Revista Internacional de Investigación e Innovación Tecnológica

Página principal: www.riiit.com.mx

Manejo agronómico de la higuerilla (*Ricinuscommunis* L.)

Agronomic management of castor bean (*Ricinuscommunis* L.)

Raya-Pérez, J. C., Ramírez-Pimentel, J. G., Covarrubias-Prieto, J., Chablé-Moreno F., Aguirre-Mancilla C. L.

Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Roque. km 8 Carretera Celaya-Juventino Rosas. C.P. 38110. Celaya, Gto., México. Email: ceaguirre@itroque.edu.mx

Área de aplicación: Extracción de aceite para producción de biodiesel y lubricantes.

Recibido: 16/12/2014.
Aceptado: 20/06/2016.

Resumen

La higuerilla ha sido propuesta como cultivo alternativo para unas 4 millones de hectáreas en México debido a su capacidad para crecer en suelos pobres y con escasez de precipitaciones, adaptabilidad a una gran gama de condiciones ambientales y producción abundante de semillas. Sin embargo, esta especie no ha sido adoptada y aprovechada por los campesinos y agricultores mexicanos, quizá debido en parte a la falta de tradición y falta de conocimiento para su manejo y aprovechamiento, además de no haber una demanda nacional sustancial por el aceite, para la producción de biodiesel que es además un excelente lubricante. Aquí se hace un recuento de las características importantes a considerar en el manejo de este vegetal así como recomendaciones sobre necesidades de humedad, fertilización, madurez y recolección. Esto con la idea de contribuir a la adopción de esta especie vegetal y a que en un futuro cercano los agricultores produzcan su propio biodiesel para autoconsumo o bien, dedicar tierras no aptas para otras especies al cultivo de la higuerilla.

Palabras claves: aceite, biodiesel, crecimiento vegetativo, dehiscencia, latencia.

Abstract

Castor bean has been proposed as an alternative crop in many regions of Mexico due to its ability to grow in poor soils and low rainfall, adaptability to a wide range of environmental conditions and abundant seed production. However, this species has not been adopted and used by mexican peasants and farmers, perhaps due in part to the lack of tradition and lack of knowledge for management and use, furthermore, there is not national demand for oil,

biodiesel production than also is an excellent lubricant. In this paper it is presented the important features to consider in managing this vegetable and recommendations on needs moisture, fertilization, vegetative growth, andrecollection. This, with the idea of contributing to the adoption of this plant species and, in the near future, the farmers be able to produce their own biodiesel for self-consumption or to use affected lands non suitable for other species in the cultivation of castor bean.

Keywords: biodiesel, dehiscence, latency, oil, vegetative growth.

Introducción

La higuerilla es una planta cuyo centro de origen se localiza en India y África. Las primeras referencias se remontan al siglo IV A. de C.; el historiador griego Herodoto menciona su uso en el antiguo Egipto y su introducción a Grecia, así como los usos en medicina y como combustible para lámparas. Debido a su composición química, el aceite de higuerilla conserva su viscosidad a altas temperaturas y resiste las bajas temperaturas sin congelarse, razón por la cual se emplea para motores de altas revoluciones (1). El aceite refinado se usa en cosméticos y productos medicinales. Su uso para elaborar biodiesel confiere ventajas como el hecho de ser un recurso renovable, no tóxico, no flamable, transportable, biodegradable, sustentable, ecológico y libre de azufre y compuestos aromáticos, además de emitir menos partículas que el diesel (10). El uso más común es como purgante, se considera un vermífugo drástico. Se emplea en otros productos industriales tales como: crayones, empaques, esmaltes, emulsión para pinturas, fertilizante, espumas, fluido para amortiguadores, fluido hidráulico, fungicidas, germicidas, grasas, hule, insecticidas, lacas, materiales de revestimiento, masilla para vidrios, papel carbón, papel matamoscas, productos farmacéuticos, tintas de impresión, velas, etc. Recientemente se destaca su importancia en la producción de biocombustibles, como el biodiesel (4, 9). La industrialización de la semilla para la producción de aceite como compuesto principal origina una torta, rica en proteína, como principal subproducto. La torta puede ser utilizada para restaurar tierras agotadas, además de contener productos que pueden ser usados para el control de nematodos del suelo, debido a la alta toxicidad que le confiere una proteína tóxica denominada ricina. La ricina se concentra únicamente en el endospermo de la semilla y permanece en la torta tras la extracción del aceite, pero es muy lábil, por lo que podría aprovecharse como insecticida sin actividad residual (2, 5, 6).

