

EVALUACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DEL GEL Y JUGO DE LA HOJA DE SÁBILA (*A. barbadensis*) EN DIFERENTES PRÁCTICAS DE MANEJO

A. M. Calzada Rivera, y A. Pedroza Sandoval

Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas, Universidad Autónoma Chapingo. Bermejillo, Dego. CP. 35230.

RESUMEN. La sábila (*A. barbadensis* Miller), ha adquirido gran importancia comercial en los últimos años debido al amplio uso que tiene en la elaboración de productos medicinales, alimenticios y cosmetológicos, lo cual ha provocado una gran demanda de esta planta convirtiéndose en un cultivo con grandes perspectivas para su comercialización. Desde este punto de vista, la sábila es una opción agrícola para la región, si se considera: la gran capacidad de adaptación de la planta a ambientes adversos; que significa una opción de diversificación agrícola al sistema de monocultivo; que es un cultivo remunerativo debido al valor comercial de los subproductos obtenidos de la hoja (gel, jugo y polvo), los cuales se utilizan en la industria alimenticia, farmacéutica y cosmetológica. Las zonas áridas y en particular la Comarca Lagunera presenta ciertas condiciones naturales que son adversas para la producción agrícola: escasez de agua, altas temperaturas, suelos salinos, sistema de monocultivo, erosión de los suelos, plagas y enfermedades, entre otras, que limitan considerablemente la producción, haciendo necesario el diseño de tecnología para la explotación de especies con alto potencial productivo, como lo es la sábila. El presente estudio tuvo como objetivo realizar una evaluación físico-química del gel y jugo de la hoja de sábila, la cual fue crecida y desarrollada en dos sistemas de plantación (SP) (surco y cama), tres frecuencias de riego (FR) (cada 15, 30 y 45 días) y tres dosis de materia orgánica (MO) (0, 60 y 120 ton ha⁻¹). En general no hubo efecto significativo por factores separados, excepto para el contenido de agua en la hoja por la frecuencia de riego, la cual fue mayor en los riegos más frecuentes (cada 15 días). En cambio sí fue evidente el efecto por interacción tanto simple (SP*FR) como triple (SP*FR*MO), por lo cual se están haciendo los análisis estadísticos respectivos, considerando todos los tratamientos respectivos. Durante la primavera (abril) se incrementó significativamente la concentración de sólidos precipitables en metanol en relación a las otras épocas del año. El pH se incrementó significativamente durante el otoño (Octubre), con una tendencia similar en el caso de los sólidos solubles, aunque estadísticamente se mantuvieron sin variación a través del año. En cambio la concentración de Fe, Mn, Zn, Mg, Bo y Na se incrementó durante la fase de verano y otoño (julio a octubre); mientras que el K, Ca, y N la concentración mayor fue a finales de invierno y en la primavera (diciembre a abril). Respecto a la determinación de los carbohidratos, se observó que durante la primavera y el verano (Abril a Julio, 2004) se registró la mayor concentración, lo cual se traduce en una mayor concentración de sólidos totales en el gel. Así mismo durante la primavera (Abril) se tiene el mayor peso de hoja y por ende peso y volumen de gel; en tanto que durante el otoño (Octubre) se registró la mayor longitud de hoja. Todo lo anterior es determinante para definir las fechas de corte, dependiendo del uso a que estén destinada la hoja de sábila.

Palabras clave: Manejo integrado, Aloe, Prácticas de manejo, Determinaciones Físico-químicas.

SUMMARY. Currently, aloe (*A. barbadensis* Miller) has a great economical importance due to the use as source for the elaboration of medical, food and cosmetological products, it which has incremented the demand of this plant and then, it is a crop of high commercial perspective. The great adaptation capacity to different environments, high potential in the crops diversification against the same crop, and the high economical perspective of the gel and juice in the international market, the aloe is the great importance for the regional development. Arid zones as the Comarca Lagunera, have a different problems for the agriculture: water scarcity, high temperatures, salted soils, system of the same crop, soil erosion, pest and diseases, and others, it which are limited factors in the area of this study, and then it is necessary to design a strategy for best management of the crop species that it have high productive potential as the aloe. The objective of this survey was to evaluate the physical and chemical properties of the aloe leaf gel and juice, it which cultivated in two plantation systems (PS) (furrow and bed), three irrigation time (IT) (each 15, 30 and 45 days), and three mater organic dosages (MO) (0, 60, and 120 ton ha⁻¹). In general, it was not effect for separated factors, it except the water content, which the highest was when the water was irrigated each 15 days. The simple (PS*IT) and triple (PS*IT*MO) interaction were statistically significant, and it will do the respective statistic analysis. For this time, was evident the increase of the solids precipitation in methanol during the spring time (April); when ever, the pH was increased during the autumn (October) with similar reaction of the soluble solids, it which statistical were with out increase during all year. Some micronutrients as Fe, Mn, Zn, Mg, Bo, and Na were the high concentration during the summer and autumn (July to October); when ever, the K, Ca, and N, the concentration was highest during the end of the winter to spring (December to April). The carbohydrates in terms of the total solids in the gel, the higher concentration was during the summer to spring (April to July). Additionally, the higher leaf weight, and the gel and volume, were obtained during the spring (April). The leaf length was better during autumn (October). All that is the great importance to determine the date of the aloe leaf harvest.

