

**Efecto de niveles de nitrógeno en el crecimiento y producción
del jengibre (*Zingiber officinale*) en un suelo Coto**

Por

Juan A. Valle Rodríguez

Tesis sometida en cumplimiento parcial
de los requisitos para el grado de

MAESTRO EN CIENCIAS

en

Agronomía y Suelos

UNIVERSIDAD DE PUERTO RICO
RECINTO UNIVERSITARIO DE MAYAGÜEZ

2005

Aprobado por:

Carlos A. Flores, MS.
Miembro, Comité Graduado

Fecha

Alberto J. Beale, Ph.D.
Miembro, Comité Graduado

Fecha

Miguel A. Muñoz, Ph D.
Presidente, Comité Graduado

Fecha

Miguel A. Muñoz, Ph D.
Director del Departamento

Fecha

Luis R. Santiago, MS.
Representante de Escuela Graduada

Fecha

Abstract

Ginger (*Zingiber officinale*) is a crop of great potential in Puerto Rico, grown mostly in the mountain region in small, diversified farms. Ginger can be grown in coastal areas where intensive management practices can be implemented to increase production and quality. A field experiment was established on Coto clay (*Very Fine, Kaolinitic Isohyperthermic Typic Eutruxox*) to evaluate the effect of nitrogen fertilization on growth and performance of ginger. Four nitrogen treatments (0, 56, 112 y 168 kg/ha) were evaluated using a Complete Randomize Block design, with four replications. Urea was the nitrogen source and it was applied by fertigation. One fourth of the fertilizer was applied at 2 months after planting and the remaining in two equal fertigations at 6 and 8 months after planting. Potassium and phosphorous were applied at a rate of 180 kg/ha. Foliar and rhizome samples were collected on a monthly basis, beginning at two months after planting to evaluate nutrient absorption and crop growth. No significant differences were observed in nutrient uptake due to nitrogen treatments, however significant differences in nitrogen and potassium content were observed between early growth stages and maturity. Harvesting was performed at eight and a half months after planting. The highest rhizome yield (68.9 t/ha) was obtained with the application of 112 kg/ha of nitrogen. This treatment outyielded significantly the 0 kg/ha nitrogen treatment, but it was not significantly different from the 56 and 168 kg/ha treatments. The results suggest that an application of 90 to 100 kg/ha of nitrogen is necessary to obtain optimum yields of the crop.

Resumen

El jengibre (*Zingiber officinale*) es un cultivo de gran potencial de crecimiento en Puerto Rico, éste crece en una pequeña región de la zona central de la isla. El jengibre puede ser cultivado en las zonas costeras donde pueden ser implementadas prácticas de manejo intensivo para aumentar producción y calidad del cultivo. Se estableció un experimento en el suelo Coto (*Very Fine, Kaolinitic Isohyperthermic Typic Eutruxox*) para evaluar el efecto de fertilización con nitrógeno en el crecimiento y producción de jengibre. Cuatro tratamientos de nitrógeno (0, 56, 112 y 168 kg/ha) fueron evaluados utilizando un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. La fuente de nitrógeno utilizada fue urea y fue aplicada por fertigración. Una cuarta parte del fertilizante fue aplicado a los 2 meses después de la siembra y el resto del fertilizante fue aplicado en dos fertigraciones iguales a los 6 y 8 meses después de la siembra. Fósforo y potasio fueron aplicados a razón de 180 kg/ha. Muestras de follaje y rizoma fueron colectadas mensualmente comenzando a los dos meses después de la siembra para evaluar la absorción de nutrimentos y el crecimiento del cultivo. No se observaron diferencias significativas en la absorción de nutrimentos en relación a los tratamientos de nitrógeno, pero si se observaron diferencias en el contenido de nitrógeno y potasio entre las etapas tempranas de crecimiento y la madurez. La cosecha se llevó a cabo a los ocho meses y medio después de la siembra. El crecimiento máximo del rizoma (68.9 t/ha) fue obtenido con la aplicación del tratamiento de 112 kg/ha de nitrógeno. El crecimiento de este tratamiento resultó significativamente mayor al tratamiento

de 0 kg/ha, pero no fue significativamente diferente a los tratamientos de 56 y 168 kg/ha de nitrógeno. Los resultados sugieren que la aplicación de 90 a 100 kg/ha de nitrógeno es necesaria para obtener mejores rendimientos del cultivo.

© *Juan Antonio Valle Rodríguez, 2005*

Dedicatoria

- A Dios por haberme guiado por el camino de la sabiduría y haberme dado fuerzas para lograr mis sueños.
- A mis padres Martín y Myrna y a mis hermanos Martín, Sofía y Nitmar por haber confiado en mí y siempre haberme deseado éxito.
- A mi novia Yadira por siempre brindarme su apoyo en mis decisiones y nunca dudar de mis habilidades.
- A mis amigos por haber hecho de Mayagüez un lugar especial, lleno de recuerdos inolvidables.
- A todas las persona que conocí durante el tiempo que dediqué a mis estudios y que de alguna manera hicieron posible la realización de los mismos.

Agradecimientos

- Dr. Miguel A. Muñoz por siempre haber confiado en mí y haberme brindado su ayuda siempre que solicité de ella. Gracias por sus críticas positivas hacia este trabajo de investigación y por el tiempo dedicado.
- Dr. Alberto J. Beale por haber aceptado trabajar conmigo desinteresadamente y siempre estar presente cuando lo necesité.
- Agro. Carlos A. Flores por haber formado parte de mí equipo de trabajo y por la ayuda brindada en el trabajo de campo.
- Quiero agradecer la ayuda ofrecida por Floripe Cancel, Evelyn Roselló y Héctor Pino empleados del Departamento de Agronomía y Suelos de la Universidad de Puerto Rico, Recinto de Mayagüez.
- También quiero agradecer el apoyo brindado por mis amigos; César Zayas, Daivy Valentín, Jorge Pérez, Rockny Pérez, Jorge Lugo, Katherine Quiñones, Sandra Ortega, John Jairo Ramírez, Ulises Chardón, Rosimar Morales, Yazmín Rivera, Rebeca Tirado y Jacqueline Vega.

Tabla de contenido

1. Introducción	1
2. Objetivos	3
3. Revisión de literatura	4
3.1 Origen del jengibre.....	4
3.2 Descripción	4
3.3 Usos del jengibre	5
3.4 Siembra	5
3.5 Enfermedades	6
3.6 Riego	7
3.7 Fertilización	8
3.8 Cosecha	10
3.9 Exportación	11
4. Materiales y Métodos	13
5. Resultados y Discusión	18
6. Literatura citada	34
7. Apéndices	37

Lista de Tablas

1. Tabla 4.1. Nitrógeno aplicado por fertigación a los 2, 6 y 8 meses después de siembra	16
2. Tabla 5.1. Concentración de macronutrientes por el follaje en el 4 ^{to} mes después de la siembra	23
3. Tabla 5.2. Concentración de macronutrientes por el follaje en el 7 ^{mo} mes después de la siembra.....	24
4. Tabla 5.3. Concentración de macronutrientes por el rizoma en el 4 ^{to} mes después de la siembra.....	24
5. Tabla 5.4. Concentración de macronutrientes por el rizoma en el 7 ^{mo} mes después de la siembra.....	24
6. Tabla 5.5. Contenido de nitrógeno en el rizoma y el follaje en el 4 ^{to} y 7 ^{mo} mes después de la siembra (mg/muestra)...	24
7. Tabla 5.6. Contenido de potasio en el rizoma y el follaje en el 4 ^{to} y 7 ^{mo} mes después de la siembra (mg/muestra)...	25
8. Tabla 5.7. Concentración de aluminio y micronutrientes en el rizoma en el 4 ^{to} mes después de la siembra.....	27
9. Tabla 5.8. Concentración de aluminio y micronutrientes en el follaje en el 4 ^{to} mes después de la siembra.	27
10. Tabla 5.9. Concentración de aluminio y micronutrientes en el rizoma en el 7 ^{mo} mes después de la siembra.....	28
11. Tabla 5.10. Concentración de aluminio y micronutrientes en el follaje en el 7 ^{mo} mes después de la siembra.....	28

Lista de Figuras

1. Figura 4.1. Diseño Experimental de Bloques al Azar.....	13
2. Figura 4.2. Mapa de Puerto Rico.....	14
3. Figura 4.3. Sistema de fertigación.....	15
4. Figura 4.4. Muestra de rizoma y follaje.....	16
5. Figura 5.1. Efecto de los niveles de nitrógeno en el follaje fresco durante el ciclo de crecimiento.....	19
6. Figura 5.2. Efecto de los niveles de nitrógeno en el follaje seco durante el ciclo de crecimiento.....	19
7. Figura 5.3. Efecto de los niveles de nitrógeno en el rizoma fresco durante el ciclo de crecimiento.....	20
8. Figura 5.4. Efecto de los niveles de nitrógeno en el rizoma seco durante el ciclo de crecimiento.....	21
9. Figura 5.5. Concentración de nitrógeno en el follaje en el 4 ^{to} y 7 ^{mo} mes después de la siembra.....	25
10. Figura 5.6. Concentración de potasio en el follaje en el 4 ^{to} y 7 ^{mo} mes después de la siembra.....	26
11. Figura 5.7. Concentración de nitrógeno en el rizoma en el 4 ^{to} y 7 ^{mo} mes después de la siembra.....	26
12. Figura 5.8. Concentración de potasio en el rizoma en el 4 ^{to} y 7 ^{mo} mes después de la siembra.....	27
13. Figura 5.9. Efecto de los niveles de nitrógeno en el 4 ^{to} mes después de la siembra en el peso seco del rizoma y el follaje	30
14. Figura 5.10. Efecto de los niveles de nitrógeno en el 7 ^{mo} mes después de la siembra en el peso seco del rizoma y el follaje.....	31
15. Figura 5.11. Efecto de los niveles de nitrógeno en el % de humedad del follaje durante el ciclo de crecimiento.....	31

16. Figura 5.12. Efecto de los niveles de nitrógeno en el % de humedad del rizoma durante el ciclo de crecimiento.....	32
17. Figura 5.13. Efecto de los niveles de nitrógeno en la producción de jengibre.....	33

Lista de Apéndices

1. Apéndice A. Datos colectados mensualmente a partir del segundo mes después de la siembra.....	37
2. Apéndice B. Datos colectados al momento de la cosecha.....	44
3. Apéndice C. Concentración de macronutrientes en el cuarto y séptimo mes después de la siembra.....	45
4. Apéndice D. Concentración de elementos menores en el cuarto y séptimo mes después de la siembra.....	50
5. Apéndice E. Concentración de aluminio en el cuarto y séptimo mes después de la siembra.....	54
6. Apéndice F. Análisis de la varianza de la producción	55

1. Introducción

El jengibre (*Zingiber officinale*) es un cultivo de gran importancia económica en países como China, Japón, India, Nigeria, Sierra Leone, Australia, Jamaica, Costa Rica y República Dominicana. También se produce comercialmente en el estado de Hawaii (Rodríguez, 1971; Farell, 1990; Chung, 1998). En el mercado norteamericano hay una gran demanda por el rizoma del jengibre debido a su variada utilidad. El jengibre tiene usos muy variados, algunos de estos usos son la elaboración de condimentos de cocina, perfumes, dulces, bebidas, aceites y medicinas, entre otros. Las condiciones climatológicas y geográficas de Puerto Rico son favorables para obtener una producción de jengibre de alta calidad que cumpla con los requisitos del mercado de exportación. El cultivo de jengibre es una buena alternativa para los agricultores interesados en incursionar en el mercado de exportación. El mercado de exportación les permite a los agricultores aumentar su producción y sus ingresos.

El jengibre se cultiva principalmente en la zona central de Puerto Rico. En esta zona la topografía escarpada dificulta el manejo y encarece la producción ya que se dificulta la mecanización. Además de la topografía, otro factor que dificulta la producción de jengibre en Puerto Rico es la mano de obra ya que ésta resulta muy costosa. Este cultivo podría sembrarse en zonas costeras donde la mecanización y técnicas modernas de riego y fertilización disminuirían la mano de obra y reducirían los costos de producción.

El cultivo de jengibre requiere suelos de buen drenaje, profundos y libre de rocas, con un pH entre 5.5 y 6.5 (Maistre, 1969; Rodríguez, 1971; Kulavit, 1993). La mejor época de siembra es durante los meses de marzo a mayo. El exceso de humedad en los primeros meses de siembra resulta perjudicial ya que aumenta la sensibilidad del cultivo a enfermedades causadas principalmente por hongos y bacterias.

Las condiciones climatológicas de la zona noroeste de la isla están cercanas a las condiciones recomendadas (Aguilar, 2001) que son, una altura menor de 600 metros sobre el nivel del mar, temperaturas entre 25 y 30 °C y una precipitación anual cerca de 2,000 mm. Sin embargo, es necesario desarrollar estudios para una fertilización adecuada del cultivo y otras prácticas de manejo que nos permitan optimizar la producción. El nitrógeno es el nutrimento más limitante en la producción de la mayoría de los cultivos. Su aplicación por fertirrigación reduce los costos de producción y permite un uso más eficiente del fertilizante y del agua por el cultivo. En este estudio evaluamos distintos niveles de fertilización con nitrógeno, aplicado por fertirrigación. La fertirrigación no se ha usado en Puerto Rico con este cultivo y carecemos de información científica sobre la efectividad de esta práctica en la producción del jengibre.

2. Objetivos

1. Evaluar el efecto de fertilización con nitrógeno por medio de fertirrigación en el crecimiento y producción del jengibre.
2. Evaluar el patrón de crecimiento y madurez de la cosecha.

3. Revisión de literatura

3.1 Origen del jengibre

El jengibre (*Zingiber officinale*) es una planta originaria de las zonas tropicales del sureste asiático y es una de las especies más viejas e importantes obtenidas de los tallos de las plantas. Fue un producto importante en el comercio de los grandes imperios del pasado. Durante el segundo siglo antes de Cristo, en Alejandría se importaba jengibre desde el Mar Rojo (Rodríguez, 1971). El jengibre fue traído a Méjico a principios del siglo dieciséis desde Malabar, India por Francisco de Mendoza. Fue llevado a Jamaica y a otras islas del Caribe, cerca del año 1525. En el año 1580 fue importado a San Juan, Puerto Rico. La producción de jengibre en Puerto Rico aumentó rápidamente a pesar de haberse prohibido por su competencia con el cultivo principal de aquel entonces que era la caña de azúcar. El gobierno español estableció una prohibición del cultivo de jengibre en el año 1602 (Colón, 1930). En el año 1624 el jengibre de Puerto Rico fue exportado a España al Rey Fernando IV (Colón, 1930). Los productores más importantes de jengibre para esa época eran China, Japón, India, Nigeria, Sierra Leone, Puerto Rico, Hawaii y Jamaica (Rodríguez, 1971).

