

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA

**NITRÓGENO Y POTASIO EN LA PRODUCCIÓN DE
NOCHEBUENA (*Euphorbia pulcherrima* Willd)
CV. SUBJIBI ROJA**

T E S I S
QUE COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:
**MAESTRO EN CIENCIAS EN
HORTICULTURA**

P R E S E N T A

JORGE MOISÉS ROSAS RAMOS

Chapingo, México, 2005.



DIRECCION GENERAL ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES



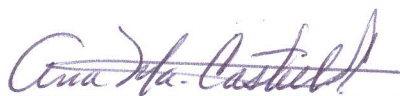
Instituto de Horticultura

NITRÓGENO Y POTASIO EN LA PRODUCCIÓN DE NOCHEBUENA (*Euphorbia pulcherrima* Willd) CV. SUBJIBI ROJA.

Tesis realizada por **Jorge Moisés Rosas Ramos**, bajo la dirección del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

DIRECTOR:



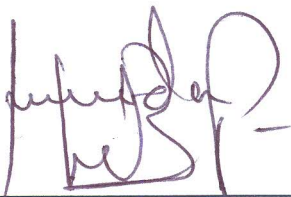
Dra Ana María Castillo González

ASESOR:



Dra María Teresa Colinas León

ASESOR:



M.C Joel Pineda Pineda

DEDICATORIA

A mi familia:

A mi madre, por ser la fuente de mi inspiración y la fuerza que me impulsa para poder prosperar en la vida como hombre de bien, refrendando tus principios inculcados.

A mi padre, por los grandes consejos dados para mostrarme que un hombre, así como debe guardar su entereza, debe saber retractarse.

A mis hermanos Andrés y Giovanna, por hacer inmenso cada vez más, el gran ejemplo a seguir personal y profesionalmente y por poder contar con ustedes en cualquier instante y en cualquier terreno.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por permitirme haber conseguido una más de mis metas y por haberme reconfortado y guiado durante la realización de esta maestría.

A mi madre por el incesante apoyo para conseguir el éxito en esta etapa de mi vida y por estar siempre conmigo en todo momento con su amor y cariño.

A mi padre por los acertados consejos para un buen desempeño en esta etapa.

A mi hermano Andrés por el gran apoyo brindado y por la enseñanza de valores que deben perdurar en uno.

A mi hermana Giovanna por el inmenso cariño y la gran confianza para conmigo en todo momento y situación.

A Alberto y mi sobrino Carlos Alberto por los momentos de alegría vividos.

A ustedes, mis amigos de siempre, Amalia, Marité, Analu, Evelyn, Lorena, Jimmy, Carlo, Luis Enrique, Marco, Armando, Richard, Cesar, Huver, entre otros por todo lo compartido y por estar juntos a pesar de la distancia.

Al CONACYT por haber financiado el presente trabajo de investigación. Proyecto 38340-B

Al comité asesor: Dra Ana M. Castillo, Dra Teresa Colinas y M.C. Joel Pineda, por el apoyo incondicional y las acertadas aportaciones durante el desarrollo y culminación del presente trabajo.

A mis maestros del Posgrado de Horticultura por sus enseñanzas impartidas.

A mis compañeros de la generación 2004 del Posgrado de Horticultura, por todos los momentos y experiencias vividas durante este tiempo; así como también a los compañeros de la generación 2005 del mismo Posgrado y a mis compas Alonso, Carmelo, Ramon Chucho, Beto entre otros, por su amistad brindada.

DATOS BIOGRÁFICOS

El autor del presente trabajo, originario de la ciudad de Arequipa – Perú, nació en 1981, concluyendo estudios primarios y secundarios en el Colegio “Internacional” Peruano – Británico durante los años 1987-1997. Cursó estudios superiores en la Universidad Nacional de San Agustín en la Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias obteniendo a los 21 años el título profesional de Ingeniero Agrónomo (2003). En la Facultad de Ingeniería de Producción y Servicios de la misma casa superior de estudios durante los años 1999 a 2000 estudió el Curso de Certificación Profesional para obtener el título profesional de Gestor en Pequeña y Micro Empresa. En el año 2003 trabajó para el Ministerio de Agricultura- Perú (MINAG) en la Dirección General de Información Agraria, además de realizar planeamiento y asesoramiento a proyectos particulares de índole agropecuario.

**NITRÓGENO Y POTASIO EN LA PRODUCCIÓN DE NOCHEBUENA
(*Euphorbia pulcherrima* Willd) CV. SUBJIBI ROJA.**

**NITROGEN AND POTASSIUM ON THE PRODUCTION OF POINSETTIA
(*Euphorbia pulcherrima* Willd) CULTIVAR RED SUBJIBI.**

Jorge Moisés Rosas-Ramos¹ y Ana María Castillo-Gonzalez²

RESUMEN

Se evaluó el efecto del nitrógeno y potasio en el desarrollo vegetativo, floración, y contenido nutrimental en plantas de nochebuena cv. Subjibi roja. Los tratamientos fueron 100, 200, 300, 400 y 500 mg L⁻¹ de N; 175, 250, 325 y 400 mg L⁻¹ de K, los mismos que se aplicaron en la solución nutritiva hidropónica a pH de 6.0 a las plantas, utilizando como sustrato el tezontle. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar. Se muestrearon hojas de reciente madurez, evaluándose área foliar, peso seco y específico de hojas, niveles de nitrógeno y potasio a los 25, 50, 75, 100 y 125 días después del transplante. Cada dos semanas se midió la altura de planta y diámetro de tallo; al final del ciclo se evaluó el área de inflorescencia principal, peso seco total de planta, área foliar, peso seco y específico foliar, contenido de clorofilas a, b y total en hojas, además de antocianinas y carotenoides en brácteas. El tratamiento con N en dosis de 400 y 500 mg L⁻¹ presentó la mayor altura de planta (58.5 y 58.3 cm).

Autor¹ jmrosas_ramos@hotmail.com
Director²

ABSTRACT

Was evaluated the effect of nitrogen and potassium on the growth, flowering and nutrient content of poinsettia plants cultivar Red Subjibi. Treatments were 100, 200, 300, 400 y 500 mg L⁻¹ de N; 175, 250, 325 y 400 mg L⁻¹ de K. The treatments were applied as hydroponic solutions with a pH of 6.0 and tezontle as the substrate. We used a completely random experimental design. We sampled recently grown-up leaves and measured area, dry weight and specific weight of leaves, also amount of nitrogen and potassium at 25, 50, 75, 100 and 125 days after transplant. Every two weeks we measured height of plant and diameter of stem. At the end of the experiment we measured area of the bracts on the main branch, dry weight of the plant, area, dry weight and specific weight of leaves, amount of a, b and total chlorophyll in leaves, and amount of anthocyanins and carotenoids in bracts. The treatments with 400 and 500 mg L⁻¹ of N had the greater height of plant (58.5 y 58.3 cm).

Author¹ jmrosas_ramos@hotmail.com
Director²

Los valores más altos de área foliar, peso seco y específico foliar final y peso seco total de planta se presentaron en el tratamiento con 400 mg L⁻¹ de N. Los mayores valores del área de inflorescencia principal, el contenido de clorofilas a, b y total, antocianinas y carotenoides se favorecieron con niveles altos de N (300 y 400 mg L⁻¹). El contenido de N se fue incrementando durante el crecimiento vegetativo de la planta, teniendo la máxima absorción a los 75 ddt y posteriormente la absorción decreció; mientras que el mayor contenido de K se alcanzó en la etapa vegetativa (25 ddt), disminuyendo conforme la planta se desarrollaba. Para el contenido nutrimental final, con 325 y 400 mg L⁻¹ de K, se obtuvieron los mayores niveles de P y Fe, a la vez presentaron los menores niveles de calcio. El Mg fue favorecido por los tratamientos con 300 y 400 mg L⁻¹ de N; el tratamiento con 500 mg L⁻¹ de N presentó el mayor nivel de Mn, Cu y Zn, y los tratamientos con 100 mg L⁻¹ de N y 175 mg L⁻¹ de K, propiciaron los mayores niveles de B ya que al incrementar la dosis de nitrógeno y potasio se disminuyeron los niveles de boro.

Palabras clave: *Acumulación, fenología, desarrollo, calidad y nutrimentos.*

The highest values of area, dry weight and specific weight of leaves and the highest dry weight of plant were achieved with 400 mg L⁻¹ of N. With 300 and 400 mg L⁻¹ of N we had the highest values of area of the bracts of the main branch, amount of a, b and total chlorophyll, amount of anthocyanins and carotenoids. The amount of N was increasing during the vegetative growth, had the maximum absorption at 75 days after planting, and started decreasing later on. The highest amount of K was also during the vegetative stage, reaching the highest concentration (25 ddt), decreasing later on. On the final nutriment analysis with 325 y 400 mg L⁻¹ of K the plant had de highest amounts of P and Fe, and had the lowest amount of Ca. Mg was favored with 300 and 400 mg L⁻¹ of N. The treatment of 500 mg L⁻¹ of N had the highest amount of Mn, Cu and Zn. The highest amount of B was achieved with 100 mg L⁻¹ of N and 175 mg L⁻¹ of K, with higher amounts of N and K the plant had less B.

Key words: *Accumulation, phenology, development, quality, nutrients.*

ÍNDICE GENERAL

	Página
ÍNDICE DE CUADROS.....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1 Cultivar Subjibi.....	4
2.2 Requerimientos de la planta.....	5
2.2.1 Luz.....	5
2.2.2 Temperatura.....	5
2.2.3 Riego.....	6
2.3 Pigmentos.....	7
2.3.1 Clorofila.....	7
2.3.1.1 Clorofila a.....	8
2.3.1.2 Clorofila b.....	9
2.3.2 Carotenoides.....	9
2.3.3 Antocianinas.....	10
2.4 Nutrición.....	11
2.4.1 Nutrimientos en estudio.....	11
2.4.1.1 Nitrógeno.....	11
2.4.1.2 Potasio.....	16
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	20
3.1 Desarrollo del experimento.....	20
3.1.1 Localización.....	20
3.1.2 Material vegetal.....	20

3.1.3 Tratamientos.....	20
3.1.4 Transplante.....	21
3.1.5 Soluciones nutritivas utilizadas.....	21
3.1.6 Riegos.....	22
3.1.7 Control de plagas.....	22
3.1.8 Tapado de planta.....	23
3.1.9 Diseño experimental.....	23
3.2 Variables evaluadas.....	23
3.2.1 Altura de planta	23
3.2.2 Diámetro de tallo	23
3.2.3 Área foliar	23
3.2.4 Peso seco foliar	24
3.2.5 Peso específico de hoja.....	24
3.2.6 Análisis de nutrimental.....	24
3.2.6.1 Análisis de nutrimentos (N y K).....	24
3.2.6.2 Análisis nutrimental final en hojas.....	25
3.2.7 Inicio de floración	25
3.2.8 Número de hojas	26
3.2.9 Número de brotes	26
3.2.10 Peso seco total final por planta.....	26
3.2.11 Área de inflorescencia principal.....	26
3.2.12 Contenido de clorofilas en hojas.....	26
3.2.13 Contenido de antocianinas en brácteas.....	27
3.2.14 Contenido de carotenoides en brácteas.....	28
3.2.15 Color en brácteas.....	28
3.3 Análisis estadístico.....	29
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	30

4.1 Altura de planta.....	30
4.2 Diámetro de tallo.....	31
4.3 Área foliar	32
4.4 Peso seco foliar	33
4.5 Peso específico de hoja.....	35
4.6 Peso seco total de planta.....	39
4.7 Número de hojas y brotes por planta.....	40
4.8 Inicio de floración.....	41
4.9 Área de inflorescencia principal.....	42
4.10 Contenido de clorofilas a, b y total	43
4.11 Contenido de antocianinas y carotenoides	44
4.12 Color en brácteas	45
4.13 Análisis nutrimental	46
4.13.1 Análisis de nutrimentos (N y K).....	46
4.13.2 Análisis nutrimental final en hojas.....	50
4.13.2.1 Nitrógeno.....	50
4.13.2.2 Fósforo.....	52
4.13.2.3 Potasio.....	53
4.13.2.4 Calcio.....	54
4.13.2.5 Magnesio.....	55
4.13.2.6 Hierro.....	57
4.13.2.7 Manganeso.....	58
4.13.2.8 Zinc.....	59
4.13.2.9 Cobre.....	60
4.13.2.10 Boro.....	61
V. CONCLUSIONES.....	62
VI. LITERATURA CITADA.....	63

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Tratamientos aplicados a plantas de nochebuena cv. Subjibi roja.....	21
Cuadro 2. Concentraciones de los diferentes nutrimentos en las soluciones nutritivas aplicadas en plantas de nochebuena.....	22
Cuadro 3. Efecto de diferentes dosis de nitrógeno y potasio en el área foliar por muestreo en plantas de nochebuena cv. Subjibi roja	32
Cuadro 4. Efecto de diferentes dosis de nitrógeno y potasio en el peso seco foliar parcial en plantas de nochebuena cv. Subjibi roja	33
Cuadro 5. Efecto de diferentes dosis de nitrógeno y potasio en el área foliar, peso seco foliar total por planta y peso específico foliar final, en plantas de nochebuena cv. Subjibi roja.....	34
Cuadro 6. Efecto de diferentes dosis de nitrógeno y potasio en el peso específico por muestreo en plantas de nochebuena cv. Subjibi roja	36
Cuadro 7. Efecto de diferentes dosis de nitrógeno y potasio en el número de hojas y brotes, en plantas de nochebuena cv. Subjibi roja	41
Cuadro 8. Efecto de diferentes dosis de nitrógeno y potasio en el inicio de floración en plantas de nochebuena cv. Subjibi roja	42
Cuadro 9. Efecto de diferentes dosis de nitrógeno y potasio en el contenido de clorofilas a, b y total en hojas de plantas de nochebuena cv: Subjibi roja .	44
Cuadro10. Efecto del nitrógeno y potasio en el contenido de antocianinas y carotenoides en brácteas de plantas de nochebuena cv. Subjibi roja	45
Cuadro11. Efecto del nitrógeno y potasio en el color de las brácteas de plantas de nochebuena cv. Subjibi roja.....	46

Cuadro 12	Efecto de diferentes dosis de nitrógeno y potasio en el contenido foliar de nitrógeno en plantas de nochebuena cv. Subjibi roja.....	47
Cuadro 13	Efecto de diferentes dosis de nitrógeno y potasio en el contenido foliar de potasio en plantas de nochebuena cv. Subjibi roja.....	49

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Efecto de diferentes dosis de nitrógeno y potasio en la altura de plantas de nochebuena cv. Subjibi roja.....	30
Figura 2. Efecto de diferentes dosis de nitrógeno y potasio en el diámetro de tallo en plantas de nochebuena cv. Subjibi roja	31
Figura 3. Efecto de diferentes dosis de nitrógeno y potasio en el área foliar por planta en plantas de nochebuena cv. Subjibi roja.....	35
Figura 4. Efecto de diferentes dosis de nitrógeno y potasio en el peso seco foliar por planta en plantas de nochebuena cv. Subjibi roja	35
Figura 5. Efecto de diferentes dosis de nitrógeno y potasio en el peso seco total en plantas de nochebuena cv. Subjibi roja	39
Figura 6. Efecto de diferentes dosis de nitrógeno y potasio en el área de la inflorescencia principal en plantas de nochebuena cv. Subjibi roja	43
Figura 7. Efecto de diferentes dosis de nitrógeno y potasio en los niveles de nitrógeno en plantas de nochebuena cv. Subjibi roja	48
Figura 8. Efecto del nitrógeno y potasio en los niveles de potasio en plantas de nochebuena cv. Subjibi roja.....	50
Figura 9. Clorosis generalizada como sintomatología de deficiencia de nitrógeno (100, 200 y 300 mg L ⁻¹) en hojas medias de plantas de nochebuena cv: Subjibi roja.....	51
Figura 10. Efecto de diferentes dosis de nitrógeno y potasio de la solución nutritiva en el contenido foliar final de nitrógeno en plantas de nochebuena cv. Subjibi roja.....	51
Figura 11. Efecto de diferentes dosis de nitrógeno y potasio de la solución nutritiva en el contenido foliar final de fósforo en plantas de nochebuena cv. Subjibi roja.....	52

Figura 12. Efecto de diferentes dosis de nitrógeno y potasio de la solución nutritiva en el contenido foliar final de potasio en plantas de nochebuena cv. Subjibi roja.....	54
Figura 13. Efecto de diferentes dosis de nitrógeno y potasio de la solución nutritiva en el contenido foliar final de calcio en plantas de nochebuena cv. Subjibi roja.....	55
Figura 14. Efecto de diferentes dosis de nitrógeno y potasio de la solución nutritiva en el contenido final foliar de magnesio en plantas de nochebuena cv. Subjibi roja.....	56
Figura 15. Efecto de diferentes dosis de nitrógeno y potasio de la solución nutritiva en el contenido foliar final de hierro en plantas de nochebuena cv. Subjibi roja.....	57
Figura 16. Efecto de diferentes dosis de nitrógeno y potasio de la solución nutritiva en el contenido foliar final de manganeso en plantas de nochebuena cv Subjibi roja.....	58
Figura 17 Efecto de diferentes dosis de nitrógeno y potasio de la solución nutritiva en el contenido foliar final de zinc en plantas de nochebuena cv. Subjibi roja.....	59
Figura 18 Efecto de diferentes dosis de nitrógeno y potasio de la solución nutritiva en el contenido foliar final de cobre en plantas de nochebuena cv. Subjibi roja.....	60
Figura 19 Efecto de diferentes dosis de nitrógeno y potasio de la solución nutritiva en el contenido foliar final de boro en plantas de nochebuena cv. Subjibi roja.....	61

ÍNDICE DE ANEXOS

	Página
Cuadro 1A. Valores del efecto de diferentes dosis de nitrógeno y potasio en la altura de plantas de nochebuena cv. Subjibi roja	71
Cuadro 2A. Valores del efecto de diferentes dosis de nitrógeno y potasio en la altura de plantas de nochebuena cv. Subjibi roja.....	72
Cuadro 3A. Análisis de correlación de Pearson entre clorofila a, b y total con el área foliar, peso seco y específico foliar en plantas de nochebuena cv. Subjibi roja, bajo el efecto de diferentes dosis nitrógeno y potasio.....	73
Cuadro 4A. Análisis de correlación de Pearson entre clorofila a, b y total, antocianinas y carotenoides con el área foliar, peso seco y específico foliar en plantas de nochebuena cv. Subjibi roja, bajo el efecto de diferentes dosis de nitrógeno y potasio.....	73
Cuadro 5A. Análisis de correlación de Pearson entre nitrógeno y potasio con clorofila a, b y total, antocianinas y carotenoides en plantas de nochebuena cv. Subjibi roja, bajo el efecto de diferentes dosis de nitrógeno y potasio.....	74
Cuadro 6A. Análisis de correlación de Pearson entre altura de planta con peso seco total número de brotes y número de hojas en plantas de nochebuena cv. Subjibi roja, bajo el efecto de diferentes dosis nitrógeno y potasio.....	74
Cuadro 7A. Análisis de correlación de Pearson entre nutrimentos en plantas de nochebuena cv. Subjibi roja, bajo el efecto de diferentes dosis de nitrógeno y potasio.....	75

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la nochebuena o poinsettia (*Euphorbia pulcherrima* Willd), es una de las especies con mayor importancia dentro de las plantas de producción en maceta bajo condiciones de invernadero. En los Estados Unidos de Norteamérica el cultivo de esta especie es el tercero en importancia en la producción de ornamentales. Datos estadísticos del Departamento de Agricultura de este país (USDA) del año 2000 muestran que la producción de la nochebuena, tuvo un valor estimado en 237, 328,000 dólares.

(Anónimo,<http://usda.mannlib.cornell.edu/reports/nassr/other/zfcbb/flor0400.txt>).

En México su importancia se debe a la alta demanda en épocas festivas de diciembre, generando una gran fuente de trabajo por el requerimiento de mano de obra, desde la obtención de las plantas madres y esquejes hasta la producción de plantas con flores; además, la preferencia de los consumidores esta aumentando. Las zonas productoras de nochebuena en México son Morelos y Xochimilco, y recientemente se está produciendo en Michoacán, Jalisco, Colima y Estado de México.

La gran demanda por la nochebuena requiere de plantas de alta calidad, la misma que le permitirá al productor tener una mayor rentabilidad en el mercado. La producción y calidad van a depender del manejo técnico que se le de al cultivo en cuanto a nutrición, control de plagas y enfermedades y labores culturales, entre otros.

La nutrición influye en gran medida en la calidad de la flor de nochebuena, siendo importante establecer el nivel óptimo de los nutrimentos, ya que los beneficios de una adecuada nutrición se verán reflejados en un buen vigor, mayor follaje y actividad fotosintética y coloración mas firme de brácteas; propiciando una madurez comercial en óptimas condiciones.

Tomando en cuenta que los productores tienen la inquietud de saber si las dosis de fertilización que aplican para el cultivo de nochebuena son las correctas y que las investigaciones acerca de la nutrición en nochebuena son muy escasas, se planteó la

presente investigación con la finalidad de estudiar el efecto de diferentes concentraciones de nitrógeno y potasio en la calidad de la flor de nochebuena.

OBJETIVOS

Evaluar el efecto de la aplicación de diferentes dosis de nitrógeno y potasio sobre la calidad de la producción de plantas de nochebuena.

Determinar los valores críticos de nitrógeno y potasio para el cultivo de nochebuena.