Key words: Integrate management, Aloe, Management practices, Physical and Chemical determinations.

INTRODUCCIÓN

Importancia y trascendencia del cultivo

La sábila (*Aloe barbadensis* Miller), ha adquirido gran importancia comercial en los últimos años debido al amplio uso que tiene en la elaboración de productos medicinales, alimenticios y cosmetológicos, lo cual ha provocado una gran demanda de esta planta convirtiéndose en un cultivo con grandes perspectivas para su comercialización. En México, aún no se encuentran empresas importantes que industrialicen la sábila; sin embargo, existen campos experimentales donde se está ensayando con el manejo agronómico del cultivo y pequeñas industrias o procesadoras distribuidas en algunas ciudades y estados de la República, como: la Paz Baja California, Matehuala, SLP, Oaxaca, Chiapas, Veracruz, Zacatecas, DF, México, Yucatán y Coahuila, donde se están dando los primeros avances en la explotación de esta planta.

La sábila es un cultivo de gran perspectiva en la Comarca Lagunera por su gran capacidad productiva, representar una opción de diversificación agrícola al sistema de monocultivo, ser un cultivo remunerativo en base al valor comercial de los subproductos obtenidos de la hoja (gel, jugo y polvo), los cuales se utilizan en la industria alimenticia, farmacéutica y cosmetológica.

Las estadísticas disponibles en el ámbito nacional publicadas por la Comisión Nacional de Zonas Áridas (1992) indican que en 1991 se tuvieron en el país 1,979 ha de sábila, de las cuales Tamaulipas aportó el 68.9 % (1,364 ha) y produjo 20,487 ton (73.1%) de la producción nacional, lo cual lo ubica en el primer lugar nacional en su rubro, en cuanto a rendimiento se sitúa en 5° lugar ligeramente arriba de la media Nacional (14 ton/ha/corte) con 15 ton/ha/corte, superado en productividad por Yucatán, Chiapas, Guanajuato, Nuevo León y Zacatecas. Sin embargo en 1997 Tamaulipas logró el primer lugar en superficie y producción, al contar con 2,380 ha y obtener una cosecha de 18 ton/ha/corte (López, 1999).

Para tratar de conocer la situación actual de la demanda, es necesario mencionar que la producción de sábila en los Estados Unidos de Norteamérica se realiza en un 99 % en el estado de Texas. Esta producción es constantemente afectada por las condiciones climáticas adversas de la región, principalmente por las heladas, lo que obliga a que las industrias procesadoras incrementen su volumen de materia prima importada en la época de muy baja producción que es en la época de invierno.

De acuerdo con Álvarez (1987) en el estado de Texas se ubica el 58 % de las industrias estadounidenses

que utilizan como insumo principal el gel de sábila en sus diferentes presentaciones. Las importaciones de gel y de hoja cubren en parte el déficit, pero la fuerte demanda de los productos finales derivados de este cultivo provoca que se exporte gran parte de esta producción a Japón, Corea, Hong Kong y la Unión Europea a precios bastante atractivos.

Por lo anterior, se supone la existencia de una demanda insatisfecha que se manifiesta en la constante búsqueda de nuevas fuentes de abastecimiento de materia prima que realizan las campañas a través de corresponsalías, enviados especiales, Institutos de Comercio Internacional, etc. Al igual que la demanda, la oferta de los productos derivados de la sábila en sus distintas presentaciones se ha incrementado notablemente en los últimos años como una reacción natural. Tanto ofertantes como demandantes, estiman que el mercado seguirá desarrollándose puesto que se trabaja con un producto que tiene amplias opciones de industrialización con una diversidad de usos y mercados.

Actualmente la región de la Comarca Lagunera presenta ciertas limitantes naturales para la producción agrícola, las principales son carencia de paquetes tecnológicos para el manejo integral agronómico, desconocimiento de un proceso industrial eficiente que garantice las normas de calidad requeridas en el mercado internacional, falta de un mercado local, nacional e internacional estable y seguro, impacto negativo de algunos factores naturales como: la escasez de agua, altas temperaturas, suelos salinos, altas temperaturas, plagas y enfermedades. Por esto es necesario producir una tecnología para la explotación de especies con alto potencial productivo, que es lo que actualmente está ocupando un lugar importante en la investigación.

OBJETIVOS

El objetivo general de este estudio fue determinar la relación de diferentes prácticas agronómicas con las características cuantitativas y cualitativas de la producción de la hoja de sábila.

Determinar las características fisicoquímicas comerciales de calidad del jugo y gel de sábila para el comercio nacional e internacional.

Relacionar prácticas agrícolas de manejo del cultivo de la sábila con las características fisicoquímicas deseables que potencien la comercialización de los productos derivados de este cultivo.

HIPÓTESIS

Los sistemas de plantación, la frecuencia de riegos y las dosis de materia orgánica no influyen en las características fisicoquímicas del gel y jugo de la hoja de sábila.

