

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONÓMICAS

EVALUACIÓN DE NIVELES DE NITRÓGENO, FÓSFORO, POTASIO Y CUANTIFICACIÓN DE LA ABSORCIÓN DE MACRONUTRIENTES EN CUATRO CORTES PARA EL CULTIVO DE HIERBA MORA (*Solanum americanum* Miller) EN TECPÁN, CHIMALTENANGO, GUATEMALA, C.A.

TESIS

PRESENTADA A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

POR

CARLOS ERNESTO ROSALES BETANCOURT

En el acto de investidura como

INGENIERO AGRÓNOMO

EN

SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

EN EL GRADO ACADÉMICO DE

LICENCIADO

Guatemala, noviembre 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

RECTOR MAGNÍFICO

LIC. CARLOS ESTUARDO GALVEZ BARRIOS

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

| | |
|----------------------|---|
| DECANO | Dr. Lauriano Figueroa Quiñonez |
| VOCAL PRIMERO | Ing. Agr. Ariel Abderramán Ortiz López |
| VOCAL SEGUNDO | Ing. Agr. Marino Barrientos García |
| VOCAL TERCERO | Ing. Agr. Oscar René Leiva Ruano |
| VOCAL CUARTO | Br. Lorena Carolina Flores Pineda |
| VOCAL QUINTO | Per. Agr. Josué Antonio Martínez Roque |
| SECRETARIO | Ing. Agr. Carlos Roberto Echeverría Escobedo |

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2011

Guatemala, noviembre de 2011

Honorable Junta Directiva

Honorable Tribunal Examinador

Universidad de San Carlos de Guatemala

Presente

Distinguidos miembros:

En cumplimiento a las normas establecidas en la ley orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración el trabajo de tesis titulado:

EVALUACIÓN DE NIVELES DE NITRÓGENO, FÓSFORO, POTASIO Y CUANTIFICACIÓN DE LA ABSORCIÓN DE MACRONUTRIENTES EN CUATRO CORTES PARA EL CULTIVO DE HIERBA MORA (*Solanum americanum* Miller) EN TECPAN, CHIMALTENANGO, GUATEMALA, C.A.

Como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola en el grado académico de Licenciado.

Esperando que el presente trabajo de investigación llene los requisitos para su aprobación, agradezco la atención a la presente.

Atentamente,

Carlos Ernesto Rosales Betancourt.

ACTO QUE DEDICO

A:

| | |
|-------------------------|--|
| DIOS | Por darme el tiempo y sabiduría para alcanzar esta meta |
| MIS PADRES | Juan José Rosales Juárez (Q.E.P.D) Delia Betancourt Alemán (Q.E.P.D) |
| MI ESPOSA | Nayita de Rosales |
| MIS HIJOS | Irma Yanira, Lic. Jorge Aníbal e Hilda Luisa que mi triunfo sea ejemplo para buscar la superación |
| MIS HERMANOS | Hilda Yolanda Rosales Vda. de Pinzón Irma Enoe Rosales Betancourt (Q.E.P.D) PEM. Jorge Rolando Rosales Betancourt. |
| MIS NIETOS | María René, Jeremy Ernesto, Luisa Marcela, Fátima de María y Elisa Yohanán que mi triunfo sea ejemplo para buscar la superación. |
| MIS YERNOS Y FAMILIARES | Con aprecio y respeto |
| MIS AMIGOS | Con afecto sincero. |

AGRADECIMIENTOS

Quiero hacer patente mi agradecimiento sincero a mis Asesores Ing. Agr. M.C. José Jesús Chonay Pantzay e Ing. Agr, M.C. Ovidio Aníbal Sacbajá Galindo, por su valiosa colaboración en la asesoría del presente trabajo.

Al Instituto de investigaciones Agronómicas de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, por el apoyo brindado en la realización de la presente investigación.

A Ing. Agr. M.C. Carlos Enríque Fernández Carrera, Ing. Agr. Carlos Enríque Castañeda Mendez, Ing. Agr. Luis Alfonso Olivares Martínez, Carlos Eduardo García Ruano, Leisy Edith Luna de Santos por el apoyo incondicional brindado para el presente trabajo.

A Ervin Gómez Rebulli por brindarme su terreno para realizar la presente investigación.

A todas aquellas personas que de alguna manera contribuyeron para la realización de la presente investigación.

Todos los resultados presentados en esta investigación, fueron generados por el Proyecto “Desarrollo de prácticas agronómicas para el cultivo de hortalizas nativas o tradicionales” promovido por el Instituto de Investigaciones Agronómicas de la Facultad de Agronomía y la Dirección General de Investigaciones de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

CONTENIDO GENERAL

| | | |
|-------------------|---|-----|
| INDICE DE FIGURAS | | iii |
| INDICE DE CUADROS | | iv |
| RESUMEN | | vi |
| 1. | INTRODUCCION | 1 |
| 2. | PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 2 |
| 3. | MARCO TEORICO | 3 |
| | 3.1 MARCO CONCEPTUAL | 3 |
| | 3.1.1 Características botánicas del cultivo de hierba mora | 3 |
| | 3.1.2 Importancia del cultivo de hierba mora | 4 |
| | 3.1.3 Análisis bromatológico | 5 |
| | 3.1.4 Importancia de la fertilización en la producción agrícola | 5 |
| | 3.1.5 Nitrógeno | 6 |
| | 3.1.6 Fósforo del suelo | 6 |
| | 3.1.7 Contenido y formas de potasio en el suelo | 7 |
| | 3.1.8 Antecedentes del trabajo | 7 |
| | 3.2 MARCO REFERENCIAL | 12 |
| | 3.2.1 Descripción del área experimental | 12 |
| | 3.2.1.1 Ubicación geográfica | 12 |
| | 3.2.1.2 Características climáticas | 12 |
| | 3.2.1.3 Características edáficas | 12 |
| | 3.2.1.4 Características del material experimental | 13 |
| 4. | OBJETIVOS | 14 |
| 5. | HIPOTESIS | 15 |
| 6. | METODOLOGIA | 16 |
| | 6.1 Características químicas del suelo | 16 |
| | 6.2 Tratamientos evaluados | 16 |
| | 6.3 Diseño experimental | 18 |
| | 6.4 Variables respuesta | 18 |

| | | |
|-------|--|----|
| 6.5 | Manejo del ensayo | 19 |
| 6.5.1 | Preparación del semillero | 19 |
| 6.5.2 | Preparación del suelo para el establecimiento del ensayo | 19 |
| 6.5.3 | Trasplante | 19 |
| 6.5.4 | Fertilización | 19 |
| 6.5.5 | Control de malezas | 19 |
| 6.5.6 | Control de plagas y enfermedades | 20 |
| 6.5.7 | Cosecha | 20 |
| 6.6 | Análisis de la información | 21 |
| 7. | RESULTADOS | 22 |
| 7.1 | Biomasa expresada en materia fresca y materia seca | 22 |
| 7.2 | Acumulación de nutrientes | 27 |
| 8. | CONCLUSIONES | 31 |
| 9. | RECOMENDACIONES | 32 |
| 10. | BIBLIOGRAFIA | 33 |
| 11. | APENDICE | 35 |

INDICE DE FIGURAS

1. Kilogramos acumulados de nitrógeno expresados en kg. ha^{-1} en los tejidos de la planta de hierba mora (*Solanum americanum* Miller), debido a los niveles de N, P_2O_5 y K_2O . 28
2. Kilogramos acumulados de P_2O_5 expresados en kg. ha^{-1} en los tejidos de la planta de hierba mora (*Solanum americanum* Miller), debido a los niveles de N, P_2O_5 y K_2O . 28
3. Kilogramos acumulados de K_2O expresados en kg/ha en los tejidos de la planta de hierba mora (*Solanum americanum* Miller), debido a los niveles de N, P_2O_5 y K_2O . 29
4. Kilogramos acumulados de Calcio expresados en kg. ha^{-1} en los tejidos de la planta de hierba mora (*Solanum americanum* Miller), debido a los niveles de N, P_2O_5 y K_2O . 30
5. Kilogramos acumulados de Magnesio expresados en kg. ha^{-1} en los tejidos de la planta de hierba mora (*Solanum americanum* Miller), debido a los niveles de N, P_2O_5 y K_2O . 30

INDICE DE CUADROS

| | |
|---|----|
| 1. Análisis bromatológico de la hierba mora basado en 10 g de materia seca | 5 |
| 2. Resultados del análisis químico del suelo del área experimental | 16 |
| 3. Fuentes de nutrientes, época de aplicación y niveles kg. ha^{-1} evaluados en el kg. ha^{-1} aplicados al cultivo de hierba mora (<i>Solanum americanum</i> Miller). | 17 |
| 4. Tratamientos y niveles en kg. ha^{-1} de nitrógeno, fósforo y potasio, evaluados en el cultivo de hierba mora (<i>Solanum americanum</i> Miller) | 17 |
| 5. Efecto de la aplicación de diferentes niveles de N, P_2O_5 y K_2O sobre el rendimiento promedio de materia fresca de hierba mora, expresado en kg. ha^{-1} . | 22 |
| 6. Efecto de la aplicación de diferentes niveles de N, P_2O_5 y K_2O sobre el rendimiento promedio de materia seca de hierba mora, expresados en kg. ha^{-1} . | 22 |
| 7. Análisis de varianza y nivel de probabilidad observado por los niveles de fertilización química del rendimiento en materia fresca en kg. ha^{-1} del cultivo de hierba mora (<i>Solanum americanum</i> Miller). | 23 |
| 8. Análisis de varianza y nivel de probabilidad observado por los niveles de fertilización química del rendimiento en materia seca en kg. ha^{-1} del cultivo de hierba mora (<i>Solanum americanum</i> Miller). | 24 |
| 9. Comparación de medias del rendimiento en materia fresca del cultivo de hierba mora (<i>Solanum americanum</i> Miller y Gal), en cuatro cortes por el efecto de los niveles de N, P_2O_5 y K_2O . | 25 |
| 10. Comparación de medias del rendimiento en materia seca del cultivo de hierba mora (<i>Solanum americanum</i> Miller) en cuatro cortes por el efecto de los niveles de N, P_2O_5 y K_2O . | 25 |
| 11. Kilogramos totales acumulados en kg. ha^{-1} de cada uno de los nutrientes en las plantas de hierba mora (<i>Solanum americanum</i> Miller) por efecto de los niveles de N, P_2O_5 y K_2O . | 27 |

| | | |
|-------|---|----|
| 12"A" | Datos de campo, para el primer corte del cultivo de hierba mora (<i>Solanum americanum</i> Miller). | 35 |
| 13"A" | Datos de campo, para el segundo corte del cultivo de hierba mora (<i>Solanum americanum</i> Miller). | 36 |
| 14"A" | Datos de campo, para el tercer corte del cultivo de hierba mora (<i>Solanum americanum</i> Miller). | 37 |
| 15"A" | Datos de campo, para el cuarto corte del cultivo de hierba mora (<i>Solanum americanum</i> Miller). | 38 |

EVALUACIÓN DE NIVELES DE NITRÓGENO, FÓSFORO, POTASIO Y CUANTIFICACIÓN DE LA ABSORCIÓN DE MACRONUTRIENTES EN CUATRO CORTES PARA EL CULTIVO DE HIERBA MORA (*Solanum americanum* Miller) EN TECPAN, CHIMALTENANGO, GUATEMALA, C.A.

EVALUATION OF LEVELS OF NITROGEN, PHOSPHORUS, POTASSIUM AND QUANTIFICATION OF THE ABSORPTION OF MACRONUTRIENTS IN FOUR COURTS FOR THE CULTIVATION OF HIERBA MORA (*Solanum americanum* Miller) IN TECPÁN, CHIMALTENANGO, GUATEMALA, C.A.

RESUMEN

La presente investigación se realizó en el municipio de Tecpán Guatemala, Chimaltenango y formó parte del proyecto “Desarrollo de prácticas agronómicas para el cultivo de hortalizas nativas o tradicionales”, que desarrolló el Instituto de Investigaciones Agronómicas de la Facultad de Agronomía (IIA), y la Dirección General de investigaciones (DIGI) de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

El objetivo del ensayo consistió en determinar el efecto de la fertilización con nitrógeno, fósforo y potasio sobre el rendimiento de materia fresca, seca y cuantificación de la acumulación de macronutrientes en cuatro cortes del cultivo de hierba mora (*Solanum americanum* Miller), en el período comprendido de junio a noviembre de 1990. El diseño que se utilizó fue el de bloques al azar con un arreglo combinatorio con 16 tratamientos y 3 repeticiones de cada unidad experimental.

Se realizó un análisis de varianza para rechazar o aceptar la hipótesis planteada, con un nivel de significancia de 5%. La prueba de comparación de medias de TUKEY, sirvió para seleccionar el nivel de fertilización con el cual se obtiene el mayor rendimiento.

Al analizar los resultados obtenidos en el cultivo de hierba mora (*Solanum americanum* Miller) ésta responde a la aplicación de los niveles de nitrógeno y fósforo en el primero, segundo y tercer corte. Los niveles de potasio en el primero y segundo corte, obteniéndose un rendimiento de 36,776 kg. Ha⁻¹ de materia fresca y 13,023 kg. Ha⁻¹ de materia seca. En cuanto a la acumulación de macronutrientes, ésta es mayor cuando se aplican los niveles de 120 kg. ha⁻¹ de nitrógeno, 60 kg. ha⁻¹ de fósforo y 100 kg. ha⁻¹ de potasio, siendo estas acumulaciones de nitrógeno 34.57 kg. ha⁻¹, de fósforo 9.67 kg. Ha⁻¹; de potasio 26.04 kg. ha⁻¹; 15.33 kg. ha⁻¹ de calcio y 3.58 kg. Ha-1 de magnesio.