HIPÓTESIS

Niveles medios de las dosis estudiadas de nitrógeno y de potasio mejorarán la calidad de plantas de nochebuena (*Euphorbia pulcherrima*. Wild) cv. Subjibi Roja.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

La nochebuena pertenece a la familia Euphorbiaceae. El género *Euphorbia* contiene aproximadamente de 700 a 1000 especies, caracterizándose por presentar una sola flor femenina sin pétalos y generalmente sin sépalos, rodeada por flores masculinas individuales. Estas pequeñas flores están encerradas en una estructura en forma de copa denominada ciatio. Las estructuras vistosas de la nochebuena son sus hojas modificadas o brácteas (Shanks, 1980). Éstas pueden ser rojas, rosas, blancas o veteadas, pero como son parecidas a hojas en vez de ser verdaderos pétalos, tienen un promedio de vida muy largo (Shanks, 1980). Las brácteas contienen resinas, pigmentos flavonoides, almidón, glucosa, sacarosa, sales, aceites esenciales, ácido tartárico, ácido gálico y otros componentes (Quintanar, 1961).

La era moderna del cultivo de la nochebuena se inició con la introducción del cultivar Oak Leaf que poseía la característica de retener sus hojas hasta su venta en la época de navidad. A partir de 1950 se iniciaron los programas de mejoramiento en varias instituciones, incluyendo la Universidad de Pensylvania, la Universidad de Maryland, el Centro de Investigación de la USDA en Beltsville. También varias empresas participaron, como la Azalealand en Nebraska, el Rancho Paul Ecke en California, Zieger Brothers en Alemania y Thormod Hegg & Son en Noruega (Ecke *et al.*, 1990).

2.1 Cultivar Subjibi

En México, los cultivares Subjibi y Freedom son los que se cultivan en mayor proporción, por sus características y la demanda de los consumidores. El cultivar Subjibi se ubica dentro de la serie Fisher Pelfi Star de la línea Gross (Alemania). Disponible en colores rojo y rosa. Sus brácteas son las más grandes y tienen un color rojo brillante. El follaje es verde intermedio y no se cae fácilmente. Tolerancia a temperaturas extremas. Tiene un hábito de crecimiento mediano, con tallos y brotes sumamente vigorosos. No es susceptible de presentar epinastía. Sus brácteas se dañan fácilmente en el transporte y es adecuada para todos los tamaños de macetas (Martínez, 1995).

2.2 Requerimientos de la planta

2.2.1 Luz

La importancia de este factor se manifiesta en el desarrollo de las plantas de nochebuena (intensidad, calidad y duración), además la intensidad cumple un papel muy importante en el color de las hojas y flor, el crecimiento del tallo, pigmentación y retención del follaje (Galicia, 2000). La calidad de la luz afecta la longitud de entrenudos y la síntesis de antocianinas (pigmentos flavonoides) (Pérez y Martínez-Laborde, 1994).

En cuanto a la duración de la luz, las nochebuenas son sensibles al fotoperiodo, induciéndose la floración cuando el periodo de oscuridad es de por lo menos 12.5 horas continuas (Kristoffersen, 1968; Witaszek y Mynett, 1989; Martínez, 1995).

En un estudio realizado con nochebuena se encontró que entre la cuarta y la quinta semana de exposición de las plantas al fotoperiodo corto, las hojas más jóvenes empiezan a sintetizar y acumular las antocianinas, tornándose rojas y posteriormente el meristemo apical se diferencia en primordio floral. La acumulación de clorofila cesa cuando se inicia la síntesis de antocianinas mientras que el contenido de proteína por área foliar decrece (Kannangara y Hansson, 1998).

2.2.2 Temperatura

Respecto a la temperatura ideal para el cultivo de la nochebuena, hay variaciones de acuerdo al cultivar y al estado fenológico en el que se encuentre la planta. Para el desarrollo vegetativo las temperaturas óptimas oscilan alrededor de 15 a 20 °C en la noche y 24 a 35 °C en el día. Mientras que en la etapa de floración se recomienda de 15 a 18 °C en la noche y de 18 a 25 °C en el día (Carmichael, 1990). Por medio de una adecuada manipulación de la temperatura es posible controlar al mismo tiempo, la altura de la planta y la velocidad de desarrollo de flores (Ball, 1991).

Temperaturas menores a 16 °C durante el proceso de floración, provocan el atraso de la misma y las flores son pequeñas, además se corre el riesgo de presentar enfermedades en follaje y brácteas. Sin embargo, los cultivares de floración temprana pueden mantenerse en el invernadero a una temperatura nocturna mínima de 10 °C hasta su venta, sin reducción en calidad, siempre y cuando se mantenga una humedad relativa baja (Larson, 2004; Ball, 1991).

Temperaturas nocturnas mayores a 20 °C durante la etapa de floración, provocan retraso en el proceso, se abren los centros, se alargan las plantas y el color de las brácteas es muy pálido. Esto se puede contrarrestar con un periodo de oscuridad de alrededor de 14 a 15 horas (Martínez, 1995).

Cuando se dan temperaturas altas sobre todo nocturnas, la respiración se incrementa y el contenido de carbohidratos disminuye, reduciendo el contenido de antocianinas e intensidad de color (Post, citado por Marousky, 1967).

Algunos autores mencionan que las nochebuenas son sensibles al daño por frío, por lo tanto no se deben exponer a temperaturas por debajo de los 10 °C. Temperaturas frescas pueden causar que las brácteas toman tonalidades púrpuras o blancas y el látex puede exudar de los tallos debido al daño causado a las células (Nell y Barrett, 1986).

2.2.3 Riego

Las plantas de nochebuena requieren una alta humedad relativa y riegos moderados durante su crecimiento (Nowak y Rudnicki, 1990). Un exceso de agua puede dañar al sistema radical, recomendándose que los riegos deben realizarse por la mañana para así evitar que la planta esté húmeda en la noche, que es para cuando se desarrollan hongos que atacan al follaje (Rodríguez *et al.*, 2000).

Respecto a la calidad del agua se señala que el agua debe tener un pH entre 6 y 8, con una baja salinidad (Ecke *et al.*, 1990; Rodríguez *et al.*, 2000). Martínez (1995) menciona

que la conductividad eléctrica debe estar entre 1.5 y 2.5 mmhos cm^{-1} y no ser mayor de 3.5 mmhos cm^{-1} .

La falta de agua ocasiona retraso en la fotosíntesis, lo que afecta el crecimiento. La elongación de las células jóvenes se reduce, dando como resultado hojas pequeñas y entrenudos cortos. El exceso de agua trae como consecuencia alargamiento de los brotes y un crecimiento débil y reducido debido al alto contenido de agua (Martínez, 1995).

2.3 Pigmentos

2.3.1 Clorofila

Las clorofilas son porfirinas, es decir, están constituidas por un anillo tetrapirrólico formado por cuatro pirroles asociados en posición α . En estas moléculas, los dobles enlaces se presentan prácticamente conjugados, de donde surge su entidad como pigmentos. En las posiciones β , las porfirinas poseen diversos sustituyentes según su naturaleza y en el centro presentan un átomo metálico con distinto grado de coordinación (Gil-Martínez, 1995).

Las clorofilas presentan el anillo tetrapirrólico unido a un anillo isocíclico pentanónico con un átomo de Mg quelado en el centro del tetrapirrol y el anillo D esterificado con un resto alcohólico diterpénico (fitol). Las formas *a* y *b* presentan máximos de absorción en el azul-violeta (430-460 nm) y en el rojo cercano (640-660 nm) variando ligeramente los picos según el disolvente en que se hagan las evaluaciones, *in vivo* o incluso, según los diversos métodos de medición que se utilicen (Gil-Martínez, 1995; Azcón-Bieto y Talón, 2000).

Las clorofilas son insolubles en agua y solubles en disolventes orgánicos. Se pueden distinguir diversos tipos (*a*, *b*, *c*, *d*, *e*, bacterioclorofilas, clorofilas de *Chlorobium*, etc.). Las más conocidas son la *a* y la *b* que son las de más amplia distribución. Las clorofilas

c, *d* y *e* se encuentran en algas, junto a las *a*; las bacterioclorofilas se hallan solamente en las bacterias fotosintéticas (Gil-Martínez, 1995).

La clorofila es capaz de disparar una reacción química cuando se encuentra asociada a proteínas inmersas en la membrana de los tilacoides de los cloroplastos o en las membranas plegadas que se encuentran en organismos procariotes fotosintéticos como cianobacterias y las proclorobacterias (Salisbury y Ross, 1994; Azcón-Bieto y Talón, 2000).

Tanto en las plantas superiores como en otros organismos la concentración de clorofila *a* es predominante sobre la de la clorofila *b*, que algunos autores la consideran como un pigmento accesorio. Ambas clorofilas son componentes genuinos de las membranas fotosintéticas y aparecen en una proporción (*a/b*) de aproximadamente 3 a 1. Las condiciones de crecimiento y los factores ambientales pueden modificar esta proporción (Lichtenthaler, 1987).

La acumulación de clorofilas se detiene cuando las hojas jóvenes de *Euphorbia pulcherrima* empiezan a acumular antocianinas en condiciones de días cortos (Kannangara y Hansson, 1998).

2.3.1.1 Clorofila a

Presente en las membranas tilacoidales, se encuentra unida por tres enlaces no covalentes a moléculas de proteína. En conjunto, los pigmentos del cloroplasto representan cerca de la mitad del contenido lipídico en las membranas tilacoidales, mientras que la otra mitad está compuesta sobre todo por galactolípidos con pequeñas cantidades de fosfolípidos. Este pigmento absorbe longitudes de onda violeta, azul, anaranjado-rojizo, rojo y pocas radiaciones de las longitudes de onda intermedias (verde-amarillo-anaranjado) (Salisbury y Ross, 1994).

2.3.1.2 Clorofila b

Es uno de los pigmentos accesorios como clorofila *c*, *d* y *e*, xantofilas y carotenos. Los pigmentos accesorios absorben energía que la clorofila *a* es incapaz de absorber. La clorofila *b* absorbe en el azul, rojo y en anaranjado del espectro. Actúan como pigmentos antena, conduciendo la energía que absorben hacia el centro de reacción (Azcón-Bieto y Talón, 2000).

2.3.2 Carotenoides

Los carotenoides al igual que las clorofilas y otros compuestos pertenecen al grupo de los lípidos isoprenoides. Los carotenoides son compuestos de cuarenta átomos de carbono (C_{40}) con una estructura principal lineal con grupos metilo laterales cada cuatro carbonos, donde los principales que están presentes en el cloroplasto del tejido vegetal fotosintético son α -caroteno, β -caroteno y 5 xantofilas: luteína, violaxantina, anteraxantina, zeaxantina y neoxantina. (Azcón-Bieto y Talón, 2000; Fraser *et al.*, 2001). Estos pigmentos son sintetizados por todas las plantas superiores, algas y algunas bacterias y hongos (Fraser *et al.*, 2001).

La función fotosintética principal de los carotenoides es proteger al aparato fotosensible mediante mecanismos de disipación y extinción de energía. De modo alternativo, también tienen la función de ser pigmentos antena, sobre todo en el espectro de luz entre los 450 y 500 nm, en el cual las clorofilas tienen baja absorción (Salisbury y Ross, 1994). Una función más de estos compuestos relacionada con el estrés, es la de protección individual de los complejos pigmento-proteína (PPC) y del cloroplasto contra la foto-oxidación (Young y Britton, 1990). Dependiendo de las condiciones de crecimiento y factores de estrés, la composición de los carotenoides (% de peso) puede variar en los siguientes rangos: β -caroteno 25-40 %, luteína 40-57 %, violaxantina 9-20 % y neoxantina 5-13 % (Lichtenthaler, 1987).

Tanto las clorofilas como los carotenoides poseen en su estructura sistemas de dobles enlaces conjugados. La presencia de estos sistemas es lo que confiere a estos pigmentos su capacidad para absorber luz visible, donde el espectro de absorción de los carotenoides está localizado (según la especie química concreta) entre los 400 y 550 nm (Azcón-Bieto y Talón, 2000).

2.3.3 Antocianinas

Pertenecen a un gran grupo de compuestos conocidos como flavonoides (Harborne, 1994; Kong *et al.*, 2003). En muchas flores así como en la nochebuena, son los pigmentos principales responsables de su coloración. Las antocianinas generalmente se encuentran como glucósidos, es decir, se pueden hidrolizar por la acción de enzimas o de ácidos en uno o más azúcares y en otra proporción de diferente naturaleza llamada aglicón o antocianidina (Salisbury y Ross, 1994).

Existen varios tipos de antocianinas, por el método de cromatografía de líquidos de alta resolución (HPLC), en nochebuena se han identificado algunas como la cianidin 3-galactosida, la cianidin 3-glucosida, la cianidin 3-rutinosida y pelargonidina. Dentro de los flavonoles se identifican el 3-rhamnosilgalactósido, 3-rhamnosilglucósido, 3-rhamnósido de quercitina y kaempferol (Asen, 1979). Tanto la cianidina como la pelargonidina se encuentran en las brácteas y en el follaje verde-rojizo de la nochebuena (Banerji y Sharma, 1979).

Las brácteas de los cultivares blancos carecen de antocianinas, pero tienen más flavonoles que los cultivares rojos. Las hojas de la mayor parte de los cultivares de nochebuena producen solo pequeñas cantidades de antocianina en la epidermis del peciolo (Stewart *et al.*, 1980).

Las tonalidades que presenten las antocianinas dependen de su estructura química, así como del pH del medio en que se encuentren y su interacción con algunas sales; debido a estas propiedades y a la presencia común de más de una antocianina existe una amplia

variación en los matices de las flores. Jordan (1993) menciona que entre los aspectos que pueden cambiar el color final de la flor se encuentra la proporción de diferentes antocianinas, la presencia de copigmentos como flavonas y flavonoles, así como la presencia de otros pigmentos tales como los carotenoides o iones metálicos y el pH de la vacuola.

2.4 Nutrición

En la determinación de la dosis óptima de fertilización y del tipo de fertilizante a utilizar, se deben considerar factores tales como la calidad del agua de riego, las características del sustrato, el estado vegetativo de la planta, el clima, el tipo de fertilizante, la técnica de cultivo y el objetivo de la fertilización.

Para el cultivo de la nochebuena se requieren de altos niveles de nitrógeno y potasio (Martínez, 1995). Se ha mencionado que la nochebuena requiere de 200 a 300 mg L⁻¹ de N y K; 50 a 100 mg L⁻¹ de P; de 80-120 mg L⁻¹ de Ca; 40 a 60 mg L⁻¹ de Mg y de 0.1 a 0.2 mg L⁻¹ de Mo en cada riego; si se fertiliza de manera intermitente, la dosis requerida es el doble (Martínez, 1995).

La absorción máxima de nutrimentos como el nitrógeno potasio y calcio se presenta en las fases iniciales de la etapa vegetativa, y en el cambio de etapa vegetativa a la inductiva, esta absorción baja ligeramente, pero en la semana siguiente se incrementa la absorción de nitrógeno y potasio (Whipker y Hammer, 1997).

2.4.1 Nutrimentos en estudio

2.4.1.1 Nitrógeno

Es un nutrimento muy importante para las plantas ya que forma parte de la estructura de todas las proteínas y es componente de los ácidos nucleicos (ADN y ARN), básicos para la síntesis proteica. Se encuentra en moléculas importantes como las purinas y

pirimidinas, constituye aproximadamente del 2 al 5 % del peso seco de planta y también es constituyente de las clorofilas y enzimas del grupo de los citocromos (Bidwell, 1993; Marschner, 1986; Navarro y Navarro, 2000).

Ecke *et al.* (1990) mencionan que el contenido de nitrógeno en la materia seca de la planta de nochebuena es de 4 a 5 %; por otro lado Jiménez (1990) presentó datos de los nutrimentos del análisis foliar en nochebuena donde el total de nitrógeno se encuentra en un rango del 3 al 5 %.

A medida que la planta avanza en edad, la proporción de celulosa aumenta, el porcentaje de nitrógeno disminuye y se eleva la relación C/N; las hojas suelen ser más ricas en nitrógeno pero su valor disminuye durante la floración (Navarro y Navarro, 2000).

Cox y Seeley (1984) indican que el requerimiento de nitrógeno por la nochebuena es elevado teniendo un rango de aplicación de 590- 670 mg L⁻¹. Las aplicaciones de nitrógeno en la nochebuena se deben realizar en diferentes momentos: a las tres, cinco, seis y siete semanas después del transplante en un sustrato de tipo estéril pero siempre manteniendo una humedad entre el 44 y 85 % (Redak y Bethke, 1995). De las dos hasta las 10 primeras semanas después del transplante la nochebuena requiere de por lo menos 250 mg L⁻¹ (Yelanich y Biernbaum, 1994).

Ecke *et al.* (1990) recomiendan alrededor de 250 mg L⁻¹ de N para nochebuena con fertirrigación diaria. Por otro lado Rose y White (1994) reportaron que con la aplicación de 75 a 125 mg L⁻¹ de N vía subirrigación durante el desarrollo vegetativo se producen plantas de buena calidad.

Whipker y Hammer (1998) en un estudio de comparación de soluciones hidropónicas para nochebuena reportan que se presentan mayores valores de materia seca de hojas, tallos y raíz en la etapa de crecimiento con una solución que contiene 300 mg L⁻¹ de nitrógeno.

Redak y Bethke (1995) en plantas de los cultivares Lilo Red y Freedom Red fertilizadas con 160 mg L^{-1} y 240 mg L^{-1} de N, encontraron un alto contenido de clorofila en hojas mientras que las que fueron fertilizadas con 80 mg L^{-1} de N fueron deficientes en cuanto al nitrógeno foliar y tuvieron alrededor de 40 a 49 % menos contenido de clorofila. En lo que respecta a la proteína soluble los cultivares Subjibi Red y Angélica White presentaron los mayores valores en todos los niveles de fertilización respecto a los demás cultivares.

Navarro y Navarro (2000) mencionan que las temperaturas altas inducen una mayor absorción de iones, dándose una mayor disponibilidad y producción de fitoasimilatos para la planta, esto se puede atribuir a que la solución nutritiva en el sustrato está más concentrada.

En la mayoría de las plantas el nitrógeno es absorbido en forma orgánica e inorgánica siendo la más importante esta última por la facilidad de absorción; las fuentes involucradas en la absorción del nitrógeno asimilable son NO_3 y NH_4 . La raíz y los brotes son capaces de transformar el nitrato a amonio, para facilitar la asimilación del nitrógeno. La transformación y el transporte del nitrato dependen de varios factores, como los niveles y la distribución del nitrógeno en la planta, la variedad, etc; los mismos que determinarán la eficacia de la asimilación de dicho nutrimento (Marschner, 1986).

Durante la ontogénesis de las hojas se observa una reducción de la absorción del nitrato. La asimilación máxima del nitrato ocurre cuando la velocidad de expansión de la hoja es máxima, debido a una demanda mayor de este nutrimento en esta etapa (Mengel y Kirkby, 1982).

La máxima absorción de nitrógeno por parte de la nochebuena se da hasta antes de la etapa de floración, es decir que en la etapa inductiva es cuando el nitrógeno alcanza el mayor valor de asimilación (Whipker y Hammer, 1997; Rose y White, 1994).

Gaffney *et al.* (1982) observaron un mayor desarrollo de las plantas de nochebuena al aplicar 84 a 168 mg L⁻¹ de nitrógeno en forma de NO₃, mientras que Boodley (1969) indica que al aplicar nitrógeno en forma de NH₄ en nochebuena se ocasiona clorosis y abscisión de las hojas, necrosis marginal, debido a la reducción en la absorción de agua.

Scoggins y Mills (1998) evaluaron la aplicación de nitrógeno a 150 mg L⁻¹ en cinco diferentes combinaciones de nitrato y amonio en el crecimiento de la nochebuena, reportando que las combinaciones que presentaron mayores valores en cuanto a peso seco de planta, área foliar y área de brácteas fueron 25% NH₄+75% NO₃ y la de 0% NH₄+100% NO₃.

La aplicación de nitrógeno con una proporción de 80 % de NO₃ y 20 % de NH₄, maximiza la eficiencia del uso de este nutrimento en el crecimiento de la nochebuena (Rose *et al.*, 1994).

Cox y Seeley (1984) realizaron una investigación en el aprovechamiento (absorción y utilización) del nitrógeno con base en la relación de las formas en las que es asimilable este nutrimento, es decir en la relación N-NO₃ :N-NH₄, reportando que en las relaciones de 50:50 y 75:25 de N-NO₃ :N-NH₄ a un pH de 4.2 en la solución nutritiva es que se obtiene un mayor valor de materia seca y además es en estas relaciones en las que se encuentra un mayor contenido de nitrógeno en las hojas.

La deficiencia del nitrógeno afecta grandemente el crecimiento de la planta, manifestándose por su poco desarrollo, las hojas permanecen pequeñas y se tornan de un color verde amarillento (Navarro y Navarro, 2000).

Debido a que el nutrimento es muy móvil en las plantas, la deficiencia se acusa primero en las hojas mas viejas, ya que hay un desplazamiento hacia las más jóvenes, además la insuficiencia de nitrógeno se muestra en una floración muy escasa (Navarro y Navarro, 2000).

Un nivel alto de nitrógeno durante la etapa de floración en nochebuena lejos de favorecer el desarrollo de las brácteas, puede ocasionar daño en el tejido en crecimiento, caracterizado por áreas necróticas (Boodley, 1969); además altas concentraciones de nitrógeno disminuyen y suprimen la elongación radical (Argo y Biernbaum, 1991; Rose y White, 1994).

Navarro y Navarro (2000) mencionan que cantidades excesivas de nitrógeno originan plantas muy suculentas y con pocas partes leñosas, disminución muy marcada en el desarrollo del sistema radical y un amplio desarrollo vegetal aéreo.

Dentro de las relaciones que se dan entre el nitrógeno y otros nutrimentos, se puede citar la relación de sinergismo que se da entre el nitrógeno y el fósforo. Wilkinson *et al.* (1999) mencionan que el nitrógeno puede incrementar el aprovechamiento de fósforo por parte de la planta, mediante el óptimo desarrollo radicular, el mismo que absorbe y transloca el fósforo de manera mas eficiente.

El aprovechamiento del calcio cuando se utiliza nitrógeno en forma de nitratos, es mayor, que cuando se utiliza nitrógeno en forma de amonio (Kawasaki, citado por Fageria, 2001).