3.2 Descripción

La planta de jengibre se forma de un tallo subterráneo conocido como rizoma, del que parten los brotes aéreos. La planta puede alcanzar hasta 1.5 metros de altura. El rizoma está cubierto por hojas escamosas y en su parte inferior por pequeñas raíces adventicias cilíndricas (Aguilar 2001). Los rizomas

se presentan en forma de órganos irregulares y su desarrollo depende de las condiciones ecológicas y del manejo que recibe el cultivo durante el ciclo de producción. Los rizomas más gruesos pueden pesar más de 5 kilogramos y medir más de 40 centímetros (Fundación Hondureña de investigación Agrícola. Manual para la producción de jengibre en Honduras para exportación).

3.3 Usos del jengibre

El jengibre (*Zingiber officinale*) es el uno de los pocos cultivos del grupo de raíces y tubérculos tropicales que no se consume como alimento, sino en condimentos de comida, refrescos, perfumería y repostería (Aguilar, 2001). El jengibre no posee un alto valor como planta ornamental, pero ha sido utilizado extensamente alrededor del mundo como especie o aditivo alimenticio, para la fabricación de dulces, bebidas y aceites esenciales utilizados en la aromaterapia. Las cualidades aromáticas provienen de unas oleorresinas conocidas como gingerol, las cuales ocupan del 1 al 3% de los aceites producidos por el cultivo (Hasenohrl, 1998). Además, el jengibre ha sido utilizado como remedio natural para aliviar la artritis, el reumatismo, dolores musculares, catarrros, congestión, calambres e indigestión, entre otros. Por estas cualidades curativas el jengibre ocupa un lugar de gran importancia en el mercado de la medicina natural.

3.4 Siembra

La época de siembra más propicia es de marzo a mayo, y la temperatura recomendada para su crecimiento debe estar entre 25 y 26 °C (Evenson, 1978).

La siembra consiste en enterrar pedazos de la semilla de jengibre que posean al menos tres yemas. La profundidad de siembra recomendada es de 15 a 20 centímetros y la distancia entre plantas de 30 centímetros. El peso recomendado de la semilla debe ser de 70 a 80 gramos (Whiley, 1974). El cultivo de jengibre requiere de suelos que sean profundos y con una buena aireación. Suelos con buen drenaje y aireación proveen un buen medio para un desarrollo adecuado de los rizomas.

3.5 Enfermedades

El desarrollo de enfermedades bacterianas que ocasionan pudrición al rizoma ocurre bajo condiciones de drenaje deficiente. Hay dos bacterias que afectan este cultivo, *Pseudomonas* que causa la marchitez del jengibre y la *Erwinia* que causa la pudrición suave del rizoma en el campo y después de la cosecha. Además de las bacterias, se han encontrado hongos que causan pudrición del rizoma como *Pythium aphanidermatum*, *P. vexans*, *P. myriotylum*. Estos hongos generalmente atacan la semilla que se encuentra almacenada. Este hongo produce un crecimiento blanco y blando en la superficie del rizoma, luego va penetrando la semilla y la torna de un color marrón claro que va perdiendo el color en el interior de la semilla. Otro hongo que ataca el rizoma del jengibre es el *Fusarium*, éste comienza a manifestarse en la hojas viejas de la planta, tornándolas amarillas al comienzo de la enfermedad y luego se vuelven necróticas, cuando las hojas se encuentran necróticas ya el hongo ha llegado al rizoma y ocasiona que el rizoma se seque por completo y la planta

muera. Para evitar esta enfermedad se debe evitar el uso de semillas infectadas en la siembra.

Los nemátodos son otros organismos que afectan la plantación de jengibre. Los nemátodos pueden causar clorosis generalizada y necrosis en el borde de la hoja y raíces que crezcan distorsionadas. Esta condición va a reducir el crecimiento del rizoma y la producción.

3.6 Riego

Este cultivo requiere de una buena distribución de lluvia durante su ciclo de crecimiento. En zonas donde el período seco es mayor de dos meses consecutivos es necesario establecer un sistema de riego para evitar que el cultivo se queme por el sol o se cree un estrés relacionado a la falta de agua en el cultivo.

El sistema de riego más utilizado es el de aspersion ("sprinkle"), pero no es el más eficiente, porque suele perderse parte del agua y los nutrientes aplicados por efecto del viento. El sistema de riego por fertigación resulta muy eficiente porque permite aplicar la cantidad de agua necesaria y reduce las pérdidas de nutrientes por lixiviación. La fertigación es el método más conveniente y económico para la aplicación de fertilizantes (Randall et al, 1985), porque permite su aplicación directamente a la planta, reduciendo la pérdida de estos por absorción de las malezas. Este sistema posee varias ventajas según Randall, et al (1985), entre ellas: (1) bajo costo energético, laborable y de equipo, (2) gran flexibilidad en cuanto a tiempo y cantidad del fertilizante a

aplicar, (3) aplicación precisa por distribución de nutrientes en sistemas de poca presión, (4) reducción de pérdidas por lixiviación de nutrientes móviles.

3.7 Fertilización

La aplicación de fertilizantes pre-emergentes debe estar sujeta a un análisis de suelo, especialmente en lugares donde se va a sembrar por primera vez el cultivo de jengibre. La fertilización debe estar compuesta en su mayoría por nitrógeno, fósforo y potasio. El nitrógeno generalmente es aplicado a través del sistema de riego. Las aplicaciones van a estar relacionadas al crecimiento del cultivo y a la lluvia en esa época en particular. Whiley (1974) recomienda aplicar el 30% del nitrógeno total durante los primeros tres meses después de la siembra y el restante 70% aplicarlo durante el resto del ciclo del cultivo. Whiley (1974) recomienda que se utilicen 500 kg de urea por hectárea, 650 kg de fosfato de potasio y 1,000 kg de superfosfato para una mejor producción. Por otro lado, Broadley (2004) recomienda que se utilicen 500 kg/ha de urea si se hace una aplicación de material orgánico antes de la siembra o 550 kg/ha de urea si no se efectúa la aplicación de material orgánico. También recomienda que se hagan aplicaciones de fósforo como superfosfato antes de establecer la siembra a razón de 200 kg/ha en suelos con una alta fertilidad y de 500 kg/ha en suelos de baja fertilidad. En cuanto al potasio recomienda que se hagan aplicaciones de 90 kilogramos de potasio por hectárea como muriato de potasio y de 40 kilogramos por hectárea si el suelo posee un periodo de recuperación entre el establecimiento de nuevas siembras. La aplicación total de potasio según Broadley (2004) debe estar sujeta a una prueba de suelo. La cantidad de

potasio puede variar de 210 a 420 kg/ha en dos aplicaciones. La cantidad exacta va a depender de la cantidad de potasio que posea el suelo.

En suelos limoso arenosos se han identificado deficiencias de cobre y zinc por lo que Broadley (2004) recomienda la aplicación de 18 kg/ha de sulfato de cobre y de 20 kg/ha de sulfato de zinc heptahidratado antes de establecer la siembra, aplicados al voleo.

Además de la utilización de los fertilizantes inorgánicos se recomienda que se apliquen fertilizantes orgánicos como estiércol de ganado o gallinaza. Aplicaciones de 5,000 a 8,000 kg/ha de gallinaza o de estiércol de ganado es recomendable en muchos suelos que han sido sometidos a constante uso agrícola. En Honduras se recomienda la aplicación de la materia orgánica a los dos o tres meses antes de la siembra (Fundación Hondureña de Investigación Agrícola. Manual para la producción de jengibre en Honduras para exportación). Este tiempo es suficiente para que el material orgánico libere parte de sus nutrimentos. El cultivo puede absorber alrededor de 400 kg/ha de N, 145 kg/ha de P_2O_5 , y 950 kg/ha de K_2O del suelo (Lujju et al. 2004). Este particular alto requerimiento de potasio hace que el jengibre sea muy sensible a las bajas reservas de este nutrimento en el suelo. Las deficiencias de potasio además de reducir el rendimiento y calidad del cultivo también hacen el cultivo más susceptible a enfermedades. Aplicaciones adecuadas de potasio pueden aumentar el diámetro del tallo, la altura de la planta, el número de hojas y el tamaño del rizoma (Lujju et al, 2004).

3.8 Cosecha

La época de cosecha va a depender del uso del producto. El jengibre que va a ser utilizado para dulces debe cosecharse antes de que los rizomas comiencen a tornarse fibrosos o perder contenido de agua, la cosecha se debe realizar antes de seis meses de establecida la siembra. Para productos como condimento de comidas, aceites esenciales, entre otros se debe cosechar a los nueve meses después de la siembra (Whiley, 1974). El jengibre fibroso es inaceptable en el mercado de dulces. La cosecha para este mercado debe comenzar cuando el rizoma posee de un 40 a un 45% de fibra. Los métodos para cosechar varían con la topografía del terreno, pero la mayoría de los agricultores utilizan máquinas escavadoras adaptadas para la cosecha de papas (Whiley, 1974). En áreas montañosas se utiliza el método tradicional de la azada y el pico. El promedio para cosecha tardía en Australia es de 300 quintales por hectárea. En Puerto Rico las áreas de producción se concentran en la zona central montañosa de la isla lo que se dificulta la mecanización del cultivo. La cosecha en Puerto Rico se efectúa mediante el método tradicional del pico y la azada y se lleva a cabo entre los siete y doce meses de establecida la siembra.

Una vez cosechados los rizomas deben lavarse lo más rápido posible por que la tierra adherida se torna mucho más difícil de remover cuando se ha secado. Cada rizoma debe ser lavado, preferiblemente con agua a alta presión. Se recomienda que se sumerja la semilla en agua para que se humedezca bien la tierra y sea más fácil de desprender del rizoma. Se debe tener cuidado de no

provocar lecciones al rizoma mientras se lleva a cabo este procedimiento. Después del lavado se requiere de un rápido secado del producto en un lugar ventilado donde no reciba el impacto directo del sol, por que éste podría ocasionar la pérdida de humedad o provocar un arrugamiento del producto (Fundación Hondureña de investigación Agrícola. Manual para la producción de jengibre en Honduras para exportación).

3.9 Exportación

El jengibre es un cultivo prometedor para la agricultura de Puerto Rico. Durante muchos años esta especie ha sido producida en otros países como, China, Japón, India, Australia, Jamaica y República Dominicana, entre otros, quienes exportan su producto a los Estados Unidos. En Puerto Rico para el año 2002 – 2003, se produjeron 2,633 quintales de jengibre. El precio por quintal fue de 38.65 dólares y la aportación total al ingreso bruto agrícola fue de 102,000 dólares (Departamento de Agricultura, Estadísticas Agrícolas 2002-2003).

El jengibre para exportación debe cumplir con los requisitos mínimos de calidad establecidos por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). El jengibre se empaca por lo general en cajas de cartón con un peso de 12.27 a 13.63 kilogramos dependiendo del mercado y los requerimientos del importador.

El jengibre entra al mercado de los Estado Unidos bajo el programa denominado como la Iniciativa para el Caribe conocido como el “CBI”, donde el producto no paga impuestos de importación. En algunos estados podrían pagarse impuestos estatales o impuestos al consumo. Estados Unidos no exige

certificados fitosanitarios para la entrada de este producto a sus territorios (Fulder, 1998).

El Jengibre entra a Europa bajo el SGP, en el "Programa Especial de Cooperación de la Comunidad Europea (CE) para Exportaciones Agrícolas y Agroindustriales para Panamá y Centroamérica", conocido como el "Reglamento de la CE No. 3900" que fue expedido inicialmente el 16 de diciembre de 1991(Fulder 1998).

El programa anteriormente señalado ha sido extendido hasta el 2004. Dicho programa ha cambiado de designación y la última que conocemos (aunque sabemos que existe otra pendiente de identificación que trata sobre la extensión al 2004) es el Reglamento (CE) No. 1256/96 del 20 de junio de 1996 que extendió la vigencia del Reglamento 3900 al 30 de junio de 1999. Bajo este programa este producto no paga impuesto de importación. Se recomienda investigar país por país si existen algún impuesto o tasa que deba pagarse, como pueden ser impuestos estatales, provinciales o impuestos al consumo conocidos como "VAT" (Fulder, 1998).

4. Materiales y Métodos

Se estableció un experimento en un suelo Coto (*Very Fine, Kaolinitic Isohyperthermic Typic Eutruxox*) para evaluar el efecto de la fertilización con nitrógeno en el crecimiento y producción de jengibre.

Se utilizó un diseño en bloques completos al azar con cuatro repeticiones para un total de 16 parcelas experimentales. Cada parcela consistió de 50.85 metros cuadrados, conteniendo 6 calles con 20 plantas cada una. La distancia entre calles fue de 0.42 metros y de 0.28 metros entre plantas, para un total de 120 plantas por parcela (Figura 4.1).

Bk I	Bk II	Bk III	Bk IV
0 Kg/ha N	90 Kg/ha N	0 Kg/ha N	270 Kg/ha N
270 Kg/ha N	0 Kg/ha N	180 Kg/ha N	90 Kg/ha N
180 Kg/ha N	270 Kg/ha N	90 Kg/ha N	0 Kg/ha N
90 Kg/ha N	180 Kg/ha N	270 Kg/ha N	180 Kg/ha N

Figura 4.1. Diseño Experimental de Bloques al Azar

La semilla fue recolectada en dos fincas en la zona central de la isla. La zona central de la isla donde se encuentran la mayoría de las siembras de jengibre en Puerto Rico (Fig. 4.2). Está incluye los municipios de Barranquitas, Corozal, Naranjito y Orocovis. El peso de la semilla fluctuó entre 60 y 115

gramos. La semilla fue tratada con sulfato de cobre para prevenir enfermedades causadas por hongos del suelo.

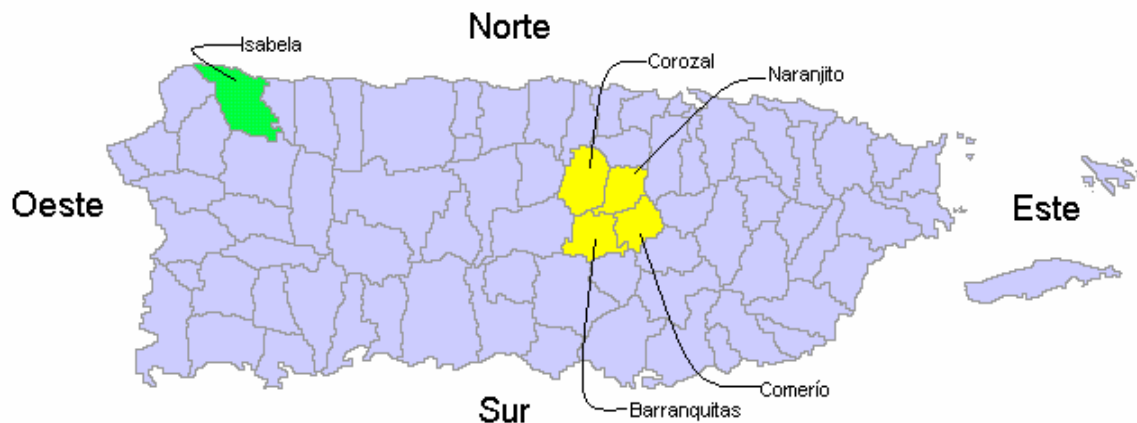


Figura 4.2. Mapa de Puerto Rico

El color verde identifica la municipalidad de Isabela donde se llevó a cabo el experimento. Esta zona posee una precipitación anual promedio de 160 centímetros al año y se encuentra a una altura de 120 metros sobre el nivel del mar. Las temperaturas son más altas que las temperaturas de la zona central con un valor promedio de 25° C. La zona central, donde se concentra la producción del cultivo de jengibre esta identificada con el color amarillo. Esta zona posee una precipitación anual promedio de 258.42 centímetros al año y se encuentra a una altura de 382 metros sobre el nivel del mar. Las temperaturas promedio de esta zona son de 23° C.

