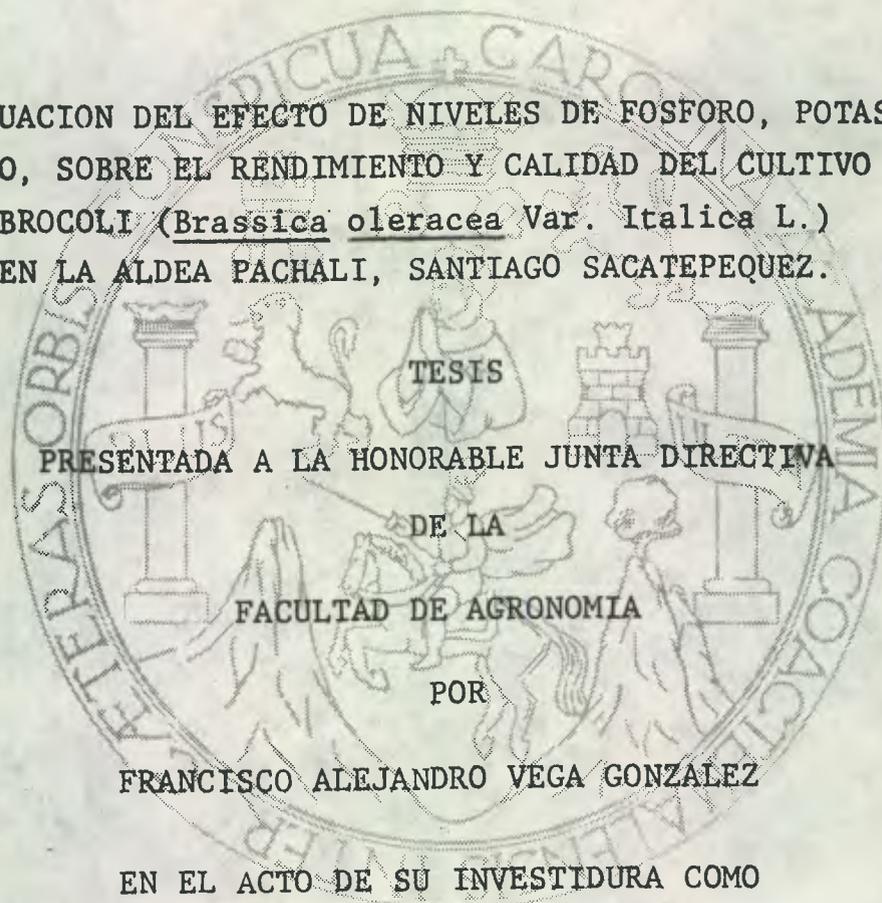


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA

EVALUACION DEL EFECTO DE NIVELES DE FOSFORO, POTASIO Y
BORO, SOBRE EL RENDIMIENTO Y CALIDAD DEL CULTIVO DE
BROCOLI (Brassica oleracea Var. Italica L.)
EN LA ALDEA PACHALI, SANTIAGO SACATEPEQUEZ.



EN EL ACTO DE SU INVESTIDURA COMO

INGENIERO AGRONOMO

EN EL GRADO ACADEMICO DE

LICENCIADO EN CIENCIAS AGRICOLAS

Guatemala, Noviembre de 1987.

DL
01
T(1181)

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR

LIC. RODERICO SEGURA TRUJILLO

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO: Ing. Agr. Anibal B. Martínez Muñoz
VOCAL PRIMERO: Ing. Agr. Gustavo A. Méndez Gómez
VOCAL SEGUNDO: Ing. Agr. Jorge E. Sandoval I.
VOCAL TERCERO: Ing. Agr. Mario Melgar Morales
VOCAL CUARTO: Br. Marco Antonio Hidalgo
VOCAL QUINTO: T. U. Carlos E. Méndez Mijangos
SECRETARIO: Ing. Agr. Rolando Lara Alecio

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO: Ing. Agr. César Augusto Castañeda S.
EXAMINADOR: Ing. Agr. Marco A. Nájera Caal
EXAMINADOR: Ing. Agr. Waldemar Nufio Reyes
EXAMINADOR: Ing. Agr. José J. Chonay P.
SECRETARIO: Ing. Agr. Rodolfo Albizúrez Palma



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1545

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Referencia
Asunto

Guatemala,
21 de Octubre de 1987.

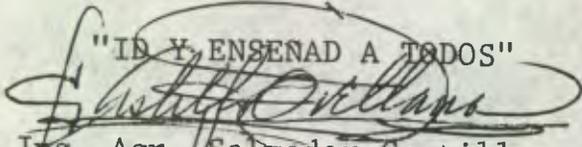
Ingeniero Agrónomo
Amilcar B. Martínez M.
Decano
Facultad de Agronomía, USAC.

Señor Decano:

En atención al nombramiento emitido por la Decanatura de esta Facultad, para asesorar al estudiante Francisco Alejandro Vega González, en su trabajo de tesis: "EVALUACION DEL EFECTO DE NIVELES DE FOSFORO, POTASIO Y BORO, SOBRE EL RENDIMIENTO Y CALIDAD DEL CULTIVO DE BROCOLI (*Brassica oleracea* Var. *Italica* L.) EN LA ALDEA PACHALI, SANTIAGO SACATEPEQUEZ", informo a usted que ha sido concluida la asesoría y revisión del documento final.

Considero que el trabajo presentado por el estudiante Vega González, llena los requisitos de una tesis universitaria, razón por la que sugiero sea aceptado para su discusión en su Examen General Público.

Atentamente,

"LE Y ENSEÑAD A TODOS"

Ing. Agr. Salvador Castillo
ASESOR

SC/.

Guatemala,
Octubre de 1987.

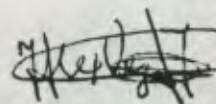
Honorable Junta Directiva
Honorable Tribunal Examinador

De conformidad con las normas establecidas en la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración el trabajo de tesis titulado:

"EVALUACION DEL EFECTO DE NIVELES DE FOSFORO, POTASIO Y BORO, SOBRE EL RENDIMIENTO Y CALIDAD DEL CULTIVO DE BROCOLI (*Brassica oleracea* Var. *Italica* L.) EN LA ALDEA PACHALI, SANTIAGO SACATEPEQUEZ".

Como requisito a optar el título de Ingeniero Agrónomo en el grado académico de Licenciado en Ciencias Agrícolas.

Atentamente,



Francisco Alejandro Vega González

FAVG/.

ACTO QUE DEDICO

A DIOS: Ser Supremo del Universo

A MI MADRE: Amanda González de Vega

A MI PADRE: Rafael Vega Castillo

A MI ESPOSA: Ayleen Ileana Posadas de Vega

A MIS HIJOS: Patricio Alejandro Vega Posadas
Daniel Alejandro Vega Posadas

A MIS HERMANOS, ABUELOS Y SOBRINOS

A MIS COMPAÑEROS Y AMIGOS

TESIS QUE DEDICO

A: Mi Patria Guatemala

A: La Facultad de Agronomía

A: Mis Amigos en General

A: Los Agricultores de Guatemala

SINCEROS AGRADECIMIENTOS

Al: Ing. Agr. Salvador Castillo O., por su valiosa
asesoría, revisión y corrección de la presente
investigación.

Al: Ing. Agr. José Jesús Chonay, por su desinteresada
colaboración.

INDICE DE CONTENIDO

	<u>PAGINA</u>
INDICE DE CUADROS.	
RESUMEN.	i
ABSTRAC.	
I. INTRODUCCION.	1
II. HIPOTESIS.	2
III. OBJETIVOS.	3
IV. REVISION DE LITERATURA.	4
A. DESCRIPCION BOTANICA.	4'
B. REQUERIMINETOS CLIMATICOS Y EDAFICOS.	4
C. IMPORTANCIA DE LOS NUTRIMENTOS. REQUERIMIENTOS DE ESTOS POR EL BROCOLI.	5
1. Movimiento del boro en el suelo.	8
1.1. Textura del suelo.	9
1.2. El pH del suelo y la disponibilidad del boro.	9
1.3. Humedad del suelo y la disponibilidad del boro.	9
2. Dinámica del boro.	10
3. Métodos de diagnóstico y evaluación de la fertilidad.	10
D. ESTUDIOS REALIZADOS EN EL PAIS.	13
V. MATERIALES Y METODOS.	15
A. Características del sitio experimental.	15
1. Clima.	15