La asimilación de nitrógeno y azufre en la planta, tiene una relación muy importante entre ambos nutrimentos, ya que el nitrógeno influye fuertemente en la regularización de la asimilación del azufre y viceversa, esto debido a que estos dos nutrimentos son vitales en las estructuras de proteínas (Fageria, 2001).

Los niveles de hierro en la planta se ven favorecidos con la aplicación de niveles altos de nitrógeno en forma de amonio; sin embargo, la concentración de zinc no se incrementa por la adición del nitrógeno en forma de amonio (Fageria, 2001).

2.4.1.2 Potasio

El potasio es un catión univalente que es absorbido con una alta selectividad y se acopla a la actividad metabólica. Se caracteriza por una alta movilidad en las plantas, en todos los niveles, en células individuales, en tejidos y en el transporte a largas distancias vía xilema y floema. Es el catión mas abundante en el citoplasma y es un acompañante de aniones (Marschner, 1986).

A diferencia de otros nutrimentos el potasio no cumple un rol estructural sino más bien uno funcional, debido a su gran movilidad asegura la constancia de la concentración de H^+ de los jugos celulares, también desempeña una importante función en la fotosíntesis asegurando una mejor utilización de la energía luminosa. Es un regulador de la presión osmótica celular, hace disminuir la transpiración y contribuye a mantener la turgencia celular (Navarro y Navarro, 2000).

Cumple con la activación enzimática en diferentes procesos metabólicos como la síntesis de glúcidos, síntesis protéica, metabolismo del nitrógeno activando la nitrato-reductasa, fotosíntesis, glucólisis, metabolismo de los ácidos orgánicos; también tiene gran incidencia en el crecimiento meristemático (Navarro y Navarro, 2000; Mengel y Kirkby, 1982).

Además es requerido para la formación de enlaces fosfato de alta energía (ATP) y es descrito como un nutrimento de calidad, porque tanto las frutas como las hortalizas que tienen un nivel adecuado de potasio, tienen una mayor vida de anaquel (Bidwell, 1993; Salisbury y Ross, 1994).

Navarro y Navarro (2000) mencionan que las temperaturas altas provocan una mayor absorción de potasio, dándose una mayor disponibilidad del nutrimento para las diferentes necesidades fisiológicas, esto se puede atribuir a que la solución en el sustrato esta más concentrada.

El nivel óptimo de potasio para la planta de nochebuena es de 200 a 300 mg L⁻¹ (Ecke *et al.*, 1990). Un nivel de potasio en el que la raíz de la planta de nochebuena muestra un incremento de superficie radical superior al normal es de 300 mg L⁻¹ (Whipker y Hammer, 1997).

Argo y Biernbaum (1995) reportaron que con una aplicación de 331 mg L⁻¹ de potasio se obtuvo una buena calidad de plantas de nochebuena debido a que el desarrollo radical de la planta frente a este nivel de potasio se incrementó.

En un estudio de comparación de soluciones hidropónicas para nochebuena, se encontró que con un nivel de 300 mg L⁻¹ de potasio, se obtiene una mayor producción de peso seco de planta incrementándose la calidad de ésta (Whipker y Hammer 1998).

Jiménez (1990) menciona que el contenido de potasio en nochebuena oscila en un rango del 2.5 al 4.5 %; mientras que lo reportado por Ecke *et al.* (1990) coincide con los valores mencionados, ya que reporta un nivel óptimo de potasio entre 1.5 a 3.5 %.

Los niveles de potasio en la planta de nochebuena son altos durante el desarrollo inicial del sistema radical (Svenson y Davies, 1995). La máxima absorción de potasio en nochebuena se da cuando la planta se encuentra en su etapa de crecimiento vegetativo y antes de la etapa de floración, es decir, durante la etapa de inducción a floración (Scoggins y Mills, 1998).

Whipker y Hammer (1997) mencionan que el mayor contenido de potasio en nochebuena, se da en la etapa de inducción y en el desarrollo de las brácteas y además este contenido obedece a los niveles de fertilización potásica en forma directa.

El contenido de potasio en hojas jóvenes es mayor al de las hojas viejas, además la concentración de potasio disminuye conforme la edad de la planta de nochebuena avanza (Dole y Wilkins, 1991).

Nelson *et al.* (1979) en un estudio en begonias reportaron que la concentración de potasio, posterior a la etapa de crecimiento vegetativo, disminuye progresivamente conforme la planta se desarrolla.

Con una concentración de 100 mg L^{-1} de K en la solución nutritiva, el contenido de potasio presente en hojas, tallo y raíz en plantas de nochebuena durante la primer semana, fue de 22 mg. En la etapa vegetativa, en la cuarta semana después del transplante, se presentó la máxima absorción con 38 mg en el tejido muestreado; para la etapa inductiva se tuvieron 75 mg; el máximo valor se obtuvo en la etapa de desarrollo de brácteas con 85 mg y en la última semana se absorbieron 15 mg (Whipker y Hammer, 1997)

Con una solución nutritiva conteniendo 300 mg L^{-1} de potasio en plantas de nochebuena, la absorción de este nutrimento en tejido muestreado de hojas, tallo y raíz, se comportó de la siguiente manera; en la primera semana, después del transplante, se absorbieron 30 mg de potasio, la máxima absorción de potasio en la etapa vegetativa se realizó en la segunda semana con 40 mg. En la segunda semana de la etapa inductiva (octava y novena después del transplante) la absorción fue de 75 mg de potasio; en cuanto a la máxima absorción de potasio para la etapa de desarrollo de brácteas se obtuvo en la catorceava semana después del transplante con 110 mg. Finalmente en la última semana de desarrollo se dió una drástica disminución a 10 mg (Whipker y Hammer, 1997).

Por ser un nutrimento muy móvil se da un desplazamiento de la cantidad almacenada en las hojas hacia las hojas más jóvenes, viéndose la sintomatología de deficiencia en las hojas más viejas, presentándose inicialmente un moteado de manchas cloróticas y prosigue con el desarrollo de necrosis en la punta y en los bordes de las hojas (Navarro y Navarro, 2000).

El desarrollo sin potasio en la nochebuena genera hojas delgadas, porque posiblemente las células en empalizada son cortas. Las células superiores de la epidermis son algo estrechas y en las primeras etapas no presentan acumulación ó depósito de potasio. La

pared de las células en empalizada está separada, de este modo se forma una cavidad entre ellas (Struckmeyer, 1959).

Las alteraciones y síntomas por exceso de potasio en la planta se presentan con muy baja frecuencia y están basadas en los antagonismos: K/Mg, K/Ca, K/Fe y K/B (Navarro y Navarro, 2000).

El potasio presenta un acentuado antagonismo con el calcio, esto se puede reflejar en la reducción de la vida de anaquel, ya que si no se maneja un nivel adecuado entre estos dos nutrimentos el contenido de calcio en la planta puede disminuir y dado que es un nutrimento fundamental en la formación de la lámina media, es que la calidad de producto en vida de anaquel se ve muy reducida (Bidwell, 1993; Salisbury y Ross, 1994).

La relación de los dos nutrimentos en estudio (nitrógeno y potasio), obedece a un comportamiento de carácter sinérgico entre ambos, preferentemente cuando los niveles que se manejen entre ambos sean proporcionales (Fageria, 2001).

Hell y Hendriks (1995) mencionan que niveles altos de potasio son mucho más tolerados por la planta conforme el nivel de nitrógeno también sea alto, recomendando un nivel para ambos nutrimentos de 300 mg L⁻¹.

En lo que respecta al potasio como se mencionó anteriormente, frente a elevadas concentraciones de calcio y magnesio, se da un efecto antagónico entre éstos, dependiendo de la especie de la planta y de las condiciones del medio ambiente que se presenten. El antagonismo que presenta el magnesio con el potasio es menos acentuado que el que presenta el calcio con el potasio (Fageria, 2001).

Gupta, citado por Fageria (2001) menciona que los niveles de boro decrecen con la aplicación de niveles altos de potasio; mientras que Shukla y Mukhi (citados por Fageria, 2001) reportan que el aprovechamiento del zinc por parte de la planta se ve favorecido por niveles altos de potasio.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Desarrollo del experimento

El efecto del nitrógeno y potasio en la producción de nochebuena se evaluó durante el periodo que comprendió del 25 de junio al 25 de noviembre del 2004.

3.1.1 Localización

El experimento se estableció en un invernadero (14.6 °C, 61.6 % HR) del Instituto de Horticultura de la Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Estado de México, (19° 31' de latitud norte y 99° 53' de longitud oeste, altitud de 2310 m), con un clima templado semiseco con lluvias en verano y temperatura media anual de 15.9 °C (García, 1988).

3.1.2 Material Vegetal

Se utilizaron plantas de la variedad Subjibi Roja, cuyos esquejes se obtuvieron de la Empresa PLANTEC en el Estado de México, los esquejes ya estaban enraizados con una altura promedio de 10 cm con número de hojas promedio de 2 a 3.

3.1.3 Tratamientos

Se establecieron 9 tratamientos, los cuales fueron aplicados en una ocasión diariamente, mediante el riego, a lo largo del presente experimento.

Dichos tratamientos se describen en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Tratamientos aplicados

Tratamiento	Composición (N+K)
1	100 mg L ⁻¹ de nitrógeno y 100 mg L ⁻¹ de potasio
2	200 mg L ⁻¹ de nitrógeno y 100 mg L ⁻¹ de potasio
3	300 mg L ⁻¹ de nitrógeno y 100 mg L ⁻¹ de potasio
4	400 mg L ⁻¹ de nitrógeno y 100 mg L ⁻¹ de potasio
5	500 mg L ⁻¹ de nitrógeno y 100 mg L ⁻¹ de potasio
6	200 mg L ⁻¹ de nitrógeno y 175 mg L ⁻¹ de potasio
7	200 mg L ⁻¹ de nitrógeno y 250 mg L ⁻¹ de potasio
8	200 mg L ⁻¹ de nitrógeno y 325 mg L ⁻¹ de potasio
9	200 mg L ⁻¹ de nitrógeno y 400 mg L ⁻¹ de potasio

Fuentes: Nitrato de amonio, nitrato de potasio, nitrato de calcio, sulfato de potasio y cloruro de potasio

3.1.4 Transplante

El transplante se realizó el 25 de junio del 2004, como sustrato se utilizó tezontle (sustrato estéril) el que fue previamente regado a saturación y drenado a fin de favorecer el establecimiento de la plántula y evitar su deshidratación. Se utilizaron macetas de plástico tipo estándar de 7".

3.1.5 Soluciones nutritivas utilizadas

Cada solución nutritiva se preparó de acuerdo con la dosis del tratamiento establecido, manteniendo constantes los niveles de los nutrimentos que no estaban en estudio (P, Ca, Mg, Cu, Mn, Fe, Zn y B), obteniendo así 9 soluciones nutritivas, las mismas que fueron aplicadas a partir del 4 de julio (inicio de crecimiento vegetativo 9 ddt). Las diferentes soluciones nutritivas se describen en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Solución nutritiva aplicada en plantas de nochebuena

Nutrimiento	Concentración mg L ⁻¹
Nitrógeno	100, 200, 300, 400 y 500 según el tratamiento
Fósforo	50
Potasio	100, 175, 250, 325 y 400 según el tratamiento
Calcio	200
Magnesio	46
Cobre	0.25
Manganeso	0.75
Zinc	0.5
Fierro	1.5
Boro	0.5
pH	6.0

3.1.6 Riegos

Los riegos proporcionados con solución nutritiva fueron aplicados una vez por día a las plantas, con un volumen de 100 ml durante un mes y 200 ml hasta concluir el ciclo productivo.

3.1.7 Control de plagas

Se aplicó CONFIDOR (3 ml L⁻¹) a los 26 y 28 ddt, para combatir la mosca blanca. Para prevenir el ataque de mosca negra se aplicó CONFIDOR (1.3 ml L⁻¹) a los 52 ddt en el riego, además de la instalación de trampas pegantes amarillas con Adequin, a los 35 ddt. Para el ataque de araña roja se aplicó Abamectina (1 ml por cada 5 litros), en dos ocasiones, el 30 de agosto y el 7 de setiembre (a los 66 y 73 ddt).

3.1.8 Tapado de planta

Se realizó del 31 de agosto (65 ddt), al 5 de noviembre (131 ddt), con plástico negro grueso, desde las 19:00 pm hasta las 9:00 am (10 horas luz y 14 horas de oscuridad) para inducir la pigmentación de brácteas.

3.1.9 Diseño experimental

Se utilizó un Diseño Experimental Completamente al Azar, con 9 tratamientos y 10 repeticiones. Teniendo a una planta como unidad experimental.

3.2 Variables Evaluadas

3.2.1 Altura de planta

Esta evaluación se hizo desde el 15 de julio hasta el 17 de noviembre de 2003, se midió el crecimiento de la planta con una regla métrica, cada 2 semanas, registrando el dato del brote que mas altura presentaba. Se midieron las 10 plantas por tratamiento.

3.2.2 Diámetro de tallo

Se registraron los datos en el mismo periodo con la misma frecuencia con la que se tomaron los datos de altura de planta, se midieron 10 plantas por tratamiento. La medición se hizo en la parte basal del tallo principal

3.2.3 Área foliar

Se evaluó en cinco ocasiones a los 25, 50, 75, 100 y 125 días después del transplante. Se seleccionaron al azar tres plantas por tratamiento, a cada una de ellas se les retiraron dos hojas de reciente madurez (parte media superior), sin peciolo. Al final del experimento se seleccionaron al azar tres plantas, a las cuales se les retiraron todas las

hojas para evaluar el área foliar. Para estas mediciones se utilizó un integrador de área foliar de rodillo LI-COR modelo LI-3100.

3.2.4 Peso seco foliar

Se evaluó en cinco ocasiones a los 25, 50, 75, 100 y 125 días después del transplante. Se seleccionaron al azar tres plantas por tratamiento, a cada una de ellas se les retiraron dos hojas de reciente madurez (parte media superior), sin peciolo, a las cuales luego de ser llevadas a una estufa de aire forzado a 70°C por 48 horas, se registró el peso seco en una balanza. Al final del experimento se seleccionaron al azar tres plantas, a las cuales se les retiraron todas las hojas para evaluar el peso seco foliar total, bajo las mismas condiciones anteriormente mencionadas. Como estas hojas se usaron para el análisis de N y K, se lavaron dos veces con agua potable y una con agua destilada.

3.2.5 Peso específico de hoja

Se determinó mediante la relación peso seco foliar / área foliar. Para obtener estos valores, se utilizaron los datos de las cinco evaluaciones realizadas durante el desarrollo del experimento para área y peso seco foliar. Este procedimiento se aplicó también para los datos de las evaluaciones de área y peso seco foliar realizadas al final del experimento.

3.2.6 Análisis nutrimental

3.2.6.1 Análisis de nutrimentos (N y K)

Se analizó el contenido de nitrógeno y potasio de cada tratamiento. Se evaluó en las mismas fechas y en las mismas hojas de las muestras que se utilizaron para determinar el área foliar a los 25, 50, 75, 100 y 125 días después del transplante. Las muestras secas se molieron con un molino de acero inoxidable (Arthur H. Thomas CO.) con una malla del número 20 y luego fueron digestadas de la siguiente manera: se pesaron 0.2 g para la

evaluación de los 25 ddt y 0.5 g para las evaluaciones a los 50, 75, 100 y 125 ddt del material vegetal seco; se colocaron en un matraz de digestión de 50 ml, se adicionaron 4 ml de la mezcla digestora (ácido sulfúrico y ácido perclórico), luego se les agregó 2 ml de peróxido de hidrógeno al 30%. La concentración de nitrógeno se determinó por el método MicroKjeldahl y el contenido de potasio se determinó por flamometría con un fotómetro de llama Corning 400 (Chapman y Pratt, 1973).

3.2.6.2 Análisis nutrimental final en hojas

Para esta variable se colectaron hojas ya maduras de la parte inferior de la planta y se hicieron tres lavados de las hojas, dos con agua potable y uno con agua destilada.

Se secaron las hojas en una estufa y fueron molidas, luego las muestras fueron digestadas de la siguiente manera: se pesaron 0.5 g y se colocaron en un matraz de digestión de 50 ml, se adicionaron 4 ml de la mezcla digestora (ácido sulfúrico y ácido perclórico), luego se agregaron 2 ml de peróxido de hidrógeno al 30 %. La concentración de nitrógeno se determinó por el método MicroKjeldahl (Chapman y Pratt, 1973). El fósforo se determinó por el método del molibdo vanadato amarillo (Jackson, 1964). El contenido de potasio se determinó por flamometría con un fotómetro de llama Corning 400. Las concentraciones de Ca, Mg, Cu, Zn y Mn se determinaron con el espectrofotómetro de absorción atómica modelo UNICAM 989 AA Spectrometer; mientras que la concentración de B se determinó por fotolorimetría con Azometina-H.

3.2.7 Inicio de floración

De un total de 10 plantas por tratamiento se cuantificó las que presentaban las estructuras reproductivas propias de la nochebuena llamadas ciatios. El registro de esta variable fue desde el 8 de octubre hasta el 20 de octubre, fecha en que todas las plantas ya presentaban ciatios.

3.2.8 Número de hojas

Se cuantificó al final del experimento, en una muestra aleatoria de 5 plantas al azar por tratamiento.

3.2.9 Número de brotes

Se cuantificó al final del experimento, se determinó considerando 5 plantas al azar por tratamiento.

3.2.10 Peso seco final total por planta

Para esta variable se seleccionaron al azar tres plantas completas (raíz, tallo, hojas e inflorescencias) por tratamiento, las cuales fueron lavadas con agua destilada, y se secaron en una estufa de aire forzado a 70 °C por 72 horas. Posteriormente se les determinó el peso seco total por planta en una balanza.

3.2.11 Área de inflorescencia principal

Se seleccionaron al azar 3 plantas por tratamiento al final del experimento, a cada una de ellas se les retiraron todas las brácteas de la inflorescencia principal. La medición se hizo con un integrador de área foliar de rodillo LI-COR modelo LI-3100.

3.2.12 Contenido de clorofilas en hojas

Se determinó el contenido de clorofila *a*, clorofila *b* y clorofila total de una hoja madura de la parte superior de cada una de las tres plantas que se seleccionaron por tratamiento, se siguió la metodología de la AOAC (1980) y la técnica descrita por Witham *et al.* (1971). Se pesó 0.1 g de tejido vegetal fresco de la parte media de la hoja, posteriormente se cortó el tejido en pequeños pedazos y se maceró en un mortero con aproximadamente 3 ml de acetona fría al 80 % v/v. Después se filtró y se aforó a 10 ml

con acetona para su posterior homogenización. Se determinó la absorbancia a 645 (clorofila a) y 663 nm (clorofila b) en un espectrofotómetro Spectronic 21D Milton Roy, el blanco fue acetona al 80 %.

La cantidad de clorofila en el extracto se calculó de acuerdo con los siguientes modelos matemáticos:

$$\text{mg clorofila a/g de peso fresco} = [12.7 (A_{663}) - 2.69 (A_{645})] \times V/(1000 \times W)$$

$$\text{mg clorofila b/g de peso fresco} = [22.9 (A_{645}) - 4.68 (A_{663})] \times V/(1000 \times W)$$

$$\text{mg clorofila total/g de peso fresco} = [20.2 (A_{663}) + 8.02 (A_{645})] \times V/(1000 \times W)$$

Donde:

A = Lectura de absorbancia

V = Volumen final del extracto clorofila – acetona 80%

W = Peso fresco en g del tejido

3.2.13 Contenido de antocianinas en brácteas

Se determinó el contenido de antocianinas de una bráctea, completamente desarrollada colectada de la inflorescencia principal de tres plantas diferentes, por tratamiento; siguiendo la metodología utilizada por Kannangara y Hansson (1998), donde se pesó 0.1 g de tejido fresco de la parte media de la bráctea, después se maceró el tejido en un mortero con nitrógeno líquido, se agregaron 10 mL de HCl 0.1N para su posterior homogenización. A continuación se vertió a tubos de centrifuga de 16 ml previamente cubiertos con papel, aluminio y se agitó por 10 minutos. Luego se centrifugó la muestra a 3 000 .rpm x g por 15 minutos. Una vez clarificadas las muestras se hizo una dilución agregando 20 ml de HCl 0.1N y se les determinó la absorbancia a 516 nm en un espectrofotómetro Spectronic 21D Milton Roy, como estándar se uso HCl 0.1N.

La cantidad de antocianinas totales presentes en el extracto se calculó de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$C = A \times V/e \times 100$$

Donde:

C = Cantidad de antocianinas mg g^{-1} de peso fresco

A = Lectura a 560 nm

V = Volumen del extracto (30 ml)

e = coeficiente de extinción (4.48)

3.2.14 Contenido de carotenoides en brácteas

Para esta determinación se colectó una bráctea de la inflorescencia principal de tres plantas diferentes, por tratamiento. La determinación de este pigmento se realizó con el mismo procedimiento para obtener el extracto para la determinación de clorofilas, en brácteas. La lectura se realizó a 470 nm en un espectrofotómetro Spectronic 21D Milton Roy. La cantidad de carotenoides en mg g^{-1} de peso fresco se calculó de acuerdo a la siguiente ecuación propuesta por Lichtenthaler (1987):

$$C \times c = (1000 \times \text{lectura } 470 \text{ nm}) - (1.82 Ca) - (85.02 Cb)/198$$

Donde:

$C \times c$ = contenido de carotenoides en mg g^{-1} de tejido fresco

Ca = contenido de clorofila a

Cb = contenido de clorofila b

3.2.15 Color en brácteas

El color se evaluó en la parte central de una bráctea ubicada en la inflorescencia principal de tres plantas diferentes, por tratamiento. En cada bráctea se tomaron dos mediciones en distintas partes dentro de la zona central de la bráctea. Para esta evaluación se utilizó un Espectrofotómetro X-RITE, el cual generó datos expresados en valores de L que representa el claroscuro ó luminosidad, C que es el croma ó saturación del color y H ó ángulo de tono Hue (McGuire, 1992).