La preparación del terreno consistió de dos cortes de arado a una profundidad de 15 cm y dos rastrillados. Se realizó un análisis de suelo antes de comenzar el experimento donde se determinó el porcentaje de materia orgánica, el fósforo disponible (Bray I), la capacidad de intercambio catiónico y el pH del suelo. El análisis reflejó un porcentaje de materia orgánica de 2.58%, un

contenido de de fósforo disponible de 1.47 mg/kg, una capacidad de intercambio catiónica de 18.6 cmol/kg y un pH de 6.59. El porcentaje de materia orgánica se determinó por el método de oxidación Walkley and Black. El fósforo disponible se determinó por la prueba Bray I. La capacidad de intercambio de cationes se determinó por el método de suma de cationes. El pH del suelo se determinó en una suspensión 2:1 agua:suelo.

Los tratamientos de nitrógeno evaluados fueron 0 kg/ha, 90 kg/ha, 180 kg/ha y 270 kg/ha. La fuente de N que se utilizó fue urea la cual posee un 46% de N. La urea se aplicó por fertigración. El sistema de fertigración consistió de cuatro venturís para inyectar los tratamientos nitrogenados hasta las parcelas correspondientes (Fig. 4.3).



Figura 4.3. Sistema de fertigración

El P y el K se aplicaron a razón de 180 kg/ha en dos aplicaciones a los 2 y 6 meses después de la siembra. Se utilizó KCl como fuente de K y se aplicó por fertigración. El P se aplicó como superfosfato triple de forma granular.

Las fertigraciones de N se efectuaron a los 2, 6 y 8 meses después de la siembra. En la primera fertigración se aplicó el 25% del fertilizante y el 75%

restante se aplicó en aplicaciones iguales a los 6 y 8 meses después de la siembra (Tabla 4.1).

Tabla 4.1. N aplicado por fertirrigación a los 2, 6 y 8 meses después de la siembra.

Tratamientos	2 meses (kg/ha)	6 meses (kg/ha)	8 meses (kg/ha)
0 kg/ha	0	0	0
90 kg/ha	22.50	33.75	33.75
180 kg/ha	45.00	67.50	67.50
270 kg/ha	67.50	101.25	101.25

Se realizaron muestreos de plantas mensualmente comenzando a los dos meses después de la siembra para determinar el peso fresco y el peso seco del follaje y del rizoma. Cada muestreo consistió de cinco plantas con rizoma por parcela (Fig. 4.4), recolectadas de las cuatro calles de los bordes. Las dos calles del centro de la parcela se utilizaron para medir la producción.



Figura 4.4. Muestra de rizoma y follaje

Las muestras de rizoma fueron lavadas para remover el suelo. Se cortaron en pedazos pequeños y se secaron al horno a 65° C por 72 horas. Luego del secado se determinó el peso seco del rizoma y del follaje de la planta.

El contenido de nutrimentos del rizoma y el follaje fue analizado en las muestras recolectadas a los 4 y 7 meses después de la siembra. Muestras de 0.50 g de rizoma o follaje fueron digeridas en ácido nítrico utilizando un bloque de digestión en microondas. El contenido de nutrimentos fue analizado y cuantificado por “Inductive Couple Plasma” (ICP), en el “UGA Soil, Plant and Water Laboratory” de la Universidad de Georgia, Estados Unidos.

La cosecha se efectuó a los ocho meses y medio después de la siembra. La producción de las dos calles del centro se utilizó para determinar la producción por hectárea.

Los datos fueron analizados utilizando una tabla de ANOVA y una prueba de diferencia mínima significativa de Fisher. El programa estadístico utilizado fue InfoStat/p.

5. Resultados y Discusión

Por causa de un adelanto en la madurez fisiológica del cultivo, la última aplicación de fertilizante efectuada a los ocho meses después de la siembra no se consideró como parte de la aplicación originalmente propuesta en los Materiales y Métodos. A los 6 meses después de la siembra el tratamiento de 90 kg/ha de N había recibido 56 kg/ha de N, el tratamiento de 180 kg/ha de N había recibido 112 kg/ha de N y el tratamiento de 270 kg/ha de N había recibido 168 kg/ha de N (Tabla 4.1). Por esta razón los resultados se presentarán haciendo referencia a los niveles de fertilizante 0, 56, 112 y 168 kg/ha de N y no 0, 90, 180 y 270 kg/ha de N como se había planteado en los Materiales y Métodos.

El efecto de los niveles de nitrógeno sobre el peso fresco y seco del follaje y el rizoma se evaluó mensualmente y se presenta en las Figuras 5.1, 5.2, 5.3 y 5.4. Durante esta evaluación podemos observar las distintas etapas de crecimiento del cultivo.

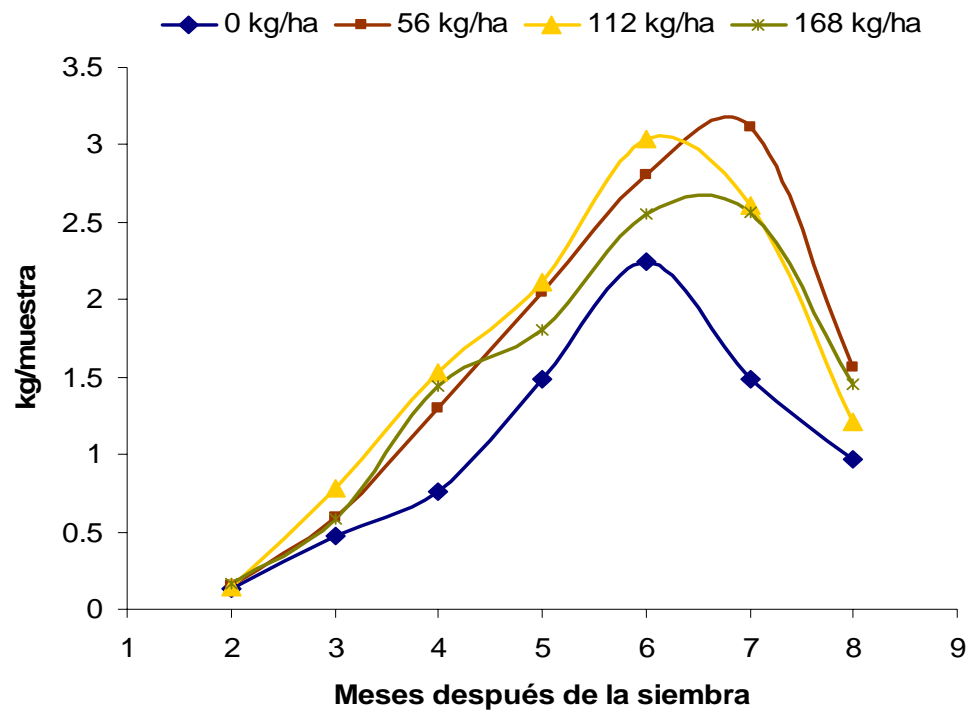


Figura 5.1. Efecto de los niveles de nitrógeno en el follaje fresco durante el ciclo de crecimiento.

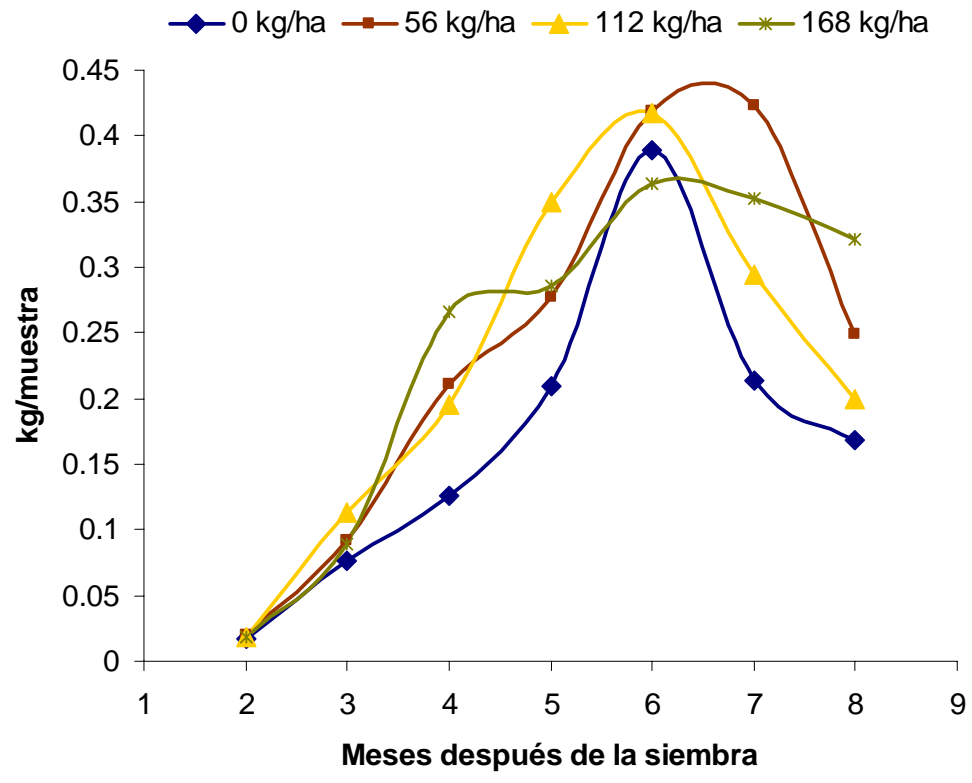


Figura 5.2. Efecto de los niveles de nitrógeno en el follaje seco durante el ciclo de crecimiento.

El crecimiento máximo del follaje fue alcanzado por la planta a los 6 meses después de la siembra. A los 6 meses, en el tratamiento de 0 kg/ha de N se obtuvo un peso fresco del follaje de 2.24 kg/muestra, en el tratamiento de 56 kg/ha de N 3.11 kg/muestra, en el tratamiento de 112 kg/ha de N 2.61 kg/muestra, y en el tratamiento de 168 kg/ha de N alcanzó 2.56 kg/muestra (Fig. 5.1) (Apéndice A). Si comparamos el peso fresco con el peso seco del follaje, observamos que ambos poseen una tendencia similar en el crecimiento mensual del follaje (Figs. 5.1 y 5.2).

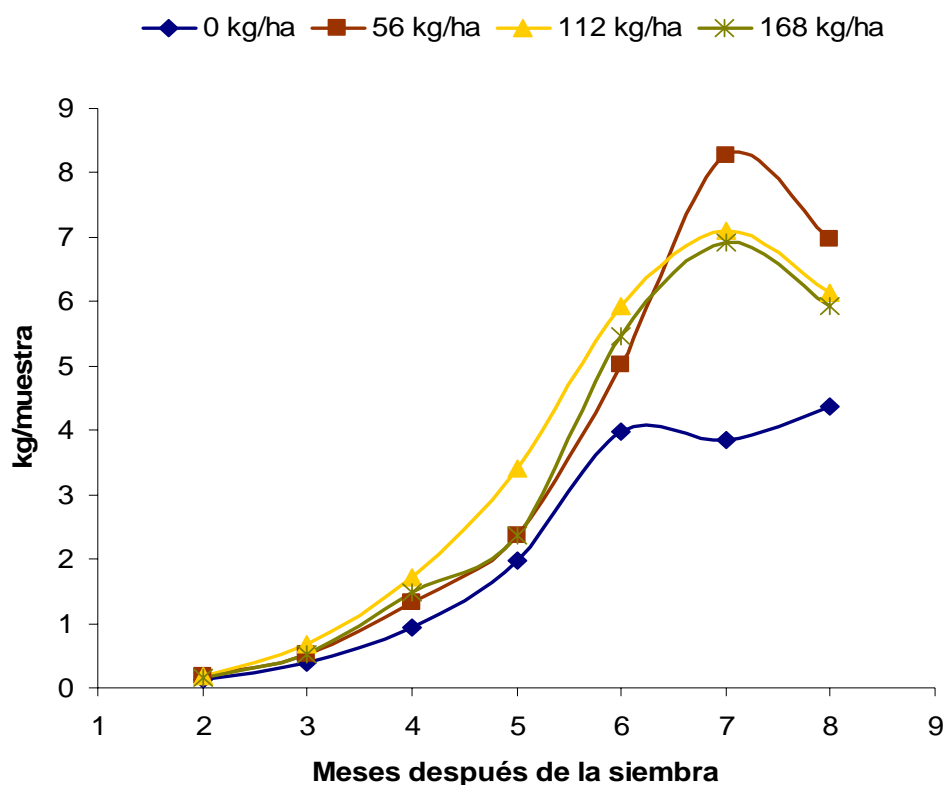


Figura 5.3. Efecto de los niveles de nitrógeno en el rizoma fresco durante el ciclo de crecimiento.

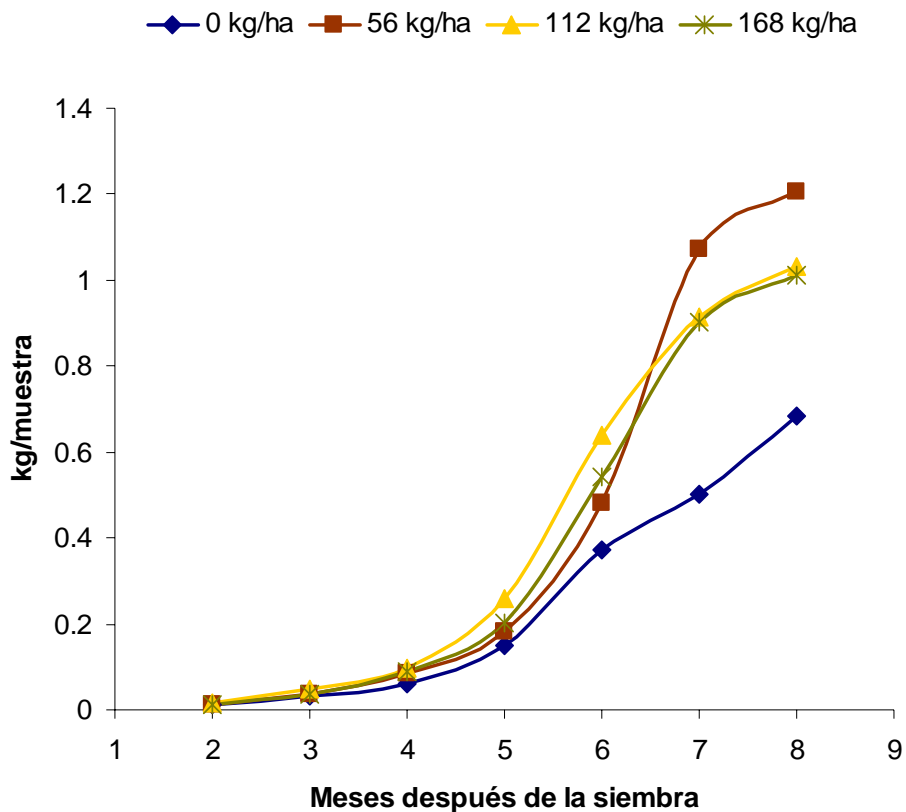


Figura 5.4. Efecto de los niveles de nitrógeno en el rizoma seco durante el ciclo de crecimiento.

