑEZ, B., W. ESPINOZA, y J. VÁSQUEZ. 2003. Las variaciones de población provocadas por las distancias entre hileras afectan el rendimiento del apio andino. *Agricultura Andina*, (Extraordinario): 22-32.
- CASTILLO, H., E. MOLINA, y E. CHAVARRIA. 1996. Curva de absorción de nutrientes en sábila (*Aloe vera*). In: *Memorias, X Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales, III Congreso Nacional de Fitopatología y II congreso Nacional de suelos*. Vol. III. San José, Costa Rica. Pag. 149.
- CONTRERAS S., J. 1990. El cultivo de la zábila en Venezuela. Aspectos agroeconómicos-terapéuticos. Acrive. Caracas, Venezuela, 45 p.
- EWEL, J.J., y A. Madriz. 1968. zonas de vida de Venezuela. Memoria explicativa sobre el mapa ecológico. Ministerio de Agricultura y Cría. Dirección de Investigación. Caracas, Venezuela, 264 p.
- GENET, W.B. M., and C.A.M. VAN SCHOOTEN. 1992. Water requirement of *Aloe vera* in a dry Caribbean climate. *Irrigation Science*, 13: 81-85.
- GUZMÁN, P., J.E. 1990. La zábila. EPASANDE, S.R.L. Editores. Caracas, Venezuela, 102 p.
- INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA. 1994. Sábila. *Aloe vera* (L.) Burm. Cultivo alternativo para las zonas áridas y semiáridas de México. México, D.F. 23 p.
- MASSIAH, M., D.J. 1998. Estudio de las deficiencias de N, P, Ca y Mg y su efecto sobre el desarrollo y la composición química de plantas de zábila (*Aloe barbadensis* M.) cultivadas en arena. Tesis de grado de Ing. Agrónomo. Universidad Centrooccidental "Lisandro Alvarado". Barquisimeto, Venezuela, 85 p.
- OCHOA, G., y D. MALAGÓN. 1979. Atlas de microscopía electrónica en suelos de Venezuela. Región de la Cordillera de Mérida (1000-3500 msnm). P.34. U.L.A.-C.I.D.I.A.T., Mérida, Venezuela, 40 p.
- RODRÍGUEZ-MORALES, A. 1996. Respuesta de la sábila (*Aloe vera*) a dosis crecientes de nitrógeno, fósforo y potasio en Liberia, Guanacaste. Tesis de Licenciatura en Ingeniería Agronómica. Universidad de Costa Rica. Escuela de Fitotecnia, San José, Costa Rica. 90 p.
- SÁNCHEZ, F., L.F. 1998. Manual para la elaboración artesanal de pasta de sábila, *Aloe barbadensis* M. Fundación C.I.E.P.E., Yaracuy, Venezuela. 31 p.
- STEEL, R.G.D., and J.H.TORRIE. 1960. Principles and procedures of statistics. Mc Graw-Hill Book company, INC, New York. 481 p.
- YÉPEZ, L.M., M.L. DIAZ, E. GRANADILLO, y F. CHACIN. 1993. Frecuencia óptima de riego y fertilización en *Aloe vera* L. *Turrialba*, 43 (4): 261-267.