3.3 Análisis estadístico

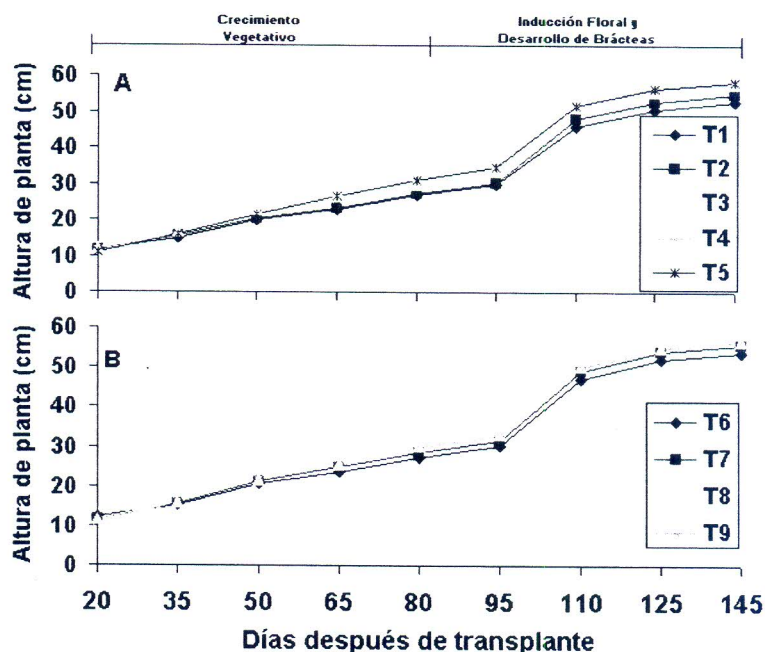
Mediante el Statistical Analysis System SAS (1989), se analizaron los datos como corresponde a un diseño experimental completamente al azar; para el análisis de varianza se utilizó un $\alpha \leq 0.05$, además, se realizó la prueba de medias de Tukey y el coeficiente de correlación de Pearson con un nivel de significancia del 5 %.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Altura de planta

En la Figura 1 se muestran los valores de esta variable obtenidos durante el ciclo de cultivo, en los diferentes tratamientos con variación en dosis de N (A) y de K (B).

En la primera evaluación de altura, a los 20 ddt, los valores no fueron diferentes estadísticamente (Figura 1 y Cuadro 1A). A los 145 ddt, los valores mas altos 58.5, 58.3, 57.7, 56.7 y 56.6 cm (estadísticamente diferentes), corresponden a las dosis de 400, 500 y 300 mg L⁻¹ de N y de 400 y 325 mg L⁻¹ de K, respectivamente. Durante la etapa de crecimiento vegetativo, el aumento en la altura de planta fue en forma ascendente, de los 95 a los 110 ddt se tuvo un mayor incremento, pero a partir de los 110 ddt en la etapa de desarrollo de brácteas la altura empezó a estabilizarse.



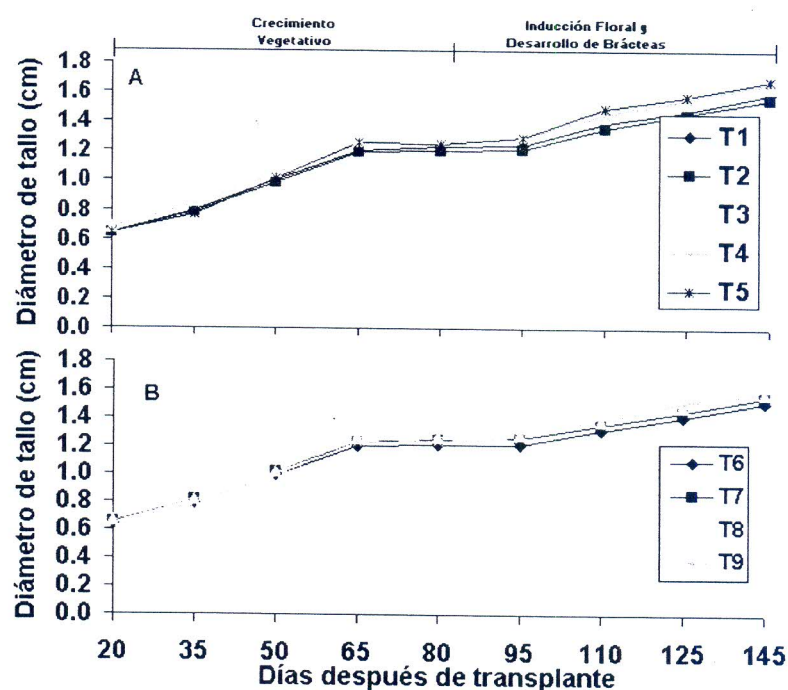
T₁= 100 mg L⁻¹ N + 100 mg L⁻¹ K; T₂= 200 mg L⁻¹ N + 100 mg L⁻¹ K; T₃= 300 mg L⁻¹ N + 100 mg L⁻¹ K; T₄= 400 mg L⁻¹ N + 100 mg L⁻¹ K; T₅= 500 mg L⁻¹ N + 100 mg L⁻¹ K; T₆= 200 mg L⁻¹ N + 175 mg L⁻¹ K; T₇= 200 mg L⁻¹ N + 250 mg L⁻¹ K; T₈= 200 mg L⁻¹ N + 325 mg L⁻¹ K; T₉= 200 mg L⁻¹ N + 400 mg L⁻¹ K.

A: Dosis de nitrógeno y B: Dosis de potasio

Figura 1. Efecto de diferentes dosis de nitrógeno y potasio en la altura de plantas de nochebuena cv. Subjibi roja.

4.2 Diámetro de tallo

Los valores registrados, tanto para los tratamientos con diferentes dosis de nitrógeno (A) y diferentes dosis de potasio (B), no presentaron diferencias significativas entre sí (Figura 2 y Cuadro 2A); sin embargo, en la última evaluación los tratamientos con 400 y 500 mg L⁻¹ de N, seguidos de los tratamientos con 325 y 400 mg L⁻¹ de K presentaron los valores mas altos de esta variable con 1.66, 1.68, 1.58 y 1.59 cm, respectivamente (Figura 2). El diámetro del tallo durante la etapa de crecimiento vegetativo aumentó hasta los 65 ddt, de ahí en adelante hasta los 95 ddt se mantuvo constante, el incremento de diámetro de tallo se estabilizó para después incrementarse de nuevo a los 110 ddt; sin embargo, este incremento fue menor que el registrado en la etapa de crecimiento vegetativo.



T₁= 100 mg L⁻¹ N + 100 mg L⁻¹ K; T₂= 200 mg L⁻¹ N + 100 mg L⁻¹ K; T₃= 300 mg L⁻¹ N + 100 mg L⁻¹ K; T₄= 400 mg L⁻¹ N + 100 mg L⁻¹ K; T₅= 500 mg L⁻¹ N + 100 mg L⁻¹ K; T₆= 200 mg L⁻¹ N + 175 mg L⁻¹ K; T₇= 200 mg L⁻¹ N + 250 mg L⁻¹ K; T₈= 200 mg L⁻¹ N + 325 mg L⁻¹ K; T₉= 200 mg L⁻¹ N + 400 mg L⁻¹ K.

A: Dosis de nitrógeno y B: Dosis de potasio

Figura 2. Efecto de diferentes dosis de nitrógeno y potasio en el diámetro de tallo en plantas de nochebuena cv. Subjibi roja.

4.3 Área foliar

En el Cuadro 3 se presentan los promedios del área foliar parcial de cada tratamiento, registrados durante el ciclo de cultivo en cinco ocasiones: a los 25, 50, 75, 100 y 125 días después del transplante. Como se puede apreciar, el área foliar para todos los tratamientos se fue incrementando hasta los 100 ddt, a los 125 ddt disminuyó, debido a que en este periodo la planta se encontraba en la etapa de desarrollo de brácteas y las hojas de reciente madurez eran mas pequeñas en esta etapa.

Cuadro 3. Efecto de diferentes dosis de nitrógeno y potasio en el área foliar por muestreo en plantas de nochebuena cv. Subjibi roja.

Tratamiento	Área foliar por muestreo (cm ²)				
	25 ddt	50 ddt	75 ddt	100 ddt	125 ddt
100 mg L ⁻¹ N + 100 mg L ⁻¹ K	65.48 a ^z	126.76 a	191.99 a	211.82 a	208.13 a
200 mg L ⁻¹ N + 100 mg L ⁻¹ K	72.84 a	130.99 a	192.51 a	216.94 a	214.96 a
300 mg L ⁻¹ N + 100 mg L ⁻¹ K	83.41 a	148.17 a	208.91 a	209.01 a	219.12 a
400 mg L ⁻¹ N + 100 mg L ⁻¹ K	78.01 a	146.34 a	215.08 a	225.18 a	220.8 a
500 mg L ⁻¹ N + 100 mg L ⁻¹ K	66.54 a	137.11 a	218.89 a	234.58 a	222.26 a
200 mg L ⁻¹ N + 175 mg L ⁻¹ K	63.42 a	122.67 a	181.50 a	219.48 a	210.95 a
200 mg L ⁻¹ N + 250 mg L ⁻¹ K	63.45 a	131.77 a	182.25 a	204.00 a	208.42 a
200 mg L ⁻¹ N + 325 mg L ⁻¹ K	64.60 a	160.63 a	217.47 a	217.84 a	216.01 a
200 mg L ⁻¹ N + 400 mg L ⁻¹ K	61.22 a	135.68 a	213.55 a	213.68 a	212.94 a
DMS	25.59	45.85	42.3	38.36	17.98

^zValores con la misma letra dentro de la misma columna no presentan diferencias estadísticas según la prueba de medias de Tukey ($P \leq 0.05\%$).

DMS = Diferencia mínima significativa

ddt = días después del transplante

Al final del ciclo del cultivo se evaluó el área foliar total por planta, donde los tratamientos con 400 y 300 mg L⁻¹ de N presentaron los mayores valores con 3047.82 y 2972.01 cm² respectivamente, como se muestra en el Cuadro 5.

4.4 Peso seco foliar

El peso seco foliar parcial se evaluó en el mismo material y en las misma ocasiones que el área foliar parcial (25, 50, 75, 100 y 125 días después del transplante), presentando los datos registrados en el Cuadro 4. Hasta los 100 ddt se tuvo un incremento constante del peso seco foliar, a los 125 ddt el incremento fue mínimo o disminuyó ya que la planta estaba en la etapa de desarrollo de brácteas. A los 125 ddt los tratamientos con 300 y 400 mg L⁻¹ de N presentan los mayores valores con 801.1 y 833.3 mg, respectivamente.

Cuadro 4. Efecto de diferentes dosis de nitrógeno y potasio en el peso seco foliar parcial en plantas de nochebuena cv. Subjibi roja.

Tratamiento	Peso seco foliar parcial (mg)				
	25 ddt	50 ddt	75 ddt	100 ddt	125 ddt
100 mg L ⁻¹ N + 100 mg L ⁻¹ K	153.3 c ^z	350.1 b	601.1 bc	700.1 a	666.7 a
200 mg L ⁻¹ N + 100 mg L ⁻¹ K	203.3 abc	363.3 b	660.2 abc	750.2 a	700.1 a
300 mg L ⁻¹ N + 100 mg L ⁻¹ K	246.7 a	513.3 a	746.7 ab	750.2 a	801.1 a
400 mg L ⁻¹ N + 100 mg L ⁻¹ K	240.1 a	480.2 ab	780.2 a	833.3 a	833.3 a
500 mg L ⁻¹ N + 100 mg L ⁻¹ K	220.1 ab	440.1 ab	766.7 a	900.1 a	766.7 a
200 mg L ⁻¹ N + 175 mg L ⁻¹ K	146.7 c	353.3 b	576.7 c	750.2 a	666.7 a
200 mg L ⁻¹ N + 250 mg L ⁻¹ K	153.3 c	383.3 ab	580.1 c	700.1 a	666.7 a
200 mg L ⁻¹ N + 325 mg L ⁻¹ K	180.1 bc	480.1 ab	723.3 abc	750.2 a	700.1 a
200 mg L ⁻¹ N + 400 mg L ⁻¹ K	160.2 c	406.7 ab	686.7 abc	733.3 a	700.2 a
DMS	57	145.5	146.7	236.8	246.2

^zValores con la misma letra dentro de la misma columna no presentan diferencias estadísticas según la prueba de medias de Tukey ($P \leq 0.05\%$).

DMS = Diferencia mínima significativa

ddt = días después del transplante

El mismo material que se utilizó para hacer la evaluación del área foliar total, es en el que se determinó el peso seco foliar total por planta, dichas evaluaciones fueron al final del ciclo de cultivo, donde los tratamientos con 300 y 400 mg L⁻¹ de N presentaron los

valores mas altos con 9.6 y 9.4 g; mientras que en los tratamientos con dosis de K, las de 325 y 400 mg L⁻¹ de K, registraron los mayores valores con 9.1 y 8.8 g, tal como se muestra en el Cuadro 5. Para la correlación entre área foliar y peso seco foliar total por planta se obtuvo un coeficiente de correlación de 0.93; el coeficiente de correlación para el área foliar y peso específico foliar fue de 0.62 y el coeficiente de correlación para peso seco y peso específico foliar fue de 0.87 (Cuadro 3A).

Cuadro 5. Efecto de diferentes dosis de nitrógeno y potasio en el área foliar, peso seco foliar total por planta y peso específico foliar final, en plantas de nochebuena cv. Subjibi roja.

Tratamiento	Área foliar por planta (cm ²)	Peso seco foliar total por planta (g)	Peso específico foliar (mg cm ⁻²)
100 mg L ⁻¹ N + 100 mg L ⁻¹ K	2574.41 c ^z	7.4 f	2.8667 c
200 mg L ⁻¹ N + 100 mg L ⁻¹ K	2730.08 bc	8.1 ef	2.9333 bc
300 mg L ⁻¹ N + 100 mg L ⁻¹ K	2972.01 a	9.4 ab	3.1667 a
400 mg L ⁻¹ N + 100 mg L ⁻¹ K	3047.82 a	9.6 a	3.1667 a
500 mg L ⁻¹ N + 100 mg L ⁻¹ K	2928.11 ab	9.2 abc	3.1333 ab
200 mg L ⁻¹ N + 175 mg L ⁻¹ K	2722.69 bc	7.9 ef	2.8667 c
200 mg L ⁻¹ N + 250 mg L ⁻¹ K	2744.61 bc	8.2 de	3.0001 abc
200 mg L ⁻¹ N + 325 mg L ⁻¹ K	2945.24 ab	9.1 bc	3.0667 abc
200 mg L ⁻¹ N + 400 mg L ⁻¹ K	2869.08 ab	8.8 cd	3.0667 abc
DMS	226.58	0.616	0.2

^zValores con la misma letra dentro de la misma columna no presentan diferencias estadísticas según la prueba de medias de Tukey ($P \leq 0.05\%$).

DMS = Diferencia mínima significativa

En la Figura 3 y 4, se aprecian los efectos por separado tanto de las diferentes dosis de nitrógeno como de potasio, donde el nitrógeno favoreció el desarrollo del área foliar por planta y el peso seco foliar total de planta respecto al potasio, ya que con 400 mg L⁻¹ de N se obtuvo los mayores valores en ambas variables.

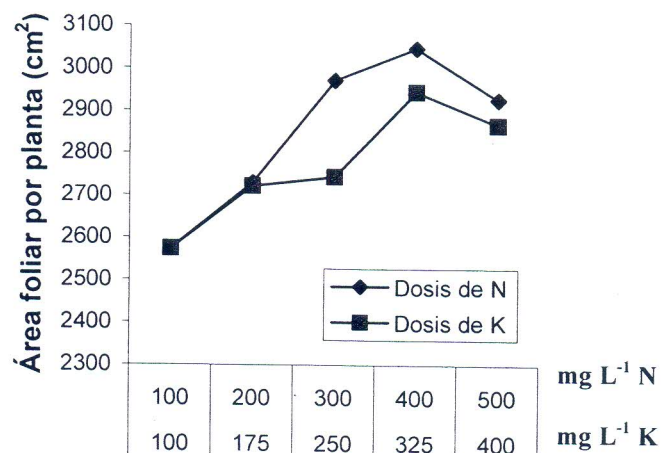


Figura 3. Efecto de diferentes dosis de nitrógeno y potasio en el área foliar por planta en plantas de nochebuena cv. Subjibi roja.

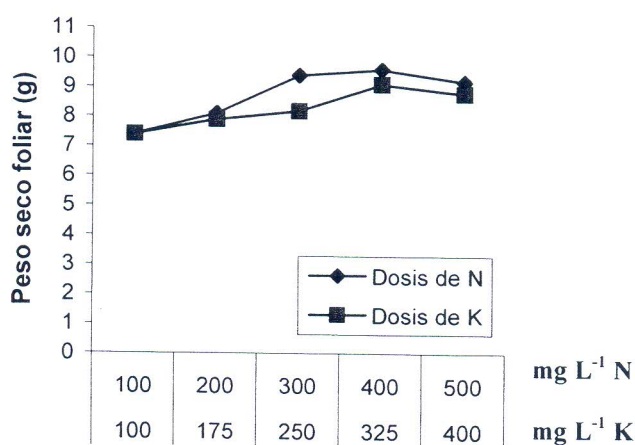


Figura 4. Efecto de diferentes dosis de nitrógeno y potasio en el peso seco foliar por planta en plantas de nochebuena cv. Subjibi roja.

4.5 Peso específico de hoja

Esta variable se determinó mediante la relación peso seco foliar entre el área foliar. En el Cuadro 6 se muestran los resultados de esta relación, obtenidos de los datos de las cinco evaluaciones realizadas a los 25, 50, 75, 100 y 125 ddt, donde no se muestran diferencias significativas entre los tratamientos.

En el Cuadro 5 se muestran los resultados de la relación entre peso seco foliar y área foliar total por planta que fue evaluada al final del ciclo del cultivo, donde los tratamientos con 300 y 400 de N presentaron los mayores valores con 3.16 mg cm^{-2} , para ambos tratamientos y cuyos valores fueron similares a los de 325 y 400 de mg L^{-1} K.

Cuadro 6. Efecto de diferentes dosis de nitrógeno y potasio en el peso específico por muestreo en plantas de nochebuena cv. Subjibi roja.

Tratamiento	Peso específico por muestreo (mg cm^{-2})				
	25 ddt	50 ddt	75 ddt	100 ddt	125 ddt
100 mg L^{-1} N + 100 mg L^{-1} K	2.3411 a ^z	2.7533 a	3.1267 a	3.3267 a	3.2067 a
200 mg L^{-1} N + 100 mg L^{-1} K	2.6501 a	2.9301 a	3.4701 a	3.4567 a	3.2533 a
300 mg L^{-1} N + 100 mg L^{-1} K	2.9702 a	3.4701 a	3.5733 a	3.5867 a	3.6567 a
400 mg L^{-1} N + 100 mg L^{-1} K	3.1001 a	3.2901 a	3.6233 a	3.6967 a	3.7767 a
500 mg L^{-1} N + 100 mg L^{-1} K	3.0833 a	3.2002 a	3.5167 a	3.8533 a	3.4467 a
200 mg L^{-1} N + 175 mg L^{-1} K	2.3167 a	2.8767 a	3.1733 a	3.4033 a	3.1733 a
200 mg L^{-1} N + 250 mg L^{-1} K	2.4167 a	2.9033 a	3.1833 a	3.4201 a	3.2001 a
200 mg L^{-1} N + 325 mg L^{-1} K	2.8702 a	2.9867 a	3.3331 a	3.4433 a	3.2433 a
200 mg L^{-1} N + 400 mg L^{-1} K	2.6133 a	2.9933 a	3.2133 a	3.8533 a	3.2902 a
DMS	0.8	0.8	0.7	1.0	1.2

^zValores con la misma letra dentro de la misma columna no presentan diferencias estadísticas según la prueba de medias de Tukey ($P \leq 0.05\%$).

DMS = Diferencia mínima significativa

ddt = días después del transplante

El crecimiento de la planta está directamente influenciado por nutrimentos como lo son el nitrógeno y el potasio. Actualmente está plenamente demostrado que el primero es el factor limitante más común del crecimiento de las plantas, constituyente de compuestos orgánicos, de la estructura de todas las proteínas y de moléculas tan importantes como las purinas y pirimidinas que son indispensables para el desarrollo de la planta, mientras que el potasio cumple con la activación enzimática en diferentes procesos metabólicos tales como la síntesis de glúcidos, glucólisis y metabolismo de los ácidos orgánicos,

teniendo gran incidencia en el crecimiento meristemático, además realiza otra función al contribuir a los potenciales osmóticos y por consiguiente ayudar a desarrollar la presión de turgencia que se necesita para mantener la forma y la velocidad de crecimiento, así como determinados movimientos dependientes de la presión como la apertura de estomas (Jones, 2003; Bidwell, 1993; Salisbury y Ross, 1994; Navarro y Navarro 2000).

El comportamiento en cuanto a la altura de planta coincide con lo mencionado por Fisher *et al.* (1996) en donde para encontrar un modelo matemático de representación del crecimiento y desarrollo de nochebuena cultivar Freedom, mencionan que se presentan tres fases; la primera fase se caracteriza por un incremento exponencial, la segunda fase es donde la elongación muestra un comportamiento cercano a la linealidad y la etapa tres muestra una fase de meseta en la cual la tasa de elongación se mantiene constante o incluso empieza a declinar. En la Figura 1 se aprecia que el incremento en altura de planta en las etapas de crecimiento vegetativo y de inducción floral presentó un comportamiento lineal; mientras que en la etapa de diferenciación floral (125 ddt), el crecimiento se mantuvo constante. En la Figura 2 se muestra el comportamiento del incremento en el diámetro del tallo, donde en las etapas de crecimiento vegetativo y de inducción floral se observó una fase lineal, en la etapa de desarrollo de bráctea y diferenciación floral se siguió teniendo este comportamiento pero menos acentuado, lo que coincide con Bidwell (1993) quien reporta que conforme la etapa de diferenciación floral avanza, el crecimiento va deteniéndose.