1. INTRODUCCIÓN

La Hierba mora (*Solanum* spp), también conocida como “quilete” o “macuy” es una hortaliza de importancia económica para el altiplano central y occidental de Guatemala, es un cultivo nativo que por el hecho de no estar comprendido entre las plantas hortícolas tradicionales no ha sido investigada su nutrición mineral. En Guatemala, se encuentran especies que se adaptan a alturas que van desde 350 a 4,000 msnm. Por lo que se pueden encontrar en cualquier población de la república. Se reportan 3 especies *Solanum americanum* Miller, *Solanum nigrescens* Mart y *Solanum nigricans* (Azurdia, P.C.; González, M. 1986).

Un factor que opera en contra de los recursos genéticos autóctonos es la falta de tecnología ya que es más fácil conseguir materiales de propagación, información o asesoría en los cultivos foráneos que en los locales. Se nota en ciertos países una tendencia a desarrollar y mejorar la producción de cultivos alimenticios nativos, que puedan ser en el futuro la base para una alimentación más adecuada y contribuir a diversificar la producción agrícola.

El ensayo se realizó de julio a noviembre de 1990, en el municipio de Tecpán Guatemala, departamento de Chimaltenango, utilizando el diseño experimental de bloques al azar con un arreglo combinatorio asimétrico con 16 tratamientos, 3 repeticiones y un total de 48 unidades experimentales. En el presente estudio se evaluaron cuatro niveles de nitrógeno 0, 30, 60 y 120 kg. ha⁻¹, dos niveles de fósforo 0 y 60 kg. ha⁻¹ y dos niveles de potasio 0 y 100 kg. ha⁻¹ y se cuantificó la acumulación de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio en cuatro cortes, cada treinta días en el cultivo de hierba mora *Solanum americanum* Miller.

El objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de la fertilización con nitrógeno, fósforo y potasio sobre el rendimiento de materia fresca, seca y cuantificar la acumulación de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio. Con base a los resultados se concluyó que el cultivo de hierba mora (*Solanum americanum* Miller) si responde a la aplicación de los niveles de nitrógeno, fósforo y potasio, obteniéndose un rendimiento de 36,776 kg. ha⁻¹ de materia fresca y 13,023 kg. ha⁻¹ de materia seca. La acumulación de macronutrientes, ésta es mayor cuando se aplican los niveles de 120 kg. ha⁻¹ de nitrógeno, 60 kg. ha⁻¹ de fósforo y 100 kg. ha⁻¹ de potasio, siendo estas acumulaciones de 34.57 kg. ha⁻¹ de nitrógeno; 9.67 kg. ha⁻¹ de fósforo; 26.04 kg. ha⁻¹ de potasio; 15.33 kg. ha⁻¹ de calcio y 3.58 kg. ha⁻¹ de magnesio.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En nuestro medio, no existe información sobre la fertilización con nitrógeno, fósforo y potasio para el cultivo de la hierba mora (*Solanum americanum* Miller).

El cultivo de hierba mora (*Solanum* spp), es una hortaliza nativa que crece en forma silvestre, que al igual que otros vegetales es de consumo tradicional, es fuente de nutrientes esenciales para el humano como proteínas, vitaminas y minerales y forma parte de la dieta alimenticia de la población rural.

Esta hortaliza por las bondades que presenta, puede constituir además del consumo alimenticio una fuente alternativa de ingresos económicos, por lo que se pretende introducirlo a nivel de plantaciones comerciales. Dentro de la generación de la tecnología del manejo del cultivo uno de los aspectos más importantes es la nutrición, la cual tiene relación con la producción.

Se desconoce también la acumulación de nutrimentos como nitrógeno, fósforo y potasio, calcio y magnesio para cada uno de los cortes; por lo que se hace necesario determinar si la aplicación de fertilizantes, aumenta la acumulación de nutrimentos.

3. MARCO TEÓRICO

3.1 Marco conceptual

3.1.1 Características botánicas del cultivo de hierba mora.

Gentry y Standley (1974). mencionan que existen especies que difieren en detalles morfológicos tan mínimos, que en ocasiones es bastante difícil determinar si se trata de la misma especie o de otra. En Guatemala es posible encontrarla en cultivo o en terrenos baldíos, en terrenos abiertos a cultivo, en una amplia variedad de climas, fríos o cálidos. Dichos autores citan de 150 a 1,500 msnm, raramente arriba de esta altitud. Estudios realizados por Vásquez y Vásquez señala que la hierba mora o macuy puede localizarse a alturas de 2,700 msnm. En Guatemala es posible localizarla en casi todos los departamentos (Vásquez y Vásquez 1983).

Azurdia y González (1986) reportan que en Guatemala, se encuentran presentes tres especies las cuales son: *Solanum americanum* Miller, sinónimo *Solanum nodiflorum* Jacq, conocida como hierba mora en Chimaltenango y Jutiapa, como macuy en Alta Verapaz y como quilete en Santa Rosa. También se puede encontrar en Petén, Zacapa, Sacatepéquez, Chimaltenango, Huehuetenango, Baja Verapaz, Escuintla, Retalhuleu, San Marcos, Belice, Oeste de EUA; de México hasta Costa Rica, Panamá y América del Sur. *Solanum nigricans* Mart y Gal, sinónimo *Solanum vernicinitens* se extiende de 1,200 a 2,700 msnm, en bosques densos, a menudo en bosques de Abies y Cupressus; en bosques abiertos de pino y encino, localizada en Alta Verapaz, Zacapa, Quiché, Totonicapán, Quetzaltenango, Huehuetenango, Suchitepéquez, San marcos, Sur de México y Honduras. *Solanum nigrescens* Mart y Gal, se le conoce como hierba mora en Quetzaltenango y como macuy en Sacatepéquez. Se extiende de 1500 a 3900 msnm, en Chiquimula, El Progreso, Sacatepéquez, Huehuetenango, Escuintla, San Marcos, Sur de México y Costa Rica.

Vásquez y Vásquez (1983). describió las características morfológicas y agronómicas siguientes: planta de 19.7 a 69.4 cm, área foliar de 6.3 a 22.4 cm², peciolo de 5.4 a 20.2 mm de largo, pedúnculo de 9 a 18.9 mm de largo, semillas de 0.78 a 1.2 mm de diámetro, emergencia

de 7 a 17 días, floración de 40 a 71 días, período de floración de 41 a 79 días, inflorescencia por planta de 55 a 669 flores por inflorescencia, días de fructificación de 54 a 98, días de maduración del fruto 7 a 12, número de frutos por planta de 301 a 409, frutos por inflorescencia 6 a 10, número de semillas por fruto de 38 a 94, número de semillas por gramo 3,076 a 5,539, rendimiento bruto de 2,645.3 a 4,073.3 kg/ha y rendimiento neto de 806 a 2,039.7 kg/ha. Esta planta pertenece a la familia Solanaceae, del género *Solanum*.

3.1.2 Importancia del cultivo de hierba mora.

La búsqueda de nuevas alternativas de fuentes de proteínas complementarias, con lleva al conocimiento botánico y bromatológico de las plantas nativas y de consumo, que se encuentran dentro de la flora guatemalteca, de las cuales existen una cantidad considerable de especies útiles para la alimentación humana. Se ha llegado a comprobar que las especies de hierba mora son fuentes de proteínas, vitaminas y minerales sobresaliendo el hierro entre estos.

En los mercados del Altiplano central y occidental de Guatemala, la hierba mora (*Solanum* spp) y el bleado (*Amarantus* spp) son usados como alimento y proceden de áreas cultivadas con maíz, frijol y cucúrbitas o bien del huerto familiar.

Delgado Girón (1984). cita que la hierba mora (*Solanum* spp), desde la antigüedad ha sido utilizada en diferentes formas y para diferentes usos, alimenticio y medicinales. En Guatemala son consumidos los folíolos jóvenes en cantidades bastante apreciables.

3.1.3 Análisis bromatológico

En el cuadro 1 se reporta el análisis bromatológico del cultivo de hierba mora, (*Solanum* spp) según el Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá, INCAP.

Cuadro 1. Análisis bromatológico de la hierba mora basado en 10 g de materia seca.

| | |
|---------------------|----------|
| Valor energético | 45.0 Cal |
| Humedad | 85.0 % |
| Proteína | 5.0 mg |
| Grasa | 0.8 mg |
| Hidratos de Carbono | 7.4 mg |
| Fibra | 1.4 mg |
| Ceniza | 1.8 mg |
| Calcio | 199.0 mg |
| Fósforo | 60.0 mg |
| Hierro | 9.9 mg |
| Vitamina A | 230.0 mg |
| Tiamina | 0.2 mg |
| Rivoflamina | 0.4 mg |
| Niacina | 0.1 mg |
| Acido Ascórbico | 61.0 mg |

Fuente: Tabla de composición de Alimentos de Centro América y Panamá: INCAP

3.1.4 Importancia de la fertilización en la producción Agrícola

Barreada (1966) menciona que se debe fomentar el manejo del suelo mediante la incorporación de materia orgánica con adición de nutrientes para las plantas y que el uso de fertilizantes inorgánicos sin haber realizado un análisis de suelo y sin tomar en cuenta los requerimientos del cultivo puede causar desbalance de nutrientes. Carbajal (1984) cita que una

de las primeras técnicas empleadas por el hombre fue la utilización de abonos orgánicos, ya que desde tiempos muy remotos han incorporado los desperdicios agrícolas para mejorar la calidad del suelo.

3.1.5 Nitrógeno

El nitrógeno tiene vital importancia para la nutrición de la planta y su suministro puede ser controlado por el hombre. En el suelo se le puede encontrar en estado orgánico e inorgánico. Las formas inorgánicas incluyen NH_4^+ , NO_3^- , NO_2^- , NO y N_2 . Desde el punto de vista de la fertilidad del suelo, las dos primeras formas son de mayor importancia, mientras que la última se encuentra inerte en el suelo a excepción de uso por Rhizobia. Las formas orgánicas se hallan como aminoácidos, proteínas consolidadas, aminoácidos libres y aminoazúcares (Tislade, S. L.; Nelson, E. L., 1977).

3.1.6 Fósforo del suelo

En las plantas el fósforo se encuentra presente en los tejidos. En el suelo se encuentra en cantidades menores que el nitrógeno y potasio. Las cantidades pequeñas de fósforo en los terrenos y su tendencia a reaccionar con los componentes del suelo para formar compuestos relativamente insolubles y no ser utilizables por las plantas, provoca que sea un elemento de mayor importancia en la fertilidad del suelo (Tislade, S. L.; Nelson E. L., 1977).

El contenido total del fósforo es más alto en los suelos vírgenes jóvenes, en áreas donde la lluvia no es excesiva, pero esto puede variar dependiendo del tipo de suelo (Tislade, S. L.; Nelson E. L., 1977).

El fósforo disponible se refiere a la cantidad de éste elemento que puede ser absorbido del suelo por las plantas del cultivo. Es de gran importancia para el crecimiento de las plantas (Tislade, S. L.; Nelson E. L., 1977).

Las cantidades totales de fósforo en el suelo son más altas que el fósforo disponible. Los niveles de éste último pueden aumentarse por adiciones prolongadas de fertilizantes que poseen este elemento (Tislade, S. L.; Nelson E. L., 1977).

El fósforo se encuentra presente en todos los órganos vegetales el cual se acumula en mayor parte en la flor, fruto y especialmente en la semilla. Cuando el fósforo se encuentra ausente en el suelo, provoca la no conversión del almidón en azúcar, no hay división celular adecuada, no se efectúa la formación de grasa o provoca un sistema radicular poco desarrollado. Para que los órganos tengan un crecimiento robusto y las células se encuentren en actividad es necesario que el fósforo este presente (Rodríguez, R. J., 1988).

3.1.7 Contenido y formas de potasio en el suelo

El contenido de potasio varía en los suelos generalmente entre 0.04 y 3%. En casos excepcionales como suelos alcalinos, el contenido de Potasio puede llegar hasta 8%. El Potasio estructural, representa la mayor parte del Potasio en el suelo el cual no es disponible directamente para la planta pero participa en los procesos dinámicos con reacciones lentas (Fassbender, H. W., 1975).

Mus y Coulter citados por Fassbender (1975). encontraron que para los suelos lateríticos y para suelos jóvenes derivados de cenizas volcánicas, los valores de Potasio total variaron de 0.11 a 1.90%. El Potasio que contiene la solución del suelo representa una fracción muy pequeña del Potasio total, generalmente varía entre 0.1 y 100 mg de potasio por litro de la solución del suelo.

Sobre las formas de potasio en los suelos se encontró que los niveles de potasio intercambiable en suelos andosoles y latosoles variaron entre 0.30 y 4.29, 0.12 y 1.52 meq/100 gramos de suelo respectivamente. El potasio intercambiable solo representa una fracción relativamente pequeña del potasio total.

3.1.8 Antecedentes del trabajo

Vásquez y Vásquez (1983) estudió la recolección y caracterización de germoplasma de hierba mora (*Solanum* spp), de la Vertiente del Pacífico de la República de Guatemala. Pero, de las 35 muestras sometidas a evaluación, únicamente 20 germinaron adecuadamente.