El rendimiento máximo del rizoma fue alcanzado a los 6 meses después de la siembra en el testigo y a los 7 meses en los otros tratamientos (Figs. 5.3 y 5.4). El tratamiento de 0 kg/ha de N alcanzó un rendimiento fresco de 3.85 kg/muestra, el tratamiento de 56 kg/ha de N alcanzó un rendimiento de 8.26 kg/muestra, el tratamiento de 112 kg/ha de N alcanzó un rendimiento de 7.11 kg/muestra y el tratamiento de 168 kg/ha de N alcanzó un rendimiento de 6.91 kg/muestra (Fig. 5.3) (Apéndice A). El peso fresco y el peso seco del rizoma muestran un patrón similar durante todo el ciclo de crecimiento del cultivo de jengibre (Figs. 5.3 y 5.4).

Si observamos los rendimientos mensuales del peso fresco del follaje y del rizoma encontramos que los tratamientos de 56, 112 y 168 kg/ha de N a

partir del 3^{er} mes después de la siembra presentan rendimientos mayores al tratamiento de 0 kg/ha de N (Figs. 5.1 y 5.3). La florecida del cultivo se observó a los 5 meses después de la siembra. La florecida ocurrió primero en las parcelas correspondientes al tratamiento de 0 kg/ha de N, lo que indica una madurez más temprana que en las plantas que fueron tratadas con N. La madurez más tardía de las parcelas fertilizadas con N se evidencia en la figura 5.3. El peso del rizoma en las parcelas de 0 kg/ha de N alcanza su valor máximo a los 6 meses después de la siembra y se mantiene constante hasta la cosecha. En el caso de los tratamientos de 56, 112 y 168 kg/ha de N el valor máximo se alcanza a los 7 meses después de la siembra.

El follaje alcanza sus rendimientos máximos en el 6^{to} mes después de la siembra mientras que el rizoma alcanza sus rendimientos máximos en el 7^{mo} mes después de la siembra. A partir del 6^{to} mes se observó senescencia acelerada del follaje. La madurez y senescencia del cultivo se observa más tardíamente en la zona montañosa. Observaciones de campo en esa zona indican que el jengibre alcanza su madurez óptima alrededor de los diez meses. En la zona de nuestro estudio la madurez se observó entre el séptimo y octavo mes después de la siembra. Esta madurez más temprana puede estar relacionada a las condiciones climáticas y topográficas de la zona norte de la isla donde las temperaturas son más altas y la elevación sobre el nivel del mar es menor en comparación con la zona tradicional del cultivo que es la zona central de la isla.

Se realizó un análisis de absorción de nutrimentos en el 4^{to} y 7^{mo} mes después de la siembra. La absorción de nutrimentos se puede relacionar con las distintas etapas fenológicas del cultivo. Conocer esta absorción nos ayuda a hacer mejor uso del fertilizante por que podremos aplicar más cantidad en las etapas fenológicas de mayor requerimiento.

No se encontraron diferencias significativas en la concentración de N, P, K, Ca, Mg y S en el follaje y el rizoma en relación a los diferentes tratamientos de N (Tablas 5.1, 5.2, 5.3 y 5.4). La concentración de N en el follaje en el 7^{mo} mes después de la siembra resultó significativamente menor a la concentración de N en el 4^{to} mes después de la siembra (Fig. 5.5). No se encontraron diferencias en la concentración y el contenido de K en el follaje en el 4^{to} y 7^{mo} mes después de la siembra (Fig. 5.6) (Tabla 5.5). La concentración de N y K en el rizoma en el 4^{to} mes después de la siembra fue significativamente mayor al 7^{mo} mes después de la siembra (Figs. 5.7 y 5.8), mientras que el contenido de N y K por el contrario resultó significativamente mayor en el 7^{mo} mes después de la siembra (Tablas 5.5 y 5.6). Al comparar el 4^{to} y 7^{mo} mes después de la siembra encontramos que no hubo diferencia en la concentración de P, Ca, Mg y S en el follaje y el rizoma. (Tablas 5.1, 5.2, 5.3 y 5.4).

Tabla 5.1. Concentración de macronutrimentos por el follaje en el 4^{to} mes después de la siembra.

Tratamientos	% N	% P	% K	% Ca	% Mg	% S
0 kg/ha	2.11	0.20	3.97	1.36	0.67	0.20
56 kg/ha	2.02	0.21	4.02	1.40	0.65	0.20
112 kg/ha	1.96	0.20	4.33	1.41	0.57	0.19
168 kg/ha	2.20	0.24	3.84	1.44	0.66	0.20

Tabla 5.2. Concentración de macronutrientos por el follaje en el 7^{mo} mes después de la siembra.

Tratamientos	% N	% P	% K	% Ca	% Mg	% S
0 kg/ha	1.32	0.23	3.80	3.21	0.55	0.32
56 kg/ha	1.44	0.23	3.59	2.76	0.88	0.26
112 kg/ha	1.48	0.22	2.83	2.36	0.85	0.24
168 kg/ha	1.59	0.20	3.34	2.54	0.84	0.25

Tabla 5.3. Concentración de macronutrientos por el rizoma en el 4^{to} mes después de la siembra.

Tratamientos	% N	% P	% K	% Ca	% Mg	% S
0 kg/ha	1.37	0.23	4.57	0.38	0.62	0.17
56 kg/ha	1.40	0.23	4.41	0.39	0.63	0.17
112 kg/ha	1.23	0.22	4.33	0.38	0.55	0.15
168 kg/ha	1.20	0.22	4.42	0.37	0.56	0.15

Tabla 5.4. Concentración de macronutrientos por el rizoma en el 7^{mo} mes después de la siembra.

Tratamientos	% N	% P	% K	% Ca	% Mg	% S
0 kg/ha	0.90	0.24	2.45	0.25	0.280	0.17
56 kg/ha	1.06	0.22	2.31	0.23	0.32	0.16
112 kg/ha	0.96	0.22	1.98	0.22	0.33	0.15
168 kg/ha	1.11	0.21	2.20	0.20	0.30	0.17

Tabla 5.5 Contenido de nitrógeno en el rizoma y el follaje en el 4^{to} y 7^{mo} mes después de la siembra (mg/muestra).

Tratamientos	Rizoma		Follaje	
	4 ^{to} mes	7 ^{mo} mes	4 ^{to} mes	7 ^{mo} mes
0 kg/ha	857.96 (a)	4509.23 (b)	2645.73 (a)	2806.44 (a)
56 kg/ha	1174.60 (a)	11370.64 (b)	4273.01 (a)	6090.41 (a)
112 kg/ha	1197.00 (a)	8763.55 (b)	3850.46 (a)	4362.00 (a)
168 kg/ha	1051.56 (a)	10004.15 (b)	5867.22 (a)	5605.55 (a)

Letras iguales significa que no existen diferencias significativas.

Tabla 5.6 Contenido de potasio en el rizoma y el follaje en el 4^{to} y 7^{mo} mes después de la siembra (mg/muestra).

Tratamientos	Rizoma		Follaje	
	4 ^{to} mes	7 ^{mo} mes	4 ^{to} mes	7 ^{mo} mes
0 kg/ha	2861.96 (a)	12275.11 (a)	4977.98 (a)	8140.82 (a)
56 kg/ha	3699.99 (a)	24779.42 (a)	8503.71 (a)	15183.73 (a)
112 kg/ha	4213.83 (a)	18074.83 (a)	8463.20 (a)	8340.86 (a)
168 kg/ha	3873.25 (a)	19828.05 (a)	10240.97 (a)	11775.17 (a)

Letras iguales significa que no existen diferencias significativas.

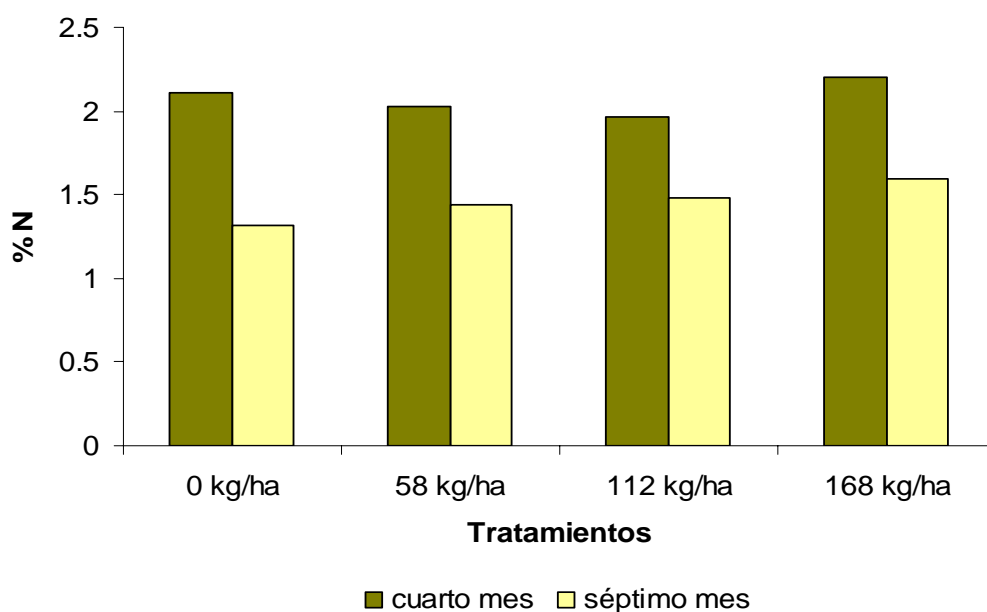


Figura 5.5. Concentración de nitrógeno en el follaje en el 4^{to} y 7^{mo} mes después de la siembra.

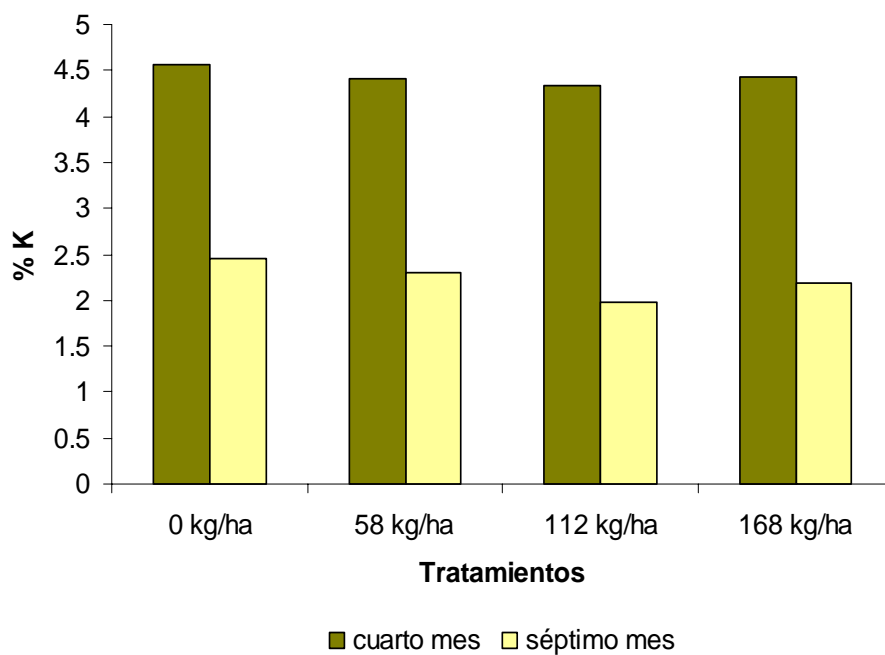


Figura 5.6. Concentración de potasio en el follaje en el 4^{to} y 7^{mo} mes después de la siembra.

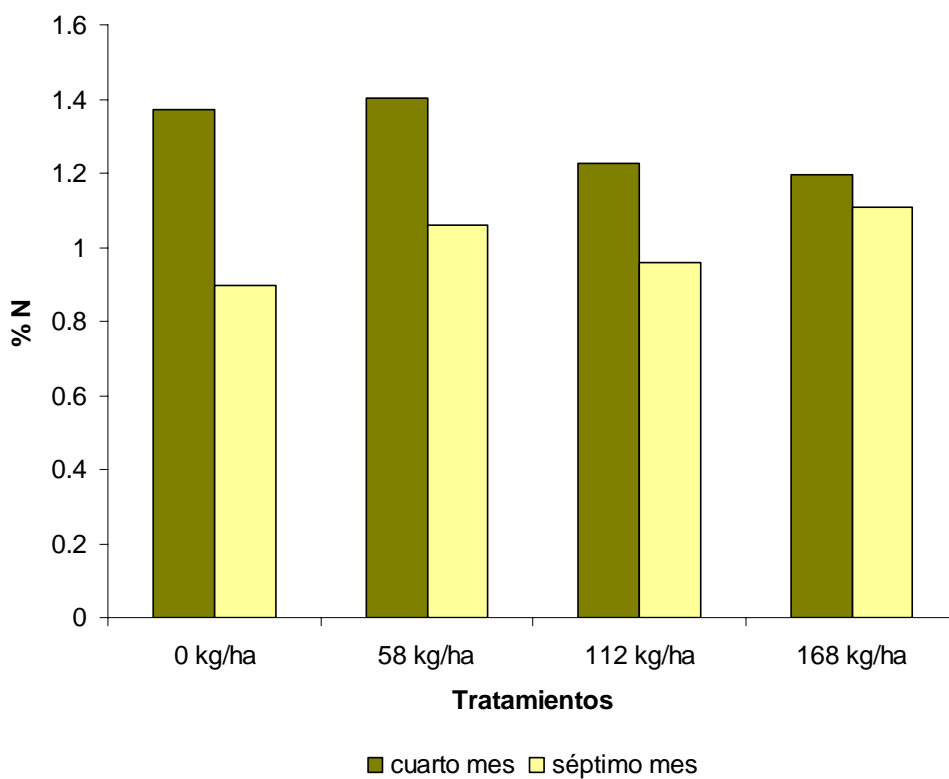


Figura 5.7. Concentración de nitrógeno en el rizoma en el 4^{to} y 7^{mo} mes después de la siembra.