REVISIÓN DE LITERATURA

Origen, taxonomía y descripción botánica de la sábila

EL Género *Aloe*, tiene su centro origen en Sudáfrica, fue introducida por los españoles a diferentes lugares de América. Su hábitat típico son las zonas áridas y desérticas, exponiéndose al sol o a media sombra.

La clasificación taxonómica del *Aloe vera* L. aceptada, es la propuesta por el ITIS (Integrated Taxonomic Information System), aunque en algunos textos anteriores a esta fecha se le clasificaba como se indica que el ITIS considera que el *Aloe barbadensis* Miller es un sinónimo de *Aloe vera* L. La familia *Aloaceae* comprende 5 géneros y aproximadamente 700 especies; a esta familia pertenece el género *Aloe* (con 350 especies que incluye *Aloinella*, *Chamaeloe*, *Guillauminia* y *Leptaloe*); *Gasteria* (70 especies); *Haworthia* (200 especies, incluyendo *Astroloba*, *Poellnitzia*, *Chortolirion*); *Lomatophyllum* (15 especies) y *Kniphofia* (70 especies incluyendo *Notosceptrum*) según Secretariado de Nuevas Tecnologías y Recursos Virtuales (2002); y Universidad de Wisconsin, (2003).

Las plantas del género *Aloe* son parecidas a un maguey pequeño, con tronco muy corto o arborescente; son perennes, con rizomas largo y estolonífero; hojas gruesas carnosas, basilares, caulinares que están acomodadas en forma de rosetas (más o menos 20) y son de color intenso, carnosas, delgadas, largas y sutiles, con bordes espinosos o dentados presentando diferentes tonalidades de verde; a menudo están maculadas, estriadas y difuminadas en blanco amarillado, su inflorescencia superior, la mitad inferior plana y convexa y en la mitad superior cóncava o acanalada con un a longitud de 50 a 60 cm y con una anchura de base de 8 a 10 cm. El ráquis de 1 a 1.35 m; desnudo y liso con una o dos ramificaciones laterales, la mitad de su longitud finalizada por racimos-espigas; flores amarillas con listas verdosas; la floración ocurre en diferentes épocas dependiendo de la especie, puede realizarse desde el final del invierno hasta el verano (de agosto a octubre)(Reiche, 1975).

Requerimientos de calidad del *Aloe*

En los últimos años ha crecido enormemente el interés por los productos derivados de este cultivo, razón por la

cual Estados Unidos, pionero en la industrialización de esta planta, no satisface su materia prima y recurre a México, principalmente a Tamaulipas (Valle De Río Grande) y otras áreas (Martínez, 1985). Para los Estados Unidos el hecho de incrementar la superficie comercial de sábila se ve seriamente limitado por las temperaturas invernales que afectan la producción de este cultivo.

La calidad del gel de sábila, puede ser determinada por el contenido de sólidos precipitables en alcohol existentes en una muestra de gel. El Consejo Internacional de la Ciencia del *Aloe* (IASC), certifica las pruebas de evaluación permanente para proteger a los consumidores de los productos manufacturados y a los representantes de los productos de *Aloe* y así evitar fraude.

Las posibles limitantes en el aumento de la oferta son en primer lugar el desarrollo de la técnica agrícola ya que el proceso industrial que no es complicado puede ampliarse tanto como se desee, lo que no ocurre con la técnica agrícola de producción. La segunda limitante para el crecimiento de la oferta se refiere a la calidad del producto, ya que un producto que no reúne los requisitos mínimos de calidad se puede considerar como demanda nula.

Calidad del gel de sábila en base al contenido de sólidos precipitables en metanol (sppm)

La calidad del gel de sábila, puede ser determinada por el contenido de sólidos precipitables en alcohol existentes en una muestra de gel. Esta prueba cuantitativa de polisacáridos de *Aloe* es utilizada por la industria de aloe para evitar los falsos etiquetados. Las pruebas de polisacáridos precipitables en alcohol son simples y baratas para determinar hexosas de *Aloe*. Para medir los polisacáridos se utilizan dos métodos: una es la separación y otra la detección.

Se lleva a cabo la sensibilidad óptima y específica, separación por precipitación en alcohol y detección por medidas de azúcar precipitada. La precipitación por alcohol es el método más antiguo de enriquecimiento de polisacáridos y fue el método más usado en la investigación clásica de los polisacáridos del *Aloe*. Desafortunadamente no todos los sólidos que precipitan en alcohol son azúcares, existen varios compuestos químicos precipitables en alcohol. La deficiencias de especificidad de este medio de *Aloe* precipitable en alcohol puede conducir a contener además proteínas, ácidos nucleicos, y una gran variedad de químicos simples. Por lo que los polisacáridos del *Aloe* son medidos más claramente por medio de hexosas precipitables en alcohol. Sólo el 25% de los sólidos

precipitables en alcohol son polisacáridos de hexosas, el resto es un complejo de cationes de metal (Ca⁺⁺ y Mg⁺⁺) y ácidos orgánicos tales como malao, oxalato y citratos.