Taxonomía

La higuerilla pertenece a la familia Euphorbiaceae, es un arbusto de tallo grueso y leñoso, hueco que, al igual que los pecíolos, nervios e incluso las propias hojas en algunas variedades puede tomar un color púrpura. Las hojas son muy grandes, de nervadura palmeada y hendidas de 5 a 9 lóbulos, de bordes irregularmente dentados; las hojas son alternas, con peciolo muy largo, unido por su parte inferior. Las flores están dispuestas en grandes inflorescencias; en la parte inferior de las mismas están las flores masculinas, con un cáliz, con cinco piezas lanceoladas y múltiples estambres soldados, con forma de columna. Las flores femeninas se encuentran en la parte superior de la panícula, con el ovario formado por tres carpelos y rematado por tres ramas bifurcadas. Florece casi todo el año. Es monoica, con flores masculinas y femeninas en las inflorescencias, las femeninas están adheridas al raquis y producen tres granos lisos encerrados en cápsulas individuales. Debido a la ligereza y alta producción de polen, se favorece la polinización cruzada, principalmente por el

viento, aunque es evidente la presencia de insectos polinizadores. El porcentaje de cruzamiento es variable y raras veces es menor al 30%. La liberación del polen ocurre en las horas de mayor calor del día, pudiendo el grano de polen permanecer viable, en condiciones ambientales, por un periodo de 48 h. El estigma de las flores femeninas permanece receptivo por un periodo de 5-10 días. El fruto es globuloso, trilobulado, casi siempre cubierto por abundantes púas, que le dan un aspecto erizado; tiene tres cavidades, cada una con una semilla, grande y jaspeada, de superficie lisa y brillante. Se ha usado para repeler los insectos de los cultivos por los principios tóxicos que contiene, se utiliza para la protección de las riberas de los ríos y quebradas por su adaptabilidad a los suelos arenosos. Se recomienda sembrar la higuerilla en áreas donde la altitud oscile entre 300 y 1500 m sobre el nivel del mar, aunque se registra su presencia en lugares al nivel del mar y otros con más de 2500 msnm. Los vientos fuertes pueden causar daños a las ramas y disminuir la producción de semillas (7). El uso de la higuerilla para la fitorremediación de jales mineros, que a la vez se usarían para obtención de aceite, es otra posibilidad dada la presencia de la planta en estos sitios altamente contaminados (9, 11, 12).

Siembra

Se tienen registros de que las semillas de higuerilla emergen de 6 a 20 días después de la siembra; el periodo de germinación de la semilla depende de la temperatura del suelo, si la temperatura del suelo es baja (menos de 20°C) prolonga la permanencia de las semillas en el suelo hasta quince o veinte días, lo que favorece el ataque de microorganismos e insectos; cuando la temperatura es mayor de 30°C, puede tomar seis días. También se observó que el tipo de racimos de los que provienen las semillas puede ejercer una marcada influencia en la viabilidad de las mismas. Se recomienda usar semilla protegida con fungicidas e insecticidas de acuerdo a la variedad o híbrido a sembrar; esta debe seleccionarse de acuerdo a las características agronómicas de la zona con densidades desde 5 a 15.7 kg/ha, 10,000 a 40,000 plantas/ha; se colocan desde 2 hasta 4 semillas por sitio dependiendo de la disponibilidad de semilla o las condiciones del terreno y clima de la región, a profundidades de 3 a 8 cm. En Morelos, México, se sembraron 2 semillas por golpe con 1.5 m de separación entre plantas y 3 m entre surcos (2). Se debe considerar menor profundidad con menor contenido de humedad y siembras más profundas cuando existe humedad suficiente. Las labores consisten en una arada a 20 cm de profundidad, según el suelo sea liviano o pesado, luego entre una o dos pasadas de rastra en sentido cruzado. Se acostumbra hacer los surcos orientados perpendicularmente a la dirección del viento (6). La distancia entre plantas es de un metro por lo tanto para lograr una ramificación normal las plantas se espacian a 50 cm o más en la hilera.

