

RESPUESTA DEL MAÍZ A LA APLICACIÓN DE DIFERENTES DOSIS DE NITRÓGENO EN ROTACIÓN CON KUDZÚ *Pueraria phaseoloides*, BAJO DOS TIPOS DE LABRANZA.

RESPONSE OF CORN TO THE APPLICATION OF DIFFERENT DOSES OF NITROGEN IN ROTATION WITH KUDZÚ *Pueraria phaseoloides*, UNDER TWO TYPES OF TILLAGE.

Edgar Alexis Polo Ledezma

Universidad de Panamá, Departamento de Zootecnia. Panamá
epolo61@hotmail.com <https://orcid.org/0000-0002-1246-2355>

Sebastián Urieta

Universidad de Panamá, Departamento de Zootecnia. Panamá
suv208@hotmail.com <https://orcid.org/0000-0001-8949-5414>

Yaliska Moreno

Universidad de Panamá, Departamento de Zootecnia. Panamá.
yaliska.moreno@up.ac.pa <https://orcid.org/0000-0001-6643-7713>

Recepción: 20 de febrero de 2024

Aprobación: 20 de marzo de 2024

DOI <https://doi.org/10.48204/semillaeste.v4n2.5045>

RESUMEN

Se realizó un experimento para evaluar la respuesta del maíz a cinco dosis de nitrógeno (0, 50, 100, 150 y 200 kg/ha) en forma de urea, bajo el sistema de siembra en rotación con la leguminosa Kudzú (*Pueraria phaseoloides*), en dos tipos de labranzas. Se utilizó el diseño experimental de parcelas subdivididas (labranza * dosis de nitrógeno). En la parcela principal se evaluaron las labranzas (conservación y convencional) y en las subparcelas las dosis de nitrógeno. Las parcelas estaban arregladas en bloques completos al azar con tres repeticiones. En las parcelas con labranza de conservación la leguminosa y algunas malezas presentes se cortaron y dejaron sobre la parcela; mientras que en las parcelas con labranza

convencional, se cortó toda la parte vegetativa de la planta de kudzú y se incorporó en el suelo, con tres pases de monocultivador. Se encontró respuesta altamente significativa para el rendimiento de maíz, por el rendimiento de maíz, por el efecto residual de kudzu. Los rendimientos de maíz en las parcelas donde se utilizó el kudzu como cobertura fueron de 4.6 ton/ha; mientras que en las parcelas donde se incorporó el kudzu solo hubo 3.6 ton/ha. La respuesta en rendimiento del maíz a la aplicación de nitrógeno también resultó altamente significativa, para los niveles 0, 50, 100, 150 y 200 kg de N/ha respectivamente. El rendimiento promedio de maíz disminuyó cuando se paso del nivel 150 a 200 kg de N/ha.

Palabras clave: Maíz, dosis de nitrógeno, Kudzú, *Pueraria phaseoloides*, tipos de labranzas.

ABSTRACT

An experiment was conducted to evaluate the response of maize to five nitrogen rates (0, 50, 100, 150 and 200 kg / ha) as urea, under the system of planting in rotation with the legume kudzu (*Pueraria phaseoloides*) two types of crops. We used the split-plot experimental design (tillage * dose of nitrogen). Main plots were evaluated tillage (conservation and conventional) and subplots doses of nitrogen. The plots were arranged in randomized complete block with three replications. In the plots with legume conservation tillage and some weeds present were cut and left on the field, while in conventional tillage plots, cut all the vegetative part of the kudzu plant and sat on the floor, with three monocultivador passes. We found highly significant response to the performance of maize, corn yield, for the residual effect of kudzu. Maize yields in plots where kudzu was used as cover were 4.6 t / ha, while in plots where kudzú was incorporated there were only 3.6 t / ha. The corn yield response to nitrogen application resulted also highly significant for levels 0, 50, 100, 150 and 200 kg N / ha respectively. The average yield of maize decreased with passage from the 150 to 200 kg N / ha.

Keywords: Corn, nitrogen dose, Kudzú, *Pueraria phaseoloides*, types of crops.

INTRODUCCIÓN

El principal problema de los agroecosistemas que se establecen en el trópico, en sustitución de los ecosistemas naturales, es la violenta reducción en la productividad de sus cultivos,

razón por la cual, en la agricultura migratoria los campos son abandonados. El fenómeno es atribuido a la disminución gradual de la fertilidad del suelo y el rápido incremento en la población de malezas, insectos fitófagos y enfermedades. La estrategia de control de estos factores se basa en el uso de los fertilizantes y pesticidas, pero resulta costosa, peligrosa (por la contaminación ambiental y de los alimentos) y sobre todo, ineficiente (García et al, 1994).