	<u>PAGINA</u>
2. Características del suelo.	15
2.1. Análisis de suelos.	16
B. Características del material experimental.	17
C. Niveles evaluados.	18
D. Características medidas.	18
1. Rendimiento.	18
2. Calidad.	18
3. Concentración foliar de nutrimentos.	19
E. Análisis químico foliar.	19
F. Diseño estadístico.	20
G. Análisis de datos.	20
H. Manejo del experimento.	21
VI. RESULTADOS Y DISCUSION.	23
1. Análisis de varianza para el rendimiento.	23
2. Análisis de correlación.	24
3. Calidad.	25
4. Concentración foliar de nutrimentos.	28
5. Análisis económico.	31
VII. CONCLUSIONES.	35
VIII. BIBLIOGRAFIA.	37

INDICE DE CUADROS

<u>CUADRO</u>		<u>PAGINA</u>
1	Requerimientos nutricionales del cultivo de Brócoli, según diferentes fuentes bibliográficas. Expresado en kg/ha.	12
2.	Rangos de concentración foliar de nutrientes en brócoli.	13
3.	Características físicas del suelo.	16
4.	Historial de datos analíticos del suelo del sitio experimental.	16
5.	Valor de cationes intercambiables.	17
6.	Niveles de nutrimentos evaluados.	18
7.	Métodos de análisis químico foliar.	19
8.	Análisis de varianza para el rendimiento de inflorescencias de brócoli.	23
9.	Correlaciones.	24
10.	Niveles de nutrimentos evaluados en kg/ha y % de características observadas para cada tratamiento.	26
11.	Niveles de nutrimentos aplicados en kg/ha, concentración foliar de nutrimentos a los 46 días después del trasplante y rendimiento de brócoli en T/ha.	28
12.	Análisis económico.	32

RESUMEN

El propósito del estudio, fue determinar el efecto de diferentes niveles de fósforo, potasio y boro, sobre el rendimiento y calidad del brócoli híbrido Green Valiant.

La hipótesis planteada dice que los nutrimentos: fósforo, potasio y boro, hacen variar el rendimiento y calidad de la inflorescencia del brócoli.

El experimento se realizó en suelos de la aldea Pachalí de Santiago Sacatapéquez, empleando un diseño factorial con distribución en bloques al azar, donde se evaluaron dos niveles de fósforo, dos de potasio y cuatro de boro, formando dieciseis tratamientos, con tres repeticiones, cada unidad experimental constó de treinta plantas.

Para darles respuesta a los objetivos, se midieron las variables siguientes:

Rendimiento: El que se obtuvo a través del peso de cada inflorescencia.

Calidad: Expresada a través del porcentaje dentro de cada tratamiento ubicando en segunda calidad toda inflorescencia que presentó un diámetro menor o igual a dos pulgadas y media. Se hizo observación detallada de las plantas para determinar características con las que se relacionan deficiencias de nutrimentos.

Análisis Foliar: De nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y boro.

Para evaluar el efecto de los niveles de nutrimentos sobre el rendimiento de brócoli, se realizó un análisis de varianza.

De acuerdo a los resultados obtenidos se deduce que no hay diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos, razón por la cual se efectuó un análisis económico para explorar las posibles diferencias en este aspecto, de lo que se concluye lo siguiente:

Como comparador de tomó el tratamiento usado por el agricultor, el cual consiste en 200-75-0-15 kg/ha de N-P₂O₅-K₂O-bórax respectivamente, con lo que se obtuvo un rendimiento de 8.57 T/ha y una rentabilidad del 82%.

El tratamiento que dio el mayor rendimiento 10.31 T/ha, rentabilidad 90% y tasa marginal de retorno a capital 1.43, resultó de utilizar 200-150-0-0 kg/ha de N, P₂O₅, K₂O, bórax respectivamente. Este tratamiento incrementó el rendimiento 1.74 T/ha respecto al tratamiento del agricultor, lo que expresa el beneficio por el cambio de tecnología. Por lo que se recomienda para suelos con un nivel bajo de fósforo, alto a adecuado nivel de potasio, adecuado nivel de boro y sean suelos sometidos a una eficiente rotación de cultivos.

El segundo mejor tratamiento del ensayo, con el cual se obtuvo el 100% de brócoli de primera calidad, un rendimiento de 10.04 T/ha y una rentabilidad del 72.1%, resultó de la aplicación de 200-150-150-0 kg/ha de N, P₂O₅, K₂O, bórax respectivamente. Este tratamiento es recomendable desde el punto de vista de la calidad y conservación de suelos.

Cuando en el suelo, el nivel de fósforo se considere bajo, es recomendable fertilizar con el nivel de 150 kg/ha de P₂O₅.

Para suelos donde el nivel de fósforo y boro se consideren deficientes, se recomienda la aplicación de 200-150-150-15 kg/ha de N, P_2O_5 , K_2O , bórax respectivamente. De los tratamientos que comprendieron aplicaciones de bórax, éste fue el que dio mayor rendimiento.

Los dos mejores tratamientos del ensayo no comprendieron aplicación de boro, no presentándose el desorden fisiológico consistente en ahucamiento del tallo a la altura de la inflorescencia.

Estos resultados se consideran valederos para el brócoli híbrido Green Valiant en la segunda siembra de invierno, o sean, siembras a partir del mes de julio. En suelos donde el nivel de fósforo sea bajo y boro adecuado.

Para los tratamientos que comprendieron: 200-75-0, 200-150-0, - 200-150-150, kg/ha de N, P_2O_5 , K_2O , respectivamente, y se varió el nivel de bórax entre 0 y 60 kg/ha. Se encontró un coeficiente de correlación negativo respecto al bórax y el rendimiento lo que indica que al incrementar la dosis de bórax el rendimiento decrece.

Se recomienda efectuar ensayos de fertilización, durante todas las épocas del año y en diferentes localidades, con objeto de determinar el efecto del boro sobre la coloración parda en la periferia del tallo hueco en brócoli.

Para verificar problema de toxicidad por boro y determinar un adecuado plan de fertilizaciones, se recomienda realizar estudios en suelos donde se cultive brócoli o coliflor, con aplicaciones de boro al suelo y en la rotación de cultivos se incluyan aquellos sensibles a la toxicidad por boro, como cereales y frijol.

EVALUATION OF THE EFFECT OF PHOSPHOROUS, POTASSIUM AND BORON OVER THE EFFICIENCY AND QUALITY OF THE BROCCOLI CROP (*Brassica oleracea* Var. *italica* L.) IN PACHALI VILLAGE, SANTIAGO SACATEPEQUEZ.

Francisco Alejandro Vega González

A B S T R A C

The purpose of the assay was to evaluate the effect of two phosphorous, two potassium and four boron levels over the efficiency and quality of broccoli, Green Valiant hybrid.

It was taken in account climate and soil of the experimental field. Green Valiant hybrid was used as genetic material and the efficiency and quality was determined considering all inflorescence which presented a minor or equal diameter of two and a half inches as second quality.

In order to measuring the effect of the variable over the efficiency, an varying analysis was carried out which resulted statistically non-significant; for that reason an economical analysis was realized in order to determining which of the treatments is the most convenient to be used.

The varying analysis for the efficiency resulted statistically non-significant. A negative coefficient of correlation with respect to borax and yield was noted.

It is recommended to use 150 kg/ha of P_2O_5 when the level of phosphorous in the soil is considered as deficient.

Using 200-150-0-0 kg/ha of N, P_2O_5 , K_2O and borax respectively, a better yield was obtained.

During the assay, to use 200-150-150-0 kg/ha of N, P_2O_5 , K_2O and borax respectively, resulted as the second best treatment and 100%.

From the treatments which included borax application, the best yield was obtained with 200-150-150-15 kg/ha of N, P_2O_5 , K_2O and borax respectively getting an adequate leaf concentration of boron.

Along the assay, the physiological disorder consisting in the hollowing of the stem at the inflorescence level, which relates the deficiency of the boron as not observed.

These results are considered as valid to broccoli, sowed in low phosphorous level, from high to adequate level of potassium, and adequate level of boron soils, since the month of July.

I. INTRODUCCION.

El cultivo del brócoli es de importancia nacional, debido a que muchos agricultores se dedican a su producción con fines de exportación, según reporte de exportaciones del Banco de Guatemala (11), durante el año 1986, se exportaron 693,114.3 Kg de brócoli congelado.

Para que el cultivo de brócoli sea rentable, es necesario obtener el mayor porcentaje de este producto de primera calidad. Lo anterior es posible cuando se afecta una fertilización eficiente, y los otros factores de producción actúan en forma óptima. -- En general, las normas de calidad para el brócoli de exportación toman en cuenta lo siguiente:

Es importante el estado de madurez en que se realiza la cosecha. Esta debe efectuarse cuando la inflorescencia se encuentra compacta y los pétalos de las pequeñas flores no son visibles. Es indicio de sobremadurez las coloraciones amarillas sobre la inflorescencia.