Composición fisicoquímica del Aloe

La hoja de sábila tiene más de 200 constituyentes diferentes producidos en la corteza exterior, de los cuales 75 tienen actividad biológica. Posteriormente se investigaron otros constituyentes del gel del Aloe, que después de largos y exhaustivos estudios, reportaron las siguientes sustancias: polisacáridos conteniendo glucosa, manosa, galactosa, xilosa, arabinosa, taninos, esteroides, ácidos glucorínicos, cítricos, succínico y málico; enzimas tales como: oxidasa, celulasa, catalasa, amilasa, entre otros. Se reportan también algunos azúcares, principalmente glucosa, proteína, así como estimuladores biogénicos, saponinas, magnesio, lactato y algunas vitaminas. Según reporte de investigadores japoneses, las aloctinas y lactinas están presentes y contienen propiedades anticancerígenas.

Prácticas agrícolas de manejo en sábila

Efecto de la materia orgánica en el suelo y su importancia en las plantas. El estiércol es un abono de baja concentración y un mejorador de suelos. Su uso en la agricultura data de varios siglos atrás y era utilizado como única forma de incrementar la fertilidad del suelo. Sin embargo la introducción de fertilizantes minerales frenó el interés para usar los estiércoles; de tal manera que en las últimas décadas, poca tecnología se ha generado para utilizar apropiadamente este valioso desecho de la ganadería y las avicultura. Posiblemente el mayor impacto de los nutrientes que el estiércol proporciona al suelo, es el efecto que produce sobre las propiedades físicas del mismo. La materia orgánica reduce la densidad aparente del suelo al ocupar volumen de baja densidad y aumentar la proporción de poros medianos y promover la formación de agregados (Castellanos, 1984).

Martín (1971) y Lynch (1982), afirmaron que el contenido de materia orgánica del suelo incide sobre la estabilidad estructural debido a la producción de polisacáridos, microbianos y micelio de hongos. La materia orgánica también incrementa la capacidad de retención de humedad del suelo, debido al aumento de la porosidad y a la materia orgánica misma.

Castellanos *et al*; (1984), evaluaron el efecto de diferentes dosis, así como la profundidad de incorporación de estiércol sobre varias características físicas y químicas del suelo, obteniendo un mejoramiento de las propiedades físicas, al aplicar

estiércol y aumentando la eficiencia de utilización del agua en un 26 % mediante la dosis de 120 ton/ha. La cantidad de nutrientes que aporta el estiércol y que puede ser aprovechado por la planta, se ve afectada por varios factores, entre los más importantes: especie animal, edad animal, alimento del animal, naturaleza de la cama utilizada, manejo y almacenamiento (Laird y Núñez, 1963; Thamane y Motiranami, 1978; Baeyens, 1970).

De acuerdo con Cruz (1997), el grosor de las hojas y el porcentaje de hojas muertas en el cultivo de la sábila es mayor con el uso de estiércol bovino, a dosis de 60 y 120 ton/ha, también señala que hay un incremento en la salinidad del suelo, lo que repercute en forma negativa.

Riego. Cuando se emplea el riego, se obtienen resultados en la calidad de la materia prima y durante todo el año, así como un menor contenido de acíbar (sustancia amarillenta de sabor amargo), lo que es mejor y más conveniente para la industria. Los riegos dependen de la zona donde se establezca la plantación; el primer riego debe aplicarse poco después de la plantación, cuando empieza a notarse el crecimiento de las plantas por la coloración que éstas toman en los extremos de las hojas, la primera lámina de riego a aplicar es de 5 cm.

El rendimiento de plantaciones con riego varía dependiendo del grado de tecnificación y la densidad utilizada, habiéndose reportado rendimientos desde 20 hasta 180 ton/ha. Los riegos posteriores se dan con una frecuencia de 3 o 4 semanas, procurando que se apliquen aproximadamente una o dos semanas antes de cada corte. Con los riegos antes de los cortes la planta adquirirá mayor turgencia, aumento de peso y un mayor rendimiento en jugo. La lámina de estos riegos es de 10 cm, aunque por condiciones específicas de suelo y clima de cada sitio puede variar la lámina y la frecuencia del riego (CONAZA, 1992).

Algunas veces se recomienda que los riegos sean abundantes desde el inicio de la primavera hasta finales del verano, y en invierno se deben reducir, aunque se recomienda que se humedezca la tierra cada 15 a 20 días (CONAZA, 1994). Cruz (1997), indica que con una frecuencia de riego cada 15 días, con una lámina de riego de 10 cm (240 cm/año) el porcentaje de hojas vivas por planta así como el incremento de longitud de hojas es mayor cuando se riega cada 30 y/o 45 días con la misma lámina de riego durante todo el año.

Sistema y densidad de plantación. En áreas de riego, la plantación se hace en seco, enterrando la planta hasta la base de las hojas inferiores, con una separación entre

los surcos de 0.8 a 1.0 m. Las plantas se colocan en el surco, se entierran las raíces y se apisonan para fijar la planta al piso. La fecha óptima para plantar es de marzo – abril, para que la planta tenga un lapso de adaptación al suelo y pueda establecer raíces antes de la época calurosa, aunque también puede plantarse hasta agosto ya que puede enraizar antes de las primeras heladas para el caso de la Comarca Lagunera a partir de la segunda quincena de noviembre (CONAZA, 1994). Rodríguez (1992), menciona que cuando la sábila se va a establecer como cultivo único se recomienda el diseño de 75 cm entre hileras y plantas, a doble hilera, y 125 cm de calle, con el cual se pueden obtener densidades cercanas a 15,000 plantas por hectárea. También es común el trazo de 100 cm entre hileras y plantas, con el que se obtienen densidades de 10,000 plantas por hectárea.

