

Análisis de crecimiento de higuera (ricinus communis l.) En clima seco y función del nitrógeno

Jesús Campos, Ernesto Díaz, Israel Orlando, Juan Loeza y Cándido Bravo

J. Campos, E. Díaz, I. Orando, J. Loeza y C. Bravo
Universidad de la Cañada. Cuerpo académico Energías Sustentables en Zonas Áridas (CA-ESZA). Carretera Teotitlán-San Antonio Km 1.7 s/n, Paraje Titlacuatitla, C.P. 68540, Teotitlán de Flores Magón, Oaxaca, México.
campos@unca.edu.mx.

M. Ramos., V.Aguilera., (eds.).Ciencias Naturales y Exactas, Handbook -©ECORFAN- Valle de Santiago, Guanajuato, 2014.

Abstract

The castor oil plants (*Ricinus communis* L.) represent an opportunity to harvest solar energy through photosynthesis to produce new renewable and sustainable sources. This crop can be an important source for the generation of low-cost biofuels, because its seeds are rich in fatty acids and their large size, can be obtained as it is a biogas plant that has a high point of photosaturation, what increasing the biological performance (biomass) and would be a suitable substrate for the generation of methane. So the aim of this study was to evaluate the effect of nitrogen on growth, yield and agronomic spurge biological under dry weather conditions. In this study we observed the affect of nitrogen positively on agronomic performance, harvest index, biomass and the number of leaves and number of branches. The dose of 60 kg N ha^{-1} , produces the optimal crop yields without applying more of this nutrient. So the castor oil plants can be grown under drought conditions, making it an alternative for obtaining materials that can be used for the extraction of biofuels.

6 Introducción

El ricino o higuierilla es una planta originaria del continente africano, donde crece en climas desde tropicales hasta semidesérticos por poseer una gran plasticidad fenotípica, así mismo, esto provoca que tenga una gran rusticidad y adaptabilidad a los diferentes climas. Por muchos años se ha utilizado para la extracción de un aceite secante, el cual sirve para elaborar barnices, pinturas, cosméticos, lubricantes para motores y síntesis de biodiesel (Persson *et al.* 2009; Samayoa, 2007), pero en la actualidad ha caído en desuso debido a la explotación de combustibles fósiles, los cuales son utilizados para la síntesis de los productos antes mencionados, quedando rezagando así el cultivo del ricino.

Respecto al análisis de crecimiento, este es una técnica cuantitativa que se basa en modelos matemáticos para explicar el comportamiento y crecimiento de una especie vegetal, cuando ésta es sometida a un tratamiento determinado, generalmente se utilizan parámetros como: tasa de crecimiento absoluto, tasa de crecimiento relativo y tasa de asimilación neta (Santos *et al.* 2010).

Por otro lado el nitrógeno, es un macroelemento, necesario para el crecimiento y desarrollo de los cultivos, el cual interviene en la síntesis de proteínas y aminoácidos, necesarios para la conformación del protoplasma celular. Este elemento a nivel de cultivo afecta la asignación de biomasa seca, el área foliar y por consecuencia el rendimiento agronómico (Améndola *et al.* 2011), por tal motivo cuando este falta, todo el crecimiento vegetativo se ve interrumpido y, en muchos casos la planta no llega a completar su ciclo (Serna *et al.* 2011). Al respecto, Zamora *et al.* (2011), quienes trabajaron con seis accesiones de tártago (*Ricinus communis* L.), encontraron que las seis accesiones en estudio respondieron de manera positiva a la ausencia de nitrógeno 0 kg ha^{-1} , y reportan que la accesión criollo falcón de porte alto, presento los valores más altos en peso de frutos, número de racimos y altura de planta con 64.89 g , 5.50 racimos y 101.25 cm respectivamente.

Por su parte Camacho *et al.* (2008), mencionan que el rendimiento de semilla de ricino sembrado bajo condiciones de selva tropical fue de 1135 kg ha^{-1} , al aplicar 50 kg ha^{-1} de N. por tal motivo el objetivo del presente estudio fue: realizar un análisis de crecimiento en el cultivo de tártago bajo seis niveles de nitrógeno cuando es sembrado en clima seco.