Vásquez Solórzano (1984) estudió el proceso germinativo en la semilla de hierba mora (*Solanum* spp), utilizando la metodología a nivel de invernadero y a nivel de cámara germinativa en laboratorio. Los cultivares se almacenaron a temperatura ambiente bajo dos condiciones diferentes: almacenamiento en recipiente de vidrio y en recipiente de plástico. El cultivar proveniente de Siquinalá, Escuintla, presentó los mayores porcentajes de germinación indiferente del tipo de almacenamiento utilizado, mientras que el cultivar proveniente de El Socorro, Jutiapa, presentó los menores resultados; esto a nivel de invernadero. El vigor de la semilla aumentó conforme mayor tiempo se almacena (para este caso 7 meses), ya que tanto la altura del tallo como el área foliar se incrementó de la primera a la tercera prueba de germinación en el invernadero. El almacenaje en vidrio parece ofrecer mayores ventajas que el almacenamiento en plástico, ya que en forma general la semilla almacenada en éste material tuvo una mejor capacidad germinativa.

Delgado Girón (1984) realizó la evaluación de rendimiento y contenido de proteína de hierba mora (*Solanum* spp), a diferente número de días a cosecha y número de cortes. La época de corte a 40 días tiene un mayor rendimiento individual promedio de 581.24 y en total de cortes 2,324.94 kg/ha para materia verde, lo que incide directamente en un mayor rendimiento de proteína. Se recomienda realizar únicamente 4 cortes, ya que a partir del quinto corte el rendimiento en peso bruto y neto se reduce. En cuanto al contenido de proteína no hay una diferencia significativa en las tres épocas de corte, ni entre número de cortes de cada época.

Velásquez Miranda (1986) realizó el estudio de caracterización agromorfológica y bromatológica de 35 cultivares de hierba mora (*Solanum* spp.), nativos de Guatemala, en el valle de la Asunción, Guatemala, aunque cada uno de los cultivares fueron manejados de igual forma, 12 de ellos tuvieron muy bajo porcentaje de germinación.

Se detectó variabilidad en los aspectos morfológicos y bromatológicos, tanto a nivel inter como intra cultivares, siendo ésta mayor en las variables área foliar, inflorescencia por planta, frutos por planta, frutos por 100 gramos y semilla por grano (Velásquez, M.M., 1986).

De acuerdo con el análisis bromatológico, se estableció que los materiales caracterizados poseen cantidades de proteína y minerales que se encuentran dentro del rango obtenido en otros estudios similares.

Zamora González (1987) realizó el estudio: Evaluación preliminar de 16 variedades de hierba mora (*Solanum* spp.), bajo las condiciones de la ciudad capital y Sacatepéquez. Los resultados obtenidos en las dos localidades indican que el contenido de proteína es bastante similar, a pesar de la diferencia en altitud (900 msnm). Para la capital se obtuvo un contenido de proteína de 20.26% y para San Mateo Milpas Altas, Sacatepéquez un 26%.

El material genético proveniente de Laguna Cuache, La Libertad, Petén (123 msnm) fue el que presentó la más alta producción en peso seco de material vegetal comestible (69.74 kg/ha.) y 18.32% de proteína en la ciudad capital (26). Para la localidad de San Mateo Milpas Altas, el material sobresaliente fue el de Pajapita, San Marcos (200 msnm) con 66.09 kg/ha de materia fresca y 26.28% de proteína.

USAC, Agronomía, IIA (1994) reporta el rendimiento de biomasa en hierba mora en cuatro localidades: San Juan Sacatepéquez, Centro Experimental de Agronomía (CEDA), Xesiguan, Santa Apolonia y Parajbey, Santa Apolonia. Para las condiciones de San Juan Sacatepéquez el rendimiento de biomasa en materia seca en 4 cortes comerciales y total, se observó que para el primer corte no presentó diferencia significativa por el efecto de N, P₂O₅ y gallinaza aplicada al suelo. En el segundo, tercer y cuarto corte presentó efecto significativo debido a la interacción de N y P₂O₅.

Por último se apreció efecto significativo por la aplicación de nitrógeno, fósforo y gallinaza en el segundo corte. En relación a la adición de nitrógeno y fósforo, la mayor producción se obtuvo al aplicar 50 kg/ha de N, y 65 kg P₂O₅/ha y 100 kg/ha N/ha y 93 kg/ha K₂O/ha. Además se observó que la relación 1:1 de nitrógeno y fósforo aplicado al suelo tiene efecto sobre el mayor rendimiento de biomasa de materia seca, no así cuando la relación cambia de 1:0.5 que decrece. De lo cual se infiere que existe interacción entre nitrógeno y fósforo del segundo corte (USAC, Agronomía, IIA 1994).

Para las condiciones del Centro Experimental de la Facultad de (CEDA-FAUSAC), también se evaluó el efecto de nitrógeno, fósforo y estiércol bobino, para lo cual se observó que existe diferencia significativa en el segundo y tercer corte por la interacción de los factores evaluados. Esta respuesta se atribuye a que los niveles evaluados no afectan el rendimiento de biomasa en materia seca en el primer corte, la respuesta del tercer corte se refiere al proceso de mineralización de la materia orgánica y desarrollo radicular (USAC, Agronomía, IIA 1994).

El mayor rendimiento de biomasa en materia seca se obtuvo con la aplicación de 100 kg N/ha, 93 kg P₂O₅/ha y 670 kg de estiércol bobino/ha; para el segundo y tercer corte estuvo afectado por la diferencia de Fósforo y Nitrógeno que presentó el suelo donde se realizó la investigación, siendo estos los factores limitantes en el rendimiento de biomasa (USAC, Agronomía, IIA 1994).

Para la localidad de Xesiguan, Santa Apolonia, se observó que en el análisis de varianza existe efecto significativo de Nitrógeno en cada uno de los cortes comerciales, no así para los otros factores evaluados. También se observó que el rendimiento de biomasa en materia seca del primer corte es mayor cuando se aplica 50 kg/ha; para el segundo es diferente aplicar 100 kg N/ha y 50 kg N/ha; mientras que para el tercer y cuarto corte el mayor rendimiento se obtuvo con 100 kg/ha, esto se atribuye a que la planta desarrolló un sistema radicular profundo (USAC, Agronomía, IIA 1994).

Al aplicar dosis mayores de 100 kg N/ha, no tiene efecto sobre el rendimiento de biomasa en materia seca. El Fósforo y materia orgánica no afectan el rendimiento de biomasa de materia seca, por lo cual la no respuesta al fertilizante fosfatado es debido al contenido de este en el suelo (14 ppm) y la no respuesta de la adición de materia orgánica se debe a la dosis aplicada (USAC, Agronomía, IIA 1994).

En la localidad de Parajbey, Santa Apolonia, se encontró que existe diferencia significativa debido a la aplicación de Nitrógeno y Fósforo en el primero y segundo corte. La materia orgánica no afectó el rendimiento de materia seca. En el segundo corte también existe

la interacción de Nitrógeno y Fósforo y presentó diferencia significativa (USAC, Agronomía, IIA 1994).

Castro Pérez (1997) realizó la evaluación de la fertilización con nitrógeno, fósforo y estiércol bovino sobre el rendimiento de biomasa del cultivo de hierba mora (*Solanum nigrescens*_Mart y Gal) Aldea Pacután, Santa Apolonia, Chimaltenango. Encontrando que en el primer corte el mayor rendimiento se obtuvo con la aplicación de 50 kg N/ha, y 20 kg P₂O₅/ha, aplicados después del trasplante. Esta respuesta puede atribuirse a que el sistema radicular y la parte aérea del cultivo se encuentran en el período de establecimiento y que hubo aporte de nutrientes químicos al suelo. Otro factor que pudo influir fue la precipitación debido a que en julio no fue uniforme y que al inicio del ensayo estuvo escasa.

Para el segundo corte con la aplicación de 75 kg N/ha, 25 kg P₂O₅/ha aplicados después del trasplante y primer corte y 25 ton/ha de estiércol bovino aplicados al momento del trasplante se obtiene el mayor rendimiento de materia fresca y seca, lo cual puede atribuirse a que hubo mayor disponibilidad de nutrientes en el suelo y que se encontraba bien establecido en su sistema radicular, además en esta etapa el desarrollo de la planta es más homogéneo.

En el tercer corte el mayor rendimiento de materia fresca y seca se obtuvo con la aplicación de 100 kg N/ha y 40 kg P₂O₅/ha, aplicados después del trasplante y de cada corte, esta respuesta puede atribuirse a que únicamente influyó la aplicación de la fertilización química y que hubo inmovilización del estiércol bovino. Al comparar estos resultados con respecto al segundo corte se observa que el rendimiento se mantiene aunque no en todos los tratamientos, lo cual puede atribuirse a que las cantidades de nutrientes químicos en el suelo se agotaron por la extracción del cultivo y que la precipitación promedio de septiembre disminuyó.

3.2 MARCO REFERENCIAL

3.2.1 Descripción del área experimental

3.2.1.1 Ubicación geográfica

La investigación se realizó en la localidad de Tecpán Guatemala, departamento de Chimaltenango. De acuerdo al Instituto Geográfico Nacional –IGN- geográficamente se ubica a 14°45'37" latitud norte y 90°59'30" longitud oeste del meridiano de Greenwich. Dista a 90 kilómetros de la ciudad capital y a una altura de 2,286 msnm.

3.2.1.2 Características climáticas

Obiols Del Cid (1975) basado en el sistema Thorntwaite el clima tiene las siguientes características: templado con invierno benigno húmedo con invierno seco.

De acuerdo al mapa de zonas de vida a nivel de reconocimiento de la República de Guatemala a escala 1:600,000; publicado por el Instituto Nacional Forestal, el municipio de Tecpán se encuentra dentro de la zona de vida: Bosque muy húmedo montano bajo subtropical (bmh-MB)

De la Cruz (1976), describe a la zona con una precipitación pluvial media de 1,500 mm anuales, distribuidos de mayo a octubre, temperatura media de 12°C a 18°C, humedad relativa promedio de 80%.

3.2.1.3 Características edáficas

Según la carta agrológica de reconocimiento de los departamentos de Chimaltenango y Sacatepéquez los suelos del área en estudio pertenecen a la serie de suelos Cauque, con las siguientes características: suelos profundos, bien drenados, desarrollados sobre ceniza volcánica pomácea firme y gruesa. Ocupan relieves ondulados a inclinados. El suelo superficial es de color pardo muy oscuro, franco a franco arcilloso arenoso, friable, estructura granular fina,

espesor de alrededor de 15 cm, pH alrededor de 6.0, el suelo inmediato al superficial a una profundidad de 35 cm es franco arcilloso, arenoso, friable, color pardo oscuro, estructura granular suave, pH alrededor de 6.0, el subsuelo a una profundidad de 75 cm es de color pardo a pardo oscuro, franco arcilloso firme, pero friable, estructura cúbica poco desarrollado pH alrededor de 6.0 (Simons, C; Tárano, J. M; Pinto, J. H., 1959).

3.2.1.4 Características del material experimental

El material utilizado de hierba mora (*Solanum americanum* Miller) procedente de San Juan Sacatepéquez, se caracteriza por ser una hierba que presenta una altura que va de 1 a 1.5 m algunas veces de 3.5 m; los tallos jóvenes son pilosos algunos esparcidamente, hojas en pares o solitarias de diferentes tamaños, similares en forma, enteras o sinuadas dentadas, las hojas grandes de 3 a 15 cm de largo, de 1 a 6.5 cm de ancho, peciolos de 5 a 35 mm de largo. Inflorescencia lateral o intermodal arracimada o subumbelada de pocas a varias flores, pedúnculos de 1 a 3 cm de largo, pedicelos de 6 a 10 mm Cáliz de 1 a 1.5 mm de largo, corola blanca o purpura con una mancha oscura en la base de cada uno de los lóbulos de la corola, anteras de 3 a 4 mm estilos de 5 a 5.5 mm de largo lóbulos de 3.5 a 4 mm. Ovario glabro, fruto glabroso de 4.5 a 7 mm de diámetro, semillas de 1 a 1.5 mm de largo (Gentry, J. L.: Standley, P. C., 1974)

4. OBJETIVOS

4.1 GENERAL

Generar información sobre el rendimiento y la acumulación de nutrientes en cuatro cortes para el manejo del cultivo de hierba mora (*Solanum americanum* Miller).

4.2 ESPECÍFICOS

- 4.2.1 Evaluar el efecto de cuatro niveles 0, 30, 60 y 120 kg. ha⁻¹ de nitrógeno, dos niveles 0 y 60 kg. ha⁻¹ de fósforo y dos niveles 0 y 100 kg. ha⁻¹ de potasio sobre el rendimiento de biomasa en materia fresca y seca en el cultivo de hierba mora (*Solanum americanum* Miller) en cuatro cortes.
- 4.2.2 Determinar la acumulación total de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio del cultivo de hierba mora (*Solanum americanum* Miller) en cuatro cortes.

5. HIPÓTESIS

- 5.1 El rendimiento de biomasa expresado en materia fresca y seca será igual con la aplicación de los diferentes niveles de nitrógeno, fósforo y potasio en el cultivo de hierba mora (*Solanum americanum* Miller) en los cuatro cortes.