El peso de 100 semillas de higuerilla puede dar lugar a una variación comprendida entre 10 y 100 g dependiendo del cultivo y de las condiciones de producción. En líneas élite de Morelos se reportan pesos que van de 197 a 922 g peso de cien semillas, con una media de 49.6 g/ 100 semillas (2). La latencia depende del cultivo y del estado de madurez de las semillas en el momento de la recolección de los frutos de ricino. En plantas silvestres el peso de 100 semillas va de los 13 a los 51 g (9).

Distribuida en los trópicos húmedos y zonas secas subtropicales de todos los continentes, de 40°S a 52°N, del nivel del mar a los 2000 m de altitud, en México es una planta exótica en Chiapas, Coahuila, Colima, Distrito Federal, Guanajuato, Guerrero Jalisco, Estado de México, Michoacán, Morelos, Nayarit, Oaxaca, Sinaloa, Sonora, Tabasco, Tamaulipas, Tlaxcala, Veracruz, Yucatán, su hábitat es

de tipo ruderal y cultivada en zonas cálidas de México como tipo anual o perenne (8, 9). Las primeras flores pueden abrir 40-70 días después de la siembra. En cultivares de crecimiento anual, el período de emergencia a la maduración varía de 140-170 días. En las líneas élite de Morelos, arriba mencionadas, la más precoz floreció a los 40 días después de la siembra (dds) y la más tardía 72 dds (2); en el Perú, al probar líneas para su introducción en la Amazonia, la BRS Energía floreció a los 55 días; BRS Nordestina a los 80 y otras líneas, incluida una criolla y una selección, Pullcapa, a los 86 días (10).

La duración del cultivo en especies de higuerilla anuales varía de cuatro a nueve meses, pero los tipos perennes pueden soportar hasta 10-15 años de producción. Como periodo de vida la planta puede alcanzar los 40-50 años (9).

Crecimiento y Desarrollo

Es una planta de día largo, adaptada a un intervalo de fotoperiodo bastante amplio; con nueve horas luz, el desarrollo y crecimiento se reducen, mientras que con 12-18 horas, el desarrollo es normal. El factor limitante para el cultivo en su etapa de crecimiento es que no soporta heladas, su temperatura ideal está en el rango de 15 a 38°C; temperaturas por encima de los 40°C provocan aborto de los frutos y no permiten que la semilla se desarrolle satisfactoriamente. En algunas variedades, cuando las cápsulas están maduras y secas, con ayuda del sol, abren solas (dehiscentes); las que no abren con estas condiciones se denominan indehiscentes. En las dehiscentes la cosecha puede arrancar a partir de los 120 días en variedades precoces y a los 160 días en tardías (11).

La higuerilla presenta diversas variedades destacándose las enanas, las cuales crecen hasta una altura de 1.6 m, su periodo de siembra a cosecha es de 120-130 días. Las variedades medianas crecen desde 2 m hasta 2.5 m. Líneas elite de Morelos alcanzaron, la más alta, 4 m con un diámetro de tallo de 8.3 cm; la más baja 2.3 m y diámetro de 4.1 cm. Los días a madurez fisiológica para el primer racimo fueron 130 dds para la más precoz y 162 dds para la más tardía (2). Se reportan periodos de siembra a cosecha de 150-240 días y las variedades altas miden entre 2.5 m y 10 m. En poblaciones seleccionadas para el estado de Michoacán se reportan plantas de 3.77 m de altura y las más bajas de 1.72 m. La altura y el espacio ocupado por la planta dificultan el manejo del cultivo y disminuye la productividad por hectárea dificultando el manejo del cultivo y su recolección.

Si a la planta se le dan nutrientes y humedad en exceso es probable que genere un gran desarrollo vegetativo y poca producción de semillas, como se reporta para las líneas establecidas en Morelos con una fórmula de fertilización triple 17 NPK. Para la región del Valle de Apatzingán en Michoacán se recomienda una dosis de fertilización de 60-40-00 (6). Las lluvias y humedad de 40 a 70% pueden propiciar enfermedades fúngicas en frutos, en los pedicelos y ejes de los racimos (2). En climas demasiados calientes y húmedos, la planta tiene tendencia a un gran desarrollo vegetativo con perjuicio de la fructificación. Cuando falta humedad en el suelo durante la fase de madurez de los frutos las semillas pueden presentar poco peso y bajo contenido de aceite (10). El exceso de humedad es prejudicial en cualquier periodo del ciclo del cultivo, siendo más crítico en las fases de plántulas, madurez y cosecha; el cultivo en zonas muy húmedas favorece la incidencia de enfermedades. La variación de la temperatura durante el ciclo del cultivo debe ser de 20ºC a 30ºC, para que se obtengan producciones con valor comercial siendo la temperatura óptima de 27ºC elevadas (superiores a 40ºC) provocan el aborto de las flores, reversión sexual de las flores femeninas a masculinas