Así la hipótesis planteada fue: el nitrógeno afecta el crecimiento y rendimiento agronómico y biológico del tártago bajo condiciones de clima seco.

6.1 Materiales y métodos

El presente estudio se llevó a cabo en Teotitlán de Flores Magón ubicado a 18°08' latitud norte, 97°05' longitud oeste y 888 msnm, bajo un clima Bs₁eg que corresponde a un clima seco con temperatura media anual mayor a 18°C y menor a 27°C, precipitación mayor a 200 mm y menor a 600 mm, cuya distribución de lluvias es de Junio a Septiembre, una oscilación de la temperatura mayor a 7°C y menor a 14°C y el mes más cálido se presenta antes del solsticio de verano que para la zona ocurre en Abril (García, 2005). El germoplasma utilizado fue obtenido de accesiones de (*Ricinus communis* L.) colectadas en la población de San Antonio Nanahuatipam Oaxaca, municipio de Teotitlán de Flores Magón a 18°07' latitud norte, 97°04' longitud oeste y 795 msnm, las cuales fueron sembradas en bolsas de polietileno negro de 4 kg de capacidad, que contenía suelo de la zona (lluvisol) mezclado con hojarasca a una proporción 2:1 (v/v), con un pH de 7.8 y un contenido de nitrógeno 4.3 mg kg⁻¹, las plantas fueron colocadas bajo un arreglo topológico de 0.50 x 0.50 x 0.80 dando un total de 2,500 plantas por hectárea. El diseño experimental fue completamente aleatorizado siguiendo el siguiente modelo:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \varepsilon_{ij} \quad (6)$$

Donde:

Y_{ij} ; es la variable respuesta de la i-ésimo nivel de nitrógeno en la j-ésima repetición.

μ ; es la media general verdadera.

T_i ; es el efecto del i-ésimo tratamiento de nitrógeno.

ε_{ij} ; es el error experimental del i-ésimo nivel de nitrógeno en la j-ésima repetición.

Los tratamientos fueron seis niveles de nitrógeno 0, 20, 40, 60, 80 y 100 kg ha⁻¹ de N. la formula de fertilización se completó con 50 kg ha⁻¹ de fósforo y 20 kg ha⁻¹ de potasio. Las fuentes de los nutrimentos anteriores fueron urea (46% N), superfosfato de calcio triple (46% P₂O₅) y cloruro de potasio (60% K₂O). La unidad experimental se constituyó por una bolsa de polietileno más el sustrato y la planta de ricino. Para realizar el análisis de crecimiento, se realizaron muestreos destructivos a los 30, 60, 90 y 120 días después de la siembra. Las variables respuesta fueron: biomasa seca de la parte aérea, la cual se determinó separando tallo, hojas y pericarpio, para someterlas a secado en una estufa de aire forzado a 70°C hasta alcanzar el peso constante, tasa de crecimiento absoluto TCA utilizando la ecuación

$$TCA = \left(\frac{PS_2 - PS_1}{T_2 - T_1} \right) \quad (6.1)$$

Donde:

PS₂ y PS₁, son los pesos secos de la planta en los tiempos.

T₂ y T₁ respectivamente, altura de planta midiendo esta desde la base del cuello de la planta hasta la parte apical de la misma con ayuda de un estadal.

El número de hojas contando el total de nomófilos por planta, número de frutos por planta contando el número de frutos verdaderos que contenían semillas antes de la dehiscencia, rendimiento agronómico pesando el total de semilla producida por planta, con ayuda de una balanza analítica y expresando el resultado en g planta, de igual modo se determinó la eficiencia agronómica del nitrógeno (EAN) utilizando la expresión:

$$EAN = \frac{RA_{CN} - RA_{SN}}{N_A} \quad (6.2)$$

Donde:

EAN; eficiencia agronómica del nitrógeno (Kg de semilla por Kg de N aplicado m⁻²).

RA_{CN}; rendimiento agronómico con aplicación de nitrógeno.

RA_{SN}; rendimiento agronómico sin nitrógeno.

N_A; nitrógeno aplicado.