Se clasifica en segunda calidad toda inflorescencia que tenga un diámetro menor o igual a 2.5 pulgadas, la que por supuesto tiene un menor precio de venta.

El propósito del presente trabajo fue evaluar el efecto de dos niveles de fósforo, dos de potasio y cuatro de boro, sobre el rendimiento y calidad del híbrido de brócoli Green Valiant, determinando también la concentración foliar de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y boro al inicio de la formación de la flor.

II. HIPOTESIS.

Los diferentes niveles de fósforo, potasio y boro provocan variación en el rendimiento y calidad de la inflorescencia del brócoli (Brassica oleracea var. *Itálica* L.).

III. OBJETIVOS.

Determinar el efecto de niveles de fósforo, potasio y boro sobre el rendimiento y calidad de la inflorescencia del brócoli.

IV. REVISION DE LITERATURA.

A. DESCRIPCION BOTANICA.

López (16), menciona que el brócoli (Brassica oleracea var. Italica L.) pertenece a la familia de las crucíferas y es originaria de Europa.

Sus hojas tienen 40 a 50 centímetros de largo, son lobuladas y largamente pecioladas.

Los tallos florales son carnosos y gruesos, emergen de las axilas foliares formando inflorescencias, generalmente una central de mayor tamaño y luego otras laterales. El primordio floral consiste en yemas normales unidas en racimos no cubiertos con hojas.

El fruto es una silicua. La maduración de la semilla ocurre irregularmente, debido a que la floración de una planta no sucede al mismo tiempo.

B. REQUERIMIENTOS CLIMATICOS Y EDAFICOS.

Thompson (24), indica que el brócoli se cultiva en regiones donde la temperatura media varía entre los 10 y 20 grados centígrados.

Se adapta a una gran variedad de suelos, prefiere los de textura franca, franco arcillosos con buen contenido de materia orgánica y con un pH de 5.5 a 7.5. Siendo bastante sensible a las deficiencias de boro y molibdeno.

López (16), menciona que se pueden producir buenas cosechas en suelos livianos (arenosos), siempre y cuando sean fértiles y las plantas dispongan de buena humedad.

El desarrollo de la planta debe ser rápido y uniforme. La falta de humedad, un drenaje deficiente o cualquier otra condición desfavorable, como daño en las raíces hecho por insectos, ocasiona un detenimiento súbito del desarrollo y da por resultado la aparición de pequeñas inflorescencias o botones.

Limongelli (15), indica que el clima cálido seco acelera la floración del brócoli y hace poco comercial el producto.

López (16), reporta que en terrenos inclinados de ligero espesor con tendencia a la aridez el producto es escaso y de tamaño modesto, si bien más resistente al transporte.

El autor indica, que con déficit de agua durante la cosecha del brócoli ocurre sobremadurez de la inflorescencia tornándose de un color amarillo, lo que la hace inaceptable para ser comercializada.

C. IMPORTANCIA DE LOS NUTRIMENTOS. REQUERIMIENTOS DE ESTOS POR EL BROCOLI.

Millar (18), indica que los nutrientes cuya disponibilidad disminuye en suelos alcalinos son: hierro, potasio, manganeso, - cobre, zinc y boro. La baja solubilidad de los compuestos que - contienen estos nutrimentos, es la razón principal de su baja disponibilidad.

Thompson (24), menciona que las hortalizas frondosas como la

coliflor (Brassica oleracia var. Botritis), y brócoli (Brassica oleracia var. Italica L.), consumen grandes cantidades de nitrógeno, por lo tanto, requieren de estiércol y fertilizantes químicos nitrogenados.

Tisdale y Nelson (25), reportan que la col, requiere sobre todo de nitrógeno y potasio.

Eddins (7), indica que, un alto contenido de nitrógeno perjudica la asimilación del molibdeno, del mismo modo la aplicación de grandes dosis de nitratos agravan los síntomas de la deficiencia del molibdeno.

Thompson (24), señala que la deficiencia de potasio, consiste en hojas amarillentas y decoloración de los márgenes de las hojas viejas, el tejido afectado se vuelve café y quebradizo. Las inflorescencias son flojas y por lo tanto no vendibles.

Buckman y Brady (2), reportan que el boro está contenido en la materia orgánica de la cual es liberado para uso de los cultivos.

Los superfosfatos pueden contener aproximadamente unas 20 ppm de boro.

Tisdale y Nelson (25), mencionan que la deficiencia de boro, es más notable en la coliflor (Brassica oleracia var. Botritis L.), que en las otras plantas del género Brassica. Aparece como manchas de color café en la inflorescencia, se extiende hacia abajo por el centro de los pedicelos de las flores, y por el propio tallo que a veces se vuelve hueco. Asimismo, la parte comestible afectada, se torna amarga y el follaje cambia de color, volviéndose quebradizo, con un enrollamiento hacia abajo de las hojas más

viejas, seguido de la aparición de vejigas en el lado superior de la vena central de la hoja. En el tallo y peciolo de algunas hojas se observan áreas de apariencia corchosa.

El autor reporta deficiencia de boro en brócoli, presentándose reventaduras sobre el tallo que se extienden hacia el centro de los pedicelos de las flores y el tallo que a veces se vuelve hueco, presentando coloraciones pardas. Al igual que la coliflor la parte comestible se torna amarga.

Esta deficiencia severa de boro, fue observada con una concentración foliar de boro de 17.4 ppm y en el suelo de 0.34 ppm.

Tisdale y Nelson (25) señalan que el boro puede quedarse no disponible en suelos neutrales o alcalinos. La deficiencia de boro es causante de enfermedades fisiológicas. La muerte de meristemas y de algunas partes de las plantas en crecimiento activo. Esto provoca reacciones que pueden o no estar relacionadas con el papel del boro; sin embargo, tiene un papel importante en la utilización del calcio.

Rojas (21), indica que la presencia de boro capacita a la planta para absorber mejor el calcio, a pesar de que este último esté presente en cantidades apreciables.

Se ha pensado que la cal puede causar seria competencia para el boro, por estimular la actividad de los microorganismos del suelo.

Los cambios de valencia son producidos en muchos casos por microorganismos y materia orgánica. En algunos casos los microorganismos obtienen su energía de la reacción inorgánica.

Teuscher y Adler (23), reportan que es notable en los inicios del cultivo un crecimiento lento, puesto que en ausencia de boro, no se efectúa una rápida división celular, los meristemas, son profundamente afectados.

Edmon, Senn y Andrews (8), indican que si el boro es deficiente, siendo un ión inmóvil, el síntoma aparece en los tejidos jóvenes, dando una apariencia enana a las plantas, un color pardo a las hojas y en el brócoli y la coliflor, la descomposición de los tejidos del floema.

Limongelli (15), reporta que el brócoli, es sensible a la deficiencia de boro y molibdeno.

Eddins (7), observó que las hojas de los brócolis afectados por deficiencia de boro, se ponen verde opaco, verde amarillo. Los bordes se acolochan y se ponen gruesas y quebradizas. Las plantas severamente afectadas pueden ser enanas, con hojas colochas y arrugadas, además, se presentan áreas corchosas en la superficie de el tallo y peciolo de las hojas.

Tisdale y Nelson (25), mencionan que el boro es absorbido en una o más de sus formas iónicas; tales como $B_4O_7^{--}$, $H_2BO_3^{---}$.

Se ha demostrado que el boro está interrelacionado con el potasio y el calcio en el metabolismo de las plantas.

1. Movimiento del Boro en el Suelo.

Tisdale y Nelson (25), indican que diversos factores están asociados, con el movimiento del boro en los suelos; tales como, textura del suelo, el pH y la humedad.

1.1. Textura del suelo:

Tisdale y Nelson (25), indican que generalmente los suelos de textura gruesa, bien drenados y arenosos son pobres en boro.

Los suelos de textura fina, tienden a retener el boro añadido, durante períodos de tiempo más largos.

Tisdale y Nelson (25), comprobaron que las plantas toman mucha más cantidad de boro en suelos arenosos, que en suelos de textura fina, a igual concentración de boro hidrosoluble.

1.2. El pH del suelo y la disponibilidad del Boro:

Buckman y Brady (2), indican que el boro es más soluble bajo condiciones ácidas. En suelos arenosos ácidos, los fertilizantes conteniendo boro soluble pueden ser lixiviados con relativa facilidad.

Tisdale y Nelson (25), indican que ha sido demostrado que los síntomas de deficiencia de boro están asociados con altos valores de pH, y que el consumo de boro en las plantas se reduce si se incrementa el valor del pH del suelo.