La expansión foliar se empezó a reducir a los 100 ddt (Cuadro 3), es decir en la etapa de desarrollo de brácteas y diferenciación floral, esto debido a que la planta detiene su crecimiento y empieza a utilizar sus reservas para el desarrollo de las brácteas y diferenciación de sus órganos florales. El área foliar parcial disminuyó a los 125 ddt debido a que se muestrearon dos hojas de reciente madurez de menor tamaño en comparación con las hojas de las primeras evaluaciones, porque la planta ya detuvo su crecimiento. Como se muestra en el Cuadro 4, el peso seco foliar parcial se comportó de la misma manera como lo hizo el área foliar parcial; para ambas variables fueron los tratamientos con 300, 400 y 500 de mg L^{-1} N los que mostraron los valores mas altos en

las cinco evaluaciones realizadas, reflejando esto la importancia que tiene el nitrógeno para que la planta tenga un buen tamaño de hoja y peso seco de las mismas, como lo mencionan Navarro y Navarro (2000).

Como se puede apreciar en el Cuadro 4, el peso seco foliar parcial se vió favorecido por los tratamientos con alto nitrógeno como son los de 300, 400 y 500 mg L⁻¹, esto coincide con Mengel y Kirkby (1982), quienes indican que el nitrógeno favorece al peso seco de la planta. Los tratamientos de 325 y 400 mg L⁻¹ de K presentan también altos valores para esta variable debiéndose a la importancia del K en distintos procesos relacionados con el desarrollo de la planta.

En las evaluaciones del área foliar por planta y peso seco foliar por planta, realizadas al final del ciclo del cultivo (Cuadro 5), los tratamientos con 300 y 400 mg L⁻¹ de N presentaron los mayores valores para ambas variables con 2972.01, 3047.82 cm² y 9.4, 9.6 g respectivamente. Coincidiendo con Navarro y Navarro (2000) quienes dicen que la deficiencia de este nutrimento afecta grandemente al crecimiento de la planta, manifestándose por el poco desarrollo de la planta, las hojas permanecen pequeñas y se tornan de un color verde amarillento. También Whipker y Hammer (1998) reportan que con un nivel alto de nitrógeno se obtiene mayor cantidad de materia seca en la hoja. Los niveles de 325 y 400 mg L⁻¹ de potasio generaron también valores altos en estas variables, debiendo citar lo mencionado por Struckmeyer (1959), durante el desarrollo sin o con niveles bajos de potasio en la nochebuena se producen hojas delgadas y pequeñas.

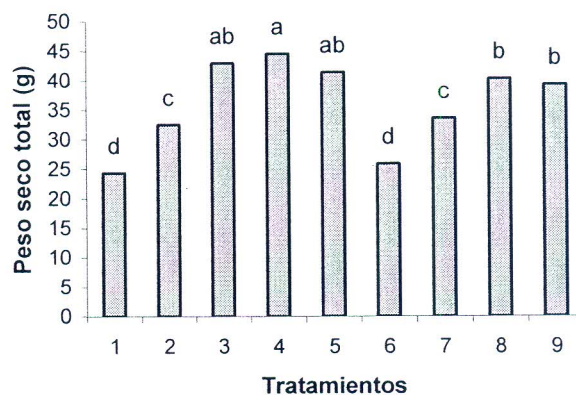
En cuanto a la variable de peso específico como se aprecia en el Cuadro 6, a partir de los 100 ddt la acumulación de materia seca en la hoja empezó a disminuir, coincidiendo con Whipker y Hammer (1997), quienes indican que la mayor acumulación de materia seca en nochebuena se da a los 105 días después del transplante. En el Cuadro 5 se aprecia que los tratamientos con 300 y 400 mg L⁻¹ de nitrógeno presentaron los mayores valores en cuanto a peso específico con 3.16 mg cm⁻² para ambos tratamientos, coincidiendo con

Ecke *et al* (1990) quienes mencionan que concentraciones de nitrógeno con 300 y 400 mg L⁻¹ favorecen la acumulación de materia seca.

4.6 Peso seco total de planta

En la Figura 3 se aprecia que el peso seco total de la planta fue favorecido por los niveles altos de nitrógeno (300, 400 y 500 mg L⁻¹) con valores de 44.53, 42.93 y 41.37 g, respectivamente. En el Cuadro 6A se muestra un coeficiente de correlación de 0.79 entre altura de planta y peso seco total de planta.

Estos resultados coinciden con Salisbury y Ross (1994) quienes mencionan al nitrógeno como el principal nutrimento constituyente de la materia seca. Además con base en los datos presentados para esta variable, cabe citar lo reportado por Whipker y Hammer (1998), donde en un estudio de comparación de soluciones hidropónicas para nochebuena, reportan que se presentan mayores valores en cuanto a materia seca de hojas, tallos y raíz en la etapa de crecimiento con una solución que contiene 300 mg L⁻¹ de nitrógeno.



T₁= 100 mg L⁻¹ N + 100 mg L⁻¹ K; T₂= 200 mg L⁻¹ N + 100 mg L⁻¹ K; T₃= 300 mg L⁻¹ N + 100 mg L⁻¹ K; T₄= 400 mg L⁻¹ N + 100 mg L⁻¹ K; T₅= 500 mg L⁻¹ N + 100 mg L⁻¹ K; T₆= 200 mg L⁻¹ N + 175 mg L⁻¹ K; T₇= 200 mg L⁻¹ N + 250 mg L⁻¹ K; T₈= 200 mg L⁻¹ N + 325 mg L⁻¹ K; T₉= 200 mg L⁻¹ N + 400 mg L⁻¹ K.

Figura 5. Efecto de diferentes dosis de nitrógeno y potasio en el peso seco total en plantas de nochebuena cv. Subjibi roja.

Como se aprecia en la Figura 5 el mayor valor en cuanto a materia seca, respecto a las dosis de N se obtuvo con 400 mg L⁻¹ de N y de las dosis de K fue con 325 mg L⁻¹ de K, considerándose que el rango óptimo de aprovechamiento de N se encontró entre 300 y 400 mg L⁻¹ de N, a una dosis de 500 mg L⁻¹ de N la planta estuvo en un consumo de lujo lo que hace suponer que a mayores concentraciones de 500 mg L⁻¹ de N se tendrían síntomas de toxicidad. Para el caso de K, la dosis óptima de aprovechamiento fue a 325 mg L⁻¹ de K, considerando 400 mg L⁻¹ de K como de consumo de lujo de la planta ya que a esta dosis la materia seca por planta disminuye, asumiendo que a una dosis mayor o igual a 400 mg L⁻¹ de K ya se podrían mostrar los síntomas de toxicidad por exceso de este nutrimento.

4.7 Número de hojas y brotes por planta

En el Cuadro 7 se puede apreciar que los valores mas altos registrados para el número de hojas, corresponden a los tratamientos con 100, 200 y 300 mg L⁻¹ de N con 46.7, 50.3 y 43.7 hojas respectivamente, mientras que para el número de brotes por planta, los tratamientos con 100 y 200 mg L⁻¹ de N y 175 mg L⁻¹ de K, fueron los que generaron los mayores valores con 4.1, 4.4 y 3.8 brotes por planta, respectivamente.

Se observa que las plantas con aplicaciones elevadas de nitrógeno (400 y 500 mg L⁻¹) y potasio (325 y 400 mg L⁻¹) desarrollaron pocos brotes (de 2 a 3) y hojas (de 30 a 37), mientras que las de niveles bajos y medios de N y K (100, 200, 300 de mg L⁻¹ N y 175 y 250 mg L⁻¹ de K), propiciaron un incremento en hojas y brotes nuevos.

Esto significa que a niveles medios la planta distribuye de mejor manera los nutrimentos; coincidiendo con Whipker y Hammer (1998) quienes recomiendan niveles medios de nitrógeno para un óptimo desarrollo de plantas de nochebuena. Para la correlación entre altura de planta con número de brotes y con número de hojas se tuvieron coeficientes de correlación de -0.37 y de -0.57 respectivamente, mientras que para número de brotes y número de hojas el coeficiente de correlación fue de 0.52 (Cuadro 6A).

Cuadro 7. Efecto de diferentes dosis de nitrógeno y potasio en el número de hojas y brotes, en plantas de nochebuena cv. Subjibi roja.

Tratamiento	Número de hojas total por planta	Número de brotes por planta
100 mg L ⁻¹ N + 100 mg L ⁻¹ K	46.7 ab ^z	4.1 ab
200 mg L ⁻¹ N + 100 mg L ⁻¹ K	50.3 a	4.4 a
300 mg L ⁻¹ N + 100 mg L ⁻¹ K	43.7 bc	3.6 ab
400 mg L ⁻¹ N + 100 mg L ⁻¹ K	36.6 def	3.1 b
500 mg L ⁻¹ N + 100 mg L ⁻¹ K	30.7 f	2.8 b
200 mg L ⁻¹ N + 175 mg L ⁻¹ K	39.1 cde	3.8 ab
200 mg L ⁻¹ N + 250 mg L ⁻¹ K	42.2 bcd	3.4 ab
200 mg L ⁻¹ N + 325 mg L ⁻¹ K	35.7 ef	3.4 ab
200 mg L ⁻¹ N + 400 mg L ⁻¹ K	36.2 ef	3.2 ab
DMS	5.87	1.35

^zValores con la misma letra dentro de la misma columna no presentan diferencias estadísticas según la prueba de medias de Tukey ($P \leq 0.05\%$).

DMS = Diferencia mínima significativa

4.8 Inicio de floración

Para esta variable se tomaron diez plantas por tratamiento a las cuales se les registró el momento en el que emitieron los ciatios. En el Cuadro 8, se puede apreciar que los tratamientos con las dosis mas altas de nitrógeno (300, 400 y 500 mg L⁻¹) favorecieron un inicio temprano de floración con respecto a los demás tratamientos. Esto pudiéndose atribuir a que la planta, obtuvo los fotoasimilados necesarios para iniciar su periodo de floración ya que el nitrógeno es el principal componente de diferentes aminoácidos y proteínas necesarios para la obtención de los diferentes fotoasimilados..

Al respecto Bidwell (1993) indica que para la diferenciación de estructuras reproductivas, es necesario que la planta sea inducida y que cuente con las reservas necesarias para poder entrar a la etapa de floración, siendo el nitrógeno el nutrimento

que optimice una cantidad adecuada de reservas; sin embargo, Boodley (1969) indica que un nivel alto de nitrógeno en la etapa de floración de nochebuena puede ocasionar necrosis en las brácteas como necrosis (esto no se registró en el presente trabajo).

Cuadro 8. Efecto de diferentes dosis de nitrógeno y potasio en el inicio de floración en plantas de nochebuena cv. Subjibi roja.

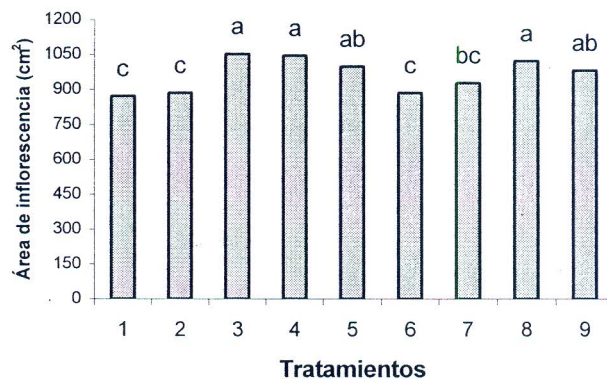
Tratamiento	Número de plantas			
	106 ddt	109 ddt	113 ddt	117 ddt
100 mg L ⁻¹ N + 100 mg L ⁻¹ K	0	3	4	3
200 mg L ⁻¹ N + 100 mg L ⁻¹ K	0	2	5	3
300 mg L ⁻¹ N + 100 mg L ⁻¹ K	2	5	3	0
400 mg L ⁻¹ N + 100 mg L ⁻¹ K	2	5	3	0
500 mg L ⁻¹ N + 100 mg L ⁻¹ K	3	4	3	0
200 mg L ⁻¹ N + 175 mg L ⁻¹ K	0	2	5	3
200 mg L ⁻¹ N + 250 mg L ⁻¹ K	0	3	5	2
200 mg L ⁻¹ N + 325 mg L ⁻¹ K	1	4	5	1
200 mg L ⁻¹ N + 400 mg L ⁻¹ K	2	4	4	0

ddt = días después del transplante

4.9 Área de la inflorescencia principal

Los tratamientos con 300 y 400 mg L⁻¹ de nitrógeno y 325 y 400 mg L⁻¹ de potasio, presentaron los valores mas altos del área de la inflorescencia principal respecto a los demás tratamientos con 1052.75, 1045.85, 1022.93 y 981.56, respectivamente, no habiendo diferencias significativas entre los tres primeros (Figura 6).

Lo que esta de acuerdo con Boodley (1969) quien reporta que niveles de nitrógeno mayores a 300 mg L⁻¹ durante la etapa de floración en nochebuena puede ocasionar daño en el tejido en crecimiento, caracterizado por áreas necróticas, mientras que un nivel medio de este nutrimento puede favorecer el desarrollo de las brácteas.



T₁= 100 mg L⁻¹ N + 100 mg L⁻¹ K; T₂= 200 mg L⁻¹ N + 100 mg L⁻¹ K; T₃= 300 mg L⁻¹ N + 100 mg L⁻¹ K; T₄= 400 mg L⁻¹ N + 100 mg L⁻¹ K; T₅= 500 mg L⁻¹ N + 100 mg L⁻¹ K; T₆= 200 mg L⁻¹ N + 175 mg L⁻¹ K; T₇= 200 mg L⁻¹ N + 250 mg L⁻¹ K; T₈= 200 mg L⁻¹ N + 325 mg L⁻¹ K; T₉= 200 mg L⁻¹ N + 400 mg L⁻¹ K.

Figura 6. Efecto de diferentes dosis de nitrógeno y potasio en el área de la inflorescencia principal en plantas de nochebuena cv. Subjibi roja.

4.10 Contenido de clorofilas a, b y total

El contenido de clorofilas fue favorecido por los tratamientos con las dosis de 300, 400 y 500 mg L⁻¹ de nitrógeno y el tratamiento con 325 mg L⁻¹ de potasio (Cuadro 9).

La importancia del nitrógeno es su participación como constituyente de un gran número de compuestos orgánicos esenciales para el metabolismo de las plantas, además de formar parte de la estructura de todas las proteínas y de moléculas importantes como purinas y pirimidinas (Navarro y Navarro, 2000).

El nitrógeno también se encuentra como constituyente de la clorofila y enzimas del grupo de los citocromos indispensables para la fotosíntesis y respiración (Navarro y Navarro, 2000).

Cuadro 9. Efecto de diferentes dosis de nitrógeno y potasio en el contenido de clorofilas a, b y total en hojas de plantas de nochebuena cv. Subjibi roja.

Tratamiento	Clorofila a	Clorofila b	Clorofila total
	mg g ⁻¹ de tejido fresco		
100 mg L ⁻¹ N + 100 mg L ⁻¹ K	1.8091 abc ^z	1.1197 ab	2.9287 abc
200 mg L ⁻¹ N + 100 mg L ⁻¹ K	1.8327 abc	1.1161 ab	2.9491 abc
300 mg L ⁻¹ N + 100 mg L ⁻¹ K	2.1863 a	1.2953 a	3.4817 a
400 mg L ⁻¹ N + 100 mg L ⁻¹ K	2.1757 a	1.2887 a	3.4637 a
500 mg L ⁻¹ N + 100 mg L ⁻¹ K	2.1273 a	1.2453 a	3.3717 a
200 mg L ⁻¹ N + 175 mg L ⁻¹ K	1.5462 c	0.9892 b	2.5347 c
200 mg L ⁻¹ N + 250 mg L ⁻¹ K	1.6497 bc	0.9963 b	2.6463 bc
200 mg L ⁻¹ N + 325 mg L ⁻¹ K	2.0083 ab	1.2183 a	3.2267 ab
200 mg L ⁻¹ N + 400 mg L ⁻¹ K	1.9457 abc	1.1587 ab	3.1041 abc
DMS	0.457	0.211	0.649

^zValores con la misma letra dentro de la misma columna no presentan diferencias estadísticas según la prueba de medias de Tukey ($P \leq 0.05\%$).

DMS = Diferencia mínima significativa

4.11 Contenido de antocianinas y carotenoides

En el Cuadro 10 se presentan los datos registrados de antocianinas y carotenoides, en donde se puede apreciar que para ambos pigmentos los valores más altos (441.96 y 455.58 mg g⁻¹ de tejido fresco, para antocianinas y 1.85 y 1.89 mg g⁻¹ de tejido fresco para carotenoides), se presentaron con los tratamientos de 300 y 400 mg L⁻¹ de nitrógeno.

Tomando en cuenta los datos registrados en estas variables y que el nitrógeno se encuentra como constituyente del grupo de los citocromos indispensables para la fotosíntesis, además de que para la producción de antocianinas la planta necesita un buen abastecimiento de fotoasimilados y siendo el nitrógeno el nutrimento indispensable para que la planta tenga una mayor disponibilidad y producción de éstos (Navarro y

Navarro, 2000) se puede atribuir una relación directa entre el contenido de nitrógeno y el contenido de estos pigmentos (antocianinas y carotenoides).

Cuadro 10. Efecto del nitrógeno y potasio en el contenido de antocianinas y carotenoides en brácteas de plantas de nochebuena cv. Subjibi roja.

Tratamiento	Antocianinas	Carotenoides
	mg g ⁻¹ de tejido fresco	
100 mg L ⁻¹ N + 100 mg L ⁻¹ K	268.31 c ^z	1.4447 ab
200 mg L ⁻¹ N + 100 mg L ⁻¹ K	283.26 c	1.0933 b
300 mg L ⁻¹ N + 100 mg L ⁻¹ K	441.96 a	1.8581 a
400 mg L ⁻¹ N + 100 mg L ⁻¹ K	455.58 a	1.8977 a
500 mg L ⁻¹ N + 100 mg L ⁻¹ K	391.29 ab	1.8013 a
200 mg L ⁻¹ N + 175 mg L ⁻¹ K	256.92 c	1.5577 ab
200 mg L ⁻¹ N + 250 mg L ⁻¹ K	299.33 bc	1.4842 ab
200 mg L ⁻¹ N + 325 mg L ⁻¹ K	342.19 bc	1.5887 ab
200 mg L ⁻¹ N + 400 mg L ⁻¹ K	312.95 bc	1.5697 ab
DMS	93.95	0.545

^zValores con la misma letra dentro de la misma columna no presentan diferencias estadísticas según la prueba de medias de Tukey ($P \leq 0.05\%$).

DMS = Diferencia mínima significativa

4.12 Color de brácteas

Se realizó un muestreo final en donde se determinaron las variables de brillo L, pureza del color C y la intensidad de color H; de acuerdo a los valores mostrados en el Cuadro 11, los diferentes tratamientos no presentaron diferencias estadísticas entre sí. Sin embargo, los tratamientos con 300 mg L⁻¹ de N + 100 mg L⁻¹ de K y 400 mg L⁻¹ de N + 100 mg L⁻¹ de K presentaron un color rojo mas intenso que el resto de los tratamientos, coincidiendo con los valores presentados por estos mismos tratamientos en cuanto al contenido de antocianinas; quizás al ser el color una variable cualitativa y muy

dependiente de la sensibilidad del Espectrofotómetro, al aplicar el análisis estadístico, no se muestran diferencias significativas entre tratamientos.

Cuadro 11. Efecto del nitrógeno y potasio en el color de las brácteas de plantas de nochebuena cv. Subjibi roja.

Tratamiento	L	C	H
100 mg L ⁻¹ N + 100 mg L ⁻¹ K	36.8533 a ^z	55.3333 a	23.3167 a
200 mg L ⁻¹ N + 100 mg L ⁻¹ K	31.9801 a	56.4333 a	24.3333 a
300 mg L ⁻¹ N + 100 mg L ⁻¹ K	37.5267 a	56.0501 a	24.2833 a
400 mg L ⁻¹ N + 100 mg L ⁻¹ K	37.7867 a	55.6533 a	24.0333 a
500 mg L ⁻¹ N + 100 mg L ⁻¹ K	37.4767 a	55.8133 a	23.5967 a
200 mg L ⁻¹ N + 175 mg L ⁻¹ K	36.7701 a	55.7102 a	23.5501 a
200 mg L ⁻¹ N + 250 mg L ⁻¹ K	36.8467 a	55.8833 a	23.5433 a
200 mg L ⁻¹ N + 325 mg L ⁻¹ K	36.9067 a	54.5402 a	23.3633 a
200 mg L ⁻¹ N + 400 mg L ⁻¹ K	37.3901 a	56.2201 a	23.3601 a
DMS	1.39	3.26	2.06

^zValores con la misma letra dentro de la misma columna no presentan diferencias estadísticas según la prueba de medias de Tukey ($P \leq 0.05\%$).

DMS = Diferencia mínima significativa

4.13 Análisis nutrimental

4.13.1 Análisis de nutrimentos (N y K)

Las concentraciones de nitrógeno y potasio de cada tratamiento, se evaluaron en las mismas fechas y tejido (hojas) de las muestras que se utilizaron para determinar el área foliar parcial.

En los análisis de nitrógeno, en todas las evaluaciones realizadas hubo diferencias significativas entre tratamientos (Cuadro 12); conforme la dosis de nitrógeno aplicado

fue más alta, el contenido de este nutrimento en el material analizado fue mayor (la última evaluación reportó, 1.50 % de N para 500 mg L⁻¹ de N en la solución nutritiva).

Cuadro 12. Efecto de diferentes dosis de nitrógeno y potasio en el contenido foliar de nitrógeno en plantas de nochebuena cv. Subjibi roja.