Para determinar la cantidad de nitrógeno aplicado por planta, se dividió el total de nitrógeno aplicado por hectárea entre la densidad de población por hectárea, dando así la cantidad de nitrógeno por planta (Díaz et al. 2004). Con la finalidad de tener un mejor control del experimento, se determinaron las temperaturas máximas, mínimas así como la precipitación que ocurrió durante el experimento, con la estación meteorológica automatizada Ventage pro2.

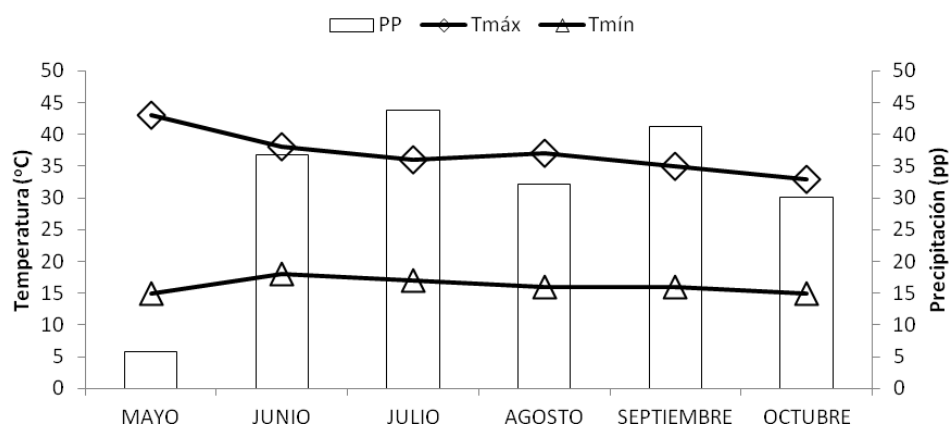
A las variables respuesta que resulten significativas, se les aplicará la prueba de comparación de promedios de Tukey a un nivel de significancia del 5 %.

6.2 Resultados y discusión

En la Figura 6, se presentan las temperaturas máximas, mínimas así como la precipitación que se presentó durante el experimento, y se puede apreciar que la temperatura máxima osciló entre los 35 y 43 °C, mientras que la mínima entre los 12 y 15 °C.

Respecto a la precipitación, esta fue de 189 mm durante el ciclo de cultivo presentándose la máxima en los meses de Junio-Agosto, coincidiendo así con el periodo vegetativo, cabe mencionar que bajo estas condiciones ambientales el cultivo se desarrolló de manera adecuada, respondiendo de manera positiva a las condiciones ecológicas de la zona de estudio.

Figura 6 Temperatura máxima, mínima y precipitación en, Teotitlán de Flores Magón, Oaxaca México durante el ciclo Mayo-Octubre de 2013



En la tabla 6, se observan los resultados del análisis de crecimiento para seis variables respuesta y se puede apreciar que hubo diferencias significativas entre tratamientos para todas las variables en estudio, así el mayor número de hojas y número de frutos se presentaron en el rango de fertilización de 60 a 120 kg ha⁻¹ de N, mientras que la mayor altura de planta y biomasa se presentaron desde 40 a 120 kg ha⁻¹ de N.

Respecto al rendimiento agronómico el mayor fue para 60, 80 y 100 kg ha⁻¹ de N con 68.3, 70.2 y 71.3 g planta⁻¹ respectivamente, en relación a la dosis alta 100 kg ha⁻¹ de N. Se observó una disminución en el rendimiento respecto a las dosis anteriores de fertilización, resultando estadísticamente igual con las dosis bajas 10 y 20 kg ha⁻¹ de N con 60.5, 60.5 y 63.1 g planta⁻¹ superando solo al testigo quien solo arrojó un valor de 57.1 g planta⁻¹, esto nos hace suponer que dosis superiores a 100 kg ha⁻¹ de N, tienen un efecto antagónico para el rendimiento de semilla. Para el índice de cosecha, los datos presentaron una tendencia similar al rendimiento agronómico, ya que el IC es una consecuencia directa del rendimiento agronómico, resultando así estadísticamente iguales las dosis de N del rango 60 a 100 kg ha⁻¹ donde los mayores valores para este índice oscilaron entre 0.32 y 0.35 mientras que los menores valores fueron para las dosis bajas incluido el testigo con rangos de 0.18 a 0.21 quienes resultaron ser estadísticamente iguales.