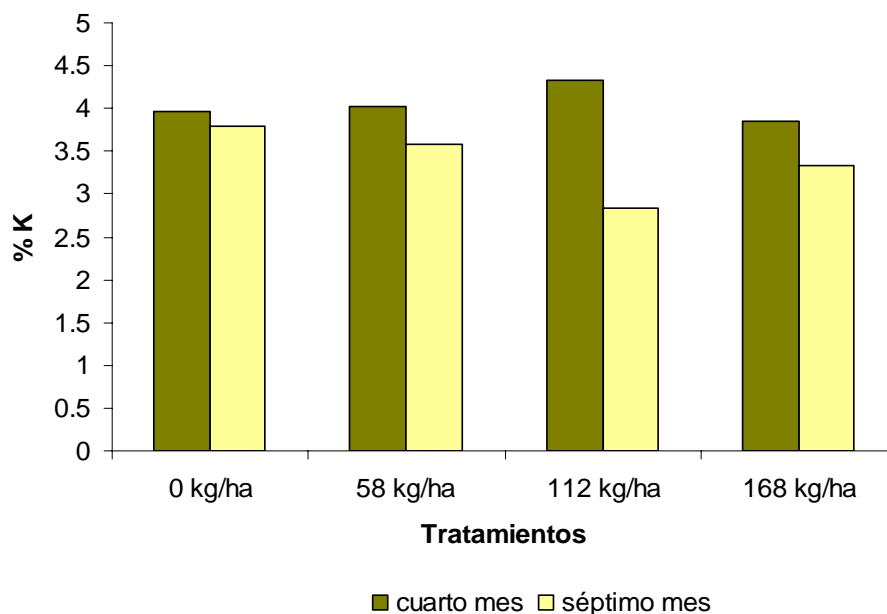


Figura 5.8. Concentración de potasio en el rizoma en el 4^{to} y 7^{mo} mes después de la siembra.

La concentración de Al y micronutrientos se presenta en las tablas 5.7, 5.8, 5.9 y 5.10.

Tabla 5.7. Concentración de aluminio y micronutrientos por el rizoma en el 4^{to} mes después de la siembra.

Tratamientos	mg/kg Al	mg/kg Fe	mg/kg Cu	mg/kg Mn	mg/kg Zn	mg/kg B
0 kg/ha	3,608	3,820	25.49	1014.05	57.83	9.92
56 kg/ha	3,234	3,604	26.84	966.45	60.63	9.90
112 kg/ha	4,144	4,933	28.85	859.87	50.72	7.62
168 kg/ha	3,422	3,561	22.00	854.92	50.89	9.28

Tabla 5.8. Concentración de aluminio y micronutrientos por el follaje en el 4^{to} mes después de la siembra.

Tratamientos	mg/kg Al	mg/kg Fe	mg/kg Cu	mg/kg Mn	mg/kg Zn	mg/kg B
0 kg/ha	4,052	4,060	23.20	532.75	38.55	10.23
56 kg/ha	5,033	6,169	33.48	524.35	43.66	8.17
112 kg/ha	4,143	4,897	28.54	505.85	42.26	9.22
168 kg/ha	6,152	6,751	32.07	517.82	40.67	8.60

Tabla 5.9. Concentración de aluminio y micronutrientos por el rizoma en el 7^{mo} mes después de la siembra.

Tratamientos	mg/kg Al	mg/kg Fe	mg/kg Cu	mg/kg Mn	mg/kg Zn	mg/kg B
0 kg/ha	3,489	3,500	12.69	328.40	23.57	2.20
56 kg/ha	2,763	3,726	10.75	337.92	24.29	3.03
112 kg/ha	3,049	3,058	11.06	342.40	29.10	2.67
168 kg/ha	4,102	2,958	11.35	327.82	25.62	3.22

Tabla 5.10. Concentración de aluminio y micronutrientos por el follaje en el 7^{mo} mes después de la siembra.

Tratamientos	mg/kg Al	mg/kg Fe	mg/kg Cu	mg/kg Mn	mg/kg Zn	mg/kg B
0 kg/ha	2,182	2,175	12.12	448.77	64.76	13.90
56 kg/ha	2,991	3,134	11.70	549.17	56.11	13.52
112 kg/ha	2,393	2,461	16.30	503.32	53.97	14.56
168 kg/ha	1,666	1,685	10.25	557.80	53.76	15.16

No se encontraron diferencias significativas en la concentración de Al, Fe, Cu, Mn, Zn y B en el follaje y el rizoma en relación a los distintos tratamientos de nitrógeno. Las concentraciones de Fe y Al resultaron significativamente superiores a las concentraciones de los restantes elementos. Se encontraron diferencias significativas en la concentración de Fe, Mn, Zn y B entre el 4^{to} y 7^{mo} mes después de la siembra. La concentración de Cu, Mn, Zn y B fue menor en el rizoma a los 7 meses después de la siembra. Sin embargo la concentración de Cu en el follaje en el séptimo mes fue menor, pero la concentración de Zn, Mn y B se mantuvo constante. La reducción en la concentración de micronutrientos a los 7 meses después de la siembra puede ser el resultado de un efecto de dilución debido a una mayor masa producida. Por ejemplo si

tomamos el peso seco del rizoma en el 4^{to} y 7^{mo} mes después de la siembra y lo multiplicamos por la concentración de Mn correspondiente al tratamiento de 112 kg/ha de N, encontramos que la absorción total del elemento o el contenido del elemento es mayor en el 7^{mo} mes después de la siembra, aunque la concentración sea menor que la concentración del 4^{to} mes después de la siembra. En el 4^{to} mes después de la siembra el peso seco del rizoma fue de 0.097 kg, que al multiplicarlo por la concentración de Mn 859.87 mg/kg obtenemos una absorción de 83.67 mg/muestra de Mn. Mientras que en el 7^{mo} mes después de la siembra el peso seco del rizoma fue de 0.912 kg, que multiplicado por la concentración de 342.40 mg/kg Mn se obtuvo una absorción de 312.56 mg/muestra de Mn.

La madurez del cultivo ocurrió a los 7 meses después de la siembra. La primera evidencia de madurez fisiológica fue la reducción en el peso del follaje después del séptimo mes (Fig. 5.1). Tampoco se observó un aumento significativo en el peso del rizoma a partir de esa fecha (Fig. 5.3). En las figuras 5.9 y 5.10 se observa que el peso seco del rizoma es menor al peso seco del follaje a los cuatro meses, sin embargo la relación es a la inversa en el séptimo mes. El peso seco del rizoma es significativamente mayor al del follaje. Los cambios en madurez fisiológica del cultivo también podemos observarlos en el contenido de agua del follaje y el rizoma durante el ciclo de crecimiento (Figs. 5.11 y 5.12). El porcentaje de humedad del follaje se mantiene constante hasta el 7^{mo} mes después de la siembra, disminuyendo significativamente en el 8^{vo} mes.

El porcentaje de humedad del follaje presenta una disminución de 83% en el 7^{mo} mes a 62% en el 8^{vo} mes para el tratamiento de 0 kg /ha de N, de 84% a 81% para el tratamiento de 56 kg/ha de N, de 87% a 76% para el tratamiento de 112 kg/ha de N y de 81% a 75% para el tratamiento de 168 kg/ha de N. El porcentaje de humedad del rizoma se mantiene constante hasta el 4to mes y luego disminuye gradualmente hasta el 8^{vo} mes. El contenido de humedad disminuye de 93% en el mes 4^{to} a 84% en el 7^{mo} para el tratamiento de 0 kg/ha de N, de 93% a 83% para el tratamiento de 56 kg/ha de N, de 94% a 83% para el tratamiento de 112 kg/ha de N y de 94% a 83% para el tratamiento de 168 kg/ha de N. No se encontraron diferencias significativas en el porcentaje de humedad en relación a los tratamientos de N.

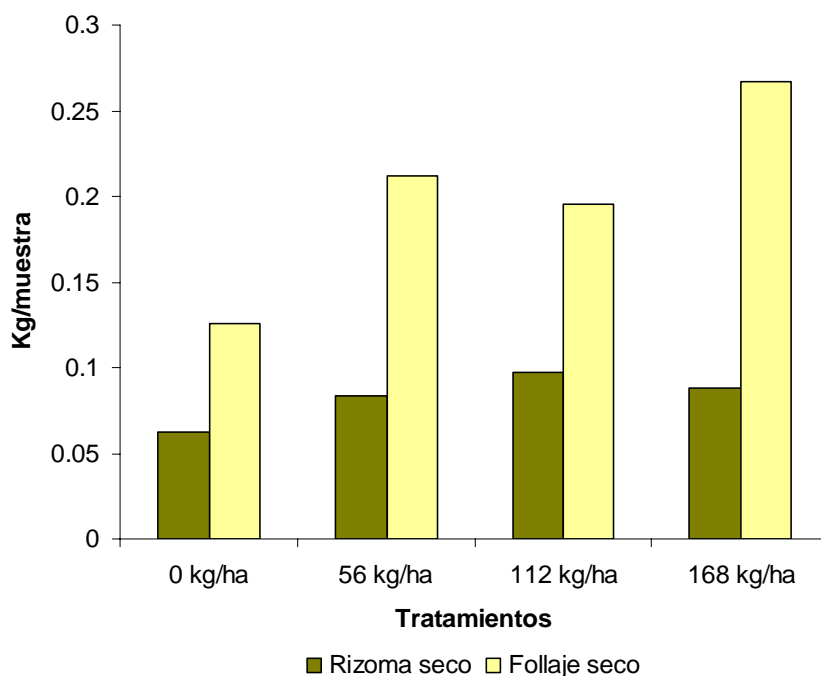


Figura 5.9. Efecto de los niveles de nitrógeno en el peso seco del rizoma y el follaje en el 4^{to} mes después de la siembra.

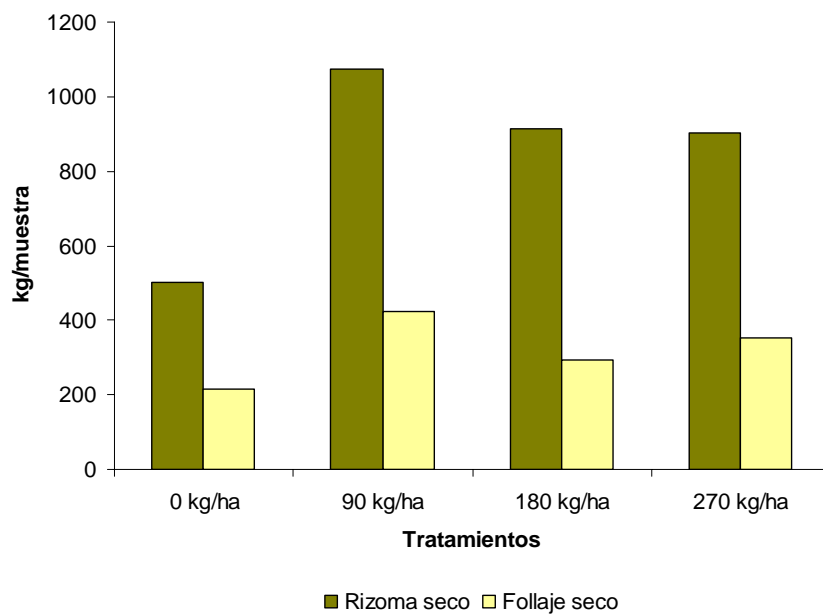


Figura 5.10. Efecto de los niveles de nitrógeno en el peso seco del rizoma y el follaje en el 7^{mo} mes después de la siembra.

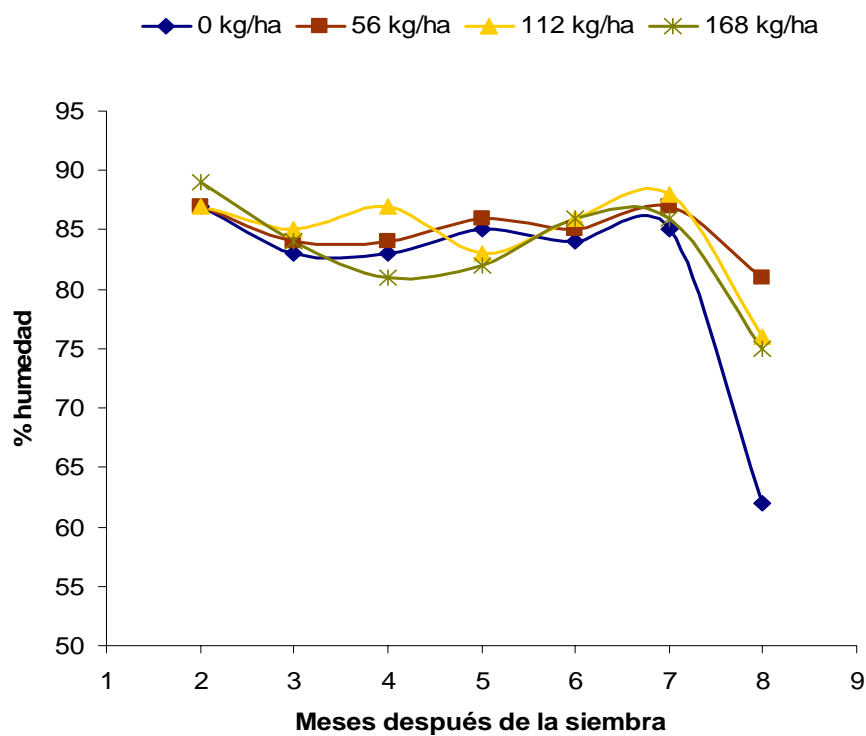


Figura 5.11. Efecto de los niveles de nitrógeno en el % de humedad del follaje durante el ciclo de crecimiento.

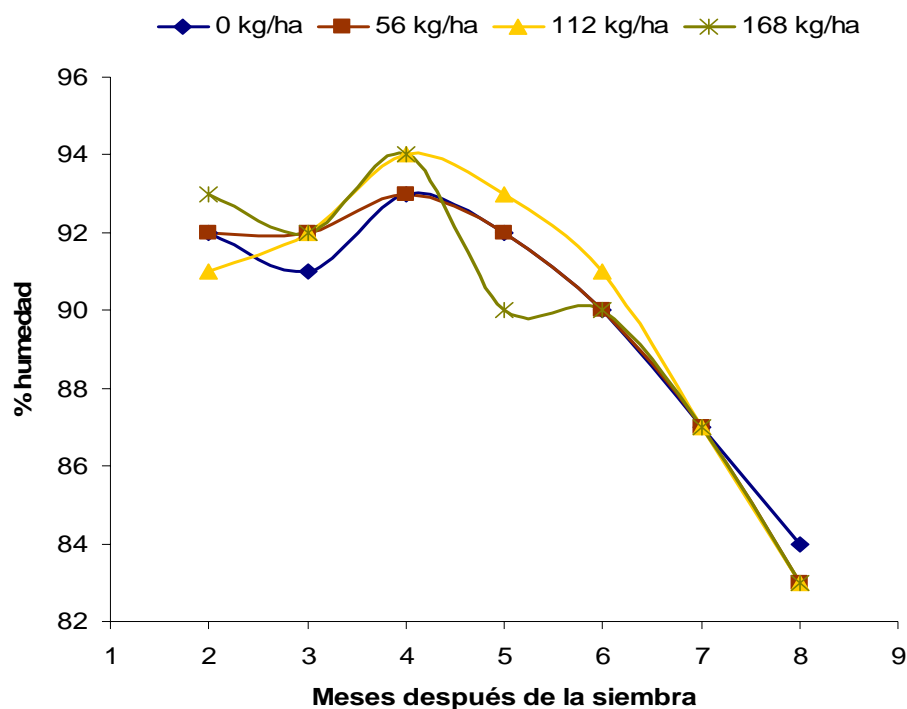


Figura 5.12. Efecto de los niveles de nitrógeno en el % de humedad del rizoma durante en ciclo de crecimiento.