6. METODOLOGÍA

6.1 Características químicas del suelo

Para determinar la disponibilidad de nutrientes del suelo donde es estableció el ensayo, se realizó un muestreo, el cual consistió en la toma de 20 submuestras para luego hacer una muestra compuesta, a una profundidad de 0-0.40 m. Previo a su análisis químico, se procedió a secar la muestra a la sombra y se tamizó a 2 mm de diámetro.

Cuadro 2. Resultados del análisis químico del suelo del área experimental.

| | $\mu\text{g/ml}$ | $\mu\text{g/ml}$ | meq/100ml | meq/100ml | | | |
|-----|------------------|------------------|--------------------|--------------------|--------|------|--|
| pH | P | K | Ca | Mg | Ca/Mg | Mg/K | $\frac{(\text{Ca}+\text{Mg})}{\text{K}}$ |
| 6.0 | 6 | 200 | 8.3 | 1.6 | 5.18:1 | 3.13 | 19:1 |

Fuente: Laboratorio de análisis del suelo, planta y agua “Salvador Castillo”. Facultad de Agronomía.

Al comparar los datos del cuadro 2, con los reportados en el manual del ICTA, por Estrada (1986), se interpreta que el pH se encuentra en la escala de acidez mediana, el contenido de Fósforo se encuentran por debajo de los niveles establecidos, el contenido de Potasio se considera alto por lo que solo se evaluó (0 y 100 kg. ha⁻¹) debido a que el requerimiento es similar al del nitrógeno. Los niveles de calcio y magnesio se encuentran adecuados al igual que las relaciones Ca/Mg y (Ca + Mg)/K. Los resultados obtenidos sirvieron de base para determinar los nutrientes y niveles a evaluar.

Las fuentes de los nutrientes evaluados fueron para nitrógeno, Urea (46-0-0), para fósforo Triple Superfosfato (0-46-0) y para potasio Sulfato de Potasio (0-0-50).

En el cuadro 3 se presentan las fuentes, niveles y la época de aplicación de nitrógeno, fósforo y potasio en el cultivo de hierba mora (*Solanum americanum* Miller) en el municipio de Tecpán. Chimaltenango.

Cuadro 3. Fuentes de nutrientes, época de aplicación y niveles evaluados kg. ha⁻¹ aplicados al cultivo de hierba mora (*Solanum americanum* Miller).

| Nutriente | Fuentes | Época de aplicación | Niveles kg. ha ⁻¹ |
|-----------|------------------------------|---|------------------------------|
| N | Urea (46-0-0) | 50% al momento de trasplantar 50% 15 días después de trasplantar | 0, 30, 60 y 120 |
| P | Triple superfosfato (0-46-0) | Al momento de trasplantar | 0 y 60 |
| K | Sulfato de potasio (0-0-50) | Al momento de trasplantar | 0 y 100 |

6.2 Tratamientos evaluados

Cuadro 4. Tratamientos y niveles en kg. ha⁻¹ de nitrógeno, fósforo y potasio, evaluados en el cultivo de hierba mora (*Solanum americanum* Mart y Gal).

| No. Tratamientos | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O |
|------------------|-----|-------------------------------|------------------|
| 1 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 0 | 100 |
| 3 | 0 | 60 | 0 |
| 4 | 0 | 60 | 100 |
| 5 | 30 | 0 | 0 |
| 6 | 30 | 0 | 100 |
| 7 | 30 | 60 | 0 |
| 8 | 30 | 60 | 100 |
| 9 | 60 | 0 | 0 |
| 10 | 60 | 0 | 100 |
| 11 | 60 | 60 | 0 |
| 12 | 60 | 60 | 100 |
| 13 | 120 | 0 | 0 |
| 14 | 120 | 0 | 100 |
| 15 | 120 | 60 | 0 |
| 16 | 120 | 60 | 100 |

6.3 Diseño experimental

En el ensayo realizado se utilizó el diseño bloques al azar con un arreglo combinatorio asimétrico 4 niveles de nitrógeno, 2 niveles de fósforo y 2 niveles de potasio con 3 repeticiones, 16 tratamientos y un total de de 48 unidades experimentales.

El área total del ensayo fue de 582.92 m², para la parcela bruta, 2.80 m de largo por 2.80 m de ancho (7.84 m²) y la parcela neta 2.00 m de largo por 2.00 m de ancho (4.00 m²). Distancia entre plantas y surco de 0.40 m, entre unidad experimental y bloque de 1m. El número de plantas por unidad experimental fue para la parcela bruta de 49 y para la parcela neta de 25.

6.4 Variables respuestas

- 6.4.1 Rendimiento de materia fresca, se tomó el peso de la materia fresca de cada unidad experimental al momento del corte, las cuales fueron introducidas en bolsas de papel previamente identificadas, el peso se expresó en kg. ha⁻¹.
- 6.4.2 Rendimiento de materia seca, la materia fresca fue secada en un horno de convección a 65 °C por 24 horas, luego se tomó la lectura correspondiente y el resultado se expresó en kg. ha⁻¹.
- 6.4.3 Acumulación de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio; obtenido el rendimiento en materia seca de cada una de las parcelas netas, se unió el material de las tres repeticiones para obtener una muestra compuesta por tratamiento en cada corte, luego se molieron y tamizaron a 20 mallas en un molino Wylle de acero inoxidable. Para cuantificar la cantidad de de fósforo, potasio, calcio y magnesio se incineró 0.5 gramos de material vegetal en mufla a 500 °C por tres horas, recuperándolo con una solución de HCl 1N para efectuar el análisis. Para el caso del nitrógeno, se pesó 0.25 gramos de material vegetal para la digestión húmeda en Kjeldahl, se destiló y tituló (Jakson, M. L., 1976)

6.5 Manejo del ensayo

6.5.1 Preparación del semillero

Se elaboró un tablón de 6 m de largo por 1 m de ancho, se preparó el suelo en forma manual con azadón a una profundidad de 0.20 m, teniendo el cuidado de dejarlo bien mullido luego se incorporó Penta Cloro Nitro Benceno (PCNB) para el control de organismos plaga asociados al suelo antes de la siembra. La semilla se distribuyó uniformemente en el suelo y se aplicó riego diario.

6.5.2 Preparación del suelo para el establecimiento del ensayo

La preparación del terreno para el trasplante se efectuó en forma manual con azadón tratando de que quedara uniforme. Se aplicó 1,000 kg/ha de Hi-Cal-Mg; incorporado al suelo, esto con el objeto de corregir el pH, que se encuentra en la escala de acidez mediana.

6.5.3 Trasplante

Se realizó a los 30 días después de la germinación del semillero, cuando las plantas desarrollaron 4 hojas verdaderas, se colocó una planta por postura y se aplicó riego después del trasplante.

6.5.4 Fertilización

Al momento del trasplante y 15 días después se aplicaron los niveles de Nitrógeno (0, 30, 60 y 120 kg. ha⁻¹). Los niveles de P₂O₅ (0 y 60 kg. ha⁻¹) y K₂O (0 y 100 kg. ha⁻¹), solamente se aplicaron al momento de trasplante.

6.5.5 Control de malezas

Se realizaron 7 limpiezas en forma manual, la primera a los 20 días después de la siembra y cada 15 días, de manera que las malezas no incidieran en el desarrollo de las plantas.

6.5.6 Control de plagas y enfermedades

Para el control de organismos asociados al suelo se utilizó (Phoxin Granulado al 5%) Volatón 5 G, 10 días antes del trasplante y para el control de organismos asociados al follaje se aplicó Piretrina (Ambush), a razón de 0.071 l/ha.

6.5.7 Cosecha

La cosecha se realizó en forma manual, los cortes se efectuaron a una altura de 10 centímetros del suelo y el criterio que se utilizó fue realizarlos cada 30 días, de tal manera que el primer corte se realizó a los 30 días después del trasplante, el segundo a los 60 días, el tercero a los 90 días y el cuarto a los 120 días.

6.6 Análisis de la información

El modelo estadístico lineal que sirvió de base para efectuar el análisis de varianza para las variables rendimiento en materia fresca y seca en kg/ha de cada uno de los cuatro cortes fue:

$$Y_{ijkl} = \mu + B_i + N_j + P_k + G_l + NP_{jk} + NG_{kl} + NPG_{jkl} + E_{ijkl}$$

Donde: $i =$ 1, 2, 3 repetición

$j =$ 0, 30, 60 y 120 kg de N/ha

$k =$ 0 y 60 kg de P_2O_5 /ha

$l =$ 0 y 100 kg de K_2O /ha

$Y_{ijkl} =$ Variable respuesta.

$\mu =$ Media general del rendimiento de biomasa.

$B_i =$ efecto de la i -ésima repetición o bloque.

$N_j =$ efecto del j -ésimo nivel de Nitrógeno.

$P_k =$ efecto del k -ésimo nivel de Fósforo.

$K_l =$ efecto del l -ésimo nivel de Potasio.

$NP_{jk} =$ interacción entre el j -ésimo nivel de Nitrógeno y el k -ésimo nivel de Fósforo.

$NK_{jl} =$ interacción entre el j -ésimo nivel de Nitrógeno y el l -ésimo nivel de Potasio.

$PK_{kl} =$ interacción entre el k -ésimo nivel de Fósforo y el l -ésimo nivel de Potasio.

$NPK_{jkl} =$ interacción entre el j -ésimo nivel de Nitrógeno, el k -ésimo nivel de Fósforo y el l -ésimo nivel de Potasio.

$E_{ijkl} =$ Error experimental asociado a la $ijkl$ -ésima unidad experimental.

Posteriormente se realizó la comparación múltiple de medias utilizando la prueba de Tukey para las variables que presentaron significancia al 5%.

7. RESULTADOS

7.1 Biomasa expresada en materia fresca y materia seca

A continuación se presentan los resultados del rendimiento obtenido, en materia fresca y seca del cultivo de hierba mora (*Solanum americanum* Miller), en kg. ha⁻¹ por efecto de los niveles de N, P₂O₅ y K₂O.

Cuadro 5. Efecto de la aplicación de diferentes niveles de N, P₂O₅ y K₂O sobre el rendimiento promedio de materia fresca de hierba mora, expresados en kg. ha⁻¹.

| Nutriente Aplicado | Nivel en Kg. ha ⁻¹ | Primer Corte | Segundo Corte | Tercer Corte | Cuarto Corte |
|-------------------------------|-------------------------------|--------------|---------------|--------------|--------------|
| N | 0 | 469 | 564 | 555 | 553 |
| | 30 | 510 | 579 | 601 | 559 |
| | 60 | 531 | 494 | 630 | 581 |
| | 120 | 571 | 661 | 671 | 592 |
| P ₂ O ₅ | 0 | 484 | 573 | 591 | 569 |
| | 30 | 544 | 626 | 637 | 573 |
| K ₂ O | 0 | 486 | 580 | 605 | 557 |
| | 100 | 542 | 619 | 623 | 589 |

Cuadro 6. Efecto de la aplicación de diferentes niveles de N, P₂O₅ y K₂O sobre el rendimiento promedio de materia seca de hierba mora, expresados en kg. ha⁻¹.

| Nutriente Aplicado | Nivel en Kg. ha ⁻¹ | Primer Corte | Segundo Corte | Tercer Corte | Cuarto Corte |
|-------------------------------|-------------------------------|--------------|---------------|--------------|--------------|
| N | 0 | 174 | 201 | 198 | 198 |
| | 30 | 183 | 205 | 210 | 201 |
| | 60 | 189 | 209 | 218 | 208 |
| | 120 | 194 | 225 | 231 | 208 |
| P ₂ O ₅ | 0 | 179 | 215 | 208 | 203 |
| | 30 | 191 | 204 | 221 | 204 |
| K ₂ O | 0 | 179 | 214 | 212 | 204 |
| | 100 | 191 | 207 | 217 | 202 |

En los cuadros 5 y 6 se muestran el rendimiento de biomasa expresada en materia fresca como en materia seca de hierba mora, sembrada en las condiciones ecológicas de Tecpán Guatemala, el cual se observa que no se incrementa la materia fresca y seca por el efecto de la aplicación de P_2O_5 y K_2O , lo contrario ocurre con la aplicación de nitrógeno en niveles de 0 a 120 kg/ha. Este se incrementó para el primero, segundo y tercer corte, esto podría deberse a que el nitrógeno fue aplicado al momento del trasplante y 15 días después del trasplante.

En los cuadros 7 y 8 se presentan los análisis de varianza de rendimiento de materia fresca y seca del cultivo de hierba mora cultivada en las condiciones ecológicas de dicho municipio.