Los datos anteriores coinciden con los reportados por Escalante et al. (2013); quienes mencionan que el nitrógeno afecta de manera positiva algunas variables como número de hojas, biomasa, rendimiento agronómico e índice de cosecha cuando este es aplicado de manera dividida en cultivos como frijol, por su parte otros autores como Morales et al. 2007.

De igual modo mencionan que el nitrógeno es un elemento limitante en la producción vegetal, principalmente influye en el rendimiento biológico y agronómico del cultivo de girasol, cuando este es sembrado bajo asociación con frijol cuando este es destinado a grano, y establecen que el índice de cosecha para grano de girasol oscila entre 0.24 y 0.25 al aplicar nitrógeno en un rango de 40 a 80 kg ha⁻¹ de N.

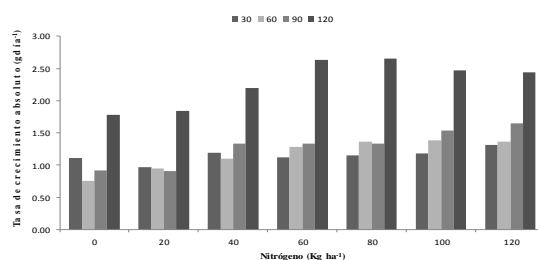
Tabla 6 Análisis de crecimiento en higuierilla (*Ricinus communis* L.), bajo siete niveles de nitrógeno en, Teotitlán de Flores Magón, Oaxaca México durante el periodo Mayo-Octubre de 2013

Tratamiento (Kg ha-1) N	NH	NF	AP cm	Biomasa g planta ⁻¹	RA	IC
0	6.0 c¶	4.2 c	110.1 c	310.1 b	57.1 c	0.18 b
20	9.3 b	6.5 b	111.3 b	312.8 b	60.5 b	0.18 b
40	10.1 b	7.0 b	150.1 a	389.2 a	63.1 b	0.21 b
60	13.6 a	10.3 a	150.9 a	410.0 a	68.3 a	0.35 a
80	13.0 a	11.8 a	157.9 a	421.5 a	70.2 a	0.33 a
100	13.5 a	12.2 a	160.3 a	433.9 a	71.3 a	0.32 a
120	12.8 a	12.3 a	167.8 a	453.1 a	60.5 b	0.20 b
DSH	1.20*	2.1*	17.7*	43.1*	3.0*	0.30*
CV %	19.20	20.33	25.60	20.30	22.30	27.60

letras dentro de la columna con la misma literal, estadísticamente son iguales según Tukey ($p \leq 0.05$). NH, número de hojas; NF, número de frutos; AP, altura de planta; RA, rendimiento agronómico; IC, índice de cosecha. DSH, diferencia significativa honesta; CV, coeficiente de variación.

En La Figura 6.1, se presentan los valores de la tasa de crecimiento absoluto de higuierilla a 30, 60, 90 y 120 días después de la siembra y se puede apreciar que la mayor tasa de crecimiento absoluto se presentó a los 120 dds, en un rango de 1.7 a 2.50 g día⁻¹, por el contrario la menor tasa fue al inicio del experimento es decir a los 30 dds teniendo valores dentro de un intervalo de 0.9 a 1.2 g día⁻¹. Respecto al nitrógeno aplicado, se puede decir que las dosis de 60 y 80 kg ha⁻¹ fueron quienes obtuvieron la mayor TCA a los 90 dds con 2.50 g día⁻¹ respectivamente.