La sobreadición de cal da una relación desfavorable Ca: Boro en la planta. Estudios de filtración, han demostrado que hay menos eliminación de boro en las aguas de percolación de suelos con adición de cal, que en los suelos sin adición de cal.

1.3. Humedad del suelo y la disponibilidad del Boro:

Buckman y Brady (2), indican que el contenido de boro es por lo general más alto en la superficie del suelo que en el subsuelo.

Esto explica la mayor deficiencia de boro en tiempo seco. En tiempos de sequía las raíces de las plantas están forzadas a utilizar los horizontes bajos del suelo en los cuales el contenido de boro es muy bajo.

Domínguez (6), reporta que en períodos de sequía en suelos con bajo contenido de boro, se reduce la movilidad del mismo.

2. Dinámica del Boro.

Domínguez (6), indica sobre la dinámica del boro que es absorbido por las plantas como ácido bórico H_3BO_3 , el cual se mantiene en la solución del suelo sin disociar, siendo el contenido de la solución muy bajo, entre 0.4 - 5 ppm.

El boro es adsorbido fuertemente como anión en toda la fracción coloidal, mediante intercambio con grupos OH. La forma aniónica que interviene en la reacción de adsorción es $H_3BO_3(OH)_4^-$ o $B(OH)_4^-$ que se produce por la incorporación al ácido disociado de un grupo OH^- lo que ocurre en condiciones alcalinas, alcanzando un máximo a pH 9.

La adsorción se produce principalmente, en las arcillas derivadas de la mica, en los óxidos e hidróxidos de aluminio y hierro y en la materia orgánica que constituye la mayor parte.

3. Métodos de diagnóstico y evaluación de la fertilidad.

Chapman (4), menciona que son suelos deficientes en boro los derivados de rocas ácidas igneas. Los suelos ácidos arenosos, - suelos alcalinos y suelos pobres en materia orgánica. También -

son deficientes en boro los suelos irrigados con agua pobre en boro.

Domínguez (6), indica en relación a los métodos de análisis, que existe buena correlación entre la respuesta vegetal y el método de extracción de boro del suelo, por agua caliente.

El valor crítico en el suelo se ha establecido en 0.3 - 0.4 ppm de boro según la textura, en tanto que el nivel satisfactorio se sitúa entre 0.5 y 0.8 ppm y se consideran altos los valores superiores a 1 ppm.

Geraldson, Klacan y Lorenz (9), reportan que para el brócoli un contenido foliar mayor de 30 ppm, se considera que fue bien absorbido por la planta.

En el Cuadro 1, se presenta un resumen de los requerimientos nutricionales del cultivo del brócoli, expresado en Kg/ha.

Cuadro 1. Requerimientos nutricionales del cultivo de Brócoli, según diferentes fuentes bibliográficas.

Nutri- mento	Niveles Kg/ha.	Fuente Bibliográfica
N	303	Thompson (24)
	195	Gudiel (10)
	196.6	Limongelli (15)
P ₂ O ₅	70	Thompson (24)
	78	Gudiel (10)
K ₂ O	280	Thompson (24)
	247	Gudiel (10)
Mg	40	Thompson (24)
S	72	Thompson (24)
	5.6 a 22.5 en suelo arcilloso	Edmon, Senn y Andrews (8)
	11.2 en suelo arenoso	Eddins (7)
B	5.6 a 33.6 usando bórax 44%B	Edmon, Senn y Andrews (8)
	5.56 usando bórax	Buckman y Brady (2)
	11.2 a 56 usando bórax	Tisdale y Nelson (25)
Mn	22.4 a 28 empleando sulfato de manganeso	Eddins (7)
	28.1 a 56.2 en suelo de pantano	Edmon, Senn y Andrews (8)
	56.2 a 112.4 en suelo de marga.	Edmon, Senn y Andrews (8)
Mo	0.07 a 1.12	Teuscher y Addler (23)
	1.7	Tisdale y Nelson (25)

En el Cuadro 2, se presenta el rango de nutrientes en el follaje de brócoli, reportados por Geraldson, Klacan y Lorenz (9).

Cuadro 2. Rangos de concentración foliar de nutrientes en Brócoli.

Cultivo	Tiempo de muestreo	Parte de la planta	Rangos de nutrientes en %					Concentración en ppm				
			N	P	K	Ca	Mg	Fe	B	Cu	Zn	Mn
Brócoli	Inicio formación de la Flor	Hojas maduras	3.2	0.3	2.0	1.2	0.23	100	30	1	45	25
			5.5	0.7	4.0	2.5	0.4	300	100	5	95	150

Fuente Bibliográfica (9).

7. ESTUDIOS REALIZADOS EN EL PAIS.

El Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola (ICTA) (12), en 1985, diseñó un estudio que involucró los factores nitrógeno, materia orgánica, boro y variedad. Se determinó que los más altos porcentajes de aparición del desorden fisiológico consistente en un ahuecamiento del tallo a la altura de la inflorescencia, se presentaron con el nivel más alto de boro y nitrógeno, siendo menor con materia orgánica. De todas maneras ninguno de los factores eliminó la presencia del tallo hueco. En base a este estudio se planificó otro, considerando como factores nitrógeno, materia orgánica, boro al suelo, boro foliar y molibdeno foliar (12). Los resultados de este estudio indican que nitrógeno y boro al suelo presentan los más altos porcentajes de presencia del tallo hueco; boro al suelo con boro al follaje mostró el menor porcentaje de aparición de tallo hueco en una localidad evaluada. Otra información que se generó fue que el tallo hueco apareció en las

localidades donde durante 2 años han cultivado alguna crucífera sin rotación, y no apareció en la localidad donde sólo se ha cultivado maíz con anterioridad.

Por otra parte, Godoy (10), evaluando niveles de Boro, determinó que no es necesario adicionarlo, pues afecta negativamente el rendimiento y no corrige la presencia de tallo hueco; igual - situación encontró Makepeace (17), al evaluar al suelo y foliar por lo que concluyó que ambos deben usarse hasta no tener datos más concretos sobre su participación con la presencia de tallo - hueco, cuando el boro es deficiente. El mismo autor (17), anota en su trabajo que cuando la materia orgánica del suelo fue del - orden de 2% el tallo hueco apareció en un 95% de los casos y cuando la materia orgánica fue del 7.5% el tallo hueco apareció en un 55% de los casos.

V. MATERIALES Y METODOS.

A. Características del sitio experimental.

1. Clima:

Según la clasificación ecológica de Holdridge (14), el ensayo se localizó dentro de la zona de vida Bosque húmedo Montano - bajo subtropical.

El ensayo se realizó en la Aldea Pachalí de Santiago Sacatepéquez, efectuando la siembra la segunda quincena de julio.

Los datos metereológicos más cercanos al sitio experimental, son los registrados en la estación Florencia, Santa Lucía Milpas Altas, Departamento de Sacatepéquez, cuya ubicación geográfica es latitud Norte 14° 33', longitud Oeste 90° 40', altura 1980 msnm. Los promedios de temperatura registrados son: Temperatura máxima 20.4°C, Temperatura mínima 11.5°C, Temperatura media 15.9°C, Precipitación media 1,238 mm. Fuente de datos INSIVUMEH.

2. Características del suelo:

Según el estudio de reconocimiento de los suelos de Guatemala, realizado por Simmons, Tarano y Pinto (22), el suelo del sitio experimental pertenece al grupo de suelos de la altiplanicie central y a la serie Alotenango.

2.1. Análisis de suelos:

En el Cuadro 3, se presentan los resultados del análisis físico del suelo del sitio experimental.

Cuadro 3. Características físicas del suelo.

Profundidad de muestreo	Textura franco arenoso	Densidad aparente g/cm ³	Humedad equiv. %		Coeficiente higroscópico	M.O. %	pH	Color	
			1/3ATM	15/ATM				seco	húmedo
0.20 m.	Arcilla= 19.12% Limo= 26.97% Arena= 54.91%	1.1984	35.38	17.28	8.40	5.28	5.84	10YR 5/4	10YR 3/4

Cuadro 4. Historial de datos analíticos del suelo del sitio experimental.

Fecha de muestreo	Muestra #	pH	ppm		meq/100 ml suelo			Cultivo	Fertilizante aplicado
			P	K	Ca	Mg	B		
8/5/80	1	7	2.25	420	11.2	1.7		Frijol	15-15-15
11/5/80	2	5.8	3.00	188	8.6	1.6		Coliflor Arveja china	16-20-0
3/5/82	3	5.5	3.00	278	9.2	1.13		Coliflor Arveja china	20-20-0
7/8/82	4	6.0	7.5	2.15	8.4	1.01		Coliflor Arveja china	20-20-0
3/5/83	5	5.9	6.25	238	11.2	1.47		Coliflor	20-20-0
24/10/84	6	6.2	2.00	180	11.85	1.59	0.41	Coliflor	20-20-0
24/10/84	Subsuelo	6.3	2.00	508	10.71	1.92	0.18	Zanahoria	15-15-15
18/7/85	8	6.5	6.86	308	9.0	1.03			

Análisis efectuados en el Laboratorio de suelos del ICTA, por el método Maelich y el boro por el método de agua caliente.