Cuadro 7. Análisis de varianza y nivel de probabilidad observado por los niveles de fertilización química del rendimiento en materia fresca en kg. ha⁻¹ del cultivo de hierba mora (*Solanum americanum* Miller).

| No. DE CORTES | G.L | PRIMERO | | SEGUNDO | | TERCERO | | CUARTO | |
|---------------|-----|--------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|--------------|----------|
| | | F | Pr> F | F | Pr> F | F | Pr> F | F | Pr> F |
| TRATAMIENTOS | 15 | 2.29 | 0.0023* | 3.12 | 0.0032* | 3.72 | 0.0008* | 0.86 | 0.6186Ns |
| N | 3 | 3.59 | 0.0251* | 8.48 | 0.0003* | 10.84 | 0.0001* | 0.69 | 0.5646Ns |
| P | 1 | 15.30 | 0.0005* | 10.15 | 0.0034* | 9.96 | 0.0036* | 0.03 | 0.8571Ns |
| NP | 3 | 0.29 | 0.8334Ns | 0.34 | 0.7953Ns | 0.38 | 0.7690Ns | 0.33 | 0.8030Ns |
| K | 1 | 9.92 | 0.0037* | 8.22 | 0.0075* | 1.93 | 0.1751Ns | 2.75 | 0.1079Ns |
| NK | 3 | 0.03 | 0.9925Ns | 0.79 | 0.5091Ns | 0.02 | 0.9958Ns | 0.66 | 0.5837Ns |
| PK | 1 | 0.84 | 0.3673Ns | 0.02 | 0.8835Ns | 0.09 | 0.7621Ns | 0.63 | 0.4331Ns |
| NPK | 3 | 0.03 | 0.9942Ns | 0.22 | 0.8838Ns | 0.03 | 0.9943Ns | 0.41 | 0.7499Ns |
| C. V. (%) | | 11.18 | | 8.38 | | 8.48 | | 13.36 | |

* Significante al 5% de probabilidad.

Ns= No significativo.

Cuadro 8. Análisis de varianza y nivel de probabilidad observado por los niveles de fertilización química del rendimiento en materia seca en kg. ha⁻¹ del cultivo de hierba mora (*Solanum americanum* Miller).

| No. DE CORTES | | PRIMERO | | SEGUNDO | | TERCERO | | CUARTO | |
|---------------|------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|
| F.V. | G.L. | F | Pr> F |
| TRATAMIENTO | 15 | 1.88 | 0.0063* | 2.60 | 0.0108* | 4.05 | 0.0004* | 0.96 | 0.5261Ns |
| N | 3 | 3.74 | 0.0214* | 6.68 | 0.0014* | 12.19 | 0.0001* | 0.92 | 0.4433Ns |
| P | 1 | 7.84 | 0.0088* | 14.22 | 0.0007* | 9.85 | 0.0038* | 0.02 | 0.8781Ns |
| NP | 3 | 0.02 | 0.9764Ns | 0.32 | 0.8137Ns | 0.53 | 0.6644Ns | 0.22 | 0.8822Ns |
| K | 1 | 6.56 | 0.0157* | 3.85 | 0.0590Ns | 1.75 | 0.1954Ns | 0.19 | 0.6668Ns |
| NK | 3 | 0.22 | 0.8810Ns | 0.18 | 0.9102Ns | 0.10 | 0.9608Ns | 0.34 | 0.7961Ns |
| PK | 1 | 3.46 | 0.0726Ns | 0.04 | 0.8351Ns | 0.00 | 0.9917Ns | 3.48 | 0.0721Ns |
| NPK | 3 | 0.22 | 0.8839Ns | 0.08 | 0.9682Ns | 0.05 | 0.9854Ns | 0.49 | 0.6920Ns |
| C. V. (%) | | 8.47 | | 7.51 | | 6.45 | | 9.62 | |

* Significante al 5% de probabilidad
Ns= No significativo.

En los cuadros 7 y 8, se observa que en el primero, segundo y tercer corte para el rendimiento en kg. ha⁻¹ tanto en materia fresca como en materia seca existen diferencias significativas por el efecto de la aplicación de la fertilización química. Lo contrario ocurre para el cuarto corte donde no existen diferencia significativa entre cada uno de los niveles evaluados de cada nutriente.

Estas respuestas pueden atribuirse al considerar los resultados del análisis de suelos los que aparecen en el cuadro 2. Los coeficientes de variación obtenidos en los análisis de varianza oscilan entre 8.38 y 13.36 para el rendimiento de materia fresca y 7.51 a 9.62 para materia seca. Dado que en los diferentes cortes hubo diferencia significativa para las variables, rendimientos en materia fresca y materia seca en el primero, segundo y tercer corte por el efecto de los niveles de N, P₂O₅ y K₂O aplicados (cuadros 9 y 10) se procedió a efectuar la prueba múltiple de medias con el estadístico denominado Tukey a los promedios de rendimiento de materia fresca y materia seca de los niveles evaluados.

Cuadro 9. Comparación de medias del rendimiento en materia fresca del cultivo de hierba mora (*Solanum americanum* Miller), en cuatro cortes por el efecto de los niveles de N, P₂O₅ y K₂O.

| Nutriente Aplicado Kg. ha ⁻¹ | Niveles Aplicados Kg. ha ⁻¹ | Rendimiento Kg. ha ⁻¹ Primer corte | Rendimiento Kg. ha ⁻¹ Segundo corte | Rendimiento Kg. ha ⁻¹ Tercer corte | Rendimiento Kg. ha ⁻¹ Cuarto corte |
|---|--|---|--|---|---|
| N | 120 | 538 a | 660 a | 670 a | 592 a |
| | 60 | 531 ab | 594 b | 630 ab | 580 a |
| | 30 | 510 ab | 570 b | 596 bc | 558 a |
| | 0 | 469 b | 563 b | 554 c | 553 a |
| P ₂ O ₅ | 60 | 544 a | 622 a | 636 a | 573 a |
| | 0 | 480 b | 573 b | 589 b | 569 a |
| K ₂ O | 100 | 538 a | 619 a | 623 a | 589 a |
| | 0 | 486 b | 575 b | 602 a | 553 a |

*Tratamientos con la misma letra no son significativamente diferentes (probabilidad a 5%)

Cuadro 10. Comparación de medias del rendimiento en materia seca del cultivo de hierba mora (*Solanum americanum* Miller), en cuatro cortes por el efecto de los niveles de N, P₂O₅ y K₂O.

| Nutriente Aplicado Kg. ha ⁻¹ | Niveles Aplicados Kg. ha ⁻¹ | Rendimiento Kg. ha ⁻¹ Primer corte | Rendimiento Kg. ha ⁻¹ Segundo corte | Rendimiento Kg. ha ⁻¹ Tercer corte | Rendimiento Kg. ha ⁻¹ Cuarto corte |
|---|--|---|--|---|---|
| N | 120 | 194 a | 228 a | 231 a | 209 a |
| | 60 | 189 ab | 209 b | 218 ab | 208 a |
| | 30 | 183 ab | 205 b | 210 bc | 200 a |
| | 0 | 174 b | 201 b | 198 c | 197 a |
| P ₂ O ₅ | 60 | 191 a | 219 a | 221 a | 204 a |
| | 0 | 178 b | 202 b | 208 b | 203 a |
| K ₂ O | 100 | 191 a | 215 a | 217 a | 205 a |
| | 0 | 179 b | 206 a | 212 a | 202 a |

*Tratamientos con la misma letra no son significativamente diferentes (probabilidad a 5%)

En los cuadros 9 y 10, se presentan los resultados de comparación de medias de rendimiento en materia fresca y seca donde aparece que para el primer corte el mayor rendimiento se obtiene con la aplicación de 120 kg. ha⁻¹ de nitrógeno, 60 Kg. ha⁻¹ de P₂O₅ y 100 Kg. ha⁻¹ de K₂O. Esta respuesta puede atribuirse a que en el primer corte se aplicaron el 100% de los niveles evaluados.

Para el segundo y tercer corte ya efectuado la aplicación de los niveles evaluados, se obtuvo el mayor rendimiento de materia fresca y seca, lo cual puede atribuirse a que el cultivo se encontraba bien establecido en su sistema radicular, además en estos meses el desarrollo de la planta es más homogéneo.

El cuarto corte el rendimiento fue muy similar para todos los niveles aplicados, esta respuesta puede atribuirse a que únicamente influyó la aplicación de la fertilización química. Al comparar estos resultados con respecto al tercer corte, se observa que el rendimiento se mantiene aunque no en todos los niveles, lo cual puede atribuirse a que los nutrientes químicos en el suelo se agotaron por la extracción del cultivo.

Los mayores rendimientos en cada uno de los cuatro cortes se obtuvieron cuando se aplicó el nivel de nitrógeno 120 kg. ha⁻¹, el nivel de fósforo 60 kg. ha⁻¹ y el nivel de Potasio 100 kg. ha⁻¹.

Los niveles aplicados de potasio solo son significativos en el primero y segundo corte, esto es debido a que su aplicación se efectuó solo en el momento de la siembra y que el contenido de dicho elemento, determinado en el análisis de suelo fue alto.

7.2 Acumulación de nutrientes

En cuanto a la acumulación de nutrientes: nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio, determinada en el tejido de la planta de hierba mora como efecto de la aplicación de los niveles de N, P₂O₅ y K₂O, al momento del trasplante y a los 15 días después de la siembra.

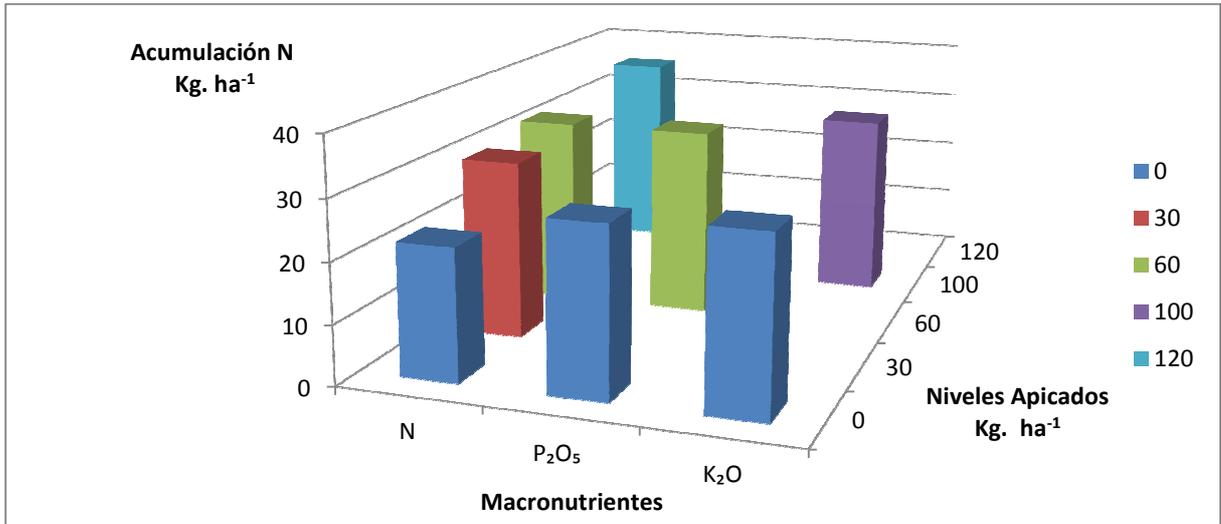
En el cuadro 11, se presenta la cantidad total de kg. ha⁻¹ acumulada en las plantas de hierba mora (*Solanum americanum* Miller), para cada uno de los nutrientes por el efecto de la aplicación de los diferentes niveles de nitrógeno, fósforo y potasio.

Cuadro 11. Kilogramos totales acumulados expresados en kg. ha⁻¹ de cada uno de los nutrientes en las plantas de hierba mora (*Solanum americanum* Miller) por efecto de los niveles de N, P₂O₅ y K₂O.

| Nutriente aplicado Kg. ha ⁻¹ . | Niveles aplicados Kg ha ⁻¹ . | Kg. ha ⁻¹ de nitrógeno acumulados | Kg. ha ⁻¹ de fósforo acumulados | Kg. ha ⁻¹ de potasio acumulados | Kg. ha ⁻¹ de calcio acumulados | Kg. ha ⁻¹ de magnesio acumulados |
|--|--|--|--|--|---|---|
| N | 0 | 22.40 | 5.53 | 23.04 | 14.36 | 3.72 |
| | 30 | 29.76 | 5.48 | 24.98 | 14.67 | 3.68 |
| | 60 | 32.22 | 5.62 | 26.76 | 15.48 | 3.51 |
| | 120 | 34.57 | 5.74 | 27.97 | 16.81 | 3.42 |
| P ₂ O ₅ | 0 | 29.25 | 9.46 | 25.65 | 14.36 | 3.14 |
| | 60 | 31.15 | 9.67 | 26.16 | 16.30 | 4.02 |
| K ₂ O | 0 | 29.24 | 9.66 | 25.23 | 14.69 | 3.34 |
| | 100 | 30.17 | 9.44 | 26.04 | 15.97 | 3.82 |

La eficiencia de aplicación de los niveles de nitrógeno de 120 kg. ha⁻¹ fue de 10.14%; para 60 kg. ha⁻¹ es de 16.36% y de 30 kg. ha⁻¹ 24.53%. La eficiencia de aplicación entre los niveles de Fósforo de 0 kg. ha⁻¹ y de 60 kg. ha⁻¹ es de 3.16%. La eficiencia de aplicación entre los niveles de Potasio de 0 kg. ha⁻¹ y de 100 kg. ha⁻¹ es de 0.93%.