Cuando se utilizan las leguminosas como cobertura muerta o abono verde, son capaces de fijar cantidades grandes de nitrógeno en el suelo. Por ejemplo, el frijol mucuna *Stilozobium deeringianum* puede fijar hasta 150 kg de N/ha. La combinación de nitrógeno y materia verde ha logrado que agricultores con varios de los sistemas de cobertura muerta y sin usar fertilizantes químicos, puedan cosechar hasta 3 T/ha de maíz al año. Lograr este nivel de producción sin el uso de abonos químicos, representa una ventaja de gran importancia para el agricultor (Bunch, 1994).

En la actualidad, el reducir el uso de fertilizantes químicos cobra relevancia, ya que las reservas de petróleo a nivel mundial están disminuyendo. En cualquier momento, el precio de un barril de petróleo podría subir hasta B/ 150.00, haciendo antieconómico el uso de fertilizantes químicos por los pequeños productores de granos básicos. Tal eventualidad podría causar serias hambrunas en muchas partes de América Latina. Las leguminosas ayudan a prevenir la erosión, soportan a los insectos benéficos y polinizadores, y pueden aumentar la materia orgánica del suelo, aunque no tanto como los pastos (SARE, sf).

Las leguminosas de cobertura pueden reducir también el trabajo dedicado a la deshierba. En algunos casos, eliminan totalmente la segunda deshierba, mientras que el maíz de segunda coa, se eliminan todas las labores de deshierba. Aguantan muy bien la sequía, y proveen forraje de alta calidad, aun durante el verano. Estudios sobre el uso de coberturas realizados en Brasil por Valverde y Bandy (1982), indican que el empleo de ellas es siempre adverso en arroz de secano, puesto que las plantas permanecen más verdes hacia la madurez y están sujetas a mayores ataques por hongos. Sin embargo, el empleo de coberturas es especialmente ventajoso para el maíz cuando se presentan estrés severo por sequía.

El Kudzú (*Pueraria phaseoloides*), es una leguminosa que crece en forma de enredadera, es de vida perenne. Sus tallos pueden alcanzar varios metros de longitud. Las hojas son grandes

y abundantes, de forma acorazonada, trifoliada. El fruto es una vaina dehiscente. Sus raíces son profundas, abundantes y ricas en nódulos que fijan el nitrógeno atmosférico (Polo, 2018)

Wade, citado por Sánchez y Salinas (1983), midió los efectos benéficos de las coberturas *Pueraria phaseoloides* (kudzú) y *Panicum máximum* (guinea) en cinco cultivos consecutivos (soya, caupí, maíz, maní y arroz). El efecto benéfico de la cobertura de *Pueraria phaseoloides* fue mayor que la obtenida con *Panicum máximum*. La primera permitió rendimientos en cinco cultivos consecutivos del orden del 80%, mientras que el segundo sólo aportó el 54%. Producir y proteger al suelo simultáneamente se puede lograr con la siembra asociada de cultivos básicos y pastos forrajeros, lo que además permite al productor obtener dos cosechas simultáneas, una del cultivo y otra del forraje (González, 1984).

Sin embargo, Sánchez (1981), informa que la experiencia de África Occidental ha sido negativa, ya que los agricultores prefieren sembrar un cultivo adicional y usar fertilizantes, si disponen de estos, que sembrar un cultivo como abono verde.

Con la perspectiva de desarrollar tecnología adecuada que permita mantener la sostenibilidad de los sistemas de producción en zonas marginales, se inicia en el Este del país esta investigación con el propósito de determinar los requerimientos de nitrógeno en forma de urea para la producción de maíz en monocultivo, bajo un sistema de siembra alterna de kudzu en primera coa y maíz en segunda, bajo dos sistemas de labranza (incorporando el kudzu y dejándola sobre la superficie del suelo).

MATERIALES Y METODOS

El trabajo se realizó en la finca El Espavé, distrito de Chepo, provincia de Panamá, República de Panamá, ubicada a 30 msnm. La finca se localiza geográficamente sobre los 9°01' de latitud norte y 79°8' de longitud oeste, con precipitaciones y temperaturas medias anuales de 2000 mm y 28°C aproximadamente. Estos parámetros pluviométricos permiten ubicar la zona dentro del Bosque húmedo tropical (Holdridge, 1987). El terreno donde se estableció el experimento corresponde a un suelo franco limoso con 5% de pendiente y con fertilidad de media a baja.