y reducción sustancial del contenido de aceite en las semillas. Requiere entre 1500 a 2500 horas de sol anuales, siendo más positiva y necesaria esta luminosidad a partir de la emisión de las yemas florales y formación de las inflorescencias en que la planta requiere luz abundante. Esta exigencia de luz es fácil de comprender pues debe fijar mucha energía debido al gran contenido de aceite de sus semillas (alrededor del 50%) y con una energía potencial mayor por unidad de volumen que otras grasas vegetales, la misma que acumula de la energía solar que recibe.

A pesar de los avances obtenidos en el cultivo de la higuerilla, en la mayoría de las regiones productoras aún se constata el uso para la siembra de mezclas indefinidas de tipos locales. En un estudio realizado por la Asociación de Fomento de Cultivos Oleaginosas se encontraron más de noventa tipos diferentes de semillas, demostrando el grado de heterogeneidad del cultivo en el Estado de Bahía, Brasil. El gran número de variedades locales de ricino utilizadas en Bahía puede constituir una verdadera miscelánea genética. En regiones de mayor concentración de cultivos, han predominado variedades locales que no llegan a proporcionar cultivos uniformes por la falta de la mejora de selección de semilla. Algo similar se encontró en Chiapas, con gran diversidad en forma, tamaño y contenido de aceite (3).

Las bajas temperaturas retardan el periodo de madurez de los frutos, puede provocar reducción en el contenido de aceite y aumentar el índice de acetilo. Es requerida una época seca definida después de la floración y su requerimiento de agua durante la etapa de crecimiento es de 600 a 800 mm, con una precipitación total de 700-1200 mm. No es exigente en suelos y se desarrolla bien en distintos lugares pero necesita un buen drenaje y materia orgánica pues presenta un sistema de raíces que le permite explorar áreas relativamente profundas (150 cm) favoreciendo el aumento de la aireación y la capacidad de retención y distribución del agua; así, tiene la capacidad de utilizar de manera eficiente el abono aplicado, aun con poca disponibilidad de agua en el suelo, situación que no se observa en otras especies cultivadas. Prefiere pH entre 5–7, aunque puede llegar a tolerar pH de 8; es sensible a los suelos ácidos (en jales mineros crece a pH de 5 y 3) (10). Los terrenos para cultivar comercialmente esta especie deben tener facilidades para el uso de maquinaria.

Regiones De La República Mexicana Aptas Para Su Cultivo

En nuestro país los estados más promisorios para el cultivo de la higuerilla son Oaxaca, Veracruz y Chiapas. Un análisis mostró que la higuerilla intercalada con maíz de temporal es medianamente competitiva pero es superada por el frijol de temporal y el maíz de riego. Intercalada produjo 850 kg/ha y se vendió a MX$5.00 kg, lo que señala la necesidad de introducir mejoras tecnológicas en la producción e incrementos en el precio de la materia prima (7). Al probar líneas para su introducción en el Perú, el mejor rendimiento fue de 696.5 kg/ha (10). En el sur de Jalisco se obtuvieron rendimientos de 2994kg/ha al usar híbridos comerciales; se puede lograr una producción de 1320 litros de biodiésel por hectárea (5). Otra posibilidad es darle valor agregado, extrayendo el aceite por parte del agricultor, por ejemplo. En Brasil se extrae aceite de las semillas oleaginosas con prensas de mano, para venta directa y se podría decir que para uso inmediato. En México los artesanos de Guerrero extraen aceite de chía usando un pañuelo a manera de torniquete. Con auténtico interés se podría trabajar en el diseño y fabricación de prensas al alcance de los agricultores. El biodiesel producido podría usarse para producir electricidad o en los motores agrícolas, incluyendo desbrozadoras (güiros).