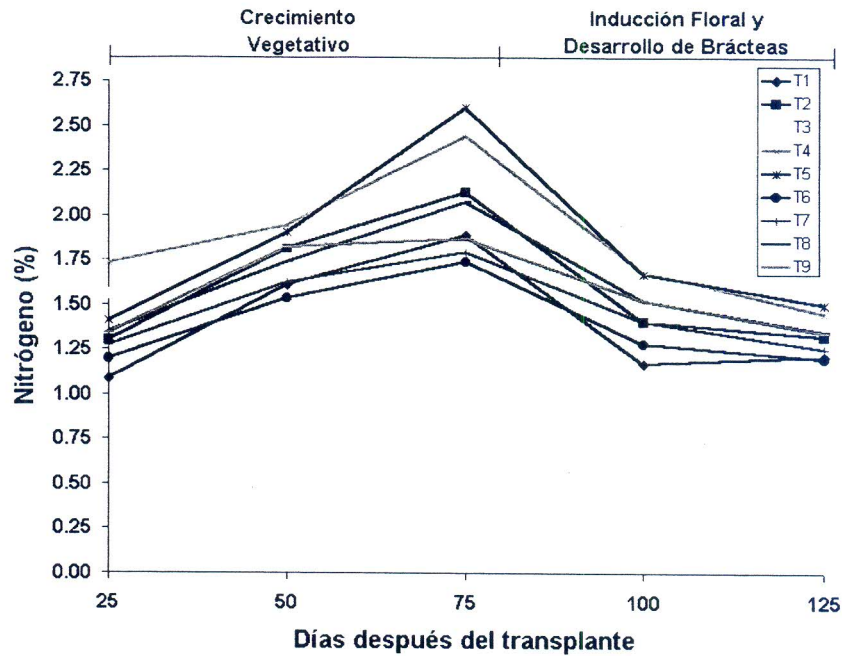
Tratamiento	Niveles de nitrógeno (%)				
	25 ddt	50 ddt	75 ddt	100 ddt	125 ddt
100 mg L ⁻¹ N + 100 mg L ⁻¹ K	1.08 e	1.89 d	1.61 ef	1.17 d	1.22 ef
200 mg L ⁻¹ N + 100 mg L ⁻¹ K	1.30 cd	2.13 c	1.81 cd	1.40 bc	1.32 cde
300 mg L ⁻¹ N + 100 mg L ⁻¹ K	1.56 ab	2.37 b	1.87 abc	1.61 a	1.42 abc
400 mg L ⁻¹ N + 100 mg L ⁻¹ K	1.73 a	2.44 b	1.94 a	1.68 a	1.45 ab
500 mg L ⁻¹ N + 100 mg L ⁻¹ K	1.41 bc	2.60 a	1.90 ab	1.67 a	1.50 a
200 mg L ⁻¹ N + 175 mg L ⁻¹ K	1.20 de	1.74 e	1.53 f	1.28 cd	1.20 f
200 mg L ⁻¹ N + 250 mg L ⁻¹ K	1.27 cde	1.79 de	1.63 e	1.40 bc	1.25 def
200 mg L ⁻¹ N + 325 mg L ⁻¹ K	1.35 cd	2.07 c	1.74 d	1.52 ab	1.35 bcd
200 mg L ⁻¹ N + 400 mg L ⁻¹ K	1.34 cd	1.87 d	1.82 bc	1.52 ab	1.34 cd
DMS	0.19	0.10	0.08	0.19	0.11

^zValores con la misma letra dentro de la misma columna no presentan diferencias estadísticas según la prueba de medias de Tukey ($P \leq 0.05\%$).

DMS = Diferencia mínima significativa

ddt = días después del transplante

La máxima absorción de este nutrimento en los diferentes tratamientos, se dió en el tercer muestreo que se realizó a los 75 días después del transplante (Figura 7), por lo que se asume que el máximo aprovechamiento del nitrógeno en la planta de nochebuena se da hasta antes de la etapa de inducción floral como lo mencionan Scoggins y Mills (1998), Rose y White (1994), Whipker y Hammer (1997) y Salisbury y Ross (1994).



T₁= 100 mg L⁻¹ N + 100 mg L⁻¹ K; T₂= 200 mg L⁻¹ N + 100 mg L⁻¹ K; T₃= 300 mg L⁻¹ N + 100 mg L⁻¹ K; T₄= 400 mg L⁻¹ N + 100 mg L⁻¹ K; T₅= 500 mg L⁻¹ N + 100 mg L⁻¹ K; T₆= 200 mg L⁻¹ N + 175 mg L⁻¹ K; T₇= 200 mg L⁻¹ N + 250 mg L⁻¹ K; T₈= 200 mg L⁻¹ N + 325 mg L⁻¹ K; T₉= 200 mg L⁻¹ N + 400 mg L⁻¹ K.

Figura 7. Efecto de diferentes dosis de nitrógeno y potasio en los niveles de nitrógeno en plantas de nochebuena cv. Subjibi roja.

Igual que el nitrógeno, los niveles mas altos de potasio encontrados en el material analizado, correspondieron a aquellos tratamientos cuyas dosis de este nutrimento fueron mas altas. Los diferentes tratamientos en la última evaluación, presentaron niveles de potasio (1.51 a 3.94 %) que son considerados de suficiencia según lo mencionado por Ecke *et al.*, (1990) quienes reportan que los niveles óptimos de potasio están entre 1.5 y 3.5 % de K . En las cinco evaluaciones realizadas, hubo diferencias significativas entre los diferentes tratamientos (Cuadro 13), siendo los tratamientos con dosis más altas de K los que presentaron los mayores valores; como se aprecia en la última evaluación, los tratamientos con 325 y 400 mg L⁻¹ de K presentaron valores de 3.94 y 3.86 % de K.

Cuadro 13. Efecto de diferentes dosis de nitrógeno y potasio en el contenido foliar de potasio en plantas de nochebuena cv. Subjibi roja.

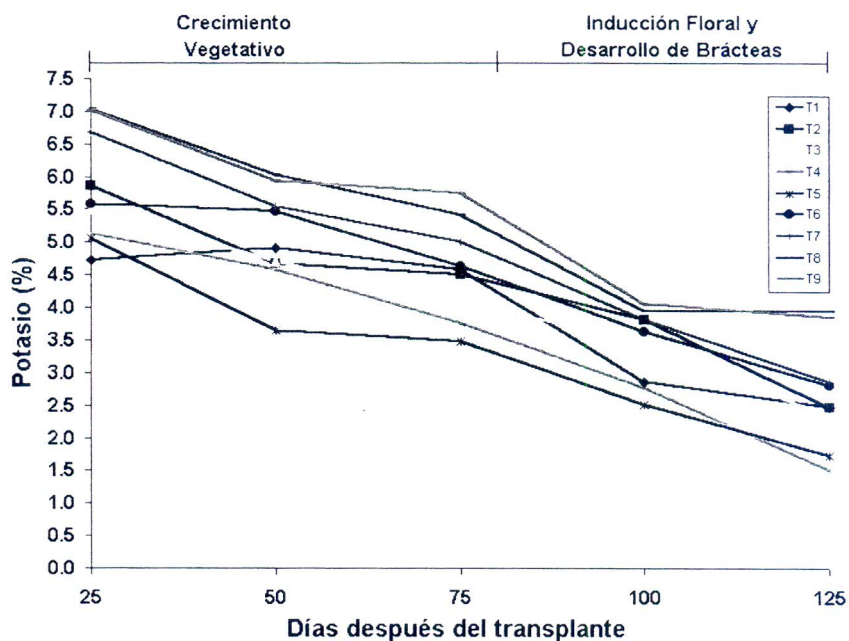
Tratamiento	Niveles de potasio (%)				
	25 ddt	50 ddt	75 ddt	100 ddt	125 ddt
100 mg L ⁻¹ N + 100 mg L ⁻¹ K	4.73 d	4.91 bc	4.57 cd	2.87 d	2.47 c
200 mg L ⁻¹ N + 100 mg L ⁻¹ K	5.86 b	4.68 c	4.50 cd	3.81 b	2.47 c
300 mg L ⁻¹ N + 100 mg L ⁻¹ K	5.51 bcd	4.70 c	4.02 de	3.54 c	2.31 d
400 mg L ⁻¹ N + 100 mg L ⁻¹ K	5.13 bcd	4.57 c	3.76 e	2.77 d	1.51 f
500 mg L ⁻¹ N + 100 mg L ⁻¹ K	5.06 cd	3.64 d	3.48 e	2.52 e	1.74 e
200 mg L ⁻¹ N + 175 mg L ⁻¹ K	5.58 bc	5.48 ab	4.63 c	3.62 c	2.81 b
200 mg L ⁻¹ N + 250 mg L ⁻¹ K	6.68 a	5.55 a	5.00 bc	3.82 b	2.87 b
200 mg L ⁻¹ N + 325 mg L ⁻¹ K	7.04 a	6.03 a	5.41 ab	3.94 ab	3.94 a
200 mg L ⁻¹ N + 400 mg L ⁻¹ K	7.02 a	5.94 a	5.75 a	4.06 a	3.86 a
DMS	0.79	0.58	0.60	0.15	0.16

^zValores con la misma letra dentro de la misma columna no presentan diferencias estadísticas según la prueba de medias de Tukey ($P \leq 0.05\%$).

DMS = Diferencia mínima significativa

ddt = días después del transplante

En la Figura 8 se muestra que la máxima absorción de potasio por la planta se dio durante la etapa de crecimiento vegetativo, posteriormente, esta absorción fue en constante descenso conforme la planta se desarrollaba, coincidiendo con Nelson *et al.* (1979) y Scoggins y Mills (1998) quienes indican que la máxima absorción de potasio es en la etapa inicial del crecimiento y antes de inducción floral.



T₁= 100 mg L⁻¹ N + 100 mg L⁻¹ K; T₂= 200 mg L⁻¹ N + 100 mg L⁻¹ K; T₃= 300 mg L⁻¹ N + 100 mg L⁻¹ K; T₄= 400 mg L⁻¹ N + 100 mg L⁻¹ K; T₅= 500 mg L⁻¹ N + 100 mg L⁻¹ K; T₆= 200 mg L⁻¹ N + 175 mg L⁻¹ K; T₇= 200 mg L⁻¹ N + 250 mg L⁻¹ K; T₈= 200 mg L⁻¹ N + 325 mg L⁻¹ K; T₉= 200 mg L⁻¹ N + 400 mg L⁻¹ K.

Figura 8. Efecto del nitrógeno y potasio en los niveles de potasio en plantas de nochebuena cv. Subjibi roja.

4.13.2 Análisis nutrimental final

4.13.2.1 Nitrógeno

En los tratamientos con 100, 200 mg L⁻¹ de N, se presentó una clorosis generalizada en las hojas tornándose de un color verde amarillento como lo mencionan Navarro y Navarro (2000), Salisbury y Ross, (1994) y Bidwell (1993) en la descripción de la sintomatología que presenta la planta con deficiencia de este nutrimento (Figura 9). En el tratamiento con 300 mg L⁻¹ de N, se observaron algunas plantas con esta sintomatología.

Los tratamientos con 300, 400 y 500 mg L⁻¹ de N mostraron el mayor contenido de nitrógeno, pero conforme la dosis de nitrógeno fue aumentando, los niveles encontrados en el material vegetal tuvieron una tendencia creciente como se observa en la Figura 10.

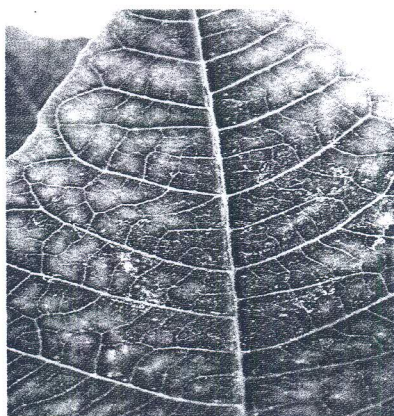
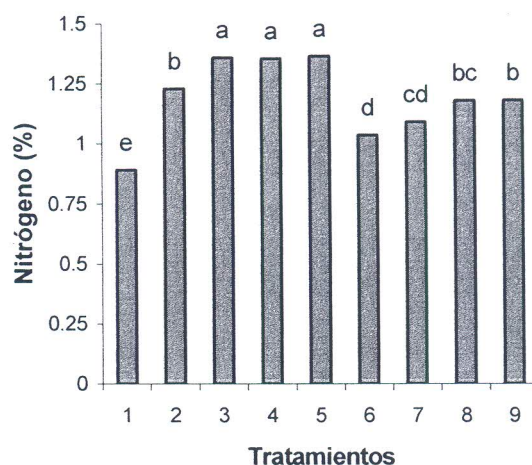


Figura 9. Clorosis generalizada como sintomatología de deficiencia de nitrógeno ($100, 200$ y 300 mg L^{-1}) en hojas medias de plantas de nochebuena cv: Subjibi roja.

Como se aprecia en la Figura 10, los tratamientos con las dosis más altas de nitrógeno ($300, 400$ y 500 mg L^{-1}) son los que presentaron los valores mayores con $1.36, 1.35$ y 1.36% de nitrógeno.



$T_1 = 100 \text{ mg L}^{-1} \text{ N} + 100 \text{ mg L}^{-1} \text{ K}$; $T_2 = 200 \text{ mg L}^{-1} \text{ N} + 100 \text{ mg L}^{-1} \text{ K}$; $T_3 = 300 \text{ mg L}^{-1} \text{ N} + 100 \text{ mg L}^{-1} \text{ K}$; $T_4 = 400 \text{ mg L}^{-1} \text{ N} + 100 \text{ mg L}^{-1} \text{ K}$; $T_5 = 500 \text{ mg L}^{-1} \text{ N} + 100 \text{ mg L}^{-1} \text{ K}$; $T_6 = 200 \text{ mg L}^{-1} \text{ N} + 175 \text{ mg L}^{-1} \text{ K}$; $T_7 = 200 \text{ mg L}^{-1} \text{ N} + 250 \text{ mg L}^{-1} \text{ K}$; $T_8 = 200 \text{ mg L}^{-1} \text{ N} + 325 \text{ mg L}^{-1} \text{ K}$; $T_9 = 200 \text{ mg L}^{-1} \text{ N} + 400 \text{ mg L}^{-1} \text{ K}$.

Figura 10. Efecto de diferentes dosis de nitrógeno y potasio de la solución nutritiva en el contenido foliar final de nitrógeno en plantas de nochebuena cv. Subjibi roja.

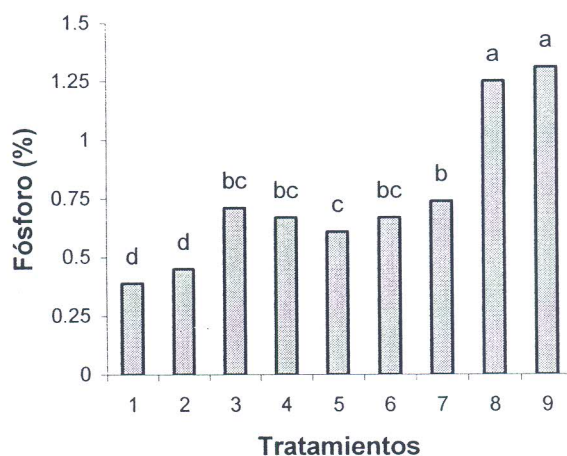
Comparando los valores de nitrógeno obtenidos con los niveles de suficiencia establecidos por Ecker *et al.* (1990) y Jones *et al.* (1991) de 4 a 6% o con Jiménez (1990) quien establece un rango del 4 al 5% como de suficiencia, es que los niveles de

nitrógeno registrados en este trabajo no son de suficiencia. Con base en esto, cabe mencionar que existe la posibilidad de que como no se muestreó el peciolo, parte del nitrógeno absorbido se encontraba en este, por lo que los niveles de N no son de suficiencia.

Además en la Figura 10 se aprecia que los tratamientos con dosis más altas de potasio (325 y 400 mg L⁻¹) favorecieron el contenido de nitrógeno, esto coincide con lo citado por Malcom (2000) quien menciona que con una dosis, dentro de las altas, de potasio, se incrementa el nivel de nitrógeno; ya que se incrementa la eficiencia del uso y absorción de nitrógeno. Pero cuando la dosis de potasio es muy elevada y el suministro de nitrógeno es bajo, el potasio puede ejercer una acción antagónica con el nitrógeno.

4.13.2.2 Fósforo

Los tratamientos con las dosis más altas de potasio (325 y 400 mg L⁻¹), presentaron los mayores valores en cuanto a este nutrimento con 1.25 y 1.3 %, en comparación con los demás tratamientos (Figura 11).



T₁= 100 mg L⁻¹ N + 100 mg L⁻¹ K; T₂= 200 mg L⁻¹ N + 100 mg L⁻¹ K; T₃= 300 mg L⁻¹ N + 100 mg L⁻¹ K; T₄= 400 mg L⁻¹ N + 100 mg L⁻¹ K; T₅= 500 mg L⁻¹ N + 100 mg L⁻¹ K; T₆= 200 mg L⁻¹ N + 175 mg L⁻¹ K; T₇= 200 mg L⁻¹ N + 250 mg L⁻¹ K; T₈= 200 mg L⁻¹ N + 325 mg L⁻¹ K; T₉= 200 mg L⁻¹ N + 400 mg L⁻¹ K.

Figura 11. Efecto de diferentes dosis de nitrógeno y potasio de la solución nutritiva en el contenido foliar final de fósforo en plantas de nochebuena cv. Subjibi roja.

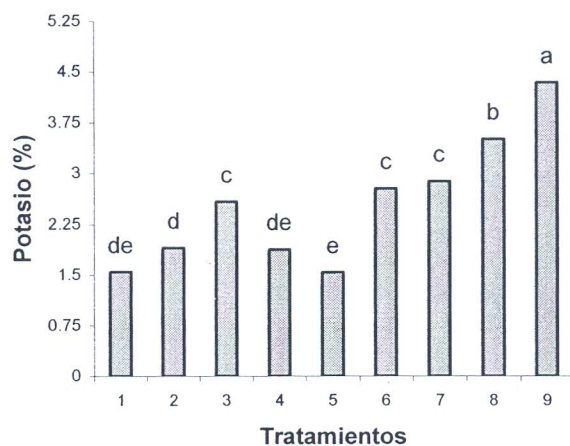
Como se aprecia en la Figura 11 para el contenido de fósforo se observó que conforme los niveles de nitrógeno y potasio se incrementaron, el contenido de fósforo aumentó. En el Cuadro 7A el coeficiente de las correlaciones entre nitrógeno- fósforo y potasio- fósforo presentaron coeficientes de correlación de 0.11 y 0.89, respectivamente; esto muestra claramente que el potasio tienen una correlación positiva con el fósforo, Castellanos *et al.* (2000) mencionan que el potasio aumenta la disponibilidad del fósforo y Malcom (2000) indica que la relación entre nitrógeno, fósforo y potasio es de tipo sinérgica.

4.13.2.3 Potasio

Los mayores niveles de potasio 3.49 y 4.34 %, encontrados en el material vegetal analizado, corresponden a los tratamientos con 325 y 400 mg L⁻¹ de K respectivamente, mientras que los tratamientos con 175 y 250 mg L⁻¹ de K presentaron niveles de 2.77 y 2.89 % , la tendencia que se muestra en la Figura 10 es que los niveles se incrementaban conforme la dosis de potasio aumentaba.

El tratamiento con 300 mg L⁻¹ de N mostró el mayor nivel de potasio con 2.59 % respecto a las demás dosis de nitrógeno, coincidiendo con lo mencionado por Fageria (2001), quien indica que a niveles proporcionales de nitrógeno y potasio, se da un sinergismo entre estos dos nutrimentos. Con base en Jones *et al.* (1991) quienes establecen un rango de suficiencia para niveles de potasio en la planta de 1.5 a 3.5 %, se puede decir que todos los niveles de potasio encontrados en los diferentes tratamientos se encuentran en un rango de suficiencia, a excepción del tratamiento con 400 mg L⁻¹ de K.

En la Figura 12 se aprecia que conforme las dosis de nitrógeno iban siendo más elevadas (>300 mg L⁻¹), el contenido de potasio bajaba; en este sentido Fageria (2001) y Malcom (2000) reportan que cuando se aplican dosis altas de nitrógeno y la dosis de potasio es baja en comparación a la de N, el nivel de potasio en la planta disminuye.



T₁= 100 mg L⁻¹ N + 100 mg L⁻¹ K; T₂= 200 mg L⁻¹ N + 100 mg L⁻¹ K; T₃= 300 mg L⁻¹ N + 100 mg L⁻¹ K; T₄= 400 mg L⁻¹ N + 100 mg L⁻¹ K; T₅= 500 mg L⁻¹ N + 100 mg L⁻¹ K; T₆= 200 mg L⁻¹ N + 175 mg L⁻¹ K; T₇= 200 mg L⁻¹ N + 250 mg L⁻¹ K; T₈= 200 mg L⁻¹ N + 325 mg L⁻¹ K; T₉= 200 mg L⁻¹ N + 400 mg L⁻¹ K.

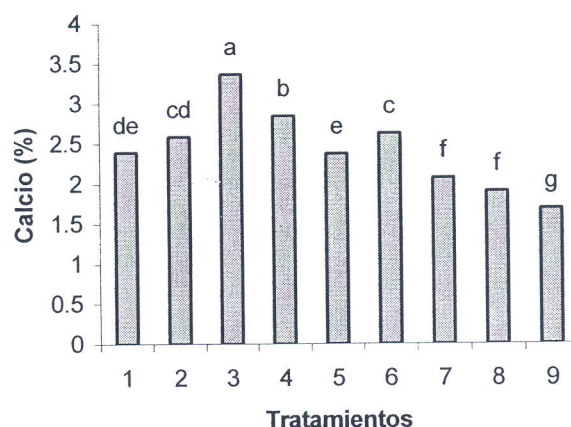
Figura 12. Efecto de diferentes dosis de nitrógeno y potasio de la solución nutritiva en el contenido foliar final de potasio en plantas de nochebuena cv. Subjibi roja.