Los valores encontrados de los Cationes intercambiables se presentan en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Valor de cationes intercambiables.

Fecha	Muestra #	pH	En miliequivalentes por 100 g de suelo seco.					Capacidad de intercambio cationónica
			Ca	Mg	Na	K	H	
7/6/83	1	5.6	11.6	1.52	0.27	0.85	5.78	8.46

* Análisis efectuado en la Dirección Técnica de Riego y Drenaje -DIRYA-

B. Características del material experimental.

El material genético utilizado en el ensayo, fue el híbrido de brócoli Green Valiant, el cual tiene un ciclo de noventa días a partir de la siembra del semillero al inicio de la cosecha.

La curva de producción de este híbrido varía de acuerdo al ambiente, pero en general se comporta de la siguiente manera:

Primera semana: Se obtiene el 10% de rendimiento, en 2 ó 3 cortes.

Segunda semana: Se cosecha en 3 cortes, obteniendo el 80% del rendimiento.

Tercera semana: Se efectúan 1 ó 2 cortes, obteniendo el 10% restante de rendimiento.

C. Niveles evaluados.

Se evaluaron dos niveles de fósforo, dos niveles de potasio y cuatro de boro, con el objeto de determinar con cuáles niveles se obtiene el mejor rendimiento y calidad.

En el Cuadro 6, se detallan los niveles de los nutrimentos evaluados y la fuente del elemento utilizado.

Cuadro 6. Niveles de nutrimentos evaluados.

Factor	Niveles en Kg/ha	Fuente
N	200	Urea 46% N.
P ₂ O ₅	75-150	Simple super fosfato 20% P ₂ O ₅
K ₂ O	0-150	Muriato de potasio 60% K ₂ O
Bórax	0-15-30-60	Bórax 44% Na ₂ B ₄ O ₇ · 10H ₂ O

D. Características medidas.

1. El peso de cada una de las inflorescencias de los diferentes tratamientos, expresando el rendimiento en toneladas métricas por hectárea.
2. La calidad del producto expresada en porcentaje, ubicando en segunda calidad, todas aquellas inflorescencias que presentaron un diámetro menor o igual a 2.5 pulgadas.

Se observaron inflorescencias y plantas para determinar la presencia de tallo hueco o rajado, manchas pardas corchosas en peciolo de hojas y tallos, manchas pardas en la inflorescencia. Expresando estas características en porcentaje para cada tratamiento.

3. Concentración foliar de nutrimentos: Se determinó la concentración de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y boro, en las hojas maduras de la planta al inicio de la formación de la flor a los setenta días después de la siembra.

E. Análisis químico foliar.

Las muestras vegetales se secaron en un horno de convección a 65°C, por 48 horas y luego semolieron en un molino tipo Wiley, a 20 mallas por pulgada cuadrada. En el Cuadro 7, se presentan las metodologías aplicadas.

En el Cuadro 7, se presentan metodologías para la determinación de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y boro.

Cuadro 7. Métodos de análisis químico foliar.

Determinación	Método	Referencia
N	micro-kjeldahl	Días, R. y Hunter, A. (5)
P	Colorimétrico	Días, R. y Hunter, A. (5)
K	Lectura espectofotométrica	Días, R. y Hunter, A. (5)
Ca y Mg	Tritimétrico con EDTA	Braeuner (1)
B	Lectura espectofotométrica.	Días, R. y Hunter, A. (5)

F. Diseño estadístico.

Se utilizó un diseño experimental factorial con distribución en bloques al azar, con dieciseis tratamientos y tres repeticiones, la unidad experimental consistió en parcelas con treinta plantas.

El modelo estadístico para el análisis de las características medidas es el siguiente:

$$Y_{ijkl} = U + B_i + \alpha_j + \gamma_k + \delta_l + \alpha\gamma_{jk} + \alpha\delta_{jl} + \gamma\delta_{kl} + \alpha\gamma\delta_{jkl} + \xi_{ijkl}$$

Donde:

Y_{ijkl} = variables respuesta

U = efecto de la media general

B_i = efecto del i ...ésimo bloque

α_j = efecto de la j ...ésima modalidad del factor A

γ_k = efecto de la k ...ésima modalidad del factor B

δ_l = efecto de la l ...ésima modalidad del factor C

$\alpha\gamma_{jk}$ = efecto de la interacción AB

$\alpha\delta_{jl}$ = efecto de la interacción AC

$\gamma\delta_{kl}$ = efecto de la interacción BC

$\alpha\gamma\delta_{jkl}$ = efecto de la interacción ABC

ξ_{ijkl} = error experimental

G. Análisis de datos.

Para medir el efecto de las variables estudiadas, sobre el rendimiento del cultivo del brócoli, se realizó un análisis de varianza. Estadísticamente no se encontró significancia al 5% y 1%, por lo que se analizó desde el punto de vista económico, para determinar cuál de los tratamientos es el más conveniente de utilizar.

H. Manejo del experimento.

1. Preparación del terreno usando prácticas manuales de la región.
2. Trazo de parcelas experimentales.
3. Muestreo de suelos.
4. Sistema de siembra, al cuadro, dejando distancias de 0.4 m entre plantas y calles.
5. Fertilización a los 5 días del trasplante, suministrando al mismo tiempo pero en forma individual cada una de las fuentes de nutrimentos.

La segunda fertilización se realizó a los 35 días del trasplante, suministrando el 50% de nitrógeno restante. Simultáneamente se realizó un aporque para favorecer el desarrollo de nuevas raíces y mejorar la absorción de nutrientes.

6. Toma de muestras foliares al inicio de la formación de la flor cuarentiseis días después del trasplante.
7. Protección de plantas.
 - a) Control de insectos. Para el control de insectos del suelo previo a la preparación del terreno, se esparció un insecticida nematocida sistémico, el producto empleado fue Furadán al 10%. Después del trasplante se aplicó cebo *Dypterex* para controlar el gusano nochero, (*prodenia sp. feltia sp.*). Para control de plagas del follaje se utilizaron insecticidas Piretroides.
 - b) Control de enfermedades. Se efectuaron aspersiones de bis-ditiocarbamatos de Zn y Mn, para el control de Alternaria brassicae. La pudrición de la flor causada

por Botritis sp. se controló preventivamente con asperciones de Vinclozolin.

8. Cosecha. Se realizó diariamente a partir de los 60 días del trasplante, pesando en forma individual cada inflorescencia y ubicándola en primera o segunda calidad.

VI. RESULTADOS Y DISCUSION.

1. Análisis de varianza para el rendimiento.

En el Cuadro 8, se presenta el análisis de varianza para el rendimiento de inflorescencias de brócoli evaluado bajo diferentes niveles de fósforo, potasio y boro. Se observa que no se encontró diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos.

Cuadro 8. Análisis de varianza para el rendimiento de inflorescencias de brócoli.

ANDEVA							
FV.	GL	SC	CM	FC	0.05	FT 0.01	
Bloques	2	1765.536	882.768	2.293	3.32	5.39	NS
Trat.	15	5719.007	381.267	0.9904	2.01	2.70	NS
A	1	1202.582	1202.582	3.1240	4.17	7.56	NS
B	1	147.00	147.000	0.3819	4.17	7.56	NS
C	3	1890.445	630.148	1.6370	2.92	4.51	NS
AB	1	34.969	34.969	0.09084	4.17	7.56	NS
AC	3	1446.221	482.074	1.2523	2.92	4.51	NS
BC	3	854.931	284.977	0.7403	2.92	4.51	NS
ABC	3	142.859	47.620	0.1237	2.92	4.51	NS
Error	30	11548.504	384.950	-----	-----		
Total	47	771308.77	-----	-----			

NS = No Significativo

CV = 15.67%.

Al no existir diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos, se dio la necesidad de hacer un enfoque económico, para lo cual es necesario tomar en cuenta la calidad del brócoli.

2. Análisis de correlación.

Los resultados del análisis de correlación, para las diferentes variables, se presentan en el Cuadro 9.

Cuadro 9. Correlaciones.