La cosecha se realizó a los ocho meses y medio después de la siembra. El tratamiento de 0 kg/ha de N produjo 47.7 ton/ha de rizoma fresco, el tratamiento de 56 kg/ha de N produjo 56.2 ton/ha, el de 112 kg/ha de N produjo 68.9 ton/ha y el de 168 kg/ha de N produjo 62.0 ton/ha (Fig. 5.13). El tratamiento de 112 kg/ha de N resultó significativamente superior al tratamiento de 0 kg/ha de N, sin embargo no se observaron diferencias significativas entre los demás tratamientos (Fig. 5.13) (Apéndice F). La producción óptima alcanzada de 68.9 ton/ha es excelente. Las producciones alcanzadas por los agricultores en la zona de la montaña fluctúan de 20 a 30 ton/ha, lo que representa aproximadamente un 30% de la producción obtenida bajo las condiciones de estudio.

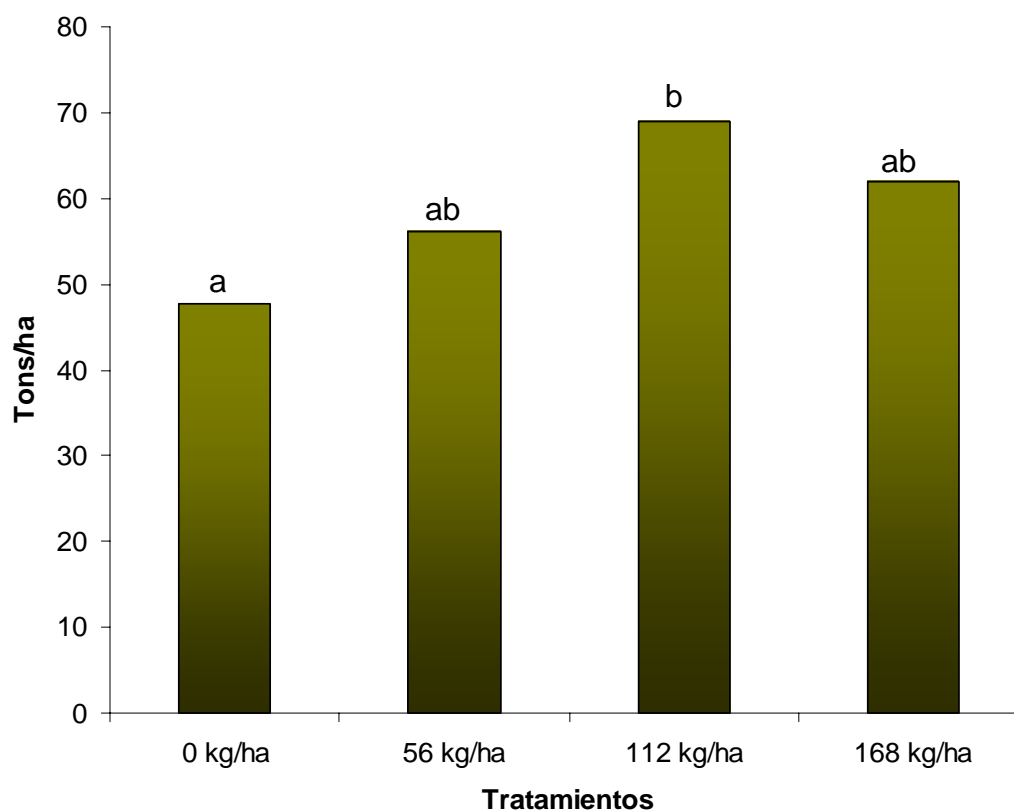


Figura 5.13. Efecto de los niveles de nitrógeno en la producción de jengibre.

Los resultados del estudio indican que una aplicación de nitrógeno de 90 a 100 kg /ha es suficiente para obtener una producción óptima. El fertilizante debe aplicarse antes del sexto mes después de la siembra ya que bajo las condiciones prevalecientes en el lugar de estudio, el cultivo alcanza su madurez a los siete meses. La madurez más temprana del jengibre en la zona de la costa reduce el costo de producción y permitiría coordinar las siembras con las de la zona central para poder abastecer mejor el mercado de exportación.

6. Literatura citada

- Aguilar, E., (2001). Guía del cultivo de jengibre. Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica. [En línea]. Disponible en www.infoagro.go. Revisado 13/11/2004.
- Aleamar, C. Jr., (1944). Las probabilidades de producción de jengibre en Puerto Rico. *Revista de Agricultura Industria y Comercio de Puerto Rico* 35: 25-27.
- Boadley, R (2004). Ginger in Queensland Comercial Production. [En línea]. Disponible en www.dpi.qld.gov.au/horticulture/4748.html. Revisado 29/03/2005.
- Chung, P., (1998). Outbrake of ginger (*Zingiber officinale* Rosc.) rhizome rot in the major growing areas of Jamaica. *Proc. Caribbean Food Crops Society*. 34: 220-228.
- Colon, E.D., (1930). Del azúcar a la cañafistula y el jengibre. Datos sobre la agricultura de Puerto Rico antes de 1898. p 46-50.
- Departamento de Agricultura de P R, (2002-2003). Oficina de Estadísticas Agrícolas 2002-2003. Ingreso Bruto de la Agricultura de Puerto Rico. Apéndice 1:p25.
- Evenson, J.P., (1978). Germination and early growth of ginger (*Zingiber officinale*, Roscoe), II – Effects of 2-cloeroethyl phosphonic acid or elevated temperatures pretreatments. *Trop. Agric. (Trinidad)* 55: 127-134
- Evenson, J.P., Bryant, P.J., and Asher, C.J., (1978). Germination and early growth of ginger (*Zingiber officinale*, Roscoe), I – Effects of constant and fluctuating soil temperature. *Trop. Agric. (Trinidad)* 55: 1-7.
- Farell, K.T., (1990). Spices, Condiments and Seasonings. Second Edition. Van Nostrand Reinhold, New York. p. 102-107.
- FAO (1999). Norma del Codex para el Jengibre. CODEX STAN 218-1999. [En línea]. Disponible www.fao.org (revisado el 28 de marzo de 2005).
- Fulder, S (1998). El Libro del Jengibre. Barcelona, España, ediciones Martines Roca.
- Fundación Hondureña de Investigación Agrícola. Manual para la producción de jengibre en Honduras para exportación.
- Furutani, S.C., Villanueva, J. and Tanabe, M.J. (1985). Effect of ethephon and heath on the growth and yield of edible ginger. *Hortscience* 20: 392-393.

Havlin, J., L., Beaton, J.,D., Tisdale, S.,L., Nelson, W.,L.,(1999). Soil Fertility and Fertilizers. An Introduction to Nutrient Management. 86-153.

Hasenohrl, U.R. (1998). Dissociation between anxiolytic and hypomnestic effects for combined extracts of *Zingiber officinale* and *ginkgo biloba*, as opposed to diazepam. Pharmacol. Biochem. Behav. 59: 527-535.

Kilmer, F.B. (1903). El jengibre en Jamaica. Departamento de Botánica de Jamaica. Traducido por el Departamento del Interior de Puerto Rico, Negociado de Agricultura y Minas. 15: 5-13.

Kulavit W. (1993). Ginger rot., Economic Fact Sheet #19. College of Tropical Agriculture and Human Resources. University of Hawaii. p.1-4.

León, J. (1987). Botánica de los cultivos tropicales. IICA. p. 99-100.

Luiju, L, G. Xisheng, G. Liejun, D. Nan, and Z. Lin. (2004). Ginger Response to Potassium in Anhui Province. Better Crops with Plant Food 88: 22-25.

Maistre, J.,(1969). Las plantas de especias. Colección de Agricultura Tropical. Editorial Blume., Tuset.8 Barcelona. España. p. 21-56.

Marschner, H.,(1988). Mineral Nutrition of Higher Plants. 2nd edition. p.231-251.

Okwuowulu, P.A., (1988). Parent-sett re-cycling in edible ginger (*Zingiber officinale* Rosc.) production in South-Eastern Nigeria. Trop. Sci. 28: 177-184.

Randall, G, K. L. Wells, J.J. Hanway, (1985). Fertilizer Technology and Use 3th edition. Fertilizer Application with Irrigation. p. 540 – 548.

Rodríguez, D.W., (1971). Ginger a short economic history. Agricultural Planning Unit. Ministry of Agriculture and Fisheries. Jamaica . Comodity Bulletin 4: 2-34.

Sanewski, G.M., Fukai, S., Giles, J., (1996). Shoot emergence of ginger (*Zingiber officinale* Rosc.) as affected by time of lifting, storage, size and type of planting pieces. Trop. Agric. (Trinidad) 73: 286-291.

Smith, M.K. and Hamil, S.D.(1996) Field evaluation of micropropagated and conventionally propagated ginger in subtropical Queensland, Australian J. Exptl. Agric 36: 347-354.

Soil Survey Staff (2004). Soil Survey Laboratory Data and Soil Description of Puerto Rico and U.S. Virgin Island. USDA-NRCS National Soil Survey Center. Soil Survey Invest. Report No. 49. US Gov Printing Office, Washington, D.C.

Whiley, A.W., (1974). Ginger growing in Queensland. Queensl. Agric. F. 100: 551-557

7. Apéndices

Apéndice A. Datos colectados mensualmente a partir del segundo mes después de la siembra

Datos colectados el segundo mes después de la siembra

Peso Fresco Bk/trat	Rizoma (g)	Follaje (g)	Peso Seco Bk/trat	Rizoma (g)	Follaje (g)
IV4	167.36	164.11	IV4	12.18	10.97
IV2	150.37	114.96	IV2	14.91	18.52
IV1	135.34	102.30	IV1	13.05	8.52
IV3	216.91	215.95	IV3	26.11	13.63
III1	112.12	98.38	III1	12.08	9.86
III3	169.87	152.03	III3	17.36	26.04
III2	161.30	141.06	III2	16.96	10.51
III4	208.02	198.11	III4	25.49	10.87
II2	226.66	192.64	II2	25.34	8.96
II1	149.01	154.05	II1	17.44	10.93
II4	148.36	136.10	II4	15.23	8.57
II3	126.33	111.24	II3	16.77	8.88
I1	160.62	175.76	I1	23.89	11.84
I4	142.43	152.75	I4	20.52	10.54
I3	135.44	102.58	I3	12.67	10.53
I2	158.73	151.80	I2	19.41	9.98

Tratamiento 1 = 0kg/ha N

Tratamiento 2 = 56kg/ha N

Tratamiento 3 = 112kg/ha N

Tratamiento 4 = 168kg/ha N

Apéndice A (Cont.). Datos colectados mensualmente a partir del segundo mes después de la siembra

Datos colectados el tercer mes después de la siembra

Peso Fresco Bk/trat	Rizoma (g)	Follaje (g)	Peso Seco Bk/trat	Rizoma (g)	Follaje (g)
IV4	469.00	594.00	IV4	36.22	87.47
IV2	600.00	583.00	IV2	41.72	91.51
IV1	489.00	697.00	IV1	38.37	100.46
IV3	676.00	781.00	IV3	50.72	114.85
III1	390.00	441.00	III1	33.09	71.57
III3	570.00	687.00	III3	41.39	99.50
III2	426.00	584.00	III2	31.05	85.65
III4	538.00	640.00	III4	39.89	93.18
II2	445.00	514.00	II2	36.86	85.25
II1	447.00	462.00	II1	33.09	74.89
II4	628.00	717.00	II4	43.84	108.87
II3	731.00	730.00	II3	48.41	105.14
I1	229.00	305.00	I1	28.78	56.65
I4	437.00	402.00	I4	32.22	68.69
I3	773.00	911.00	I3	47.02	133.55
I2	610.00	705.00	I2	42.32	105.73

Tratamiento 1 = 0kg/ha N

Tratamiento 2 = 56kg/ha N

Tratamiento 3 = 112kg/ha N

Tratamiento 4 = 168kg/ha N

Apéndice A (Cont). Datos colectados mensualmente a partir del segundo mes después de la siembra

Datos colectados el cuarto mes después de la siembra

Peso Fresco Bk/trat	Rizoma (g)	Follaje (g)	Peso Seco Bk/trat	Rizoma (g)	Follaje (g)
IV4	1360.00	1386.9	IV4	81.81	206.81
IV2	1224.50	1229.2	IV2	83.50	207.80
IV1	1182.70	1087.7	IV1	68.62	180.49
IV3	1836.50	1848.7	IV3	97.44	59.01
III1	806.80	700.2	III1	56.51	112.20
III3	1546.50	1332.0	III3	87.97	218.10
III2	1317.80	1333.0	III2	74.14	217.28
III4	1586.80	1496.0	III4	96.11	366.42
II2	962.30	943.1	II2	69.09	153.12
II1	1137.00	776.7	II1	78.37	127.38
II4	1523.10	1822.0	II4	82.97	297.04
II3	2469.00	1954.2	II3	146.28	341.09
I1	629.60	488.0	I1	47.00	81.49
I4	1419.70	1056.6	I4	89.63	196.50
I3	1029.70	999.0	I3	57.58	163.62
I2	1849.00	1707.2	I2	108.87	267.94

Tratamiento 1 = 0kg/ha N

Tratamiento 2 = 56kg/ha N

Tratamiento 3 = 112kg/ha N

Tratamiento 4 = 168kg/ha N

Apéndice A (Cont.). Datos colectados mensualmente a partir del segundo mes después de la siembra

Datos colectados el quinto mes después de la siembra

Peso Fresco Bk/trat	Rizoma (g)	Follaje (g)	Peso Seco Bk/trat	Rizoma (g)	Follaje (g)
IV4	1902.84	1235.17	IV4	157.37	203.88
IV2	1995.03	1445.19	IV2	144.88	219.87
IV1	3129.93	2283.45	IV1	232.82	290.13
IV3	3850.69	2692.09	IV3	281.57	383.40
III1	1504.04	1093.82	III1	124.24	160.46
III3	2005.17	1372.59	III3	143.53	196.03
III2	3391.33	2596.38	III2	257.90	378.61
III4	3136.79	2750.17	III4	332.84	393.62
II2	1129.00	1829.48	II2	92.71	167.10
II1	2101.30	1666.84	II1	159.93	251.49
II4	2760.98	2236.34	II4	204.78	292.61
II3	3779.03	2552.46	II3	269.53	433.52
I1	1125.09	900.40	I1	82.56	134.68
I4	1674.84	1002.31	I4	120.03	251.24
I3	3989.17	1814.70	I3	347.60	384.13
I2	2970.69	2304.01	I2	228.87	341.45