Figura 6.1 Tasa de crecimiento absoluto en higuierilla (*Ricinus communis* L.) bajo siete niveles de nitrógeno en Teotitlán de Flores Magón Oaxaca, México. Durante el periodo Mayo- Octubre 2013



Respecto a la eficiencia agronómica del nitrógeno aplicado, los datos se presentan en el Cuadro 6.1, y se puede apreciar que hubo diferencias significativas por efecto de los tratamientos, la mayor eficiencia del nitrógeno se logra obtener con la aplicación de 60 Kg ha⁻¹ de nitrógeno con 0.19 kg de semilla por kg de nitrógeno aplicado por planta, seguido de los niveles 20 y 80 kg de N ha⁻¹, quienes solo lograron una eficiencia de 0.17 y 0.16 kg N planta⁻¹, esto nos lleva a establecer que la mejor dosis para obtener un máximo rendimiento de semilla respecto al nitrógeno aplicado es la dosis de 60 kg ha⁻¹ de N. lo reportado en el presente estudio difiere con los datos que presentan Rico et al. (2011), quienes mencionan que el rendimiento de semilla por planta de ricino bajo las condiciones de Michoacán, es de 260 g planta⁻¹, teniendo una EAN de 0.30 estas diferencias quizá se deban a las diferentes zonas donde se llevaron a cabo los estudios, así como el clima y la alta densidad de población bajo la cual ellos trabajaron 5000 plantas por hectárea.

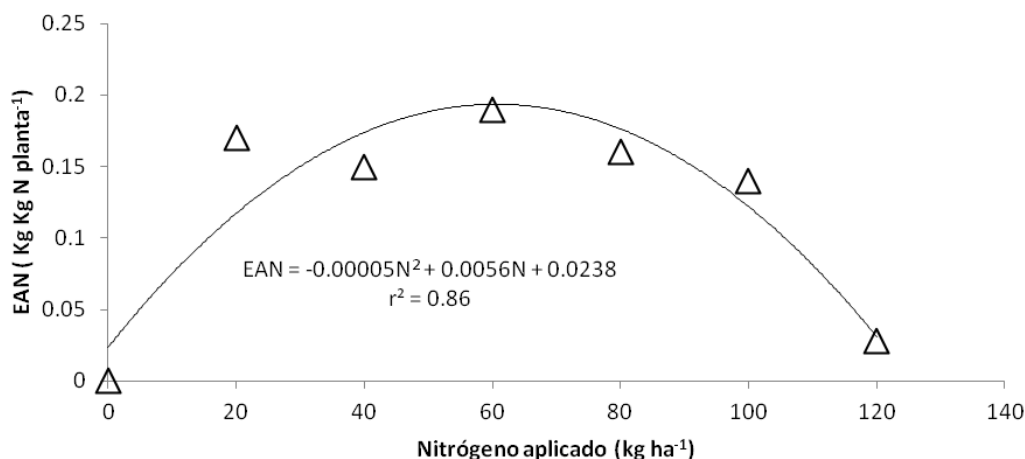
Tabla 6.2 Eficiencia agronómica del nitrógeno aplicado en el cultivo de higuierilla (*Ricinus communis* L.) bajo siete niveles de nitrógenos en Teotitlán de Flores Magón, Oaxaca México durante el periodo Mayo- Octubre de 2013

TRATAMIENTOS	EAN (Kg semilla Kg N planta ⁻¹)
0	-----
20	0.17 b [¶]
40	0.15 c
60	0.19 a
80	0.16 b
100	0.14 c
120	0.02 d
DSH	0.015*
CV %	22.14

letras dentro de columnas con la misma literal, estadísticamente son iguales según Tukey ($P \leq 0.05$). EAN, eficiencia agronómica del nitrógeno aplicado; DSH, diferencia significativa honesta; CV, coeficiente de variabilidad.

La Figura 6.2, muestra el comportamiento de la EAN y se aprecia que se ajusto a un modelo cuadrático con un coeficiente de determinación de 0.86 que nos demuestra que el 86 % del rendimiento agronómico es debido a la aplicación de nitrógeno, demostrando la importancia de este nutrimento para el crecimiento y rendimiento de este cultivo bajo las condiciones de Teotitlán.

Figura 6.2 Ajuste a un modelo de segundo grado de la eficiencia agronómica del nitrógeno en función del nitrógeno aplicado en cultivo de higuerrilla (*Ricinus communis* L.) en Teotitlán de Flores Magón Oaxaca, México. Durante el periodo Mayo- Octubre 2013.



6.3 Conclusiones

El nitrógeno aplicado en diferentes niveles al cultivo de ricino, afectó de manera positiva el rendimiento agronómico, índice de cosecha, biomasa así como el número de hojas y número de ramas.