Correlación	Coefficiente Correlación	b ₀	b ₁
Boro aplicado al suelo versus concentración boro foliar.	0.95	23.78	0.56
Boro aplicado al suelo versus rendimiento	-0.82	9.27	-0.80
Concentración foliar de boro versus rendimiento	-0.59	9.59	-0.003
Concentración nitrógeno foliar versus rendimiento.	0.084		
Concentración fósforo foliar versus rendimiento.	0.36		
Concentración fósforo foliar versus concentración fósforo en el suelo.	0.56		
Concentración fósforo en el suelo versus rendimiento.	0.39		
Concentración foliar de potasio versus rendimiento.	-0.30		
Concentración foliar de potasio versus concentración de potasio en el suelo.	0.48		
Concentración de potasio en el suelo versus rendimiento.	0.16		
Concentración foliar de calcio versus rendimiento.	-0.24		
Concentración de calcio en el suelo versus rendimiento.	0.0004		
Concentración foliar de calcio versus concentración de calcio en el suelo.	-0.33		
Concentración foliar de magnesio versus rendimiento.	-0.25		
Concentración de magnesio foliar versus concentración de magnesio en el suelo.	0.17		

Del Cuadro 9, se deduce que para la correlación boro aplicado al suelo versus concentración de boro foliar, se obtuvo un coeficiente de correlación significativo, y se deduce que a partir de 23.78 ppm de boro en el follaje, por cada kg adicional de bórax aplicado al suelo, la concentración foliar se incrementa 0.56 ppm. Considerando una concentración foliar de boro adecuado a partir

de 30 ppm, esta es posible de obtener cuando se aplican al suelo 15 kg/ha de bórax.

Respecto a la correlación boro aplicado al suelo versus rendimiento, se obtuvo un coeficiente negativo que indica que al incrementar la dosis de bórax al suelo el rendimiento decrece.

La correlación concentración foliar de boro versus rendimiento indica que a mayor concentración foliar de boro el rendimiento decrece.

Las demás correlaciones presentaron coeficientes no significativos.

3. Calidad.

En general las normas de calidad para el brócoli de exportación toman en cuenta lo siguiente:

Se clasifican en segunda calidad toda inflorescencia que tenga un diámetro menor o igual a 2.5 pulgadas, la que por supuesto tiene un menor precio de venta.

Es importante el estado de madurez en que se realiza la cosecha. Esta debe efectuarse cuando la inflorescencia se encuentra compacta y los pétalos de las pequeñas flores no son visibles. Es indicio de sobre madurez coloraciones amarillas sobre la inflorescencia.

Las coloraciones púrpuras en el tallo, no afectan la calidad del brócoli para la industria del congelado, ya que dichas coloraciones desaparecen en la etapa de precocido del brócoli.

En el Cuadro 10, se presentan las características observadas en las inflorescencias de brócoli para cada tratamiento, expresadas en porcentaje con lo cual se obtiene información para estimar el análisis económico, tomando en cuenta el menor precio de venta del brócoli de segunda calidad.

Cuadro 10. Niveles de nutrimentos evaluados en kg/ha y % de características observadas para cada tratamiento.

N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Bornx	%	Características observadas.
200	75	0	0	81.82	Primera calidad.
				15.15%	Segunda calidad.
				3.03	Segunda calidad con manchas púrpuras en el tallo.
200	75	0	15	96.97%	Primera calidad.
				3.03%	Segunda calidad con manchas púrpuras en el tallo.
200	75	0	30	97.22%	Primera calidad.
				2.87%	Segunda calidad.
200	75	0	60	85.72%	Primera calidad.
				4.76%	Segunda calidad.
				9.52%	Segunda calidad con manchas púrpuras en el tallo.
200	75	150	0	80.33%	Primera calidad
				8.33%	Primera calidad con áreas corchosas en el tallo.
				3.0 %	Segunda calidad.
				4.17%	Segunda calidad con manchas púrpuras en el tallo.
				4.17%	Segunda calidad con manchas púrpuras y áreas corchosas en el tallo.
200	75	150	15	87.78%	Primera calidad.
				3.7 %	Primera calidad con áreas corchosas en el tallo.
				3.33%	Segunda calidad.
				8.89%	Segunda calidad con manchas púrpuras en el tallo.
200	75	150	30	81.11%	Primera calidad.
				18.89%	Segunda calidad con manchas púrpuras en el tallo.
200	75	150	60	91.16%	Primera calidad.
				2.78%	Primera calidad con Areas corchosas en el tallo.
				8.84%	Segunda calidad con manchas púrpuras en el tallo.
200	150	0	0	96.67%	Primera calidad.
				3.33%	Segunda calidad.
200	150	0	15	93.33%	Primera calidad.
				6.67%	Segunda calidad con manchas púrpuras en el tallo.
200	150	0	30	93.34%	Primera calidad.
				3.33%	Segunda calidad.
				3.33%	Segunda calidad con manchas púrpuras en el tallo.
200	150	0	60	91.77%	Primera calidad.
				8.23%	Segunda calidad con manchas púrpuras en el tallo.
200	150	150	0	100.00%	Primera calidad.
200	150	150	15	92.59%	Primera calidad.
				7.41%	Segunda calidad.
200	150	150	30	88.88%	Primera calidad.
				5.56%	Segunda calidad con manchas púrpuras en el tallo.
200	150	150	60	84.85%	Primera calidad.
				6.06%	Segunda calidad.
				9.09%	Segunda calidad con manchas púrpuras en el tallo.

Del Cuadro 10, se infiere que el tratamiento que obtuvo el 100% de primera calidad fue al utilizar 200 kg/ha de N, 150 kg/ha de P_2O_5 , 150 kg/ha de K_2O y 0 kg/ha de Bórax.

El tratamiento que dio el mayor porcentaje de brócoli de segunda calidad, resultó de utilizar 200 kg/ha de N, 75 kg/ha de P_2O_5 , 150 kg/ha de K_2O y 30 kg/ha de Bórax.

En todos los tratamientos se presentaron coloraciones púrpuras en el tallo, lo cual no afecta la calidad del brócoli para la industria del congelado. Dichas coloraciones púrpuras desaparecen con la etapa de precocido en el proceso de congelado del brócoli.

Buckman (2), reporta que en el tallo y peciolo de algunas hojas de coliflor, se presentan áreas de apariencia corchosa cuando ocurre deficiencia de boro. Áreas de apariencia corchosa se encontraron en un 12.5% en el tallo de inflorescencias de brócoli de los tratamientos que comprendieron la aplicación de 200-75-150-0 kg/ha de N- P_2O_5 - K_2O -Bórax respectivamente.

El porcentaje de áreas corchosas en tallos, disminuyó al 3.7% cuando se utilizó bórax a razón de 15 kg/ha, y no se presentaron al utilizar bórax a razón de 30 kg/ha.

Estos resultados dan la impresión de que al aumentar la dosis de bórax al suelo hubo tendencia a desaparecer el porcentaje de plantas con áreas corchosas en el tallo. Sin embargo, en otros tratamientos donde la concentración de boro foliar se consideró deficiente no se presentaron áreas corchosas, razón por la cual estas manchas de apariencia corchosa no pueden relacionarse con la deficiencia de boro.

4. Concentración foliar de nutrimentos.

Los resultados del análisis foliar se presentan en el Cuadro 11.

Cuadro 11. Niveles de nutrimentos aplicados en kg/ha, concentración foliar de nutrimentos a los 46 días después del trasplante y rendimiento de brócoli en T/ha.

	NUTRIENTES APLICADOS EN kg/ha				CONCENTRACION FOLIAR %					ppm B	Rendimiento T/ha
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Na ₂ B ₄ O ₇ ·10H ₂ O	N	P	K	Ca	Mg		
T1	200	75	0	0	6.25	0.83	3.89	1.17	0.15	33	8.48
T2	200	75	0	15	5.50	0.45	3.89	1.58	0.20	25	8.57
T3	200	75	0	30	6.30	0.42	4.17	1.44	0.21	42	8.62
T4	200	75	0	60	6.29	0.39	3.89	1.73	0.17	75	7.18
T5	200	75	150	0	5.32	0.42	4.22	1.10	0.28	23	7.94
T6	200	75	150	15	5.35	0.72	3.89	1.45	0.17	42	8.69
T7	200	75	150	30	6.19	0.59	3.66	0.96	0.38	66	8.39
T8	200	75	150	60	6.24	0.64	4.28	1.34	0.31	48	8.32
T9	200	150	0	0	6.95	0.81	3.00	1.26	0.12	12.5	10.31
T10	200	150	0	15	6.49	0.81	3.94	1.25	0.37	33	8.35
T11	200	150	0	30	6.45	0.58	3.75	1.05	0.32	53	8.64
T12	200	150	0	60	6.89	0.81	3.75	1.04	0.35	45	7.83
T13	200	150	150	0	5.72	0.61	4.22	1.13	0.30	23	10.04
T14	200	150	150	15	6.40	0.74	4.08	1.10	0.15	25	9.46
T15	200	150	150	30	6.55	0.45	3.89	1.13	0.37	15	8.39
T16	200	150	150	60	6.12	0.45	4.08	0.88	0.45	57	8.67

Del Cuadro 11, se deduce lo siguiente:

Geraldson, Klacan y Lorenz (9), determinaron rangos críticos de concentración foliar de nutrimentos para el brócoli, al inicio de la formación de la flor. Consideran una concentración de nitrógeno alta a partir de 5.5% al observar el Cuadro 11, se deduce que en todos los tratamientos se obtuvo una concentración de nitrógeno alta.