La Cosecha

El grado de dehiscencia del fruto de higuerilla dependerá de cada cultivo y puede ser dehiscente, semidehiscente e indehiscente. La obtención de cultivos semidehiscentes para ser sembrados es de gran importancia, pues evitaría las pérdidas de producción antes y durante la recolección, cuando se hace de forma manual. La siembra de cultivos con frutos indehiscentes permite la recolección mecanizada.Las variedades mejoradas con cápsulas indehiscentes son cosechadas tan pronto están completamente secas; en variedades dehiscentes, los racimos son cosechados antes de que se sequen y mientras estén verdes, así, la cosecha puede ser cada dos semanas, de forma manual o mecánica (5). Para variedades indehiscentes la cosecha se da a los 100-150 días después de la siembra; los racimos son cortados con cuchillos afilados o tijeras podadoras, la mejor hora para hacer la recolección es por la mañana; el corte de los racimos puede hacerse cuando estos han secado completamente pero se corre el riesgo de que se hayan desgranado o se desgranen al tirar los racimos al suelo. Para el Estado de Morelos se reporta un periodo de cosecha que abarcó de febrero 9 a junio 2, contando a partir del primer racimo maduro (2).

Es más apropiado utilizar los cultivos de porte medio-alto ya que tienen mayor adaptación a las condiciones semiáridas al presentar un sistema radicular más profundo y desarrollado; tales características confieren mayor tolerancia a la sequía. Los cultivos enanos (híbridos) exigen la siembra en condiciones de regadío y no soportan el estrés hídrico.

Las plantas de porte alto alcanzan hasta 40% de cruzamiento, mientras que las de porte enano pueden llegar hasta 25%. Este factor favorece una gran heterogeneidad, colocando a la disposición de los mejoradores una gran variabilidad genética, pero con la desventaja de causar disminución o pérdida de la pureza varietal.

Plagas de la higuerilla

Insectos dañinos

Joboto *Phyllophaga* spp. (gallina ciega) (Coleóptera: Scarabaeidae).
Gusano alambre *Agriotes s*sp. (Lepidóptera: Noctuidae).
Gusano soldado *Spodoptera* spp. (Coleóptera: Noctuidae).

Los principales daños producidos por estas plagas del suelo son la perforación de la semilla y el corte de los tallos de las plántulas, aunque en estados más avanzados de crecimiento de la planta destruyen las raíces. Para eliminarlos es muy conveniente una buena preparación del terreno, preferiblemente un mes antes de la siembra, con el fin de propiciar la destrucción de huevos, larvas y pupas al quedar expuestos al sol y a los animales. Una precipitación abundante y los predadores como *Calosoma* sp., *Polistes* sp. (avispas) (Tachinidae) reducen las poblaciones. Es recomendable el combate químico preventivo con insecticidas granulados aplicados en la siembra como mefosfolan (Cytrolane 2% 30 kg/ha) o clorpirifos (Lorsban 5g, 30 kg/ha). Cuando la plaga aparece en el cultivo, puede utilizarse cebos envenenados a base de triclorfon o metonil o bien atomizaciones con: clorpirifos (Lorsban 4 E, 1.5 L/ha), foxim (Volatón 50 E 1 L/ha) o mefosfolan (Cytrolane 250 E, 2 L/ha) dirigidas al suelo.

La Chinche hedionda *Nezara viridula* L (Hemiptera: Pentatomidae) daña las cápsulas y la unión con la planta al punzarlas, por lo que resultan vanas. Para su combate es importante mantener las rondas y el cultivo limpio de malezas. El combate químico se debe iniciar cuando se observen uno o más insectos por planta, utilizando diazinón (Diazinón 60 CE, 0. 5-1 L/ha), fention (Lebaycid 50 CE, 1 L/ha),

metil parathion (Methil parathion 48% CE, 1.5 L/ha), malation (Malathion 57%, 1.5 L/ha). Se encuentran en grandes cantidades en la parte inferior de la hoja, yemas y pecíolos, donde chupan la savia. Pueden causar serios perjuicios ya que la saliva tóxica de este insecto causa achaparramiento y deformidad de las hojas. El combate químico puede ser con oxidemeton metil (Metasystox 25% PM, 0,75 kg/ha) (12).

Insectos menos importantes

Otro insecto que provoca daño en nuestro medio, es una chinche pequeña roja y negra que se localizan en la cara dorsal de la hoja, donde chupan la savia; en épocas de insolación, causa lesiones comparables a una quemadura. Puede combatirse con los productos recomendados para la chinche hedionda. Existen otros insectos que provocan daño desde los estados tempranos de desarrollo hasta la cosecha, como el bellotero (5, 7).