Así de este modo podemos afirmar que la dosis de 60 kg ha⁻¹ de N, produce los rendimientos agronómicos óptimos, sin tener que aplicar más cantidad de este nutrimento, lo que se traduciría en mayores ganancias en el cultivo. De igual modo el ricino se puede cultivar bajo las condiciones secas de la región Cañada oaxaqueña, que pertenece a teotitlán de Flores Magón, obteniendo rendimientos aceptables, bajo condiciones de sequia, convirtiéndose así en una alternativa para la obtención, de materiales que pueden utilizarse para la extracción de biocombustibles y sobre todo que pueden crecer en lugares donde otras especies no prosperarían.

6.4 Agradecimientos

El trabajo fue apoyado por el PROMEP a través del oficio de autorización Apoyo a Fortalecimiento de CA Oficio: PROMEP/103.5/13/7501.

6.5 Referencias

- Améndola, M. R., Cach, G. I., Álvarez, S. E., López, C. I., Burgueño, F. J. Martínez, H. P. & Cristóbal, A. D. (2011). Balance de nitrógeno en maíz forrajero con diferente fertilización y fase de rotación con praderas. *Agrociencia*, 45: 177-193.
- Camacho, V. A., Soares, S. L. & Del Águila, S. J. M. (2008). Adaptación de tecnología de fertilización en un cultivar de higuerrilla (*Ricinuscommunis* L.) introducido de Brasil para la región Ucayali en la selva del Perú. V. Congreso Brasileiro de energía y ricinoquímica.
- Díaz, O. A., Escalante, E. J. A., Santos, T. A., Sánchez, G. P., Mapes, S. C. & Martínez, M. D. (2004). Rendimiento, eficiencia agronómica del nitrógeno y eficiencia en el uso del agua en amaranto en función del manejo del cultivo. *Terra Latinoamericana*, 22(1): 109-116.
- Escalante, E. J. A., Rodríguez, G. M. T. & Escalante, E. Y. I. (2013). Aplicación dividida de nitrógeno, su efecto sobre la eficiencia agronómica, rendimiento y componentes en frijol. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria de México*, 1(1): 52-55.

Morales, R. E. J., Escalante, E. J. A., & López, S. J. A. (2007). Producción de biomasa y rendimiento de semilla en la asociación girasol (*Helianthus annuus* L.)-frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en función del nitrógeno y fósforo. *Ciencia ergo sum.*, 14(2): 177-183.

Persson, T., García, A., Paz, J., Jones, J. & Hoogen, G. (2009). Maize ethanol feedstock productions and net energy value affected by climate variability and crop management practices. *Agricultural systems*, 100(1-3): 11-21.

Rico, P. H., Tapia, V. L., Teniente, O. R., González, A. A., Hernández, M., Solís, B. J. & Zamarripa, C. A. (2011). Guía para cultivar higuierilla (*Ricinus communis* L.) en Michoacán. Boletín Técnico 1. INIFAP. 42 pp.

Samayoa, M. (2007). Manual técnico de higuierilla. Programa agroindustrial del centro nacional de tecnología agropecuaria y forestal, CENTA. Ministerio de agricultura y ganadería. El Salvador C. A. pp. 11-13.

Santos, C. M., Segura, A. M. & Nústes, L. C. (2010). Análisis de crecimiento y fuente demanda de cuatro variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.) en el municipio de Zipaquirá (Cundinamarca, Colombia). *Revista de la facultad nacional agronómica de Medellín*, 63(1): 5253-5266.

Serna, L. C., Trujillo, C. L. A. & Urrea, G. R. (2011). Respuesta del maíz (*Zeamays* L.) a la aplicación edáfica de K-P-K en unandisol de la región centro-occidente de caldas. *Agron.*, 17(1): 68-76.

Zamora, F., Durán, N., Medina, M., Torres, D., Acosta, Y., Moreno, R., Silvestre, A., Sánchez, A. & Zamora, F. (2011). Comportamiento agronómico de cultivares de tártago (*Ricinus communis* L.) en el sector de Cuabana, municipio de Falcón, estado Falcón, Venezuela. *Multiciencias*. 11(2): 129-135.