MATERIALES Y METODOS

Localización geográfica y clima

Este trabajo se llevó a cabo en el periodo de Enero de 2003 a Diciembre de 2004, en el Campo Experimental de la Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas de la Universidad Autónoma Chapingo, (URUZA –UACH), en Bermejillo, Dgo. Sus coordenadas geográficas son 23 ° 54´ latitud Norte y 103 °37´ de longitud Oeste, con una altitud de 1130 msnm. Esta región tiene el clima BW h W" (e), muy seco con lluvias en verano, una precipitación media anual de 239 mm, un porcentaje de lluvias invernal menor al 5%, con una oscilación térmica que varía de 7 a 17 ° C de acuerdo a la modificación de García (1973) hecha a la clasificación climática de Köppen.

Preparación del terreno y diseño experimental

La preparación del terreno consistió en un barbecho, incorporación de la materia orgánica de acuerdo a los tratamientos antes citados, dos rastreos y la respectiva nivelación del suelo para los riegos respectivos. El diseño experimental usado fue el de bloques al azar con tres repeticiones en un arreglo de parcelas subdivididas. Las parcelas grandes correspondieron al sistema de plantación (surco y cama); las parcelas medianas a las frecuencias de riego (15, 30 y 45 días) y; las parcelas chicas a las dosis de estiércol bovino (0, 60 y 120 ton/ha). Teniéndose un total de 18 tratamientos por repetición producto del factorial 2x3x3. La unidad experimental constó de 6 surcos de 10 metros de longitud cada uno y una distancia de 1 metro entre surcos o camas. Los cuatro surcos medios correspondieron a la parcela útil, en la cual se seleccionaron al azar 6 plantas en competencia completa, es decir, una planta en cada uno de los cuatro surcos.

Variables medidas

Durante la evaluación se programaron cuatro muestreos; las fechas en que se realizaron fueron: el 11 de diciembre de 2003, el 02 de abril de 2004, el 06 julio de 2004, y el 15 de octubre de 2004.

De cada unidad experimental se seleccionaron 6 plantas de las cuales se cortó una hoja por planta, en las cuatro fechas de muestreo en diferente época del año, donde las hojas obtenidas del muestreo fueron procesadas en el laboratorio bajo las siguientes determinaciones: Contenido de agua; pH; Contenido de sólidos totales (%); Contenido de sólidos solubles (%); Contenido de sólidos precipitables en metanol (%) y; Grados Brix. En el análisis químico se determinó mediante técnicas de Absorción Atómica a través del espectrofotómetro de luz visible: P, K, Mg, Ca, Na, Co, Mn, Fe, Zn y Bo. También se determinó el Bo con el método de la Azometina-H y el de F, con el método de colorimetría y el Nitrógeno total a través de espectrofotómetro de luz infrarroja. Finalmente se determinó el contenido de carbohidratos en el gel, por el método de la Antrona. También se midieron variables relacionadas al crecimiento y desarrollo de la hoja: Longitud y peso de la hoja; Peso y volumen del gel

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En 1975, Gutiérrez (citado por Tamayo, 1982), mencionó que uno de los principales problemas de la producción agrícola es la falta de prácticas culturales adecuadas. Propone principalmente el adiestramiento de los productores acorde a las condiciones de cada región como una estrategia para elevar la producción

Variables físicas del gel de sábila

El pH, contenido de agua, sólidos totales y sólidos precipitables en metanol del gel de la sábila *Aloe barbadensis* Miller no fueron afectados por las prácticas de manejo aplicadas al lote experimental, es decir, el sistema de plantación en cama o en surco, la frecuencia de riego (15, 30, 45 días) y materia orgánica (0, 60, 120 ton/ha) por sí solos no produjeron ningún efecto en las variables antes citadas.

En cambio en un análisis estadístico teniendo a las fechas de evaluación como parcelas en el tiempo, se identificó que durante la primavera (abril) se incrementó significativamente la concentración de sólidos precipitables en metanol en relación a las otras épocas del año. El pH se incrementó significativamente durante el otoño (Octubre), con una tendencia similar en el caso de los sólidos solubles, aunque estadísticamente éstos últimos se mantienen sin variación a través del año (Cuadro 1).