Tratamiento 1 = 0kg/ha N

Tratamiento 2 = 56kg/ha N

Tratamiento 3 = 112kg/ha N

Tratamiento 4 = 168kg/ha N

Apéndice A (Cont.). Datos colectados mensualmente a partir del segundo mes después de la siembra

Datos colectados el sexto mes después de la siembra

Peso Fresco Bk/trat	Rizoma (g)	Follaje (g)	Peso Seco Bk/trat	Rizoma (g)	Follaje (g)
IV4	5,227.27	2,386.36	IV4	492	343
IV2	3,181.81	1,818.18	IV2	328	271
IV1	4,204.54	3,522.72	IV1	410	511
IV3	4,659.09	2,613.63	IV3	442	364
III1	3,750.00	1,931.81	III1	384	304
III3	5,000.00	2,727.27	III3	517	398
III2	7,500.00	4,545.45	III2	665	646
III4	6,363.63	2,727.27	III4	663	364
II2	5,000.00	2,613.63	II2	498	386
II1	4,886.36	2,159.09	II1	388	297
II4	4,659.09	2,500.00	II4	478	371
II3	5,113.63	2,840.90	II3	487	390
I1	3,068.18	1,363.63	I1	309	245
I4	5,568.18	2,613.63	I4	536	376
I3	8,977.27	3,977.27	I3	618	518
I2	4,431.81	2,272.72	I2	442	371

Tratamiento 1 = 0kg/ha N

Tratamiento 2 = 56kg/ha N

Tratamiento 3 = 112kg/ha N

Tratamiento 4 = 168kg/ha N

Apéndice A (Cont.). Datos colectados mensualmente a partir del segundo mes después de la siembra

Datos colectados el séptimo mes después de la siembra

Peso Fresco Bk/trat	Rizoma (g)	Follaje (g)	Peso Seco Bk/trat	Rizoma (g)	Follaje (g)
IV4	4,100	1550	IV4	557.28	223.33
IV2	6,800	2600	IV2	865.25	350.55
IV1	5,250	2500	IV1	831.29	348.20
IV3	7,170	3200	IV3	968.55	340.37
III1	4,150	1500	III1	500.36	206.95
III3	5,770	2050	III3	790.96	158.29
III2	9,850	4000	III2	1324.79	519.59
III4	8,900	3250	III4	1152.56	442.15
II2	4,400	1700	II2	530.62	241.85
II1	3,400	1000	II1	405.51	157.02
II4	8,700	3320	II4	1097.13	472.49
II3	6,500	2100	II3	798.23	292.71
I1	2,600	950	I1	266.94	144.76
I4	5,950	2150	I4	798.13	272.23
I3	9,000	3100	I3	1093.74	387.55
I2	12,000	4350	I2	1570.15	572.79

Tratamiento 1 = 0kg/ha N

Tratamiento 2 = 56kg/ha N

Tratamiento 3 = 112kg/ha N

Tratamiento 4 = 168kg/ha N

Apéndice A (Cont.). Datos colectados mensualmente a partir del segundo mes después de la siembra

Datos colectados el octavo mes después de la siembra

Peso Fresco Bk/trat	Rizoma (g)	Follaje (g)	Peso Seco Bk/trat	Rizoma (g)	Follaje (g)
IV4	3227.3	818.12	IV4	552	132.86
IV2	4552.5	1181.8	IV2	786	217.52
IV1	6636.6	2272.7	IV1	1072	387.00
IV3	8522.7	2363.6	IV3	1436	269.51
III1	3454.5	509.1	III1	548	459.38
III3	4818.2	509.1	III3	785	197.02
III2	9181.8	2336.4	III2	1586	261.04
III4	5504.5	963.6	III4	947	486.88
II2	5909.1	522.7	II2	1001	162.48
II1	4681.8	636.4	II1	703	116.45
II4	8595.5	2363.6	II4	1522	387.19
II3	4609.1	518.2	II3	838	178.01
I1	2681.8	454.00	I1	408	110.29
I4	6427.3	1681.8	I4	1033	277.04
I3	6636.7	1452.5	I3	1066	154.16
I2	8245.5	2181.8	I2	1452	357.49

Tratamiento 1 = 0kg/ha N

Tratamiento 2 = 56kg/ha N

Tratamiento 3 = 112kg/ha N

Tratamiento 4 = 168kg/ha N

Apéndice B. Datos colectados al momento de la cosecha

ID Bk/trat	Peso Fresco Follaje Lbs/parcela	Peso Fresco Rizoma Lbs/parcela
VI 4	6	69
VI 2	7.5	72
VI 1	8.5	83.5
VI 3	3	90
III 1	3	55
III 3	9	81
III 2	6	92
III 4	9	89
II 2	3	52
II 1	4	60
II 4	7	91
II 3	7.5	76
I 1	3	37
I 4	3	57
I 3	13.5	93
I 2	7.5	61

Tratamiento 1 = 0kg/ha N

Tratamiento 2 = 56kg/ha N

Tratamiento 3 = 112kg/ha N

Tratamiento 4 = 168kg/ha N

Apéndice C. Concentración de macronutrientos en el cuarto y séptimo mes después de la siembra

4 ^{to} mes después de la siembra RIZOMA %Ca					
Tratamiento Kg/ha	Rep. 1 (bk)	Rep. 2 (bk)	Rep. 3 (bk)	Rep. 4 (bk)	avg
0	0.3973	0.3944	0.3594	0.3803	0.38285
56	0.4092	0.3885	0.4343	0.3299	0.390475
112	0.3827	0.4116	0.363	0.3485	0.37645
168	0.3606	0.3581	0.3776	0.3791	0.36885

4 ^{to} mes después de la siembra FOLLAJE %Ca					
Tratamiento Kg/ha	Rep. 1 (bk)	Rep. 2 (bk)	Rep. 3 (bk)	Rep. 4 (bk)	avg
0	1.386	1.461	1.256	1.319	1.3555
56	1.487	1.336	1.538	1.257	1.4045
112	1.644	1.501	1.314	1.165	1.406
168	1.95	1.451	1.237	1.104	1.4355

7 ^{mo} mes después de la siembra RIZOMA %Ca					
Tratamiento Kg/ha	Rep. 1 (bk)	Rep. 2 (bk)	Rep. 3 (bk)	Rep. 4 (bk)	avg
0	0.3201	0.2549	0.1981	0.2120	0.24627
56	0.2122	0.2841	0.1792	0.2285	0.22600
112	0.2339	0.2156	0.2297	0.2062	0.22135
168	0.2074	0.1963	0.1705	0.2333	0.20187

7 ^{mo} mes después de la siembra FOLLAJE %Ca					
Tratamiento Kg/ha	Rep. 1 (bk)	Rep. 2 (bk)	Rep. 3 (bk)	Rep. 4 (bk)	avg
0	4.438	3.106	2.58	2.722	3.2115
56	2.519	3.322	2.18	3.006	2.75675
112	2.779	2.03	2.469	2.169	2.36175
168	2.844	2.26	2.328	2.741	2.54325

4 ^{to} mes después de la siembra RIZOMA %K					
Tratamiento Kg/ha	Rep. 1 (bk)	Rep. 2 (bk)	Rep. 3 (bk)	Rep. 4 (bk)	avg
0	4.54	3.976	5.04	4.719	4.569
56	4.511	4.35	4.659	4.102	4.406
112	4.072	4.736	4.727	3.77	4.326
168	3.836	4.43	5.318	4.105	4.422

Apéndice C (Cont.). Concentración de macronutrientos en el cuarto y séptimo mes después de la siembra

4^{to} mes después de la siembra FOLLAJE %K					
Tratamiento Kg/ha	Rep. 1 (bk)	Rep. 2 (bk)	Rep. 3 (bk)	Rep. 4 (bk)	avg
0	4.14	3.784	4.303	3.661	3.972
56	4.084	4.032	3.698	4.266	4.02
112	4.628	4.409	4.254	4.007	4.325
168	4.462	3.763	4.105	3.034	3.841

7^{mo} mes después de la siembra RIZOMA %K					
Tratamiento Kg/ha	Rep. 1 (bk)	Rep. 2 (bk)	Rep. 3 (bk)	Rep. 4 (bk)	avg
0	2.753	2.623	2.464	1.938	2.445
56	2.306	2.235	2.146	2.536	2.306
112	1.937	1.958	2.265	1.741	1.975
168	2.492	2.086	1.882	2.321	2.195

7^{mo} mes después de la siembra FOLLAJE %K					
Tratamiento Kg/ha	Rep. 1 (bk)	Rep. 2 (bk)	Rep. 3 (bk)	Rep. 4 (bk)	avg
0	3.76	4.05	3.956	3.436	3.801
56	3.279	4.468	2.792	3.811	3.588
112	2.055	2.642	4.327	2.289	2.828
168	3.538	3.808	3.079	2.934	3.34

4^{to} mes después de la siembra RIZOMA %Mg					
Tratamiento Kg/ha	Rep. 1 (bk)	Rep. 2 (bk)	Rep. 3 (bk)	Rep. 4 (bk)	avg
0	0.5837	0.568	0.5324	0.782	0.617
56	0.5761	0.6062	0.6743	0.6762	0.633
112	0.5094	0.458	0.542	0.6922	0.55
168	0.4247	0.4373	0.6477	0.7369	0.562

4^{to} mes después de la siembra FOLLAJE %Mg					
Tratamiento Kg/ha	Rep. 1 (bk)	Rep. 2 (bk)	Rep. 3 (bk)	Rep. 4 (bk)	avg
0	0.6882	0.6171	0.5595	0.7992	0.666
56	0.6128	0.6277	0.6984	0.6756	0.654
112	0.5491	0.4594	0.6113	0.6416	0.565
168	0.6212	0.5736	0.607	0.8463	0.662

Apéndice C (Cont). Concentración de macronutrientos en el cuarto y séptimo mes después de la siembra

7^{mo} mes después de la siembra RIZOMA %Mg					
Tratamiento Kg/ha	Rep. 1 (bk)	Rep. 2 (bk)	Rep. 3 (bk)	Rep. 4 (bk)	avg
0	0.3489	0.2676	0.2341	0.2644	0.279
56	0.3256	0.3123	0.3161	0.3173	0.318
112	0.2804	0.3429	0.3106	0.3653	0.325
168	0.2677	0.267	0.3302	0.3442	0.302

7^{mo} mes después de la siembra FOLLAJE %Mg					
Tratamiento Kg/ha	Rep. 1 (bk)	Rep. 2 (bk)	Rep. 3 (bk)	Rep. 4 (bk)	avg
0	0.5139	0.4279	0.5991	0.6531	0.549
56	1.283	0.5504	0.9878	0.6865	0.877
112	0.7492	1.115	0.7412	0.7981	0.851
168	0.6149	0.7117	1.088	0.9434	0.84

4^{to} mes después de la siembra RIZOMA %N					
Tratamiento Kg/ha	Rep. 1 (bk)	Rep. 2 (bk)	Rep. 3 (bk)	Rep. 4 (bk)	avg
0	1.267	1.332	1.369	1.515	1.371
56	1.326	1.372	1.388	1.522	1.402
112	1.137	0.9869	1.409	1.381	1.228
168	1.106	1.129	1.274	1.276	1.196

4^{to} mes después de la siembra FOLLAJE %N					
Tratamiento Kg/ha	Rep. 1 (bk)	Rep. 2 (bk)	Rep. 3 (bk)	Rep. 4 (bk)	avg
0	2.203	1.854	2.154	2.24	2.113
56	2.063	2.172	1.974	1.889	2.025
112	1.742	1.835	2.163	2.132	1.968
168	1.749	2.206	2.471	2.385	2.203

7^{mo} mes después de la siembra RIZOMA %N					
Tratamiento Kg/ha	Rep. 1 (bk)	Rep. 2 (bk)	Rep. 3 (bk)	Rep. 4 (bk)	avg
0	1.086	0.9045	1.065	1.182	1.059
56	0.7986	1.064	0.9838	0.9865	0.958
112	1.061	1.161	1.098	1.115	1.109
168	1.086	0.9045	1.065	1.182	1.059

Apéndice C (Cont). Concentración de macronutrientos en el cuarto y séptimo mes después de la siembra

7^{mo} mes después de la siembra FOLLAJE %N					
Tratamiento Kg/ha	Rep. 1 (bk)	Rep. 2 (bk)	Rep. 3 (bk)	Rep. 4 (bk)	avg
0	1.077	1.424	1.332	1.426	1.315
56	1.436	1.226	1.645	1.438	1.436
112	1.42	1.542	1.646	1.319	1.482
168	1.36	1.623	1.655	1.724	1.591

4^{to} mes después de la siembra RIZOMA %P					
Tratamiento Kg/ha	Rep. 1 (bk)	Rep. 2 (bk)	Rep. 3 (bk)	Rep. 4 (bk)	avg
0	0.2111	0.1956	0.236	0.2681	0.228
56	0.2111	0.1893	0.224	0.2895	0.228
112	0.1866	0.1992	0.1847	0.2907	0.215
168	0.2299	0.1737	0.2257	0.2474	0.219

4^{to} mes después de la siembra FOLLAJE %P					
Tratamiento Kg/ha	Rep. 1 (bk)	Rep. 2 (bk)	Rep. 3 (bk)	Rep. 4 (bk)	avg
0	0.2276	0.165	0.2041	0.2387	0.209
56	0.2185	0.1988	0.1959	0.2521	0.216
112	0.1863	0.1952	0.1967	0.2483	0.207
168	0.2603	0.2066	0.2373	0.2512	0.239

7^{mo} mes después de la siembra RIZOMA %P					
Tratamiento Kg/ha	Rep. 1 (bk)	Rep. 2 (bk)	Rep. 3 (bk)	Rep. 4 (bk)	avg
0	0.2848	0.2366	0.213	0.206	0.235
56	0.2302	0.2037	0.214	0.235	0.221
112	0.188	0.2259	0.2172	0.2392	0.218
168	0.2163	0.1974	0.218	0.2231	0.214

7^{mo} mes después de la siembra FOLLAJE %P					
Tratamiento Kg/ha	Rep. 1 (bk)	Rep. 2 (bk)	Rep. 3 (bk)	Rep. 4 (bk)	avg
0	0.2234	0.23	0.2189	0.2411	0.228
56	0.2565	0.2286	0.1849	0.231	0.225
112	0.196	0.2829	0.1988	0.1968	0.219
168	0.1687	0.1902	0.2526	0.1886	0.200

Apéndice C (Cont). Concentración de macronutrientos en el cuarto y séptimo mes después de la siembra