4.13.2.4 Calcio

El tratamiento con 300 mg L⁻¹ N, fue el que presentó el mayor contenido de calcio con 3.37 %, seguido del tratamiento 400 mg L⁻¹ N con 2.85 % (Figura 13), encontrando un sinergismo entre calcio y nitrógeno como lo reportado por Mengel y Kirkby (1982); además Fageria (2001) indica que la relación N-Ca va a estar influenciada por la fuente de nitrógeno aplicada, produciendo el N-NO₃ una mejor absorción de Ca que la que proporciona el N-NH₄. Esto coincide con el presente trabajo ya que se utilizó NH₄-NO₃ en una proporción de 20 y 80 % respectivamente, al incrementar la dosis de nitrógeno se incrementa el nivel de NO₃, lo que incrementa el contenido de calcio con base en lo anteriormente mencionado.

Los tratamientos con 325 y 400 mg L⁻¹ K, presentaron el menor contenido de calcio, concordando con lo mencionado por Fageria (2001), acerca de una relación antagónica entre calcio y potasio. Esto da como resultado una tendencia en descenso del contenido de calcio conforme la dosis de potasio se incrementa.

Con base en los rangos (1 al 2.5 %) de suficiencia del contenido de calcio establecidos por Jones *et al.* (1991) y Ecke *et al.* (1990), se puede decir que los niveles de calcio presentados por los diferentes tratamientos se encuentran en un rango de suficiencia.



T₁= 100 mg L⁻¹ N + 100 mg L⁻¹ K; T₂= 200 mg L⁻¹ N + 100 mg L⁻¹ K; T₃= 300 mg L⁻¹ N + 100 mg L⁻¹ K; T₄= 400 mg L⁻¹ N + 100 mg L⁻¹ K; T₅= 500 mg L⁻¹ N + 100 mg L⁻¹ K; T₆= 200 mg L⁻¹ N + 175 mg L⁻¹ K; T₇= 200 mg L⁻¹ N + 250 mg L⁻¹ K; T₈= 200 mg L⁻¹ N + 325 mg L⁻¹ K; T₉= 200 mg L⁻¹ N + 400 mg L⁻¹ K.

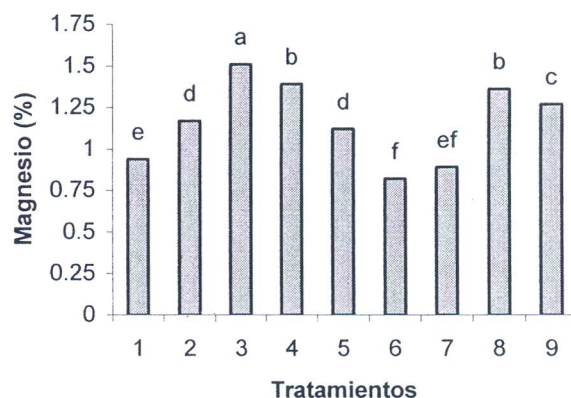
Figura 13. Efecto de diferentes dosis de nitrógeno y potasio de la solución nutritiva en el contenido foliar final de calcio en plantas de nochebuena cv. Subjibi roja.

En el Cuadro 7A se aprecia la correlación negativa entre potasio y calcio con un coeficiente de correlación de -0.55 . Según Fageria (2001) y Malcom (2000) esta relación antagonica se debe a la competitividad de estos iones en aspectos fisiológicos y por la competencia de transportadores en los sitios de absorción.

4.13.2.5 Magnesio

Para el magnesio los tratamientos con 300 y 400 mg L⁻¹ de N fueron los que presentaron los mayores valores con 1.51 y 1.39 % de este nutrimento, encontrándose en un nivel alto de acuerdo al rango de suficiencia establecido por Jones *et al.* (1991) y Ecke *et al.* (1990) quienes reportan que por arriba del 1 % de Mg se tiene un nivel alto. De las dosis de potasio, la de 325 de mg L⁻¹ fue la que presentó el mayor valor con 1.35 % (Figura 14). Los niveles de Mg presentados por los demás tratamientos están considerados

dentro del rango de suficiencia (0.3 al 1 %), según Jiménez *et al.* (1991) y Ecke *et al.* (1990).



T₁= 100 mg L⁻¹ N + 100 mg L⁻¹ K; T₂= 200 mg L⁻¹ N + 100 mg L⁻¹ K; T₃= 300 mg L⁻¹ N + 100 mg L⁻¹ K; T₄= 400 mg L⁻¹ N + 100 mg L⁻¹ K; T₅= 500 mg L⁻¹ N + 100 mg L⁻¹ K; T₆= 200 mg L⁻¹ N + 175 mg L⁻¹ K; T₇= 200 mg L⁻¹ N + 250 mg L⁻¹ K; T₈= 200 mg L⁻¹ N + 325 mg L⁻¹ K; T₉= 200 mg L⁻¹ N + 400 mg L⁻¹ K.

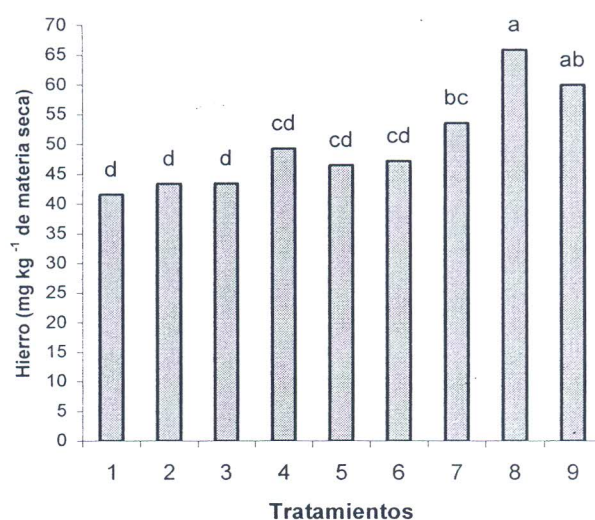
Figura 14. Efecto de diferentes dosis de nitrógeno y potasio de la solución nutritiva en el contenido final foliar de magnesio en plantas de nochebuena cv. Subjibi roja.

Como se aprecia en la Figura 14, tratamientos con una alta dosis de nitrógeno incrementaron el contenido de magnesio en la planta, esto coincidiendo con Castellanos *et al.* (2000) quienes indican que existe una relación sinérgica entre nitrógeno y magnesio; sin embargo, Malcom (2000) menciona que un nivel muy elevado con N-NO₃ puede disminuir el nivel de magnesio en la planta tal como sucedió con los niveles de 400 y 500 de mg L⁻¹ N.

Respecto a la influencia de tratamientos con dosis de potasio sobre el nivel de magnesio, cabe citar a Fageria (2001) quien reporta una relación antagónica no significativa entre potasio y magnesio, que se da cuando se tienen, niveles elevados de potasio y de N-NO₃ que ocasiona la demanda de otros nutrimentos que interaccionan con el magnesio (N, P y Ca) disminuyendo su disponibilidad. En la Figura 14 se puede apreciar que este efecto antagónico del potasio con el magnesio no fue significativo ya que siendo el tratamiento con 325 mg L⁻¹ de K una de las dosis mas altas no presentó un nivel bajo de magnesio.

4.13.2.6 Hierro

Los niveles de hierro encontrados en el material vegetal analizado, se vieron favorecidos por las aplicaciones con dosis altas de potasio, como lo son las de 325 y 400 mg L⁻¹ de K con valores de 65.9 y 60.03 mg kg⁻¹, respectivamente (Figura 15), Jones *et al.* (1991) reportan que el rango de suficiencia para el contenido de hierro está entre 100 y 300 mg kg⁻¹, por lo que los niveles presentados en todos los tratamientos son bajos.



T₁= 100 mg L⁻¹ N + 100 mg L⁻¹ K; T₂= 200 mg L⁻¹ N + 100 mg L⁻¹ K; T₃= 300 mg L⁻¹ N + 100 mg L⁻¹ K; T₄= 400 mg L⁻¹ N + 100 mg L⁻¹ K; T₅= 500 mg L⁻¹ N + 100 mg L⁻¹ K; T₆= 200 mg L⁻¹ N + 175 mg L⁻¹ K; T₇= 200 mg L⁻¹ N + 250 mg L⁻¹ K; T₈= 200 mg L⁻¹ N + 325 mg L⁻¹ K; T₉= 200 mg L⁻¹ N + 400 mg L⁻¹ K.

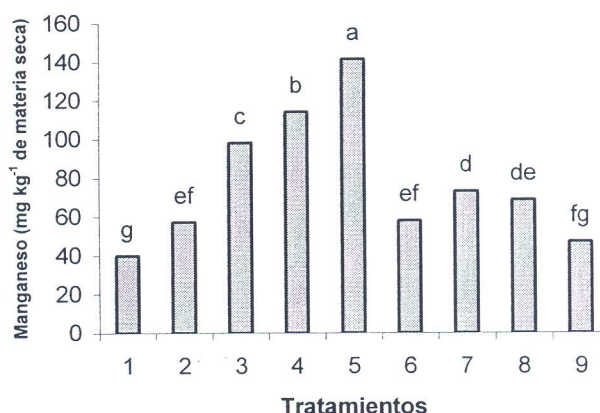
Figura 15. Efecto de diferentes dosis de nitrógeno y potasio de la solución nutritiva en el contenido foliar final de hierro en plantas de nochebuena cv. Subjibi roja.

Para dar una explicación a los datos presentados en la Figura 15, cabe citar a Castellanos *et al.* (2000) quienes reportan que el potasio incrementa el nivel de hierro en la planta; Fageria (2001) indica que se puede dar una relación antagónica entre potasio y hierro siempre que los niveles de hierro se encuentren en un rango de toxicidad. En las nueve soluciones nutritivas utilizadas, la dosis de Fe fue de 1.5 mg L⁻¹, que dados los resultados mostrados en la Figura 15 es posible que esta dosis haya sido baja en la solución nutritiva, sin embargo, esta dosis se encuentra dentro del rango establecido por Whipker y Hammer (1998) quienes en una comparación de soluciones hidropónicas para

nochebuena recomiendan como dosis máxima de hierro 6.6 mg L^{-1} . Según los datos presentados se puede citar a Ali *et al.* (citados por Fageria, 2001) quienes mencionan que con una aplicación media (300 mg L^{-1}) de potasio se incrementa significativamente el nivel de Fe.

4.13.2.7 Manganeso

En los niveles encontrados de manganeso, se encontró una relación de sinergismo entre el nitrógeno y el manganeso. Debido a que los tratamientos 300, 400 y 500 mg L^{-1} N, presentaron los niveles mas altos de manganeso con 98.23 , 114.17 y $141.47 \text{ mg kg}^{-1}$ respectivamente (Figura 16), es que podemos citar a Jones *et al.* (1991) quienes establecen un rango de suficiencia de manganeso de 45 a 300 mg kg^{-1} de Mn, por esto se puede decir que todos los tratamientos presentaron valores de suficiencia, con excepción del tratamiento con 100 mg L^{-1} de N que presenta un nivel de 40.14 de mg kg^{-1} Mn.



$T_1 = 100 \text{ mg L}^{-1} \text{ N} + 100 \text{ mg L}^{-1} \text{ K}$; $T_2 = 200 \text{ mg L}^{-1} \text{ N} + 100 \text{ mg L}^{-1} \text{ K}$; $T_3 = 300 \text{ mg L}^{-1} \text{ N} + 100 \text{ mg L}^{-1} \text{ K}$; $T_4 = 400 \text{ mg L}^{-1} \text{ N} + 100 \text{ mg L}^{-1} \text{ K}$; $T_5 = 500 \text{ mg L}^{-1} \text{ N} + 100 \text{ mg L}^{-1} \text{ K}$; $T_6 = 200 \text{ mg L}^{-1} \text{ N} + 175 \text{ mg L}^{-1} \text{ K}$; $T_7 = 200 \text{ mg L}^{-1} \text{ N} + 250 \text{ mg L}^{-1} \text{ K}$; $T_8 = 200 \text{ mg L}^{-1} \text{ N} + 325 \text{ mg L}^{-1} \text{ K}$; $T_9 = 200 \text{ mg L}^{-1} \text{ N} + 400 \text{ mg L}^{-1} \text{ K}$.

Figura 16. Efecto de diferentes dosis de nitrógeno y potasio de la solución nutritiva en el contenido foliar final de manganeso en plantas de nochebuena cv Subjibi roja.

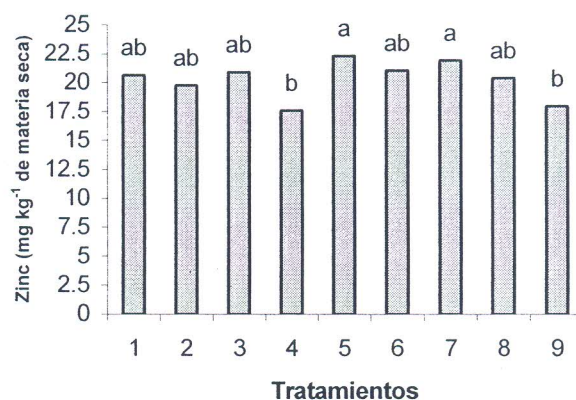
Como se aprecia en la Figura 16, en los tratamientos con las dosis más altas de nitrógeno se incrementó el contenido de manganeso, coincidiendo con lo mencionado por

Castellanos *et al.* (2000) quienes indican una relación sinérgica entre nitrógeno y manganeso.

En cuanto a la relación entre potasio y manganeso mediante las correlaciones mostradas en el Cuadro 7A, entre estos nutrimentos se presenta un coeficiente de correlación de -0.41 coincidiendo con Fageria (2001) quien indica que existe una relación antagónica entre estos dos nutrimentos.

4.13.2.8 Zinc

En los niveles encontrados de zinc, las diferencias estadísticas entre tratamientos son pocas, teniendo a los tratamientos con 500 mg L^{-1} de N y 250 mg L^{-1} de K, como los que presentaron los mayores contenidos de zinc con 22.3 y 21.9 mg kg^{-1} respectivamente (Figura 17), Jones *et al.* (1991) establecen un rango de suficiencia para zinc de 25 a 100 mg kg^{-1} , por lo que los niveles presentados están dentro del rango de no suficiencia de este nutrimento, por lo que quizá se deba elevar la dosis utilizada en la solución nutritiva (0.5 mg L^{-1} de Zn).



$T_1 = 100 \text{ mg L}^{-1} \text{ N} + 100 \text{ mg L}^{-1} \text{ K}$; $T_2 = 200 \text{ mg L}^{-1} \text{ N} + 100 \text{ mg L}^{-1} \text{ K}$; $T_3 = 300 \text{ mg L}^{-1} \text{ N} + 100 \text{ mg L}^{-1} \text{ K}$; $T_4 = 400 \text{ mg L}^{-1} \text{ N} + 100 \text{ mg L}^{-1} \text{ K}$; $T_5 = 500 \text{ mg L}^{-1} \text{ N} + 100 \text{ mg L}^{-1} \text{ K}$; $T_6 = 200 \text{ mg L}^{-1} \text{ N} + 175 \text{ mg L}^{-1} \text{ K}$; $T_7 = 200 \text{ mg L}^{-1} \text{ N} + 250 \text{ mg L}^{-1} \text{ K}$; $T_8 = 200 \text{ mg L}^{-1} \text{ N} + 325 \text{ mg L}^{-1} \text{ K}$; $T_9 = 200 \text{ mg L}^{-1} \text{ N} + 400 \text{ mg L}^{-1} \text{ K}$.

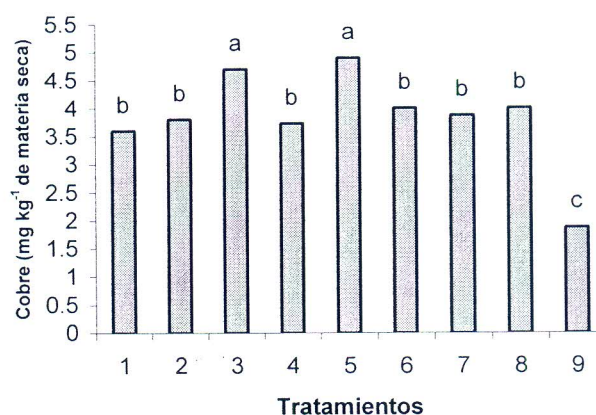
Figura 17. Efecto de diferentes dosis de nitrógeno y potasio de la solución nutritiva en el contenido foliar final de zinc en plantas de nochebuena cv. Subjibi roja.

La falta de diferencias significativas se puede atribuir a que tanto el nitrógeno como el potasio tienen el mismo tipo de influencia sobre el contenido de zinc en la planta y esto coincide con Castellanos *et al.*(2000) quienes reportan que el nitrógeno y el potasio incrementan la utilización del zinc; sin embargo, también mencionan que esta relación es muy variables de acuerdo a las condiciones edafo-climáticas dadas.

4.13.2.9 Cobre

Los tratamientos con 300 y 500 mg L⁻¹ de N, presentaron los mayores contenidos de cobre con 4.9 y 4.7 mg kg⁻¹, respectivamente (Figura 18), estos valores se encuentran en el de suficiencia de acuerdo con Jones *et al.* (1991) donde el rango va de 3 a 25 mg kg⁻¹ de Cu.

Los tratamientos mencionados también presentaron los valores mas altos de manganeso en la Figura 16 (98.23 y 141.46 mg kg⁻¹) por lo que se hace referencia a lo indicado por Fageria (2001) acerca de la relación de sinergismo existente entre el manganeso y el cobre, esto respaldado por un coeficiente de correlación de 0.6 (Cuadro 7A).



T₁= 100 mg L⁻¹ N + 100 mg L⁻¹ K; T₂= 200 mg L⁻¹ N + 100 mg L⁻¹ K; T₃= 300 mg L⁻¹ N + 100 mg L⁻¹ K; T₄= 400 mg L⁻¹ N + 100 mg L⁻¹ K; T₅= 500 mg L⁻¹ N + 100 mg L⁻¹ K; T₆= 200 mg L⁻¹ N + 175 mg L⁻¹ K; T₇= 200 mg L⁻¹ N + 250 mg L⁻¹ K; T₈= 200 mg L⁻¹ N + 325 mg L⁻¹ K; T₉= 200 mg L⁻¹ N + 400 mg L⁻¹ K.

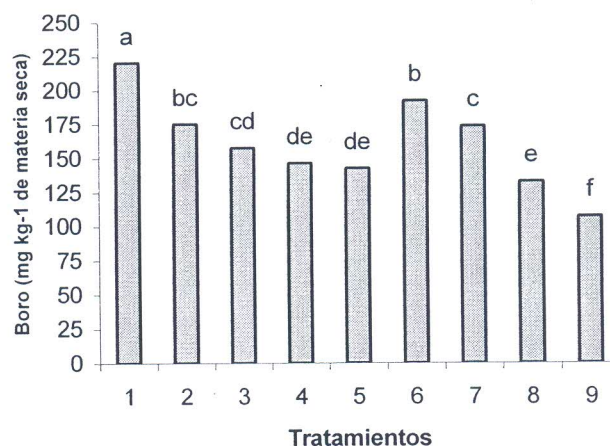
Figura 18. Efecto de diferentes dosis de nitrógeno y potasio de la solución nutritiva en el contenido foliar final de cobre en plantas de nochebuena cv. Subjibi roja.

Como se aprecia en la Figura 18 conforme se incrementó la dosis de potasio el nivel de cobre bajó, esto coincidiendo con Smith (citado por Fageria, 2001) quien reporta que incrementando el potasio, el nivel de cobre en la planta disminuye; lo que se confirma con el coeficiente de correlación que se muestra en el cuadro 7A de -0.6 , entre estos dos nutrimentos.

4.13.2.10 Boro

Los tratamientos $100 \text{ mg L}^{-1} \text{ N} + 100 \text{ mg L}^{-1} \text{ K}$ y $200 \text{ mg L}^{-1} \text{ N} + 175 \text{ mg L}^{-1} \text{ K}$, fueron los que presentaron los niveles mas altos de boro con 220.7 y $191.86 \text{ mg kg}^{-1}$ en comparación con los demás tratamientos (Figura 19).

Conforme la dosis de potasio de cada tratamiento se iba incrementando, el nivel de boro en el material analizado fue disminuyendo, coincidiendo con la relación antagonica entre estos nutrimentos, mencionada por Fageria (2001) y Castellanos *et al.* (2000); esto se respalda con el coeficiente de correlación de -0.57 (Cuadro 7A) entre potasio y boro. El coeficiente de correlación entre nitrógeno y boro fue de -0.65 lo que indica una relación antagonica entre estos dos nutrimentos.



$T_1 = 100 \text{ mg L}^{-1} \text{ N} + 100 \text{ mg L}^{-1} \text{ K}$; $T_2 = 200 \text{ mg L}^{-1} \text{ N} + 100 \text{ mg L}^{-1} \text{ K}$; $T_3 = 300 \text{ mg L}^{-1} \text{ N} + 100 \text{ mg L}^{-1} \text{ K}$; $T_4 = 400 \text{ mg L}^{-1} \text{ N} + 100 \text{ mg L}^{-1} \text{ K}$; $T_5 = 500 \text{ mg L}^{-1} \text{ N} + 100 \text{ mg L}^{-1} \text{ K}$; $T_6 = 200 \text{ mg L}^{-1} \text{ N} + 175 \text{ mg L}^{-1} \text{ K}$; $T_7 = 200 \text{ mg L}^{-1} \text{ N} + 250 \text{ mg L}^{-1} \text{ K}$; $T_8 = 200 \text{ mg L}^{-1} \text{ N} + 325 \text{ mg L}^{-1} \text{ K}$; $T_9 = 200 \text{ mg L}^{-1} \text{ N} + 400 \text{ mg L}^{-1} \text{ K}$.

Figura 19. Efecto de diferentes dosis de nitrógeno y potasio de la solución nutritiva en el contenido foliar final de boro en plantas de nochebuena cv. Subjibi roja.