Cuadro 1. Análisis de Varianza a través del tiempo de algunas variables físicas del gel de la sábila (*Aloe barbadensis* Miller) en diferentes fechas de muestreo. Bermejillo, Dgo. 2004.

| Fecha de muestreo | pH de agua | Contenido en metanol | Sólidos precipitables solubles | Sólidos |
|-------------------|------------|----------------------|--------------------------------|---------|
| 11-Dic.-2003 | 4.29 c | 96.98 a | 2.62 b | 2.98 a |
| 02-Abr.-2004 | 4.22 c | 97.35 a | 4.31 a | 2.64 a |
| 06-Jul.-2004 | 4.96 b | 96.59 a | 2.50 b | 3.40 a |
| 5-Oct.-2004 | 5.79 a | 96.46 a | 2.31 b | 3.49 a |

Prueba de Tukey ($p = 0.05$), cifras con las mismas letras dentro de una misma columna, son estadísticamente iguales.

Evaluación química del gel de sábila

En el mes de diciembre el sistema de plantación en cama incrementó el contenido de Ca; en tanto que para el mes de julio este mismo sistema de plantación incrementó el contenido de Cu, N y Na. Para esa misma fecha se identificó una interacción con la fecha y la no aplicación de materia orgánica incrementándose el contenido de Zn.

Respecto al análisis teniendo a las fechas de muestreo como parcelas en el tiempo, se identificó que la

concentración de Fe, Mn, Zn, Mg, Bo y Na se incrementó durante la fase de verano y otoño (julio a octubre) (Cuadro 2); mientras que el K, Ca, y N la concentración mayor fue a finales de invierno y en la primavera (diciembre a abril). Respecto a la determinación de los carbohidratos, se observó que durante la primavera y el verano (Abril a Julio) se registró la mayor concentración, lo cual se traduce en una mayor concentración de sólidos totales en el gel (Cuadro 3). Lo anterior es determinante para definir las fechas de corte, dependiendo del uso a que estén destinada la hoja de sábila.

Cuadro 2. Concentración de datos del análisis de varianza general de las variables químicas de macro elementos del gel de la sábila (*Aloe barbadensis* Miller). Bermejillo, Dgo. 2004.

| Fecha de muestreo | Fe ppm | Mn ppm | Zn ppm | Cu ppm | Bo ppm |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|---------|
| 11-Dic.-2003 | 2,32 b | 0.80 b | 0.79 c | 2,10 a | 2,08 c |
| 02-Abr.-2004 | 1,84 c | 0.88 b | 0.66 c | 0.67 d | 1,84 c |
| 06-Jul.-2004 | 2,80 a | 1,66 a | 2,84 a | 1,45 b | 10,46 a |
| 15-Oct.-2004 | 3,24 a | 0.89 b | 1,35 b | 1,06 c | 3,09 b |

Prueba de Tukey ($p = 0.05$), cifras con las mismas letras dentro de una misma columna, son estadísticamente iguales.

Cuadro 3. Concentración de datos del análisis de varianza general de las variables químicas de micro elementos del gel de la sábila (*Aloe barbadensis* Miller). Bermejillo, Dgo. 2004.

| Fecha de muestreo | K % | Ca % | Mg ‰ | N % | Na % |
|-------------------|----------|----------|---------|----------|---------|
| 11-Dic.2003 | 0.109 a | 0.096 a | 0.020 b | 0.0030 b | 0.053 b |
| 02-Abr.-2004 | 0.044 c | 0.039 c | 0.008 c | 0.005 a | 0.030 c |
| 06-Jul.2004 | 0.055 bc | 0.051 b | 0.013 c | 0.004 b | 0.029 c |
| 15-Oct.2004 | 0.074 b | 0.044 bc | 0.038 a | 0.004 b | 0.059 a |

Prueba de Tukey ($p = 0.05$), cifras con las mismas letras dentro de una misma columna, son estadísticamente iguales.

El suministro de nitrógeno se relaciona con la utilización de los hidratos de carbono. Cuando las cantidades de nitrógeno son insuficientes, los hidratos de carbono se depositan en las células vegetativas causando un adelgazamiento de las mismas. Cuando el nitrógeno está en cantidades adecuadas, las condiciones son favorables para el crecimiento, formándose proteínas a partir de los hidratos. Al depositarse menos hidratos de carbono en la parte vegetativa, se forma más protoplasma y la consecuencia de que el protoplasma esté altamente hidratado es mayor la succulencia de las plantas.

La materia orgánica tiene un rol importante en la mejora de la disponibilidad de micro nutrientes (principalmente hierro, manganeso, zinc y cobre) para las plantas así como en la reducción de los efectos tóxicos de los cationes libres. Muchos metales que precipitarían en suelos en condiciones normales, se encuentran mantenidos en la solución del suelo en forma quelada. Es probable que estos micronutrientes sean transportados hacia las raíces de las plantas en forma de quelatos complejos solubles.

La materia orgánica mejora la nutrición en fósforo, es posible que a través de favorecer el desarrollo de microorganismos que actúan sobre los fosfatos. Es posible que la formación de complejos arcillo-húmicos o la quelatación contribuyan a solubilizar los fosfatos inorgánicos insolubles ([terralia](#), 2003).