Geraldson, Klacan y Lorenz (9), consideran una concentración foliar de fósforo adecuada entre 0.3 y 0.7%, de lo cual se deduce que en todos los tratamientos se obtuvo un nivel adecuado.

De acuerdo a los niveles establecidos por Geraldson, Klacan y Lorenz (9), para el potasio consideran una concentración foliar adecuada entre 2 y 4%. Al comparar estos valores con los encontrados en el análisis foliar, se deduce que para todos los tratamientos la concentración foliar de potasio se encuentra dentro del rango de concentración crítico.

Para el calcio consideran un nivel adecuado entre 1.2 y 2.5%. En el análisis foliar se encontró que la concentración menor de calcio fue de 0.88% resultado de la aplicación de 200-150-150-60 kg/ha de N-P₂O₅-K₂O-Bórax respectivamente. Y la mayor concentración de calcio en el ensayo resultó de 1.73% con la aplicación de 200-75-0-60 kg/ha de N-P₂O₅-K₂O-Bórax respectivamente.

Respecto al magnesio, Geraldson, Klacan y Lorenz (9), determinaron un rango adecuado entre 0.23 y 0.4%. En el presente ensayo la menor concentración foliar de magnesio fue de 0.15% obtenida de la aplicación de 200 kg/ha de N y 75 kg/ha de P₂O₅. La mayor concentración de magnesio fue de 0.45% correspondiente a la aplicación de 200-150-150-60 kg/ha de N-P₂O₅-K₂O-Bórax respectivamente.

Para el boro Geraldson, Klacan y Lorenz (9), consideran un rango adecuado entre 30 y 100 ppm. En el análisis foliar se encontró que la menor concentración foliar de boro fue de 12.5 ppm, resultado de la aplicación de 200 kg/ha de nitrógeno, y 150 kg/ha de P_2O_5 . Y la mayor concentración foliar de boro fue de 75 ppm resultado del tratamiento de 200-75-0-60 kg/ha de N- P_2O_5 - K_2O -bórax respectivamente.

Los tratamientos que comprendieron 200 kg/ha de Nitrógeno, el fósforo 75 y 150 kg/ha de P_2O_5 , el potasio 0 y 150 kg/ha de K_2O , y el Bórax entre 0 y 60 kg/ha. Se observa que la concentración media de Nitrógeno se redujo al aplicar el nivel de 150 kg/ha de potasio.

Se da incremento de la concentración foliar media de Nitrógeno al fertilizar con el nivel de 150 kg/ha de P_2O_5 .

En los tratamientos que utilizaron 200 kg/ha de Nitrógeno, 75 kg/ha de P_2O_5 , 0 kg/ha de K_2O y el Bórax entre 0 y 60 kg/ha. Se observó que la concentración foliar media de potasio fue menor que la resultante de aplicar el nivel de 150 kg/ha de P_2O_5 . O sea, que al aplicar mayor cantidad de P_2O_5 al suelo, se redujo la concentración foliar media de potasio.

Con los niveles de 200-75-150-0 kg/ha de N, P_2O_5 , K_2O , Bórax respectivamente, se obtuvo respuesta creciente de rendimiento, respecto al bórax hasta el nivel de 15 kg/ha y a partir de este nivel el rendimiento decreció, de igual forma sucedió al no aplicar bórax el rendimiento disminuyó.

Los tratamientos que emplearon 200-75-0 kg/ha de N, P_2O_5 , K_2O , y el bórax, se usó entre 0 y 60 kg/ha. Se observó respuesta creciente de rendimiento al incrementar la dosis de bórax hasta

30 kg/ha y a partir de este nivel el rendimiento decreció 16.74%.

Para suelos donde el nivel de fósforo y boro en el suelo se consideren deficientes, es recomendable el tratamiento que comprendió 200-150-150-15 kg/ha de N, P_2O_5 , K_2O , Bórax respectivamente. De los tratamientos que comprendieron aplicación de bórax, este fue el que dió el mayor rendimiento 9.43 T/ha.

En áreas sometidas a un intenso cultivo de crucíferas; en suelos con un nivel adecuado de boro, esta recomendación se considera un tratamiento de restitución para mantener la fertilidad respecto al boro.

5. Análisis económico.

Al no encontrar diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos evaluados, se analizó desde el punto de vista económico. Tomando en cuenta el menor precio del brócoli de segunda calidad. En el Cuadro 12, se presentan los resultados del análisis económico.

Cuadro 12. Análisis económico.

Tratamientos kg/ha N-P ₂ O ₅ -K ₂ O-Bóraz	Ingreso Bruto IB (Q)	Costo Total C.T.	Varia- ción Costo Total V.C.T.	Ingreso Neto I.N.	Varia- ción I.N.	Rentabi- lidad IN/CT	Tasa Marginal Retorno Capital	Rendi- miento T/ha
200-75-0-15 TA.	2544.83	1401.30	-----	1143.53	-----	0.82	-----	8.57
200-75-0-0	2389.23	1380.53	17.77	1008.70	134.83	0.73	- 7.59	8.48
200-75-0-30	2561.97	1416.91	15.61	1145.06	1.53	0.81	+ 0.098	8.62
200-75-0-60	2050.46	1410.08	8.78	640.38	503.15	0.45	-57.31	7.18
200-75-150-0	2292.08	1512.99	111.69	779.09	364.44	0.51	- 3.26	7.94
200-75-150-15	2501.56	1547.64	146.34	953.92	189.61	0.62	- 1.30	8.69
200-75-150-30	2358.26	1554.82	153.52	803.44	340.09	0.52	- 2.21	8.39
200-75-150-60	2421.07	1583.06	181.76	838.01	305.52	0.53	- 1.68	8.32
200-150-0-0	3057.38	1612.22	210.92	1445.16	301.63	0.90	+ 1.43	10.31
200-150-0-15	2450.13	1576.91	175.61	873.22	270.31	0.55	- 1.54	8.35
200-150-0-30	2535.80	1599.84	198.54	935.96	207.57	0.59	- 1.04	8.64
200-150-0-60	2282.75	1585.60	184.30	697.15	446.38	0.44	- 2.42	7.83
200-150-150-0	3011.61	1749.90	348.60	1261.71	118.18	0.72	+ 0.34	10.04
200-150-150-15	2767.39	1750.13	348.83	1017.26	126.27	0.58	- 0.36	9.46
200-150-150-30	2424.84	1737.79	336.49	687.05	456.48	0.40	- 1.36	8.39
200-150-150-60	2470.46	1775.61	374.31	694.85	448.68	0.39	- 1.20	8.67

Perrín (20), da el concepto de tasa marginal de retorno a capital (TMRC), se interpreta como el incremento obtenido, por cada quetzal extra invertido, respecto a la tecnología tradicional.

Del Cuadro 12, se deduce que de todos los tratamientos el que presentó la mayor rentabilidad, tasa marginal de retorno a capital y rendimiento, resultó de utilizar 200 kg/ha de N y 150 kg/ha de P₂O₅, dando un rendimiento de 10.31 T/ha, teniendo un incremento de 1.74 T/ha, respecto al tratamiento del agricultor. Lo que expresa el beneficio por el cambio de tecnología.

El segundo mejor tratamiento del ensayo, se obtuvo al emplear los niveles de 200-150-150-0 kg/ha de N, P_2O_5 , K_2O , Bórax respectivamente, dando un rendimiento de 10.04 T/ha, de las cuales el 100% se clasificó en primera calidad.

El presente tratamiento dio una rentabilidad del 72.1%, y una tasa marginal de retorno a capital de 0.34, incrementando el rendimiento 1.47 T/ha respecto al tratamiento del agricultor.

Desde el punto de vista de calidad del brócoli y conservación de suelos, dicho tratamiento es el más recomendable para fertilización de brócoli en suelos donde no se lleve a cabo una adecuada rotación de cultivos y el nivel de fósforo se encuentre bajo, potasio adecuado a alta, y boro adecuado.