Enfermedades y su combate

Marchitez o fusariosis, debida a *Fusarium oxysporum.* Este hongo vive en el suelo y ataca las plantas en cualquier estado de su ciclo; marchita las hojas y quedan pendiendo del pecíolo. En la base de estas y de las ramas produce una mancha color marrón oscuro longitudinal; generalmente causa la muerte de la planta. Cuando el ataque ocurre en estado adulto se pierden gran cantidad de frutos. Cuando se presenta la enfermedad, las plantas afectadas deben erradicarse si el ataque es aislado. Posteriormente el cultivo debe rotarse o sembrar sólo variedades resistentes y precoces (5,7).

Moho ceniciento *Botrytis cinerea* Pers. Ataca la parte reproductiva de la higuerilla, desde la inflorescencia hasta la semilla y pudre la cápsula. Se presenta en condiciones de alta humedad y temperatura. Para disminuir la incidencia, deben sembrarse variedades cuya resistencia a la enfermedad haya sido probada y que sean precoces. Si no, es indispensable la desinfección de la semilla con fungicidas apropiados y sembrar en la época adecuada, para que la fructificación no ocurra en época húmeda. Las partes afectadas deben ser eliminadas y destruidas, al igual que las plantas silvestres de esta especie que pudieran servir como reservorios.

Las manchas de las hojas son causadas por *Cercospora ricinella, Xanthomonas ricinicola.* El ataque de ambas enfermedades se limita a las hojas. Se recomienda el uso de variedades resistentes (5, 7).

Marchitamiento por *Phytophthora* spp. Ataca las plántulas recién germinadas y les causa la muerte. Para minimizar su incidencia, los suelos deben tener muy buen drenaje, sembrar en la época adecuada y utilizar variedades resistentes.

Selección y variabilidad del cultivo

Los cultivares BRS 149 Nordestina y BRS 188 Paraguaçu, de porte medio, pueden alcanzar una altura entre 1.7 y 2.0 m y presentan frutos semidehiscentes. Estos cultivares son rústicos y resistentes a la sequía, siendo su capacidad de producción media de 1.400 $kg \cdot ha^{-1}$ de semillas en condiciones de cultivo de secano. Ambos cultivares presentan respectivamente el 48% y 47% de rendimiento en aceite (2, 3, 13, 14). Las características de las variedades y la clasificación que se ha dado por parte de los expertos botánicos como son la distancia entre los nudos, las alturas enanas, medianas o altas, fácilmente pueden cambiar; por ejemplo las variedades enanas en suelos muy fértiles, ligero exceso de nitrógeno y periodos prolongados de lluvia, alargan sus entrenudos y pueden alcanzar más de tres metros de altura, así mismo variedades que genéticamente tengan racimos grandes o

largos, por las mismas causas presentan racimos pequeños, granos más livianos y se vuelven susceptibles a ataques de hongos y otras enfermedades. Un excedente de nitrógeno produce alargamiento del tallo, de las ramas y entrenudos además de ramas flácidas. En caso de utilizar nitrógeno inorgánico, el equivalente de este no debe pasar los 24 kg/ha o 50 g de urea por planta, pero si se utiliza nitrógeno orgánico no se debe exceder al equivalente a 8 kg/ha o 350 g por planta de gallinaza (según la fuente, la gallinaza puede contener más o menos nitrógeno). Cualquier exceso de nitrógeno en la higuerilla producirá un agrandamiento de la planta, y no ayuda a la adecuada formación de semilla. Un buen aporte de fósforo no contribuye al crecimiento de las partes vegetativas sino más bien endurece estas y tiende a acortar los entrenudos y aumenta la formación de semillas; manejado adecuadamente y en condiciones ambientales más o menos ideales puede llegar a duplicar el rendimiento del grano. El aporte por hectárea es de 15 kg es decir 70 g por planta. En roca fosfórica con el 22% de fósforo. Los suelos ácidos no requieren potasio. Es importante manejar el Boro y el Zinc.

Manteniendo el cultivo libre de malezas se puede incrementar en un 20% la cosecha. La planta debe podarse para evitar que alcance alturas inapropiadas para la recolección, además del enfoque que se le da para que produzca más granos que follaje y hojas, estas podas deben realizarse cuando la planta alcance 15 a 20 cm. La propagación se realiza mediante semillas. Las semillas para siembra deben ser obtenidas de plantas que han tenido altas producciones.