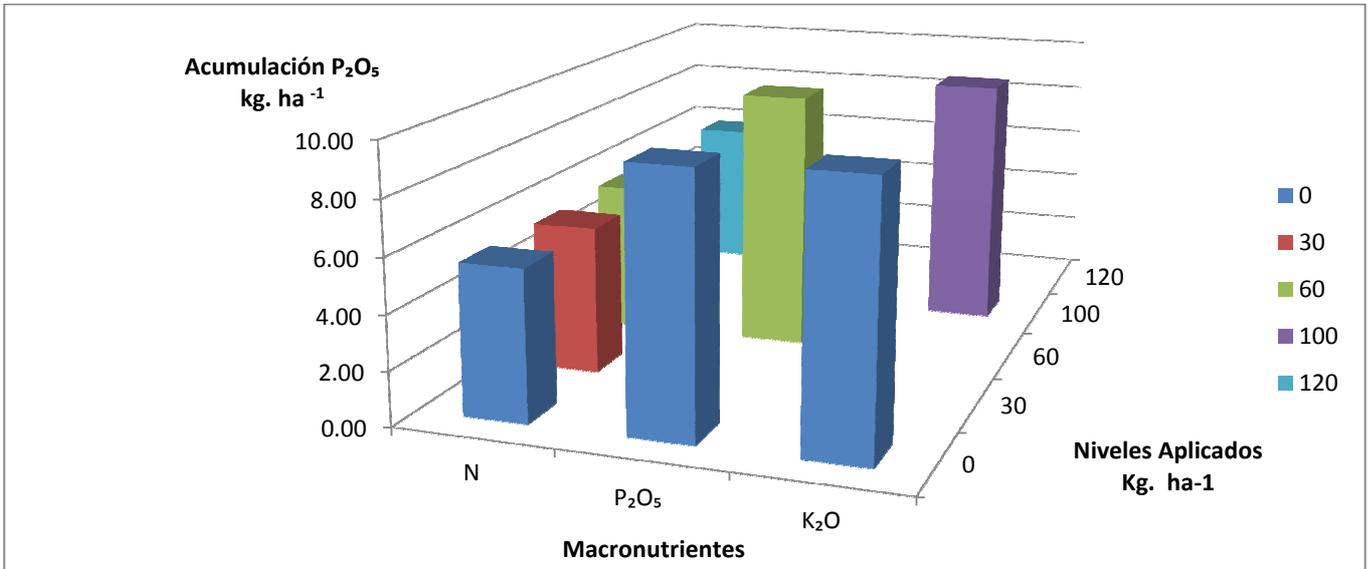
En la figura 1, se presenta la cantidad total de nitrógeno en kg. ha⁻¹ acumulada en los tejidos de las plantas de hierba mora (*Solanum americanum* Miller), para cada uno de los nutrientes por el efecto de la aplicación de los diferentes niveles de N, P₂O₅ y K₂O.



Fuente: Datos tabulados por el autor.

Figura 1. Kilogramos acumulados de nitrógeno expresado en kg. ha⁻¹ en los tejidos de las plantas de hierba mora (*Solanum americanum* Miller) debido a los niveles de N, P₂O₅ y K₂O.

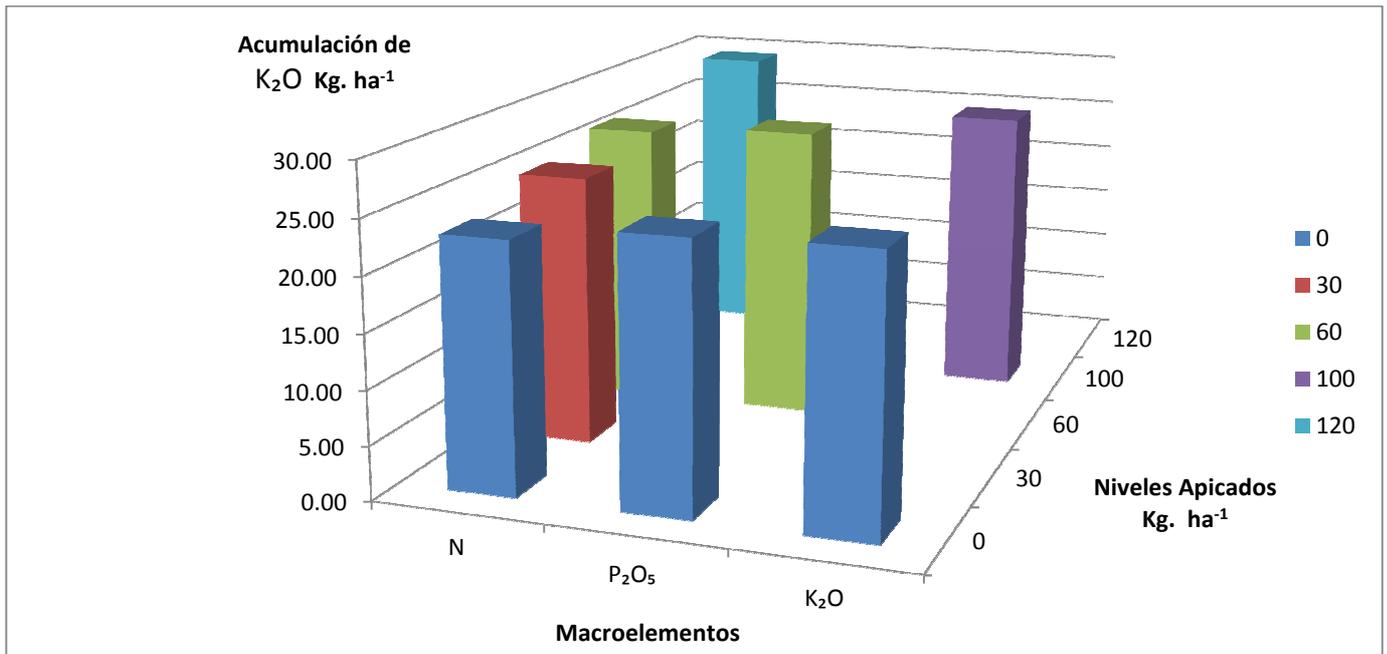
La cantidad de nitrógeno en kg. ha⁻¹ acumulado en las plantas de hierba mora (*Solanum americanum* Miller), varía entre 20 a 35 en la totalidad de los cortes, debido a la aplicación de los diferentes niveles de nitrógeno pero no se observó el mismo efecto debido a la aplicación de P₂O₅ y K₂O, se mantiene la cantidad acumulada; se puede inferir que la aplicación de 120 Kg N/ha⁻¹, se debe recomendar para una máxima acumulación de nitrógeno.



Fuente: Datos obtenidos por el autor.

Figura 2. Kilogramos acumulados de P₂O₅ expresado en kg. ha⁻¹ en los tejidos de las plantas de hierba mora (*Solanum americanum* Miller) debido a los niveles de N, P₂O₅ y K₂O.

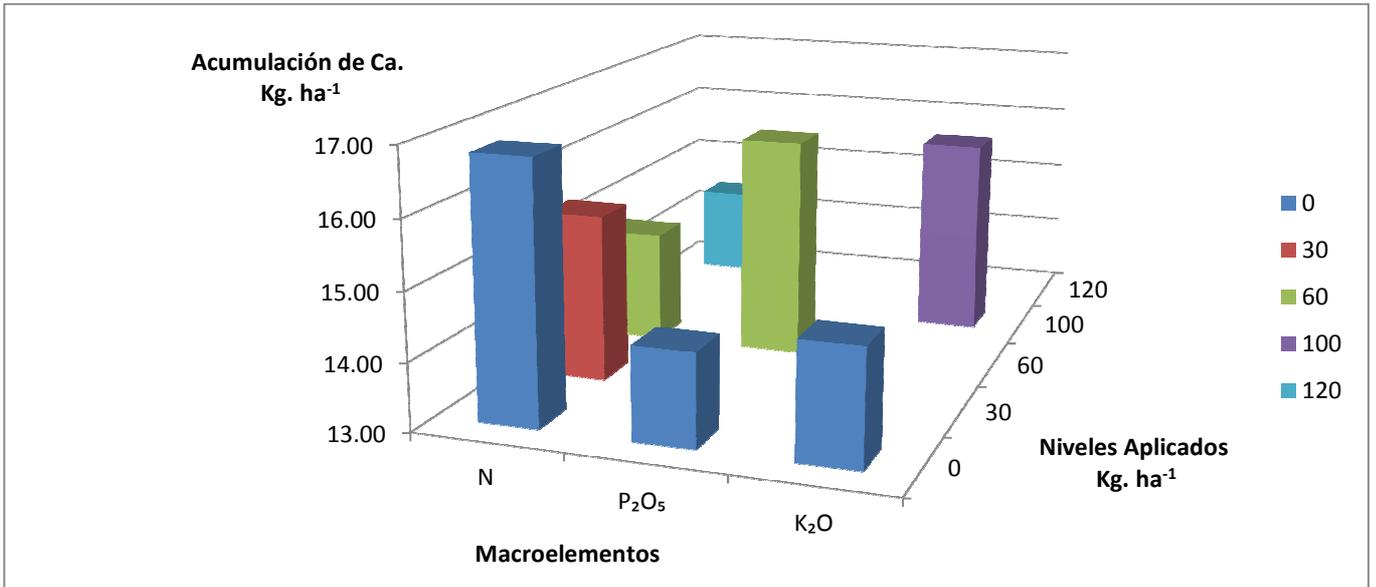
La cantidad de fósforo extraído y acumulado en las plantas de hierba mora, se mantiene constante por efecto de los niveles aplicados al suelo de N, P₂O₅ y K₂O esta concentración es debido al aumento del sistema radicular; además el fósforo aplicado es inmóvil.



Fuente: Datos obtenidos por el autor.

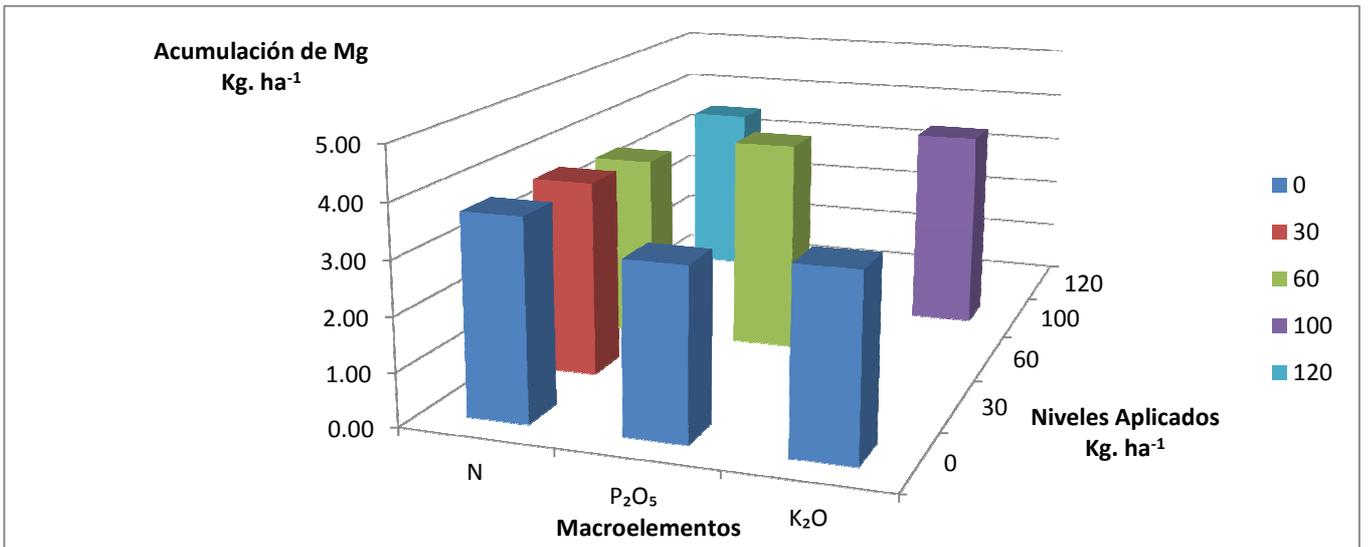
Figura 3. Kilogramos acumulados de K₂O expresado en kg. ha⁻¹ en los tejidos de las plantas de hierba mora (*Solanum americanum* Miller), debido a los niveles de N, P₂O₅ y K₂O.

La cantidad de potasio acumulado en las plántulas de hierba mora, varía únicamente con la adición de 30 Kg N. ha⁻¹ en comparación con 0 Kg N. ha⁻¹, su acumulación es en valores similares a los Kg N. ha⁻¹. Respecto a la adición de P₂O₅ y K₂O no se observan variaciones significativas; esto confirma que la adición de 30 Kg N. ha⁻¹ puede ser la recomendada para aumentar la biomasa de nitrógeno, fósforo y potasio acumulado en las plantas.



Fuente: Datos obtenidos por el autor.

Figura 4. Kilogramos acumulados de calcio expresado en kg. ha⁻¹ en los tejidos de las plantas de hierba mora (*Solanum americanum* Miller), debido a los niveles de N, P₂O₅ y K₂O.



Fuente: Datos obtenidos por el autor.

Figura 5. Kilogramos acumulados de magnesio expresado en kg. ha⁻¹ en los tejidos de las plantas de hierba mora (*Solanum americanum* Miller), debido a los niveles de N, P₂O₅ y K₂O.

La acumulación de calcio y magnesio en la planta de hierba mora (*Solanum americanum* Miller) no presentan ninguna diferencia al aplicar los distintos niveles de nitrógeno, fósforo y potasio, a la vez la acumulación de estos nutrientes se mantiene constante.