El estudio permitió evaluar la respuesta del maíz a cinco dosis de nitrógeno (0, 50, 100, 150 y 200 kg N/ha), bajo el sistema de siembra de rotación con kudzú. El kudzú se sembró al inicio de la época lluviosa (junio) y el maíz en septiembre. Para ello se utilizó la variedad Guararé 8128. También, se evaluaron dos tipos de labranza. El primero consistió en incorporar el kudzú y malezas antes de la siembra (labranza convencional) y el otro, dejarlo sobre la superficie del suelo (labranza de conservación).

El diseño experimental utilizado fue el de parcelas subdivididas en bloques al azar con tres repeticiones. La parcela principal estuvo formada por las labranzas (convencional y conservación) y las subparcelas los niveles de nitrógeno (0, 50, 100, 150 y 200 kg/ha). La parcela de labranza convencional recibió tres pases con un monocultivador. En parcela de conservación, se chapeo el kudzu y malezas y se distribuyeron de manera uniforme sobre el terreno, y posteriormente después de la siembra se procedió a aplicar el herbicida paraquat a razón de 0.400 kg i.a/ha. El tamaño de la unidad experimental fue de cuatro surcos de maíz de 5.0 metros de longitud, separados a 0.70 metros entre hileras y 0.50 metros entre golpe, dejando dos plantas por golpe. La fertilización consistió en la aplicación de 90 kg de P₂O₅/ha, 25 kg de K₂O/ha y la mitad del nitrógeno, al momento de la siembra. El resto del nitrógeno se aplicó en forma de urea 35 días después de la siembra.

Se midieron las siguientes variables: 1) crecimiento en altura de la planta de maíz en centímetro a los 75 días después de la siembra y 2) rendimiento de maíz en kg/ha ajustado al 14% de humedad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El estudio permitió mostrar los siguientes resultados:

1. Efecto del kudzú incorporado (labranza convencional) y en cobertura (labranza de conservación), sobre el crecimiento en altura de la planta de maíz (cm) a los 75 días.

Los cultivos de cobertura son cultivos adicionales que se pueden integrar junto con el cultivo principal o se pueden establecer para cubrir la tierra a fin de proteger al suelo de los efectos erosivos del viento, la lluvia y las altas temperaturas fuera del ciclo productivo principal (CIMMYT, 2022).

Los resultados del análisis estadístico indicaron que hubo diferencias ($P < 0.01$) en el crecimiento en altura de la planta de maíz por efecto de la labranza. En la tabla 1 se observa que la planta de maíz alcanzó el mayor crecimiento en altura (82.6 cm), cuando se incorporó el kudzu y algunas malezas en el suelo; mientras que cuando el kudzu permaneció sobre la superficie del suelo (como cobertura), la planta de maíz solo alcanzó alturas de 75.2 cm. Es posible que la descomposición acelerada del kudzu incorporado, producto de la alta humedad del suelo, permitiera a la planta de maíz disponer de nitrógeno en forma rápida; cosa que no ocurrió en el kudzu en cobertura, donde la descomposición del follaje y la consecuente liberación de nitrógeno fueron más lentas. Las diferencias en el tiempo de descomposición del kudzu y la liberación de nitrógeno podrían incidir en el crecimiento de la planta de maíz.

Tabla 1.

Efecto del Kudzu incorporado y en cobertura sobre el crecimiento en altura de la planta de maíz (cm), a los 75 días. El Espavé, Chepo, Panamá.

Factor	Altura de la planta de maíz en cm
Kudzu incorporado	82.6 a
Kudzu en cobertura	75.2 b
C.V. (%)	7.12
Significancia	* * *
Promedio (cm)	78.9

Nota. Valores seguidos de una misma letra no difieren entre sí al 5% de probabilidad, según la Prueba de media Duncan. (***) Los tratamientos difieren entre sí al 1% de probabilidad.

2. Efecto de las dosis de nitrógeno sobre el crecimiento en altura de la planta de maíz (cm) a los 75 días.

El análisis estadístico indica diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) en cuanto al crecimiento en altura de plantas de maíz por efecto de las dosis de nitrógeno aplicadas. En la tabla 2 se observa un crecimiento logarítmico en las plantas de maíz. La aplicación de 200 kg N/ha permitió a la planta expresar el mayor crecimiento en altura, con 1.82 centímetros. Sin embargo, aquellas parcelas donde las plantas de maíz no recibieron nitrógeno, expresaron una altura de 1.72 centímetros a los 75 días después de la siembra. Este crecimiento en altura de la planta de maíz es bastante aceptable, puesto que, parece indicar que las plantas recibieron nitrógeno de la materia orgánica aportada por el kudzu.

Tabla 2.

Efecto de las dosis de nitrógeno sobre el crecimiento en altura de planta de maíz (cm) a los 75 días. El Espavé, Chepo, Panamá.