La producción de frutos y semillas en los árboles de higuerilla puede comenzar a partir del segundo o tercer año en condiciones favorables, y se estabiliza a partir del cuarto o quinto año. La cantidad de semilla por hectárea con mil árboles en estado de madurez total oscila entre 0.5 y 12.0 toneladas anuales, dependiendo de las condiciones de cultivo.La floración tiende a ser episódica y responde a la variación en la precipitación pluvial (10).

La deficiencia de nutrientes en plantas pequeñas ocasiona que la reproducción y el desarrollo terminen mucho antes del final del período de lluvias. El tamaño de las inflorescencias y la proporción de flores femeninas varían de acuerdo al vigor en los módulos de las plantaciones. El desarrollo de los frutos se presenta frecuentemente disparejo y, el crecimiento de los frutos tardíos comienza hasta después de la maduración de los frutos tempranos.

La determinación del punto de cosecha de la higuerilla es difícil de señalar, debido a la falta de uniformidad durante la maduración de los frutos que constituyen la infrutescencia. Es necesario repetir el proceso de la recolección de cinco a seis veces al año, lo que representa una operación laboriosa por la necesidad de mano de obra que entraña Cuando mayor es el período de permanencia de las plantas en el campo, tras la madurez completa, mayor será la pérdida durante la recolección y menor será la calidad de las semillas, principalmente cuando se trata de variedades dehiscentes. En las variedades indehiscentes, es posible esperar la madurez total del cultivo para proceder a una única recolección, pudiendo obtener semillas de buena calidad, si no hay lluvia durante el período de la cosecha. Para la recolección se cortan los racimos por la base con un instrumento filoso. Los racimos se transportan en canastos, carretas o remolques y después se colocan sobre una lona de plástico para completar el secado. La recolección debe realizarse cuando el 70% de los frutos del racimo estén secos, ya que la cosecha prematura con la mayoría de los frutos aún verdes afecta el contenido y la calidad del aceite. Lo ideal es hacer la cosecha por parcela, siguiendo el orden en el que los racimos se han producido en la planta. Los cultivares

de porte medio y semidehiscentes, como BRS 149 Nordestina, son recomendados para sembrar en áreas inferiores a 50 ha. La recolección debe efectuarse cuando dos tercios de los frutos del racimo estén maduros y secos, prolongándose la cosecha en tres o cuatro etapas, en función de la madurez progresiva de los racimos en los cultivares de porte enano (híbridos) e indehiscentes. Las máquinas de recolección son las mismas que se utilizan para la recolección de soya, pero con pequeñas adaptaciones que pueden servir para el procesado del ricino (1).

Agradecimientos

Al PRODEP por el apoyo dado al cuerpo académico Biotecnología y Bioquímica de Semillas (Clave: ITROQ-CA-2) del ITR.

Literatura citada

1. Cruz-Meza P., S. García Silva, C. Márquez Rosano, G. López Canteñs (2012). Determinación de las propiedades físico-mecánicas para el descascarado de las capsulas de la higuerilla (*Ricinus communis* L.) Revista Mexicana Ciencias Agrícolas número especial 4:644-649.

2. Barrios-Gómez E. J., A. Zamarripa-Colmenero, J. Canul-Ku, M. G. Hernández-Arenas, N. Alarcón-Cruz, V. H. Chepetla-Calderón (2013). Evaluación de materiales elite de higuerilla (*Ricinus communis* L.) en Morelos. Revista Ciencia y Tecnología Agropecuaria de México 1(2):27-32.

3. Goytia J., M. A.; Gallegos G C. H.; Núñez, C., C. A, (2011). Relación entre variables climáticas con la morfología y contenido de aceite de semillas de higuerilla (*Ricinus communis* L.) de Chiapas. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente 17 (1) 41-48.

4. García-Cota, T. del N. J., V. M. de la Cruz González, I. Nájera Martínez, O. Sánchez Daza, Y. Reyes Ortega, T. López Arenas (2009). Purificación de biodiesel obtenido de ricinus. Superficies y Vacío 22(3):20-23.