8. CONCLUSIONES

1. Al realizar el análisis de varianza para las variables materia fresca y materia seca, se observó que hubo efecto de los niveles de N, P₂O₅ y K₂O en el cultivo de la hierba mora (*Solanum americanum* Miller) en el primero, segundo y tercer corte, lo contrario ocurrió en el cuarto corte.
2. El rendimiento de biomasa en el cultivo de hierba mora (*Solanum americanum* Miller), en materia fresca y seca se obtiene cuando se aplicaron los niveles de 120 kg. ha⁻¹ de nitrógeno, 60 kg. ha⁻¹ de fósforo y 100 kg. ha⁻¹ de potasio, bajo las condiciones ecológicas de Tecpán Guatemala, Chimaltenango.
3. La mayor acumulación de macronutrientes en los tejidos del cultivo de hierba mora (*Solanum americanum* Miller), se obtuvo cuando se aplicaron los niveles de 120 kg. ha⁻¹ de nitrógeno, 60 kg. ha⁻¹ de fósforo y 100 kg. ha⁻¹ de potasio, bajo las condiciones ecológicas de Tecpán Guatemala, Chimaltenango.

9. RECOMENDACIONES

1. Para el cultivo de hierba mora (*Solanum americanum* Miller) en condiciones climáticas y edáficas similares a las del presente estudio y obtener un rendimiento acumulado de 36,776 Kg. ha⁻¹ de materia fresca y 13,023 Kg. ha⁻¹ de materia seca se recomienda aplicar 30 Kg de N. ha⁻¹, 60 Kg. ha⁻¹ de P₂O₅ y 0 Kg. ha⁻¹ de K₂O.

10. BIBLIOGRAFIA

1. Azurdia, PC; González, M. 1986. Informe final del proyecto de recolección de algunos cultivos de Guatemala. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. p. 159-168.
2. Barreda, LL. 1966. Rehabilitación de los suelos agrícolas de Guatemala, mediante la incorporación de materia orgánica. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 51 p.
3. Carbajal, JF. 1984. Cafeto, cultivo y fertilización. Berna, Suiza, Instituto Internacional de la Potasa. 254 p.
4. Castro, L Del R. 1997. Evaluación de la fertilización con nitrógeno, fósforo y estiércol bovino sobre el rendimiento de biomasa del cultivo de hierba mora (*Solanum nigrescens* Mart y Gal) aldea Pacután, Santa Apolonia, Chimaltenango. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 46 p.
5. Concoha, FE. 1995. Evaluación de niveles de nitrógeno, fósforo y gallinaza sobre el rendimiento de hierba mora (*Solanum* sp.) en San Juan Sacatepéquez, Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 37 p.
6. Cruz S, JR De la. 1976. Clasificación de zonas de vida de Guatemala, basada en el sistema Holdridge. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 24 p.
7. Delgado, FJ. 1984. Rendimiento y contenido de proteína de hierba mora (*Solanum* spp.) a diferente número de días a cosecha y número de cortes. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 76 p.
8. Estrada L, LA; Valle, BR Del. 1986. Muestro de suelos e interpretación de resultados de análisis. Guatemala, ICTA. 49 p. (Folleto Técnico no. 32).
9. Fassbender, HW. 1975. Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina. Turrialba, Costa, IICA. 368 p.
10. Flores, M. 1960. Tabla de composición de alimentos de Centro América y Panamá. 4 ed. Guatemala, INCAP. 29 p.
11. Gentry, JL Junior; Standley, PC. 1974. Flora of Guatemala. Chicago, US, Chicago Natural History Museum, Fieldana Botany v. 24, pte. 10, no. 1-2, 225 p.
12. IGN (Instituto Geográfico Nacional, GT). s.f. Mapa de formas de la tierra. Guatemala. Esc. 1:1,000,000.
13. _____. 1983. Diccionario geográfico de Guatemala. Guatemala. tomo 2, p. 25-27.
14. INAFOR (Instituto Nacional Forestal, GT). 1983. Mapa de zonas de vida de la República de Guatemala a nivel de reconocimiento. Guatemala. Esc. 1:600,000. 4 h.
15. Gutiérrez Agustín, DN. 1995. Evaluación del efecto de la gallinaza y nitrógeno aplicado en dos modalidades sobre el rendimiento de hierba mora (*Solanum nigricans* Mart y Gal) San Juan Sacatepéquez, Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 41 p.

16. Jakson, ML. 1976. Análisis químico de suelos. Trad. José Beltrán M. 3 ed. Barcelona, España, Omega. 500 p.
17. Obiols Del Cid, R. 1675. Mapa climatológico preliminar de la República de Guatemala; según el sistema Thorntwaite. Guatemala, Instituto Geográfico Nacional. Esc. 1:1,000.
18. Paz Ayala, ME. 1995. Evaluación de nitrógeno, fósforo y estiércol bobino sobre el rendimiento de biomasa seca de hierba mora (*Solanum nigrescens* Mart y Gal); en la aldea Xesiguan, Santa Apolonia, Chimaltenango. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 40 p.
19. Rodríguez, RJ. 1988. Evaluación del efecto de diferentes niveles de materia orgánica y fórmulas químicas de fertilizantes en el cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en dos localidades de Chimaltenango. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 57 p.
20. Simmons, C; Tárano, JM; Pinto, JH. 1959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la República de Guatemala. Trad. por Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, José De Pineda Ibarra. 1000 p.
21. Tislade, SL; Nelson, EL. 1977. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. Madrid, España, Montaner y Simmons. 700 p.
22. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía, Instituto de Investigaciones Agronómicas, GT. 1994. Informe del proyecto de desarrollo de hortalizas nativas o tradicionales. Guatemala. 16 p.
23. Velásquez, MM. 1986. Caracterización agromorfológica y bromatológica de 35 cultivares de hierba mora (*Solanum* spp.) nativos de Guatemala, en el valle de la Asunción Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 59 p.
24. Vásquez y Vásquez, FJ. 1983. Recolección y caracterización de germoplasma de hierba mora (*Solanum* spp.) de la vertiente del Pacífico de la República de Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 68 p.
25. Vásquez Solórzano, J. 1984. Estudio del proceso germinativo de la semilla de hierba mora (*Solanum* spp). Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 68 p.
26. Zamora, GI. 1987. Evaluación preliminar de 16 variedades de hierba mora (*Solanum* spp.), bajo las condiciones de la ciudad capital y Sacatepéquez. Tesis. Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 39 p.

11. APENDICE

Cuadro 12 "A" Datos de campo, para el primer corte del cultivo de hierba mora (*Solanum americanum* Miller).

| Repetición | Niveles kg.ha ⁻¹ | | | Rendimiento kg. ha ⁻¹ materia fresca | Rendimiento kg. ha ⁻¹ materia seca | Acumulación Kg. ha ⁻¹ nitrógeno | Acumulación Kg. ha ⁻¹ fósforo | Acumulación Kg. ha ⁻¹ potasio | Acumulación Kg. ha ⁻¹ calcio | Acumulación Kg.ha ⁻¹ magnesio |
|------------|--------------------------------|-------------------------------|------------------|---|--|--|--|--|---|--|
| | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | | | | | | | |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 390 | 179 | 5.12 | 0.68 | 5.13 | 3.24 | 0.62 |
| 1 | 0 | 0 | 100 | 503 | 186 | 5.44 | 0.74 | 5.64 | 3.66 | 0.77 |
| 1 | 0 | 60 | 0 | 445 | 164 | 5.78 | 0.86 | 5.37 | 3.83 | 1.00 |
| 1 | 0 | 60 | 100 | 559 | 189 | 6.27 | 0.83 | 5.98 | 4.14 | 1.10 |
| 1 | 30 | 0 | 0 | 441 | 163 | 6.91 | 0.63 | 4.93 | 3.07 | 0.75 |
| 1 | 30 | 0 | 100 | 548 | 195 | 8.64 | 0.74 | 6.43 | 3.55 | 0.85 |
| 1 | 30 | 60 | 0 | 502 | 186 | 8.81 | 0.83 | 6.38 | 3.48 | 0.91 |
| 1 | 30 | 60 | 100 | 563 | 193 | 9.48 | 0.87 | 6.76 | 3.76 | 1.02 |
| 1 | 60 | 0 | 0 | 424 | 157 | 8.53 | 0.63 | 5.73 | 2.96 | 0.65 |
| 1 | 60 | 0 | 100 | 592 | 209 | 9.73 | 0.76 | 6.73 | 3.51 | 0.80 |
| 1 | 60 | 60 | 0 | 543 | 194 | 9.78 | 0.83 | 6.89 | 3.57 | 0.95 |
| 1 | 60 | 60 | 100 | 477 | 168 | 9.89 | 0.88 | 7.22 | 3.80 | 0.96 |
| 1 | 120 | 0 | 0 | 496 | 183 | 8.48 | 0.64 | 5.88 | 3.04 | 0.71 |
| 1 | 120 | 0 | 100 | 591 | 208 | 10.05 | 0.90 | 7.36 | 3.66 | 0.90 |
| 1 | 120 | 60 | 0 | 639 | 222 | 10.37 | 0.90 | 7.14 | 3.79 | 0.90 |
| 1 | 120 | 60 | 100 | 672 | 223 | 10.54 | 0.93 | 7.61 | 3.82 | 1.08 |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 395 | 163 | | | | | |
| 2 | 0 | 0 | 100 | 457 | 169 | | | | | |
| 2 | 0 | 60 | 0 | 542 | 193 | | | | | |
| 2 | 0 | 60 | 100 | 506 | 179 | | | | | |
| 2 | 30 | 0 | 0 | 451 | 167 | | | | | |
| 2 | 30 | 0 | 100 | 505 | 186 | | | | | |
| 2 | 30 | 60 | 0 | 597 | 210 | | | | | |
| 2 | 30 | 60 | 100 | 503 | 178 | | | | | |
| 2 | 60 | 0 | 0 | 464 | 171 | | | | | |
| 2 | 60 | 0 | 100 | 548 | 195 | | | | | |
| 2 | 60 | 60 | 0 | 484 | 179 | | | | | |
| 2 | 60 | 60 | 100 | 667 | 222 | | | | | |
| 2 | 120 | 0 | 0 | 469 | 173 | | | | | |
| 2 | 120 | 0 | 100 | 535 | 190 | | | | | |
| 2 | 120 | 60 | 0 | 488 | 180 | | | | | |
| 2 | 120 | 60 | 100 | 582 | 200 | | | | | |
| 3 | 0 | 0 | 0 | 398 | 147 | | | | | |
| 3 | 0 | 0 | 100 | 429 | 159 | | | | | |
| 3 | 0 | 60 | 0 | 484 | 179 | | | | | |
| 3 | 0 | 60 | 100 | 517 | 183 | | | | | |
| 3 | 30 | 0 | 0 | 461 | 171 | | | | | |
| 3 | 30 | 0 | 100 | 501 | 185 | | | | | |
| 3 | 30 | 60 | 0 | 434 | 160 | | | | | |
| 3 | 30 | 60 | 100 | 617 | 207 | | | | | |
| 3 | 60 | 0 | 0 | 524 | 186 | | | | | |
| 3 | 60 | 0 | 100 | 494 | 182 | | | | | |
| 3 | 60 | 60 | 0 | 591 | 208 | | | | | |
| 3 | 60 | 60 | 100 | 567 | 194 | | | | | |
| 3 | 120 | 0 | 0 | 442 | 163 | | | | | |
| 3 | 120 | 0 | 100 | 558 | 199 | | | | | |
| 3 | 120 | 60 | 0 | 563 | 201 | | | | | |
| 3 | 120 | 60 | 100 | 525 | 186 | | | | | |

Cuadro 13 "A" Datos de campo, para el segundo corte del cultivo de hierba mora (*Solanum americanum* Miller).