Dosis de Nitrógeno (kg/ha)	Altura de la planta de maíz en cm
0	1.72 b
50	1.77 ab
100	1.81 a
150	1.80 ab
200	1.82 a
C.V. (%)	7.12
Significancia	* * *
Promedio (cm)	1.78

Nota. Valores seguidos de una misma letra no difieren entre sí al 5% de probabilidad, según la Prueba de media Duncan. (***) Los tratamientos difieren entre sí al 1% de probabilidad.

3. Efecto del kudzú incorporado y en cobertura sobre el rendimiento de maíz en kg/ha.

La respuesta del kudzú incorporado y en cobertura sobre el rendimiento de maíz fue altamente significativa ($P < 0.01$). Los rendimientos de maíz en las parcelas donde se utilizó el kudzú como cobertura fueron superiores (4612 kg/ha) a los obtenidos cuando se incorporó (3557 kg/ha), como se observa en la tabla 3. En aquellas parcelas donde se dejó el kudzú como cobertura y producto de la mineralización de la materia orgánica que pudo aportar esta leguminosa al suelo, es posible que la liberación del nitrógeno fuera lenta pero suficiente. Esto permitió a la planta disponer de este nutriente hasta después de la cosecha y tener las condiciones adecuadas para expresar potencial de rendimiento. Fue muy notoria también, la presencia de esta cobertura muerta después de la cosecha del maíz, lo que permite reforzar más esta teoría.

En las parcelas donde el kudzú fue incorporado, la expresión de rendimiento de las plantas de maíz fue inferior. La humedad del suelo descompuso rápidamente el follaje de kudzu incorporado, que la producción de nitrógeno fue en un período corto de tiempo o las pérdidas de éste por lixiviación fueron mucho mayores.

Tabla 3.

Efecto del kudzù incorporado y en cobertura sobre el rendimiento de maíz. El Espavé, Chepo, Panamá.

Factor	Rendimiento de maíz en kg/ha ajustado al 14% de humedad
Kudzù incorporado	3557 b
Kudzù en cobertura	4612 a
C.V. (%)	10.29
Significancia	* * *
Promedio (cm)	4085

Nota. Valores seguidos de una misma letra no difieren entre sí al 5% de probabilidad, según la Prueba de media Duncan. (***) Los tratamientos difieren entre sí al 1% de probabilidad.

4. Efecto de las dosis de nitrógeno sobre el rendimiento promedio de maíz en kg/ha y ajustado al 14% de humedad.

La respuesta de la aplicación de nitrógeno sobre el rendimiento de maíz fue altamente significativa ($P < 0.01$). En la tabla 4 se observan los rendimientos crecientes de maíz en la medida que se incrementan las dosis de nitrógeno. La dosis de 0, 50, 100, 150 y 200 kg N/ha, permitieron al maíz expresar rendimientos de 2249, 3738, 4704, 4924 y 4808 kg/ha, respectivamente. La aplicación de 150 kg N/ha más el aporte de nitrógeno que recibió del kudzù, permitieron a la planta de maíz expresar el mayor potencial de rendimiento, de 4924 kg/ha.

Tabla 4.

Efecto de las dosis de nitrógeno sobre el rendimiento en promedio de maíz. El Espavé, Chepo, Panamá.

Dosis de Nitrógeno (kg/ha)	Rendimiento de maíz en kg/ha ajustado al 14% de humedad
0	2249 c
50	3738 b
100	4704 a
150	4924 a
200	4808 a

Nota. Valores seguidos de una misma letra no difieren entre sí al 5% de probabilidad, según la Prueba de media Duncan.

* * * Los tratamientos difieren entre sí al 1% de probabilidad.

5. Efecto en el rendimiento de maíz de las interacciones dosis de nitrógeno por kudzu incorporado y kudzu en cobertura y sus diferencias.

En la tabla 5 se observa que en las parcelas donde el kudzu se dejó crecer sobre la superficie del suelo, las dosis de nitrógeno y la que pudo aportar las leguminosas, permitieron a la planta de maíz expresar rendimientos crecientes hasta los 150 kg N/ha. Por el contrario, en aquellas parcelas donde el kudzu fue incorporado, las dosis de nitrógeno y el aporte que pudo dar la leguminosa, permitieron rendimientos crecientes por encima de las dosis evaluadas. Esta interacción corrobora una vez más el hecho de que la utilización de esta leguminosa como cobertura, pone a disposición de la planta de maíz el nitrógeno necesario para su crecimiento y desarrollo y durante todo el ciclo de cultivo.

Tabla 5.