5. González Ávila, A., García Mariscal, K. P., Hernández García, M. A., Rico Ponce, H.R., Hernández Martínez, M., Solís Bonilla, J. L., y Zamarripa Colmenero, A. (2011). Guía para cultivar Higuerilla (*Ricinus communis* L.) en Jalisco. Folleto Técnico Núm. 1 INIFAP-CIRPAC Campo Experimental Centro Altos de Jalisco. Tepatitlán de Morelos, Jalisco, México.

6. Franco-Navarro F., I. Cid del Prado-Vera, E. Zavaleta-Mejía y P. Sánchez-García (2002). Aplicación de enmiendas orgánicas para el manejo de *Nacobbus aberrans* en tomate. Nematropica, 32 (2):113-124.

7. Rico-Ponce, H. R., Tapia Vargas L. M., Teniente Oviedo R., González Ávila A., Hernández Martínez M., Solís Bonilla J. L, A. Zamarripa Colmenero (2011). Guía para cultivar higuerilla (*Ricinus communis* L.) en Michoacán, folleto técnico #1 INIFAP-CIRPAC Campo Experimental Valle de Apatzingán.

8. Rodríguez-Hernández, R., Zamarripa-Colmenero A. (2013). Competitividad de la higuerilla (*Ricinus communis*) para biocombustible en relación a los cultivos actuales en el Estado de Oaxaca, México. Revista Mexicana de Agronegocios 32:306-318.

9. Ruiz-Olivares, A., Carrillo-González, R., González-Chávez, M. C., Soto-Hernández, R. M. (2013). Potential of castor bean (*Ricinus communis* L.) for phytoremediation of mine tailings and oil production. Journal Environmental Management 114:316-323.

10. Silitonga, A. S., Masjuki, H. H., Ong, H. C., Yusaf, T., Kasumo, F., Mahlia, T. M. I. (2016). Synthesis and optimization of *Hevea brasiliensis* and *Ricinus communis* as feedstock for bio diesel production: A comparative study. Industrial Crops and Products 85:279-286.

11. Vibrans Heike, 2009. Malezas de México, obtenido el sábado 14 de mayo de 2011 desde: http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/euphorbiaceae/ricinus-communis/fichas/ficha.html

12. Villaseñor R., J. L. y F. J. Espinosa G., 1998. Catálogo de malezas de México. Universidad Nacional Autónoma de México. Consejo Nacional Consultivo Fitosanitario. Fondo de Cultura Económica. México, D.F.

13. Camacho-Villalobos A. A., L. Soares Severino, J. M. del águila Sabel (2008). Evaluación de cuatro cultivares de higuerilla (*Ricinus communis* L.) en la selva del Perú región Uyacali 2007. III congreso Brasileiro de mamona, energía e ricinoquímica. Salvador.

14. Cristomo, J. R.; Sampaio, H. S. V.; Rodrigues, E. M. (1975). Produtividade das principais variedades de mamoneira (*Ricinus communis L*.) de porte alto cultivadas na Bahia. Salvador: EMBRAPA, Representação do Estado da Bahia. Representação do Estado da Bahia, Comunicado técnico 11, 17 p. Goncalves, N. P.; Mrciani – Bendezu, J.; Lima, C.A. de S. 1981. Colheita e armazenamento da mamona. Informe Agropecuário Belo Horizonte, 7, 44-45.

15. DGIEA, 1991, Aspectos técnicos sobre 45 cultivos agrícolas de Costa Rica. Dirección General de Investigación y Extensión Agrícolas, 560 pp.

16. Pecina-Quintero, V.; Anaya L., J.L.; Núñez C., C.A.; Zamarripa C., A.; Montes G., N.; Solís B., J.L. (2012). Assessing the genetic diversity of castor bean from Chiapas, México using SSR and AFLP markers. *Industrial Crops and Products*. 41:134-143.

17. Reveles S., F.O.; Rosales, S., R.; Nava B., C. A., Delgado L., E.; Cuéllar R., E. I.; Carrete C., F. O. y Ríos S., J. L. (1° de enero de 2010). Identificación de especies vegetales con potencial para la producción de biocombustibles líquidos en Durango, México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, Vol. 1, Número 1, 45-54.

18. Valero P., J.; Cortina V., H. S.; Vela C., M. P. 2011. El proyecto de biocombustibles en Chiapas: experiencias de los productores de piñón (*Jatropha curcas*) en el marco de la crisis rural. ESTUDIOS SOCIALES. Julio-diciembre 2011. Vol. 19, número 38. Pág. 120-144.