En la determinación cualitativa de carbohidratos se logró identificar la presencia de sacarosa y galactosa que son azúcares muy comunes en el gel de sábila, ya que diferentes autores lo reportan en estudios realizados en este cultivo por lo que es corroborado en esta investigación. En resumen se tiene que el 13 % del volumen de los sólidos del gel de *Aloe barbadensis* consiste en polisacáridos. Ciertas formas de procesamiento del gel de *Aloe* significan decrecimiento en el contenido de polisacáridos, aunque el procesamiento usual de esta planta eleva el nivel de polisacáridos como se mencionó anteriormente. Sin embargo cuando las hexosas son mayor del 20 % de sólidos totales, esta elevación se debe a polisacáridos extraños. (The International Aloe Science Council, Inc.).

VARIABLES DE CRECIMIENTO

Peso de la hoja. El peso de hoja estuvo dentro de los reportado por Rodríguez (1992), quien indica que las hojas deben tener un peso de 400 a 450 g. Esto es importante ya que se deben de tomar en cuenta para la conversión de hoja fresca a gel, dado que se reporta que el índice de conversión debe ser entre 40 a 50 %

para que sea redituable su industrialización. Los datos registrados estuvieron dentro de un mismo rango ya que el de mayor peso registrado de hoja fue de 521.55 g en la primer fecha de muestreo y el menor de 332.33 g de la tercer fecha de muestreo. En general las características físicas agronómicas como el peso de la hoja de sábila, es donde se debe enfocar un mayor manejo en relación al desarrollo de las hojas, lo cual esta muy ligado al volumen de las hojas, el cual a su vez es un indicador importante para el rendimiento de la planta. Durante el mes de abril, fue significativamente mayor el peso de hoja, respecto a las demás épocas muestreadas en este estudio (Cuadro 4).

Longitud de la hoja. Solo al hacer el análisis de comparación de bloques a través del tiempo se encontró diferencia entre los tratamientos, encontrándose una mayor longitud de hoja durante el mes de Octubre (Cuadro 4).

En relación a la aplicación de diferentes dosis de materia orgánica no se identificó diferencia estadísticamente significativa, lo cual es contrario con lo citado por la literatura, donde se cita el efecto de la aplicación de materia orgánica puede variar entre 4 a 5 años y este experimento se manejo la aplicación hace más de 8 años quizás sea por eso que no se encontró efecto en relación a las diferentes dosis de materia orgánica.

Peso y volumen total del gel. Con respecto a la eficiencia de conversión de hoja a gel, el *Aloe barbadensis* Miller, presenta ligeramente mejores valores en la fecha uno del 11 de diciembre de 2003 (963.72 ml), con respecto a la fecha 3 del 2 de abril de 2004 (523.41 ml), pero en general en todas las fechas de muestreo se tiene una conversión de hoja a gel de 45 a 65%. Con los datos obtenidos de este punto es viable la estimación del rendimiento del gel, como lo menciona Santos (1995).

En relación a la dosificación de materia orgánica es importante mencionar que aún sin la aplicación de esta práctica es posible obtener buenos rendimientos, como lo menciona Cruz (1997) pero manteniendo un buen riego. Como lo menciona Duran (2000), al parecer es posible incrementar los rendimientos de hoja mediante algunas técnicas de cultivo, sin embargo cabe destacar que los mayores rendimientos de hoja se obtienen cuando no se aplica fertilización. Es importante mencionar que al tener una buena calidad de hojas es posible determinar o estimar el rendimiento de gel, ya que si se tiene una mayor calidad en las hojas se puede esperar un buen producto.

Respecto al análisis en el tiempo, se registró que al igual que peso de la hoja, el peso y volumen total del

Cuadro 4. Concentración de variables de crecimiento en gel de sábila *Aloe barbadensis* Miller en diferentes fechas de muestreo. Bermejillo, Dgo, 2004.

| FECHA DE MUESTREO | Peso de hoja | Longitud de hoja | Peso total de gel | Volumen total de gel |
|-----------------------|--------------|------------------|-------------------|----------------------|
| 11 – DIC- 2003 | 427.03 B | 52.28 C | 911.70 A | 963.82 A |
| 02 – ABR- 2004 | 474.09 A | 52.78 C | 464.50 C | 523.41 C |
| 06 – JUL- 2004 | 388.98 C | 55.98 B | 718.69 B | 776.50 B |
| 15 –OCT- 2004 | 403.28 BC | 58.81 A | 749.39 B | 800.06 B |

gel, se incrementó durante la primavera (Abril), quizá debido a la mayor actividad fotosintética involucrada en esas fechas (Cuadro 4).

CONCLUSIONES

En general, no hubo efecto por separado de los factores de variación introducidos en este estudio para las variables físico-químicas del gel de sábila, aunque se identificó un efecto de interacción que está siendo analizado estadísticamente.

De Diciembre a Octubre se registró un incremento en el pH del gel de sábila cuando se regó cada 15 días, en comparación a los riegos proporcionados cada 30 y 45 días. El pH se incrementó significativamente durante el Otoño (Octubre).

El sistema de plantación en cama favorece el mayor contenido de agua en el gel, en comparación a cuando la sábila se plantó en surco; en tanto que la frecuencia de riego y la dosis de materia orgánica, no influyeron en esta variable.

El alto contenido de agua en las hojas de sábila, independientemente del tratamiento, repercute en una baja concentración de sólidos totales, el cual es una variable importante de comercialización.