| Repetición | Niveles Kg. ha ⁻¹ . | | | Rendimiento kg. ha ⁻¹ materia fresca | Rendimiento kg. ha ⁻¹ materia seca | Acumulación Kg. ha ⁻¹ nitrógeno | Acumulación Kg. ha ⁻¹ fósforo | Acumulación Kg. ha ⁻¹ potasio | Acumulación Kg. ha ⁻¹ calcio | Acumulación Kg. ha ⁻¹ magnesio |
|------------|-----------------------------------|-------------------------------|------------------|---|---|--|--|--|---|---|
| | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | | | | | | | |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 482 | 178 | 5.18 | 0.94 | 5.47 | 3.03 | 0.65 |
| 1 | 0 | 0 | 100 | 553 | 197 | 5.73 | 1.08 | 6.70 | 3.41 | 0.75 |
| 1 | 0 | 60 | 0 | 495 | 183 | 6.06 | 1.20 | 6.53 | 3.59 | 1.00 |
| 1 | 0 | 60 | 100 | 548 | 195 | 6.46 | 1.33 | 6.86 | 4.20 | 1.12 |
| 1 | 30 | 0 | 0 | 551 | 196 | 6.78 | 1.02 | 5.88 | 2.43 | 0.59 |
| 1 | 30 | 0 | 100 | 596 | 210 | 7.06 | 1.06 | 6.60 | 2.70 | 0.60 |
| 1 | 30 | 60 | 0 | 641 | 222 | 7.36 | 1.16 | 6.55 | 2.81 | 0.71 |
| 1 | 30 | | 60 | 654 | 227 | 7.96 | 1.40 | 6.99 | 3.23 | 0.97 |
| 1 | 60 | 0 | 0 | 483 | 178 | 6.83 | 0.98 | 6.08 | 2.32 | 0.66 |
| 1 | 60 | 0 | 100 | 506 | 187 | 7.37 | 1.09 | 7.11 | 2.55 | 0.70 |
| 1 | 60 | 60 | 0 | 654 | 227 | 7.88 | 1.20 | 7.38 | 2.74 | 0.73 |
| 1 | 60 | | 60 | 642 | 223 | 8.72 | 1.32 | 7.69 | 3.19 | 0.85 |
| 1 | 120 | 0 | 0 | 537 | 191 | 7.95 | 1.10 | 6.42 | 2.48 | 0.70 |
| 1 | 120 | 0 | 100 | 707 | 248 | 8.69 | 1.23 | 7.84 | 2.93 | 0.76 |
| 1 | 120 | 60 | 0 | 730 | 240 | 9.19 | 1.34 | 8.46 | 3.08 | 0.89 |
| 1 | 120 | | 60 | 719 | 244 | 9.71 | 1.49 | 9.39 | 3.76 | 0.93 |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 581 | 205 | | | | | |
| 2 | 0 | 0 | 100 | 488 | 180 | | | | | |
| 2 | 0 | 60 | 0 | 558 | 199 | | | | | |
| 2 | 0 | 60 | 100 | 591 | 208 | | | | | |
| 2 | 30 | 0 | 0 | 481 | 178 | | | | | |
| 2 | 30 | 0 | 100 | 560 | 200 | | | | | |
| 2 | 30 | 60 | 0 | 590 | 208 | | | | | |
| 2 | 30 | | 60 | 575 | 202 | | | | | |
| 2 | 60 | 0 | 0 | 536 | 191 | | | | | |
| 2 | 60 | 0 | 100 | 565 | 202 | | | | | |
| 2 | 60 | 60 | 0 | 608 | 214 | | | | | |
| 2 | 60 | | 60 | 575 | 202 | | | | | |
| 2 | 120 | 0 | 0 | 587 | 207 | | | | | |
| 2 | 120 | 0 | 100 | 690 | 222 | | | | | |
| 2 | 120 | 60 | 0 | 640 | 234 | | | | | |
| 2 | 120 | | 60 | 704 | 238 | | | | | |
| 3 | 0 | 0 | 0 | 540 | 192 | | | | | |
| 3 | 0 | 0 | 100 | 606 | 214 | | | | | |
| 3 | 0 | 60 | 0 | 659 | 229 | | | | | |
| 3 | 0 | 60 | 100 | 663 | 230 | | | | | |
| 3 | 30 | 0 | 0 | 610 | 215 | | | | | |
| 3 | 30 | 0 | 100 | 534 | 190 | | | | | |
| 3 | 30 | 60 | 0 | 544 | 194 | | | | | |
| 3 | 30 | | 60 | 609 | 215 | | | | | |
| 3 | 60 | 0 | 0 | 597 | 210 | | | | | |
| 3 | 60 | 0 | 100 | 660 | 230 | | | | | |
| 3 | 60 | 60 | 0 | 586 | 202 | | | | | |
| 3 | 60 | | 60 | 719 | 244 | | | | | |
| 3 | 120 | 0 | 0 | 643 | 223 | | | | | |
| 3 | 120 | 0 | 100 | 660 | 203 | | | | | |
| 3 | 120 | 60 | 0 | 578 | 230 | | | | | |
| 3 | 120 | | 60 | 735 | 250 | | | | | |

Cuadro 14 "A" Datos de campo, para el tercer corte del cultivo de hierba mora (*Solanum americanum* Miller).

| Repetición | Niveles Kg.ha ⁻¹ | | | Rendimiento kg. ha ⁻¹ materia fresca | Rendimient o kg.ha ⁻¹ materia seca | Acumulació n Kg. ha ⁻¹ nitrógeno | Acumulació n Kg. ha ⁻¹ fósforo | Acumulació n Kg. ha ⁻¹ potasio | Acumulació n Kg. ha ⁻¹ calcio | Acumulació n Kg.ha ⁻¹ magnesio |
|------------|--------------------------------|-------------------------------|------------------|---|--|--|--|--|---|--|
| | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | | | | | | | |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 500 | 183 | 5.07 | 1.33 | 4.68 | 4.31 | 0.88 |
| 1 | 0 | 0 | 100 | 557 | 198 | 5.54 | 1.40 | 5.52 | 4.73 | 0.97 |
| 1 | 0 | 60 | 0 | 578 | 203 | 5.62 | 1.43 | 5.84 | 4.83 | 0.97 |
| 1 | 0 | 60 | 100 | 467 | 173 | 5.94 | 1.47 | 5.96 | 5.31 | 1.07 |
| 1 | 30 | 0 | 0 | 481 | 178 | 6.73 | 1.25 | 5.45 | 4.16 | 0.99 |
| 1 | 30 | 0 | 100 | 546 | 194 | 6.85 | 1.29 | 6.15 | 4.31 | 1.00 |
| 1 | 30 | 60 | 0 | 540 | 195 | 7.42 | 1.42 | 6.45 | 4.60 | 1.05 |
| 1 | 30 | | 60 | 553 | 197 | 8.10 | 1.52 | 6.82 | 5.04 | 1.23 |
| 1 | 60 | 0 | 0 | 547 | 195 | 7.22 | 1.30 | 5.90 | 3.89 | 0.70 |
| 1 | 60 | 0 | 100 | 548 | 196 | 7.58 | 1.39 | 6.21 | 4.17 | 0.81 |
| 1 | 60 | 60 | 0 | 706 | 239 | 7.98 | 1.49 | 6.58 | 4.53 | 0.91 |
| 1 | 60 | | 60 | 630 | 219 | 8.27 | 1.59 | 7.05 | 4.85 | 1.39 |
| 1 | 120 | 0 | 0 | 661 | 230 | 7.72 | 1.25 | 6.93 | 3.81 | 0.69 |
| 1 | 120 | | 0 | 609 | 215 | 8.16 | 1.39 | 7.18 | 3.85 | 0.78 |
| 1 | 120 | 60 | 0 | 629 | 218 | 8.56 | 1.49 | 7.82 | 4.10 | 0.90 |
| 1 | 120 | | 60 | 636 | 221 | 8.91 | 1.62 | 8.35 | 4.19 | 0.99 |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 547 | 193 | | | | | |
| 2 | 0 | 0 | 100 | 538 | 192 | | | | | |
| 2 | 0 | 60 | 0 | 547 | 194 | | | | | |
| 2 | 0 | 60 | 100 | 591 | 208 | | | | | |
| 2 | 30 | 0 | 0 | 683 | 231 | | | | | |
| 2 | 30 | 0 | 100 | 585 | 206 | | | | | |
| 2 | 30 | 60 | 0 | 608 | 214 | | | | | |
| 2 | 30 | | 60 | 634 | 220 | | | | | |
| 2 | 60 | 0 | 0 | 588 | 207 | | | | | |
| 2 | 60 | 0 | 100 | 605 | 214 | | | | | |
| 2 | 60 | 60 | 0 | 643 | 223 | | | | | |
| 2 | 60 | | 60 | 663 | 230 | | | | | |
| 2 | 120 | 0 | 0 | 628 | 218 | | | | | |
| 2 | 120 | | 0 | 657 | 228 | | | | | |
| 2 | 120 | 60 | 0 | 695 | 235 | | | | | |
| 2 | 120 | | 60 | 712 | 242 | | | | | |
| 3 | 0 | 0 | 0 | 556 | 206 | | | | | |
| 3 | 0 | 0 | 100 | 570 | 201 | | | | | |
| 3 | 0 | 60 | 0 | 555 | 198 | | | | | |
| 3 | 0 | 60 | 100 | 648 | 225 | | | | | |
| 3 | 30 | 0 | 0 | 557 | 198 | | | | | |
| 3 | 30 | 0 | 100 | 609 | 215 | | | | | |
| 3 | 30 | 60 | 0 | 696 | 236 | | | | | |
| 3 | 30 | | 60 | 714 | 242 | | | | | |
| 3 | 60 | 0 | 0 | 634 | 220 | | | | | |
| 3 | 60 | 0 | 100 | 686 | 232 | | | | | |
| 3 | 60 | 60 | 0 | 588 | 207 | | | | | |
| 3 | 60 | | 60 | 716 | 243 | | | | | |
| 3 | 120 | 0 | 0 | 585 | 206 | | | | | |
| 3 | 120 | | 0 | 712 | 242 | | | | | |
| 3 | 120 | 60 | 0 | 755 | 258 | | | | | |
| 3 | 120 | | 60 | 771 | 263 | | | | | |

Cuadro 15 "A" Datos de campo, para el cuarto corte del cultivo de hierba mora (*Solanum americanum* Miller).

| Repetición | Niveles Kg. ha ⁻¹ | | | Rendimiento kg. ha ⁻¹ | Rendimient o kg. ha ⁻¹ | Acumulació n | Acumulació n | Acumulació n | Acumulació n | Acumulación Kg. ha ⁻¹ |
|------------|---------------------------------|-------------------------------|------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|
| | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | materia fresca | materia seca | Kg. ha ⁻¹ nitrógeno | Kg. ha ⁻¹ fósforo | Kg. ha ⁻¹ potasio | Kg. ha ⁻¹ calcio | magnesio |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 628 | 217 | 4.85 | 1.34 | 5.34 | 4.52 | 0.87 |
| 1 | 0 | | 0 | 532 | 190 | 5.82 | 1.50 | 5.62 | 4.85 | 0.94 |
| 1 | 0 | 60 | 0 | 597 | 210 | 5.54 | 1.38 | 5.46 | 4.76 | 0.96 |
| 1 | 0 | | 60 | 606 | 214 | 5.48 | 1.45 | 5.79 | 4.79 | 1.24 |
| 1 | 30 | 0 | 0 | 490 | 181 | 6.17 | 1.30 | 5.82 | 4.00 | 0.74 |
| 1 | 30 | | 0 | 714 | 252 | 6.79 | 1.43 | 6.21 | 4.89 | 1.10 |
| 1 | 30 | 60 | 0 | 428 | 215 | 7.40 | 1.51 | 6.67 | 5.07 | 1.14 |
| 1 | 30 | | 60 | 609 | 188 | 6.66 | 1.32 | 6.02 | 4.79 | 1.05 |
| 1 | 60 | 0 | 0 | 506 | 187 | 6.88 | 1.38 | 5.90 | 3.76 | 0.76 |
| 1 | 60 | | 0 | 602 | 212 | 7.40 | 1.48 | 6.47 | 4.13 | 0.87 |
| 1 | 60 | 60 | 0 | 646 | 234 | 7.62 | 1.54 | 6.62 | 4.23 | 1.06 |
| 1 | 60 | | 60 | 693 | 224 | 7.12 | 1.44 | 6.90 | 4.49 | 1.22 |
| 1 | 120 | 0 | 0 | 686 | 232 | 7.27 | 1.27 | 6.17 | 3.45 | 0.71 |
| 1 | 120 | | 0 | 646 | 224 | 7.15 | 1.27 | 6.16 | 3.49 | 0.83 |
| 1 | 120 | 60 | 0 | 582 | 237 | 7.80 | 1.43 | 6.80 | 4.06 | 0.97 |
| 1 | 120 | | 60 | 699 | 206 | 7.46 | 1.42 | 6.90 | 3.93 | 0.93 |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 539 | 192 | | | | | |
| 2 | 0 | | 0 | 643 | 223 | | | | | |
| 2 | 0 | 60 | 0 | 546 | 194 | | | | | |
| 2 | 0 | | 60 | 483 | 178 | | | | | |
| 2 | 30 | 0 | 0 | 543 | 194 | | | | | |
| 2 | 30 | | 0 | 562 | 200 | | | | | |
| 2 | 30 | 60 | 0 | 469 | 193 | | | | | |
| 2 | 30 | | 60 | 542 | 173 | | | | | |
| 2 | 60 | 0 | 0 | 572 | 201 | | | | | |
| 2 | 60 | | 0 | 464 | 200 | | | | | |
| 2 | 60 | 60 | 0 | 557 | 202 | | | | | |
| 2 | 60 | | 60 | 577 | 203 | | | | | |
| 2 | 120 | 0 | 0 | 505 | 186 | | | | | |
| 2 | 120 | | 0 | 580 | 204 | | | | | |
| 2 | 120 | 60 | 0 | 680 | 196 | | | | | |
| 2 | 120 | | 60 | 549 | 130 | | | | | |
| 3 | 0 | 0 | 0 | 465 | 172 | | | | | |
| 3 | 0 | | 0 | 587 | 210 | | | | | |
| 3 | 0 | 60 | 0 | 486 | 180 | | | | | |
| 3 | 0 | | 60 | 528 | 188 | | | | | |
| 3 | 30 | 0 | 0 | 585 | 206 | | | | | |
| 3 | 30 | | 0 | 457 | 169 | | | | | |
| 3 | 30 | 60 | 0 | 576 | 237 | | | | | |
| 3 | 30 | | 60 | 700 | 203 | | | | | |
| 3 | 60 | 0 | 0 | 604 | 213 | | | | | |
| 3 | 60 | | 0 | 645 | 224 | | | | | |
| 3 | 60 | 60 | 0 | 494 | 215 | | | | | |
| 3 | 60 | | 60 | 610 | 182 | | | | | |
| 3 | 120 | 0 | 0 | 593 | 209 | | | | | |
| 3 | 120 | | 0 | 485 | 179 | | | | | |
| 3 | 120 | 60 | 0 | 493 | 214 | | | | | |
| 3 | 120 | | 60 | 606 | 182 | | | | | |