Desde el punto de vista económico, tomando en cuenta la rentabilidad, esta varía según los diferentes tratamientos.

Se presentaron tratamientos con alto rendimiento, pero su rentabilidad disminuyó en relación a otros que aún con menores rendimientos su rentabilidad resultó mayor.

Las razones por las cuales varió la rentabilidad fueron:

- a. Calidad de brócoli: Hizo variar el ingreso neto, debido al menor precio de venta de la segunda calidad.
- b. Dosis de fertilizante: Al aumentar la dosis se incrementan los costos de aplicación.
- c. Al obtener mayor rendimiento aumentan los costos por cosecha y transporte.

Al fertilizar con 200 kg/ha de nitrógeno e incrementar el fósforo de 75 a 150 kg/ha de P_2O_5 , el rendimiento obtenido fue mayor en un 17.72%, y en un 20.9% cuando se adicionó 150 kg/ha de K_2O . De esto se deduce que cuando en el suelo el nivel de fósforo es considerado bajo, es recomendable emplear el nivel de 150 kg/ha de P_2O_5 .

A nivel de visitas efectuadas a plantas procesadoras de brócoli, se determinó que la cosecha de brócoli obtenida a partir del mes de julio a finales de septiembre, se observa un alto porcentaje de brócoli con ahuecamiento del tallo. Y durante la segunda cosecha que se distribuye de octubre a diciembre casi no se presenta el tallo hueco del brócoli.

VII. CONCLUSIONES.

- En el análisis de varianza para el rendimiento, no se encontró diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos, por lo que desde el punto de vista estadístico se rechaza la hipótesis planteada.
- Para los tratamientos que comprendieron: 200-75-0, 200-150-0, 200-150-150- kg/ha de N, P_2O_5 , K_2O , respectivamente y se varió el nivel de bórax entre 0 y 60 kg/ha, se encontró un coeficiente de correlación negativo respecto al bórax y el rendimiento, lo que indica que al incrementar la dosis de bórax el rendimiento decrece.
- Del análisis económico se deduce que si existe diferencia entre los tratamientos, y con esta base se concluye lo siguiente:
 - Cuando en el suelo el nivel de fósforo se considere bajo es recomendable fertilizar con el nivel de 150 kg/ha de P_2O_5 .
 - El tratamiento que dio el mayor rendimiento, rentabilidad y tasa marginal de retorno a capital, resultó de utilizar 200-150-0-0 kg/ha de N, P_2O_5 , K_2O , bórax respectivamente.
 - El segundo mejor tratamiento en cuanto a rendimiento, con el cual se obtuvo el 100% de brócoli de primera calidad, resultó de usar 200-150-150-0 kg/ha de N, P_2O_5 , K_2O , bórax respectivamente.

- Para suelos donde el nivel de fósforo y boro se consideren deficientes se recomienda la aplicación de 200-150-150-15 kg/ha de N, P_2O_5 , K_2O , bórax respectivamente.

De los tratamientos que comprendieron aplicación de bórax, éste fue el que dio el mayor rendimiento.

- Los dos mejores tratamientos recomendados, no comprendieron aplicación de boro, en todo el ensayo no se presentó el desorden fisiológico consistente en ahuecamiento del tallo a la altura de la inflorescencia, con lo cual se relaciona la deficiencia del elemento boro.

- Estos resultados se consideran valaderos para el brócoli de segunda siembra de invierno, o sea, siembras a partir del mes de julio. En suelos donde el nivel de fósforo sea bajo y boro adecuado.

- Efectuar ensayos de fertilización durante todas las épocas del año y en diferentes localidades, con objeto de determinar el efecto del boro sobre la coloración parda en la periferia del tallo hueco en brócoli.

- Con objeto de verificar toxicidad por boro y determinar un adecuado plan de fertilizaciones, se recomienda realizar estudios en suelos donde se cultive brócoli o coliflor, con aplicaciones de boro al suelo y en la rotación de cultivos se incluyan aquellos sensibles a la toxicidad por boro, como cereales y frijol.

VIII. BIBLIOGRAFIA.

1. BRAEUNER, M.E. s.f. Cuaderno de prácticas de laboratorio de edafología II. Reproducido y modificado por Salvador Castillo. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 28 p.
2. BUKMAN, H.O.; BRADY, N.C. 1966. Naturaleza y propiedades de los suelos. Trad. de R. Solard Barceló. Barcelona, -- UTHEA. 590 p.
3. CASTANEDA, R.P. 1980. Diseños experimentales aplicados. México, Trillas. 344 p.
4. CHAPMAN, H.D. 1973. Diagnostic, criteria for plants and soils. EE.UU., University of California, Department of Soils and Plant Nutrition. 787 p.
5. DIAZ, R.; HUNTER, A. 1978. Metodología de muestreo de suelos, análisis químico de suelos y tejido vegetal y de investigaciones de invernadero. Turrialba, Costa Rica, -- CATIE. 68 p.
6. DOMINGUEZ, V.A. 1984. Tratado de fertilización. España, Mundi Prensa. 585 p.
7. EDDINS, A.H. 1952. Diseases, deficiencies and injuries of cabbage and other crucifers in Florida. Gainesville, Fla., EE.UU., Agricultural Experiment Station. 61 p.
8. EDMOND, J.B.; SENN, T.L.; ANDREWS, F.S. 1979. Principios de horticultura. Trad. por Federico García. México, CECSA. 575 p.
9. GERALDSON, C.M.; KLACAN, G.R.; LORENZ, O.A. 1973. Plant analysis as an aid in fertilizing vegetable crops. In Walsh, L. M. y Beaton, J.D. eds. Soil Testing and Plant Analysis. Madison Wis., Soil Science Society of América. p. 366-367.
10. GODOY, S.E. 1985. Respuesta de cultivo del brócoli (*Brassica oleracea* Var. *Italica* L.) a la aplicación de fertilizante 15-15-15, urea adicional y boro, en el departamento de Sacatepéquez. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ciencias Agrícolas. 34 p.

11. GUATEMALA. BANCO DE GUATEMALA. 1986. Reporte de exportaciones de la república de Guatemala. Guatemala. 62 p.
12. _____ . INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA AGRICOLAS. PROGRAMA DE HORTALIZAS Y DISCIPLINA DE SUELOS. 1986. Informe Técnico (Gua) no. 19:1-240.
13. GUDIEL, V.M. 1980. Manual agrícola Superb. 5 ed. Guatemala, Superb. 285 p.
14. HOLDRIDGE, L.R. 1978. Ecología basada en zonas de vida. San Jose, Costa Rica, IICA. 216 p.
15. LIMONGELLI, M.L. 1979. El repollo y otras crucíferas de importancia en la huerta comercial. Buenos Aires, Argentina, Emisferio Sur. 143 p.
16. LOPEZ, B.J. 1982. Cultivo de coles, coliflores y brócolis. Barcelona, España, Sintesis. 140 p.
17. MAKEPEACE, D.A. 1986. Evaluación del efecto de niveles de boro y formas de aplicación sobre la presencia de tallo hueco y rendimiento, en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* Var. *Italica* L.) en dos distritos de miniriego del municipio de San Sebastián Huehuetenango. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía. 32 p.
18. MILLAR, C.E.; TURK, L.M.; FOTH, H.D. 1975. Fundamentos de la ciencia del suelo. Trad. Juan Nava Díaz. México, Continental. p. 478-480.
19. MONTERROSO, G.R. 1981. Efecto de seis combinaciones de abonos orgánicos y químicos sobre la producción de coliflor (*Brassica oleracea* Var. *Botritis* L.) y su comportamiento en el suelo. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía. 61 p.
20. PERRIN, R.K. et al. 1976. Formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos; un manual metodológico de evaluación económica. México, D.F., CIMMYT. 54 p.
21. ROJAS, G.M. 1979. Fisiología vegetal aplicada. 2 ed. México, McGraw-Hill. 262 p.

22. SIMMONS, C.; TARANO, J.M.; PINTO, J.H. 1959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Trad. Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, José de Pineda Ibarra. 1000 p.
23. TEUSCHER, P.; ADLER, A. 1980. El suelo y su fertilidad. Trad. Rodolfo Vera y Zapata. 5 ed. México, CECSA. p. 249-256.
24. THOMPSON, R.C. 1967. Coliflor y brócoli, variedades y cultivo. EE.UU., Departamento de Agricultura; AID. 63 p.
25. TISDALE, S.; NELSON, W.L. 1982. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. Trad. Jorge Balasch. México, UTHEA. - 760 p.

V.B. 120

Patruale



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1545

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Referencia _____
Asunto _____

"IMPRIMASE"




ING. AGR. ANIBAL B. MARTINEZ M.
D E C A N O