Durante la Primavera (Abril), se incrementó significativamente la concentración de sólidos precipitables en metanol, en relación con las otras épocas del año, con valores de 4.3 % y un promedio de 2.4 %, respectivamente.

En los meses de julio a octubre se incrementó la concentración de Fe, Mn, Zn, Mg, Bo y Na, en tanto que en los meses de diciembre y abril aumentó la concentración de K, Ca, y N, lo cual es importante para determinar fechas de corte de hoja de sábila acorde a los fines en que se desee utilizar el gel como subproducto comercial.

En la determinación cuantitativa de carbohidratos del gel se encontró que éstos se incrementaron en los

meses de abril a julio, lo que se traduce en mayor concentración de sólidos totales. Esto es importante para la calidad del gel y determinar también fechas de corte de hoja de sábila.

Al realizarla determinación cualitativa de carbohidratos del gel de hoja de sábila se identificó que los carbohidratos presentes más comunes son la sacarosa y galactosa.

Durante el mes de Abril, se registró el mayor peso de hoja, así como peso y volumen total del gel de sábila; en tanto que la longitud de hoja fue mayor hacia el mes de Octubre. Esta última variable tiene una tendencia de mejor efecto cuando la sábila se plantó en cama.

LITERATURA CITADA

- Álvarez, M. G. 1987. Estudio de viabilidad técnica y financiera del cultivo de sábila (*Aloe vera* L.) en la zona centro de Tamaulipas. Tesis de Maestría en Ciencias, Universidad Autónoma de Tamaulipas. Cd. Victoria, Tamps. 142 p.
- Baeyens, J. 1970. Nutrición de las plantas de cultivo, fisiología aplicada a las plantas de cultivo. Madrid, España.
- Castellanos, J. Z.; 1984. Evaluación de los estiércoles de bovino y gallinaza como fuentes de fósforo en el cultivo de alfalfa. Informe de investigación de CAELALA. CIAN-INIA. SARH. Matamoros, Coah.
- CONAZA. 1992. Aspectos técnicos y socioeconómicos de la sábila (Mimeografiado) Saltillo, Coah. México.
- CONAZA. 1994. Sábila *Aloe vera* (L) Burm. Cultivo alternativo para las zonas áridas y semiáridas de México. Ed. CONAZA-INE, México, D. F. 29 p.
- Cruz, G. J. 1997. Análisis de crecimiento del cultivo de sábila *Aloe barbadensis* Miller en diferentes prácticas de manejo en la comarca Lagunera. Tesis de licenciatura. Unidad Regional de Zonas Áridas, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo Méx.
- Durán, B. D. 2000. Efecto del acolchado plástico, fuente de fertilización nitrogenada y dosis de composta orgánica en el crecimiento y desarrollo de sábila (*Aloe barbadensis* Miller) con riego por goteo

- automatizado. Tesis Profesional. Unidad Regional de Zonas Áridas, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo Méx. P.4-8,39, 10-12.
- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 246 p.
- terralia@terralia.com . Consulta Octubre de 2004.
- Thamane, R. O., y Motiramani D. P., 1978. Suelos: su química y fertilidad en zonas tropicales. Editorial Diana. México.
- Laird, H. y Núñez E. R. 1963. Fertilidad de suelos. Colegio de Posgraduados, Chapingo, México.
- López, J. 1999. Anteproyecto financiero social para Productores de Sábila del Sur de Zacatecas S.P.R de R.I. Jalpa, Zac. Despacho de Asesoría Financiera y Empresarial López Jasso y Asociados, León, Gto. 53 p.
- Lynch, J. M. 1982. Efecto de las aplicaciones de estiércol sobre la microbiología del suelo In : la utilización de los estiércoles en la agricultura. México, Ed. J. Z. Castellanos y J. L. Reyes IATEM, A. C. Publicación especial. Apdo. postal 973. Torreón, Coah.
- Martín, J. P. 1971. Decomposition and binding action of polysaccharides in soils. *Soils Biol. Biochem*
- Martínez E., J. L. 1985. Sábila (Aloe vera L) Monografía Ing. Esp. En Fitotecnia. UAAAN. Saltillo, Coah., Mex.
- Reiche, C. 1975. Flora excursoria en el Valle Central de México. Instituto Politécnico Nacional, Consejo Editorial Politécnico.
- Rodríguez, C. A. 1992. El cultivo de la sábila en Yucatán. Centro regional Universitario Península de Yucatán, UACH, Maxcanù Yuc., Folleto.
- [Secretariado de Nuevas Tecnologías y Recursos Virtuales](#). 2002.
- Santos, L. E. 1995. Aprovechamiento actual de la sábila (Aloe barbadensis, Miller) y aplicación del análisis dimensional en la evaluación de algunas características morfológicas. Tesis Profesional. Unidad Regional de Zonas Áridas, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo Méx.
- Tamayo, C. J. F. 1982. Cultivo del Fríjol. Tesis Ingeniero Agrónomo en Suelos, Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Suelos. México.
- Universidad de Wisconsin. http://botit.botany.wisc.edu/courses/_systematics/_family_index/Family_Pages/Aloeacea.html . Consulta: Septiembre del 2004.
-