4^{to} mes después de la siembra RIZOMA %S					
Tratamiento Kg/ha	Rep. 1 (bk)	Rep. 2 (bk)	Rep. 3 (bk)	Rep. 4 (bk)	avg
0	0.1759	0.1554	0.1754	0.1642	0.168
56	0.19	0.1798	0.1521	0.1372	0.165
112	0.1268	0.1166	0.1648	0.1702	0.145
168	0.1623	0.1207	0.1154	0.1817	0.145

4^{to} mes después de la siembra FOLLAJE %S					
Tratamiento Kg/ha	Rep. 1 (bk)	Rep. 2 (bk)	Rep. 3 (bk)	Rep. 4 (bk)	avg
0	0.2271	0.2275	0.1796	0.1682	0.201
56	0.2400	0.2034	0.1867	0.1672	0.199
112	0.1789	0.1887	0.1880	0.2029	0.190
168	0.2120	0.1936	0.1939	0.1854	0.196

7^{mo} mes después de la siembra RIZOMA %S					
Tratamiento Kg/ha	Rep. 1 (bk)	Rep. 2 (bk)	Rep. 3 (bk)	Rep. 4 (bk)	avg
0	0.2019	0.1582	0.1844	0.1291	0.168
56	0.1467	0.1734	0.1403	0.1863	0.162
112	0.1753	0.1471	0.1321	0.1464	0.150
168	0.2138	0.1384	0.1358	0.1844	0.168

7^{mo} mes después de la siembra FOLLAJE %S					
Tratamiento Kg/ha	Rep. 1 (bk)	Rep. 2 (bk)	Rep. 3 (bk)	Rep. 4 (bk)	avg
0	0.2719	0.3378	0.3214	0.3636	0.324
56	0.242	0.321	0.258	0.2232	0.261
112	0.1902	0.2508	0.2834	0.2253	0.237
168	0.2026	0.1994	0.2938	0.2824	0.245

7^{mo} mes después de la siembra FOLLAJE %S					
Tratamiento Kg/ha	Rep. 1 (bk)	Rep. 2 (bk)	Rep. 3 (bk)	Rep. 4 (bk)	avg
0	0.2719	0.3378	0.3214	0.3636	0.324
56	0.242	0.321	0.258	0.2232	0.261
112	0.1902	0.2508	0.2834	0.2253	0.237
168	0.2026	0.1994	0.2938	0.2824	0.245

Apéndice D. Concentración de elementos menores en el cuarto y séptimo mes después de la siembra.

4^{to} mes después de la siembra RIZOMA $\mu\text{g}/\text{kg B}$					
Tratamiento Kg/ha	Rep. 1 (bk)	Rep. 2 (bk)	Rep. 3 (bk)	Rep. 4 (bk)	avg
0	9.436	8.362	10.58	11.31	9.922
56	9.592	10.58	10.82	8.608	9.900
112	7.624	5.902	9.346	7.624	7.624
168	8.608	8.362	9.592	10.58	9.286

4^{to} mes después de la siembra FOLLAJE $\mu\text{g}/\text{kg B}$					
Tratamiento Kg/ha	Rep. 1 (bk)	Rep. 2 (bk)	Rep. 3 (bk)	Rep. 4 (bk)	avg
0	12.17	11.56	8.608	8.608	10.237
56	11.56	7.378	4.919	8.854	8.178
112	11.56	7.378	10.33	7.624	9.223
168	13.77	7.378	6.64	6.64	8.607

7^{mo} mes después de la siembra RIZOMA $\mu\text{g}/\text{kg B}$					
Tratamiento Kg/ha	Rep. 1 (bk)	Rep. 2 (bk)	Rep. 3 (bk)	Rep. 4 (bk)	avg
0	1.895	1.516	1.722	3.689	2.206
56	3.032	3.689	2.705	2.705	3.033
112	2.527	2.022	2.705	3.443	2.674
168	<1.200	1.769	<1.200	4.673	3.221

7^{mo} mes después de la siembra FOLLAJE $\mu\text{g}/\text{kg B}$					
Tratamiento Kg/ha	Rep. 1 (bk)	Rep. 2 (bk)	Rep. 3 (bk)	Rep. 4 (bk)	avg
0	10.87	13.65	15.16	15.92	13.9
56	13.9	14.15	13.14	12.89	13.52
112	13.27	14.15	16.93	13.9	14.563
168	12.89	13.65	15.16	18.95	15.163

4^{to} mes después de la siembra $\mu\text{g}/\text{kg Cu}$					
Tratamiento Kg/ha	Rep. 1 (bk)	Rep. 2 (bk)	Rep. 3 (bk)	Rep. 4 (bk)	avg
0	28.99	27.68	21.33	23.98	25.495
56	31.17	21.17	35.10	19.95	26.848
112	36.00	33.01	23.70	22.69	28.850
168	26.27	19.17	23.17	19.40	22.003

4^{to} mes después de la siembra $\mu\text{g}/\text{kg Cu}$					
Tratamiento Kg/ha	Rep. 1 (bk)	Rep. 2 (bk)	Rep. 3 (bk)	Rep. 4 (bk)	avg
0	12.58	35.68	33.56	10.99	23.203
56	30.48	41.72	36.67	25.06	33.483
112	14.37	48.78	19.66	31.38	28.548
168	23.75	30.00	51.56	22.97	32.070

Apéndice D (Cont.). Concentración de elementos menores en el cuarto y séptimo mes después de la siembra.

7 ^{mo} mes después de la siembra RIZOMA $\mu\text{g/kg Cu}$					
Tratamiento Kg/ha	Rep. 1 (bk)	Rep. 2 (bk)	Rep. 3 (bk)	Rep. 4 (bk)	avg
0	14.34	15.35	8.814	12.27	12.694
56	9.062	9.593	12.34	12.02	10.754
112	11.84	11.84	10.14	10.42	11.060
168	11.42	12.24	10.92	10.83	11.353

7 ^{mo} mes después de la siembra FOLLAJE $\mu\text{g/kg Cu}$					
Tratamiento Kg/ha	Rep. 1 (bk)	Rep. 2 (bk)	Rep. 3 (bk)	Rep. 4 (bk)	avg
0	15.08	9.367	14.36	9.69	12.125
56	8.91	14.83	12.87	10.19	11.700
112	5.88	12.81	35.18	11.33	16.301
168	9.36	13.54	7.23	10.87	10.253

4 ^{to} mes después de la siembra RIZOMA $\mu\text{g/kg Fe}$					
Tratamiento Kg/ha	Rep. 1 (bk)	Rep. 2 (bk)	Rep. 3 (bk)	Rep. 4 (bk)	avg
0	4249	3522	3177	4334	3,820.50
56	3674	3130	2926	4687	3,604.25
112	4787	6002	4042	4903	4,933.50
168	2641	2812	3931	4861	3,561.25

4 ^{to} mes después de la siembra FOLLAJE $\mu\text{g/kg Fe}$					
Tratamiento Kg/ha	Rep. 1 (bk)	Rep. 2 (bk)	Rep. 3 (bk)	Rep. 4 (bk)	avg
0	2360	3122	5663	5098	4,060.75
56	3977	5763	8742	6195	6,169.25
112	3133	6164	4075	6218	4,897.50
168	3421	6138	7499	9946	6,751.00

7 ^{mo} mes después de la siembra RIZOMA $\mu\text{g/kg Fe}$					
Tratamiento Kg/ha	Rep. 1 (bk)	Rep. 2 (bk)	Rep. 3 (bk)	Rep. 4 (bk)	avg
0	3693	3956	2919	3433	3,500.25
56	2244	2258	6987	3418	3,726.75
112	3129	2718	3617	2769	3,058.25
168	3826	2752	2258	2996	2,958.00

7 ^{mo} mes después de la siembra FOLLAJE $\mu\text{g/kg Fe}$					
Tratamiento Kg/ha	Rep. 1 (bk)	Rep. 2 (bk)	Rep. 3 (bk)	Rep. 4 (bk)	avg
0	2377	2582	1902	1839	2,175.00
56	3867	1945	4272	2455	3,134.75
112	1375	2161	3457	2852	2,461.25
168	1803	1696	1406	1835	1,685.00

Apéndice D. Concentración de elementos menores en el cuarto y séptimo mes después de la siembra.

4^{to} mes después de la siembra RIZOMA $\mu\text{g}/\text{kg Mn}$					
Tratamiento Kg/ha	Rep. 1 (bk)	Rep. 2 (bk)	Rep. 3 (bk)	Rep. 4 (bk)	avg
0	987.9	977.2	992.1	1099	1,014.05
56	857	878.5	1133	997.3	966.450
112	794.3	901.8	935.2	808.2	859.875
168	724.1	758.1	1055	882.5	854.925

4^{to} mes después de la siembra FOLLAJE $\mu\text{g}/\text{kg Mn}$					
Tratamiento Kg/ha	Rep. 1 (bk)	Rep. 2 (bk)	Rep. 3 (bk)	Rep. 4 (bk)	avg
0	515.7	543.3	489.3	582.7	532.75
56	407.1	496.4	603.8	590.1	524.35
112	512.9	505.2	505	500.3	505.85
168	496	465.4	548	561.9	517.825

7^{mo} mes después de la siembra RIZOMA $\mu\text{g}/\text{kg Mn}$					
Tratamiento Kg/ha	Rep. 1 (bk)	Rep. 2 (bk)	Rep. 3 (bk)	Rep. 4 (bk)	avg
0	430.1	342.1	216.8	324.6	328.400
56	276.9	413.4	303.1	358.3	337.925
112	385.2	270.9	343.8	369.7	342.400
168	272.4	306.5	361.6	370.8	327.825

7^{mo} mes después de la siembra FOLLAJE $\mu\text{g}/\text{kg Mn}$					
Tratamiento Kg/ha	Rep. 1 (bk)	Rep. 2 (bk)	Rep. 3 (bk)	Rep. 4 (bk)	avg
0	299.6	399	493	603.5	448.775
56	471.0	431	789.7	505.4	549.175
112	405.4	391	717.7	499.2	503.325
168	453.5	480	553.8	743.7	557.800

4^{to} mes después de la siembra RIZOMA $\mu\text{g}/\text{kg Zn}$					
Tratamiento Kg/ha	Rep. 1 (bk)	Rep. 2 (bk)	Rep. 3 (bk)	Rep. 4 (bk)	avg
0	58.02	44.91	59.06	69.34	57.833
56	62.02	48.95	62.82	68.76	60.638
112	43.22	47.1	57.33	55.23	50.72
168	48.19	39.45	62.61	53.34	50.898

4^{to} mes después de la siembra FOLLAJE $\mu\text{g}/\text{kg Zn}$					
Tratamiento Kg/ha	Rep. 1 (bk)	Rep. 2 (bk)	Rep. 3 (bk)	Rep. 4 (bk)	avg
0	33.64	35.81	47.54	37.21	38.55
56	40.13	39.44	45.38	49.71	43.665
112	39.59	42.9	37.44	49.13	42.265
168	41.42	35.01	41.26	45.01	40.675

Apéndice D. Concentración de elementos menores en el cuarto y séptimo mes después de la siembra.

7^{mo} mes después de la siembra RIZOMA µg/kg Zn					
Tratamiento Kg/ha	Rep. 1 (bk)	Rep. 2 (bk)	Rep. 3 (bk)	Rep. 4 (bk)	avg
0	21.61	21.31	23.05	28.31	23.570
56	24.18	21.62	27.54	23.84	24.295
112	28.48	28.00	24.42	35.52	29.105
168	22.70	27.53	28.75	23.50	25.620

7^{mo} mes después de la siembra FOLLAJE µg/kg Zn					
Tratamiento Kg/ha	Rep. 1 (bk)	Rep. 2 (bk)	Rep. 3 (bk)	Rep. 4 (bk)	avg
0	63.75	65.77	58.67	70.88	64.768
56	51.90	59.40	61.09	52.08	56.118
112	57.06	63.73	44.90	50.21	53.975
168	53.72	50.68	56.04	54.61	53.763

Apéndice E. Concentración de aluminio en el cuarto y séptimo mes después de la siembra.

4^{to} mes después de la siembra RIZOMA $\mu\text{g}/\text{kg}$ Al					
Tratamiento Kg/ha	Rep. 1 (bk)	Rep. 2 (bk)	Rep. 3 (bk)	Rep. 4 (bk)	avg
0	4076	3229	2259	4871	3,608.75
56	3792	2921	2931	3295	3,234.75
112	3332	5067	3926	4252	4,144.25
168	2455	2560	3802	4871	3,422.00

4^{to} mes después de la siembra FOLLAJE $\mu\text{g}/\text{kg}$ Al					
Tratamiento Kg/ha	Rep. 1 (bk)	Rep. 2 (bk)	Rep. 3 (bk)	Rep. 4 (bk)	avg
0	2452	2725	5355	5678	4,052.50
56	4154	5072	6259	4649	5,033.50
112	3123	5868	3396	4186	4,143.25
168	3555	6275	6744	8036	6,152.50

7^{mo} mes después de la siembra RIZOMA $\mu\text{g}/\text{kg}$ Al					
Tratamiento Kg/ha	Rep. 1 (bk)	Rep. 2 (bk)	Rep. 3 (bk)	Rep. 4 (bk)	avg
0	3514	3928	2992	3524	3,489.50
56	2181	2280	3046	3546	2,763.25
112	2973	2683	3757	2784	3,049.25
168	3562	2702	7133	3011	4,102.00

7^{mo} mes después de la siembra FOLLAJE $\mu\text{g}/\text{kg}$ Al					
Tratamiento Kg/ha	Rep. 1 (bk)	Rep. 2 (bk)	Rep. 3 (bk)	Rep. 4 (bk)	avg
0	2437	2534	1877	1882	2,182.50
56	3522	1970	3968	2507	2,991.75
112	1342	2173	3360	2700	2,393.75
168	1687	1709	1377	1891	1,666.00

Apéndice F. Análisis de la varianza

Análisis de la varianza de la producción final del experimento

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Rizoma	16	0.33	0.16	21.77

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	303.75	3	101.25	1.98	0.1712
Tratamiento	303.75	3	101.25	1.98	0.1712
Error	614.42	12	51.20		
Total	918.17	15			

Test : LSD Fisher Alfa: 0.05 DMS: 11.02419

Error: 51.2016 gl: 12

Tratamiento	Medias	n		
0 kg/ha	26.73	4	A	
56 kg/ha	31.44	4	A	B
168 kg/ha	34.73	4	A	B
112 kg/ha	38.59	4		B

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Follaje	16	0.20	0.00	48.03

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	5.52	3	1.84	0.98	0.4339
Tratamiento	5.52	3	1.84	0.98	0.4339
Error	22.51	12	1.88		
Total	28.03	15			

Test : LSD Fisher Alfa: 0.05 DMS: 2.10992

Error: 1.8755 gl: 12

Tratamiento	Medias	n	
0 kg/ha	2.10	4	A
56 kg/ha	2.72	4	A
168 kg/ha	2.84	4	A
112 kg/ha	3.75	4	A