Efecto de la interacción dosis de nitrógeno por kudzu incorporado y kudzu en cobertura. El Espavé, Chepo, Panamá.

Dosis de N (kg/ha)	Kudzú en cobertura	Kudzú incorporado	Diferencia
0	2884 c	1514 d	1470
50	4391 b	3084 c	1307
100	5419 a	3988 b	1431
150	5404 a	4444 a	960
200	4861 a	4756 a	105

Nota. Valores seguidos de una misma letra no difieren entre sí al 5% de probabilidad, según la Prueba de media Duncan. (***) Los tratamientos difieren entre sí al 1% de probabilidad.

6. Análisis de regresión entre el rendimiento promedio y las dosis de nitrógeno.

El análisis de regresión entre el rendimiento y las dosis de nitrógeno arrojo una ecuación cuadrática dada por los siguientes valores:

$$Y = 2258.76 + 35.203 N - 0.1129$$

(0.0001) (0.0001) (0.0024)

R= 0.66

La inflexión de la curva se da cuando se aplicaron 150 kg N/ha, y se obtuvieron rendimientos de 4949 kg de maíz por hectárea. Por encima de estas dosis, los rendimientos de maíz comienzan a decrecer.

CONCLUSIONES

El efecto residual del kudzú incorporado permitió a la planta de maíz expresar el mayor crecimiento en altura.

Las dosis de nitrógeno permitieron a la planta de maíz crecer en forma logarítmica.

El efecto residual del kudzú en cobertura permitió a la planta de maíz expresar el mayor potencial de rendimiento.

La aplicación de 150 kg N/ha garantizaron los mayores rendimientos promedios de maíz.

En aquellas parcelas donde se incorporó el kudzú, las dosis de nitrógeno mostraron una respuesta lineal en rendimiento de maíz.

En aquellas parcelas donde se dejó el kudzú como cobertura, la aplicación de 150 kg N/ha permitieron la mayor expresión de rendimiento de maíz.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bunch, R. (1994). El potencial de coberturas muertas en el alivio de la pobreza y la degradación ambiental. En: Los sistemas de siembra con cobertura. Edit.: H.D. Thurston, Margaret Smith, George Abawi y Steve Kears. CATIE, CIIFAD. Cornell University. Ithaca, New York. Pp: 5-10.

CIMMYT (Centro Internacional para el Mejoramiento de Maíz y Trigo). (2022). Qué son los abonos verdes y los cultivos de cobertura. Desarrollo Agropecuario Integral Camino Real (DAIRC). <https://www.cimmyt.org/es/noticias/que-son-los-abonos-verdes-y-los-cultivos-de-cobertura/#:~:text=Los%20cultivos%20de%20cobertura%20son,fuera%20del%20ciclo%20productivo%20principal>.

García, E., R.; Quiroga, M, R. & Granado A., N. (1994). Agroecosistemas de la productividad sostenida de maíz en las regiones cálida húmeda de México, en los

sistemas de siembra con cobertura. Edit.: H.D. Thurston, Margaret Smith, George Abawi y Steve Kearn. CATIE, CIIFAD. Cornell University. Ithaca, New York. Pp: 66-79.

González, R., J. (1984). Introducción y evaluación de gramíneas y leguminosas establecidas en áreas degradadas para su uso en conservación de suelos y producción de forraje en sistemas asociados con maíz. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. <https://www.redalyc.org/pdf/573/57316306.pdf>

Holdridge, L.R. (1987). Ecología basada en zonas de vida. Material educativo. San José, Costa Rica, IICA. pp: 43-48.

Polo, E. & Montes, K. (2018). Guía de plantas forrajeras para la provincia de Panamá. Panamá, Primera Edición, 2018. Universidad de Panamá. pp: 80.

Sánchez, P.A. (1981). Suelos del trópico. Características y manejo. Material educativo. IICA, San José, Costa Rica. pp: 167-186.

Sánchez, J., Salinas, J. G. (1983). Suelos ácidos. Estrategias para su manejo con bajos insumos en América Tropical. Edit.: Sociedad Colombiana de las Ciencias del Suelo. Bogotá, Colombia. pp: 36-40.

SARE (Sustainable Agriculture Research & Education) sf. Cultivos de cobertura para rotaciones de cultivos. <https://www.sare.org/wp-content/uploads/Cultivos-de-Cobertura-para-Rotaciones-de-Cultivos.pdf>

Valverde, S., C. & Bandy, D. E. (1982). Producción de cultivos alimenticios anuales en la Amazonia. En Amazonia. Investigación sobre agricultura y uso de tierras. CIAT, Cali, Colombia. pp: 253-293.