V. CONCLUSIONES

El tratamiento con $400 \text{ mg L}^{-1} \text{ N} + 100 \text{ mg L}^{-1} \text{ K}$ fue el que propició la mejor calidad (color, área de inflorescencia principal, altura de planta) en plantas de nochebuena cv. Subjibi Roja.

Los valores críticos del contenido de nitrógeno en hoja para un óptimo desarrollo en plantas de nochebuena se obtuvieron con 300 a 400 mg L^{-1} en la solución nutritiva, mientras que para el caso de potasio este valor crítico se obtuvo con 325 mg L^{-1} .

El nitrógeno influyó más que el potasio, en el crecimiento vegetativo y calidad en plantas de nochebuena,

El contenido de N en hojas de nochebuena, se fue incrementando durante el crecimiento vegetativo de la planta, teniendo el máximo contenido de N a los 75 días después del transplante y posteriormente la concentración empezó a disminuir, mientras que el contenido de K fue disminuyendo conforme la planta se desarrollaba, alcanzando su máximo en la etapa de crecimiento vegetativo (25 ddt).

Los tratamientos con 300 y 400 mg L^{-1} de N, incrementaron el área foliar final, el peso seco y específico foliar final, el peso seco total de la planta y el área de inflorescencia principal. También aumentaron el contenido de clorofilas a, b y total, antocianinas, carotenoides y desarrollo de color.

A concentraciones de 325 y 400 mg L^{-1} de K, se observó un efecto sinérgico del K con el P y Fe, mientras que entre el K y el Ca el efecto fue antagónico. Entre el N y el Mg se presentó un efecto sinérgico con 300 y 400 mg L^{-1} de N. Con la dosis mas alta de nitrógeno (500 mg L^{-1}) se observó una interacción sinérgica entre el N y Mn, Cu y Zn. Para el caso del boro tanto con el N y como con el K se dio un efecto antagónico.

VI. LITERATURA CITADA

- Anónimo. <http://usda.mannlib.cornell.edu/reports/nassr/other/zfcbb/lor0400.txt> (Página web consultada el día 25 de mayo de 2004).
- AOAC, 1980. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemist. Washington D. C. USA.
- Argo W. R. and J. A. Biernbaum. 1991. The effect of fertilizer, nutrient charge and irrigation method on early vegetative and root growth of poinsettia V-14 Glory. HortScience 26: 763.
- Argo W. R. and J. A. Biernbaum. 1995. Root-medium nutrient levels and irrigation requirements of poinsettias grown in five root media. HortScience. 30: 535-538.
- Asen, S. 1979. Flavonoid chemical markers in poinsettia bracts. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 104: 223-226.
- Azcón-Bieto, M. Talón. 2000. Fundamentos de Fisiología Vegetal. Ediciones Universidad de Barcelona. Editorial McGraw-Hill Interamericana. España.
- Ball, V. 1991. Ball Red Book. Ball Publishing. 15th Ed. Minnesota, USA.
- Banerji, D., V. Sharma. 1979. Parallelism in Hill and antocyanidin content in *Euphorbia pulcherrima*. Phytochemistry 18(10): 1767-1768.
- Bidwell, R. G. S. 1993. Fisiología Vegetal. A. G. T. Editor. México, D.F.
- Boodley J., W. 1969. Nutrient content of "Paul Mikkelsen" poinsettia from juvenile to mature growth. Flor Rev.

- Carmichael, J. L. 1990. Manual de Nochebuena PLANTEC. Ed. No. 4. Amacuzac, Morelos, México.
- Castellanos, J. Z., J. X. Uvalle y A. S. Aguilar. 2000. Manual de Interpretación de Análisis de Suelos y Aguas. Instituto de Capacitación para la Productividad Agrícola (INCAPA). México.
- Chapman H. D. y P. E. Pratt. 1973. Métodos de Análisis para Suelos, Plantas y Aguas. Traducción al español por A. Contin, Trillas. México.
- Cox D. A., and J. G. Seeley 1984. Ammonium injury to poinsettia: effects of $\text{NH}_4\text{-N}$: $\text{NO}_3\text{-N}$ ratio and pH control in solution culture on growth, N absorption, and N utilization. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 109(1): 57-62.
- Dole J. M., and H. F. Wilkins. 1991. Relationship between nodal position and plant age on the nutrient composition of vegetative poinsettias leaves. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 116(2): 248-252.
- Ecke, P., O. A. Matkin, and D. E. Hartley. 1990. The Poinsetia Manual. Paul Ecke Poinsettias, Publisher. Encinitas, California, USA.
- Fageria V. D. 2001. Nutrient interactions in crop plants. Journal of Plant Nutrition 24(8):1269-1290.
- Fisher, P. R., R. D. Heins, and J.H. Lieth. 1996. Quantifying the relationship between phases of stem elongation and flower initiation in poinsettia. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 121: 686-693.
- Fraser P. D., P. Bramley, and G. B. Seymour. 2001. Effect of the *Cnr* mutation on carotenoid formation during tomato fruit ripening. Phytochemistry 58:75-79.

- Gaffney J. M., R. S. Lindstrom, A. R. Mcdaniel and A. J. Lewis. 1982. Effect of ammonium and nitrate nitrogen on growth of poinsettias. HortScience. 17(4): 603-604.
- Galicia, J. A. B. 2000. Intensidad de sombreado y su influencia en el crecimiento y calidad de nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. Ex. Klotzsch) cv. Supjibi. Tesis de Maestría en Ciencias. Especialidad de Botánica. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México.
- García M., E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climático de Köppen. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F.
- Gil-Martínez, F. 1995. Elementos de Fisiología Vegetal- Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Harborne J. B. 1994. Comparative Biochemistry of the Flavonoids. Academic Press. London, Great Britain.
- Hell B. and L. Hendriks. 1995. The influence of nitrogen nutrition on keeping quality of pot plants. Acta Horticulturae 405: 138-147.
- Jackson M. L. 1964. Análisis Químico de Suelos. Trad. De la 1^{ra}. Edición Norteamericana por José Belton. Barcelona, España.
- Jiménez G. 1990. El Cultivo Industrial de Plantas en Maceta. Ed. de Horticultura. España.
- Jones Jr. J. B. 2003. Agronomic Handbook Management of Crops, Soils, and their Fertility, CRC Pres. Boca Ratón, Florida, USA.

- Jones Jr. J. B., B. Wolf and Mills H. A. 1991. Plant Analysis Handbook. Ed. Micro-Macro Publishing. EUA.
- Jordan, B. R. 1993. The Molecular Biology of Flowering. C.A.B. International.
- Kannangara C., and M. Hansson. 1998. Arrest of chlorophyll accumulation prior to anthocyanin formation in *Euphorbia pulcherrima*. Plant Physiol. Biochemistry 36: 843-848.
- Kong J. M., L. S. Chia, N. K. Khang, T. F. Chia, and R. Brouillard. 2003. Analysis and biological activities of anthocianins. Phytochemistry 64:923-933.
- Kristoffersen T. 1968. Influence of daylength and temperature on growth and development in poinsettia (*Euphorbia pulcherrima* Willd.). Acta Horticulturae 14:73-89.
- Larson A.R. 2004. Introducción a la Floricultura. Tercera Reimpresión. AGT Editor S.A. México.
- Lichtenthaler K. 1987. Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes. p. 350-352. In: Methods in Enzymology. L. Packer and R. Douce (Eds.). Academic Press Inc. USA.
- Malcom E. S. 2000. Handbook of Soil Science. CRC Press Boca Raton. London.
- Marousky F. J. 1967. Effects of temperature on anthocyanin content and color of poinsettia bracts. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 92: 678-684.
- Marschner H. 1986. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press. London.

- Martínez, M. 1995. Manual Práctico de Producción de Nochebuena. Consultoría OASIS. Morelos, México.
- McGuire R. G. 1992. Reporting of objective color measurements. HortScience 27(12):1254-1255.
- Mengel K., and E. A. Kirkby. 1982. Principles of Plant Nutrition. 3th Edition. Publisher International Potash Institute P.O. Box, CH-3448. Woorblaufen-Bern/Switzerland.
- Navarro G. G y S. B. Navarro 2000. Química Agrícola. El Suelo y los Elementos Químicos Esenciales para la Vida Vegetal. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Nell T., A. and J. E. Barrett. 1986. Growth and incidence of bract necrosis in 'Gutbier V-14 Glory' poinsettia. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 111:266-269.
- Nelson P. V., D. M. Krauskopf and N. C. Mingis. 1979. Minimum critical foliar levels of K, Mg, and B in rieger elatior begonia. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 104(6):793-796.
- Nowak, J., and R. M. Rudnicki. 1990. Postharvest Handling and Storage of Cut Flowers, Florist Greens and Potted Plants. Chapman and Hall. London, UK.
- Pérez, G. F., y J. B. Martínez-Laborde. 1994. Introducción a la Fisiología Vegetal. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Quintanar, A. F. 1961. Las Plantas Ornamentales (Floricultura). Secretaría de Agricultura y Ganadería. México, D.F.

- Redak R. A. and J. Bethke. 1995. Whole plant response of six poinsettia cultivars to three fertilizer and two irrigation regimes. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 121(1): 69-76.
- Rodríguez F., A. Fierro, y M. González. 2000. Dos sistemas de riego en la producción de nochebuena (*Euphorbia pulcherrima*) en campo experimental de la UAM-Xochinilco. Memorias del X Congreso Nacional de Irrigación. Chihuahua, Chihuahua, México.
- Rose M. A. and J. W. White. 1994. Nitrogen rate and timing of nitrogen application in poinsettia (*Euphorbia pulcherrima* Willd. Ex. Klotz). HortScience 29(11): 1309-1313.
- Rose M. A., J. W. White and Rose M. A.. 1994. Maximizing nitrogen- use efficiency in relation to the growth and development of poinsettia. HortScience. 29(4): 272-276.
- Salisbury, F. B. y W. Ross. 1994. Fisiología Vegetal. Grupo Editorial Iberoamérica. México, D. F.
- SAS. 1989. SAS Procedures Guide Version 6.04. SAS Institute. Cary, North Carolina, USA.
- Scoggins H. L., and H. A. Mills. 1998. Poinsettia growth, tissue nutrient concentration, and nutrient uptake as influenced by nitrogen and stage of growth. Journal of Plant Nutrition. 21(1):191-198.
- Shanks, J. B. 1980. Poinsettias-Nochebuenas. p. 273-295. In: Introduction to Floriculture. R. A. Larson, (Ed.). Academic Press. New York. USA.

- Stewart R. N., S. Asen, D. R. Massie and K. H. Norris. 1980. The identification of poinsettia cultivars by HPLC analysis of their flavonol content. *Biochemical Systematics and Ecology* 8: 119-125.
- Struckmeyer B. E. 1959. The effect of inadequate supplies of some nutrient elements on foliar symptoms and leaf anatomy of poinsettia (*Euphorbia pulcherrima* Willd.). *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 75(8): 739-747.
- Svenson S. E. and F. Jr. Davies. 1995. Change in tissue mineral elemental concentration during root initiation and development of poinsettia cuttings. *HortScience*. 30(3): 617-619.
- Whipker B. E., and P. A. Hammer. 1997. Nutrient uptake in poinsettia during different stages of physiological development. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 122(4): 565-573.
- Whipker B. E. and P. A. Hammer. 1998. Comparison of hydroponic solutions for poinsettia nutritional studies. *Journal of Plant Nutrition*. 21(3): 531-543.
- Witham F. H., D. F. Blaydes, and R. M. Devlin. 1971. *Experiment in Plant Physiology*. Van Nostrand Reinhold Company. N.Y.
- Wilkinson S. R., D. L. Grunes and M. E. Sumner. 1999. Nutrient Interactions in Soil and Plant Nutrition. *In Handbook of Soil Science*. M. E. Sumner (Ed). CRC Press. Boca Raton, London.
- Witaszek W. and K. Mynett. 1989. Light and growth regulators in the cuttings production of poinsettia (*Euphorbia pulcherrima*) mother plants. *Acta Horticulturae* 251: 315-318.
- Yelanich M., V. and J. A. Biernbaum. 1994. Fertilizer concentration and leaching affect nitrate-nitrogen leaching from potted poinsettia. *HortScience* 29(8): 874-875.

Young A. and G. Britton. 1990. Carotenoids and Stress. p. 87-112 . *In*: Stress Responses in Plants: Adaptation and Acclimation Mechanism. London.

ANEXOS

Cuadro 1A. Valores del efecto de diferentes dosis de nitrógeno y potasio en la altura de plantas de nochebuena cv. Subjibi roja.

Tratamiento	Altura de planta (cm)										
	20 ddt	35 ddt	50 ddt	65 ddt	80 ddt	95 ddt	110 ddt	125 ddt	145 ddt		
100 mg L ⁻¹ N + 100 mg L ⁻¹ K	11.65 a	14.90 b	20.05 b	23.00 c	27.00 c	30.00 d	45.70 d	50.70 d	52.70 d		
200 mg L ⁻¹ N + 100 mg L ⁻¹ K	11.50 a	15.55 ab	20.50 b	23.30 bc	27.20 c	30.20 d	48.10 bcd	52.90 bcd	54.90 bcd		
300 mg L ⁻¹ N + 100 mg L ⁻¹ K	12.00 a	16.90 a	22.90 a	26.40 a	30.00 ab	33.30 abc	51.30 a	55.80 ab	57.7 ab		
400 mg L ⁻¹ N + 100 mg L ⁻¹ K	11.10 a	16.00 ab	21.40 ab	25.75 a	31.65 a	35.15 a	51.55 a	56.55 a	58.55 a		
500 mg L ⁻¹ N + 100 mg L ⁻¹ K	11.05 a	16.10 ab	21.60 ab	26.40 a	31.05 a	34.55 ab	51.50 a	56.30 a	58.30 a		
200 mg L ⁻¹ N + 175 mg L ⁻¹ K	12.30 a	15.30 ab	20.50 b	23.40 bc	27.30 c	30.30 d	47.20 cd	51.90 cd	53.70 cd		
200 mg L ⁻¹ N + 250 mg L ⁻¹ K	11.55 a	15.65 ab	21.25 ab	24.70 abc	28.35 bc	31.35 cd	49.20 abc	53.90 abc	55.80 abc		
200 mg L ⁻¹ N + 325 mg L ⁻¹ K	11.65 a	16.05 ab	21.60 ab	25.40 ab	30.10 ab	33.15 abc	50.40 ab	55.00 ab	56.60 abc		
200 mg L ⁻¹ N + 400 mg L ⁻¹ K	11.10 a	15.95 ab	21.50 ab	25.20 ab	29.85 ab	32.85 bc	49.90 abc	54.80 abc	56.7 ab		

Cuadro 2A. Valores del efecto de diferentes dosis de nitrógeno y potasio en la altura de plantas de nochebuena cv. Subjibi roja.

Tratamiento	Diámetro del tallo de planta (cm)								
	20 ddt	35 ddt	50 ddt	65 ddt	80 ddt	95 ddt	110 ddt	125 ddt	145 ddt
100 mg L ⁻¹ N + 100 mg L ⁻¹ K	0.64 a	0.80 a	1.00 a	1.20 a	1.23 a	1.24 a	1.39 a	1.47 a	1.59 a
200 mg L ⁻¹ N + 100 mg L ⁻¹ K	0.64 a	0.79 a	0.99 a	1.19 a	1.20 a	1.21 a	1.36 a	1.46 a	1.56 a
300 mg L ⁻¹ N + 100 mg L ⁻¹ K	0.68 a	0.86 a	1.06 a	1.27 a	1.29 a	1.30 a	1.44 a	1.53 a	1.64 a
400 mg L ⁻¹ N + 100 mg L ⁻¹ K	0.66 a	0.84 a	1.05 a	1.26 a	1.27 a	1.28 a	1.49 a	1.56 a	1.66 a
500 mg L ⁻¹ N + 100 mg L ⁻¹ K	0.64 a	0.77 a	1.01 a	1.26 a	1.25 a	1.29 a	1.49 a	1.57 a	1.69 a
200 mg L ⁻¹ N + 175 mg L ⁻¹ K	0.64 a	0.79 a	0.99 a	1.20 a	1.21 a	1.26 a	1.31 a	1.41 a	1.51 a
200 mg L ⁻¹ N + 250 mg L ⁻¹ K	0.66 a	0.82 a	1.02 a	1.23 a	1.25 a	1.26 a	1.35 a	1.45 a	1.55 a
200 mg L ⁻¹ N + 325 mg L ⁻¹ K	0.67 a	0.82 a	1.02 a	1.26 a	1.27 a	1.29 a	1.38 a	1.49 a	1.58 a
200 mg L ⁻¹ N + 400 mg L ⁻¹ K	0.64 a	0.79 a	0.99 a	1.23 a	1.24 a	1.27 a	1.40 a	1.51 a	1.60 a

Cuadro 3A. Análisis de correlación de Pearson entre clorofila a, b y total con el área foliar, peso seco y específico foliar en plantas de nochebuena cv.Subjibi roja, bajo el efecto de diferentes dosis nitrógeno y potasio.

	CB	CT	AF	PSF	PEF
CA	$\delta=0.9607$	-0.0711	0.7241	0.7535	0.6229
	$\alpha \leq 0.0001$	0.7284	<0.0001	<0.0001	0.0005
CB		-0.1531	0.7003	0.7232	0.5876
		0.4458	0.0001	<0.0001	0.0013
CT			0.1444	0.1857	0.1965
			0.4724	0.3538	0.3260
AF				0.9297	0.6220
				<0.0001	0.0005
PSF					0.8661
					<0.0001

δ = Coeficiente de correlación de Pearson.

α = Nivel de significancia.

Cuadro 4A. Análisis de correlación de Pearson entre clorofila a, b y total, antocianinas y carotenoides con el área foliar, peso seco y específico foliar en plantas de nochebuena cv.Subjibi roja, bajo el efecto de diferentes dosis de nitrógeno y potasio.

	CB	CT	ANT	CART	AF	PSF	PEF
CA	$\delta=0.9607$	-0.0710	0.7444	0.5474	0.7241	0.7535	0.6229
	$\alpha \leq 0.001$	0.7248	<0.0001	0.0031	<0.0001	<0.0001	0.0005
CB		-0.1531	0.7432	0.4545	0.7003	0.7232	0.5876
		0.4458	<0.0001	0.0172	<0.0001	<0.0001	0.0013
CT			-0.0441	0.2034	0.1444	0.1857	0.1965
			0.8274	0.3090	0.4724	0.3538	0.3260
ANT				0.6711	0.7161	0.8474	0.8231
				<0.0001	<0.0001	0.0001	<0.0001
CART					0.6101	0.6531	0.5455
					0.0007	0.0002	0.0033
AF						0.9297	0.6220
						<0.0001	0.0005
PSF							0.8661
							<0.0001

δ = Coeficiente de correlación de Pearson.

α = Nivel de significancia.

Cuadro 5A. Análisis de correlación de Pearson entre nitrógeno y potasio con clorofila a, b y total, antocianinas y carotenoides en plantas de nochebuena cv.Subjibi roja, bajo el efecto de diferentes dosis de nitrógeno y potasio.

	K	CA	CB	CT	ANT	CART
N	$\delta=-0.0764$ $\alpha \leq 0.7047$	0.6648 0.0002	0.6522 0.0002	0.0726 0.7189	0.7886 <0.0001	0.4246 0.0273
K		-0.1232 0.5402	-0.1477 0.4621	0.2738 0.1670	-0.1481 0.4611	-0.0178 0.9296
CA			0.9607 <0.0001	-0.0710 0.7248	0.7444 <0.0001	0.5474 0.0031
CB				-0.1531 0.4458	0.7432 <0.0001	0.4545 0.0172
CT					-0.0441 0.8274	0.2034 0.3090
ANT						0.6711 0.0001

δ = Coeficiente de correlación de Pearson.

α = Nivel de significancia.

Cuadro 6A. Análisis de correlación de Pearson entre altura de planta con peso seco total número de brotes y número de hojas en plantas de nochebuena cv.Subjibi roja, bajo el efecto de diferentes dosis nitrógeno y potasio.

	PST	NB	NH
AP	$\delta=0.7958$ $\alpha \leq 0.0001$	-0.3734 0.0550	-0.5659 0.0021
PST		-0.4146 0.0316	-0.5082 0.0068
NB			0.5222 0.0052

δ = Coeficiente de correlación de Pearson.

α = Nivel de significancia.

Cuadro 7A. Análisis de correlación de Pearson entre nutrimentos en plantas de nochebuena cv. Subjibi roja, bajo el efecto de diferentes dosis de nitrógeno y potasio.

	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	Mn	B
N	$\delta=0.1120$ $\alpha \leq 0.5512$	-0.0764 0.7047	0.3733 0.0551	0.7303 <0.0001	0.0333 0.8689	0.3093 0.1165	-0.1176 0.5591	0.7924 <0.0001	-0.6454 0.0003
P		0.8990 <0.0001	-0.6029 0.0009	0.3620 0.0575	0.8902 <0.0001	-0.5023 0.0076	-0.2912 0.1405	-0.1621 0.4192	-0.7638 <0.0001
K			-0.5539 0.0027	0.1742 0.3849	0.7612 <0.0001	-0.6092 0.0007	-0.2784 0.1598	-0.4134 0.0321	-0.5746 0.0017
Ca				0.2790 0.1587	-0.6918 <0.0001	0.5893 0.0012	0.0647 0.7490	0.3965 0.4006	0.3360 0.0866
Mg					0.2255 0.2581	0.0218 0.9140	-0.3899 0.0444	0.3652 0.0610	-0.6354 0.0004
Fe						-0.4092 0.0341	-0.1221 0.5441	-0.1367 0.4964	-0.6686 0.0001
Cu							0.5649 0.0021	0.6092 0.0007	0.3007 0.1276
Zn								0.1847 0.3564	0.2939 0.1368
Mn									-0.3324 0.0902

δ = Coeficiente de correlación de Pearson.
 α = Nivel de significancia.