

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

**FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES**

ESCUELA DE INGENIERIA AGROPECUARIA

**“UTILIZACION DE BACTERIAS FIJADORAS DE NITROGENO (*Azotobacter*)
Y SOLUBILIZADORAS DE FOSFORA EN EL CULTIVO DE BROCOLI
(*Brassica oleraceae var. Legacy*) EN OTAVALO”**

Autores:

NICOLALDE MOREJON ALEXANDRA ISOLINA

QUINTANA LANDETA DIEGO FERNANDO

Director:

ING. MSc. FRANKLIN VALVERDE

Asesores:

ING. GERMÁN TERÁN

ING. MSc. RAÚL BARRAGÁN

ING. GALO VARELA

Año:

2010

Lugar de la investigación

San JOSE DE QUICHINCHE-OTAVALO-IMBABURA

Beneficiarios:

AGRODIAGNOSTIC-ALVANI-LA COMUNIDAD

HOJA DE VIDA DEL INVESTIGADOR.

APELLIDOS: QUINTANA LANDETA

NOMBRES: DIEGO FERNANDO

C. CIUDADANIA: 100287852-6

TELEFONO CONVENCIONAL: 062 650-644

TELEFONO CELULAR: 081021474

E-mail: difer_imb@hotmail.com

DIRECCION: Imbabura – Ibarra – Calle Bolívar 13-55

AÑO: 2010

HOJA DE VIDA DEL INVESTIGADOR.

APELLIDOS: NICOLALDE MOREJON

NOMBRES: ALEXANDRA ISOLINA

C. CIUDADANIA: 100276677-0

TELEFONO CONVENCIONAL: 062 660-196

TELEFONO CELULAR: 092745733

E-mail: Alexandra.nicolalde@yahoo.com

DIRECCION: Imbabura – Ibarra – La Esperanza- Calle Galo PLaza

AÑO: 2010

TRABAJO:

Almacén agropecuario “PACHA MAMA” Av. SANCHES Y CIFUENTES 15-06 Y RAFAEL
LARREA.

RESUMEN EJECUTIVO

La producción de brócoli en el Ecuador, ha mostrado un fuerte dinamismo en los últimos años, constituyéndose como un producto bandera dentro de los no tradicionales de exportación (Aprifel, 2007).

El brócoli responde a la fertilización nitrogenada; sin embargo, el exceso de nitrógeno causa tallos huecos. Es importante dotar al cultivo de cantidades suficientes de fósforo y potasio. Los fertilizantes químicos correctamente utilizados no causan residuos tóxicos en la planta, puesto que están compuestos de nutrientes que pasan a ser elementos integrantes de la estructura química de la planta. Así, el nitrógeno se transforma en clorofila y luego en proteínas, el fósforo en sabia y el potasio permite la concentración de azúcares y color (Salazar, 1999).

Los fertilizantes son productos que representan entre el 20 y 30% de los costos de producción de un cultivo. Muchos agricultores están aplicando fertilizantes en exceso, encareciendo los costos de producción, desmejorando la calidad y desnaturalizando la fertilidad de los suelos de Ecuador que tiene un clima precioso para la producción agrícola. Se debe hacer un llamado a los agricultores del país para que traten de minimizar las adiciones innecesarias de fertilizantes, nitrogenados, fosforados y potásicos al suelo (Bernal, 2004).

El consumo global de fertilizante aumentó alrededor de 31% de 1996 al 2008 y en los países en vías de desarrollo este incremento es de 56%, según la Asociación Internacional de la Industria de Fertilizantes. El precio de algunos fertilizantes casi se han triplicado en el año pasado, siendo este uno de los factores que actualmente contribuyen en el alza de los precios de los alimentos (El Universo, 2008).

La lixiviación de nitratos hacia el subsuelo puede contaminar los acuíferos subterráneos, creando graves problemas de salud si se consume agua rica en nitratos, debido a su transformación en nitritos por participación de bacterias existentes en el estómago y vejiga urinaria. A su vez los nitritos se transforman en ciertos compuestos cancerígenos (Nitrosaminas), que afectan al estómago e hígado (García y Dorronso, 1995).

JUSTIFICACIÓN

Junto con otras hortalizas, el brócoli es muy importante en la nutrición humana, y su valor nutritivo radica principalmente en su alto contenido de vitaminas y minerales, es una excelente fuente de vitamina A, potasio, hierro y fibra, además de ser rico en hidratos de carbono, proteínas y grasa (Bernal, 2004).

Dada la importancia del cultivo de esta hortaliza, se prevé que en los próximos 50 años será necesario un incremento sin precedentes en la producción agrícola para satisfacer la gran demanda de la población mundial. El cultivo de brócoli en el Ecuador requiere de dosis altas de fertilizantes, por lo que es imperativa la búsqueda de nuevos métodos de producción agronómica y económicamente sustentables para proteger el entorno. Por lo tanto, la reducción en el uso de fertilizantes nitrogenados y fosforados sintéticos (fuentes inorgánicas) por la fijación biológica del nitrógeno y solubilización biológica del fósforo; contribuirá en la reducción de la contaminación del aire y agua dando una alternativa de producción para los productores de brócoli.

Los resultados de la presente investigación serán difundidos a los productores de brócoli de la zona, con el fin de mejorar las recomendaciones de fertilización edáfica para el cultivo, complementando con los biofertilizantes que existen en el mercado; enfocado hacia una producción ecológica, sustentable y económicamente rentable.

OBJETIVOS

Objetivo general

Determinar el efecto de las bacterias de vida libre del suelo, fijadoras de N y solubilizadoras de P como complemento a la fertilización edáfica en el cultivo de Brócoli (*Brassica oleracea* var. *Legacy*).

Objetivos específicos

a) Evaluar el efecto de dos fuentes de biofertilizantes fijadores de N y solubilizadoras de P en el rendimiento de brócoli.

- b) Determinar la dosis optima de biofertilizantes para la producción de brócoli.
- c) Evaluar el efecto de las interacciones entre fuentes y dosis de biofertilizantes con niveles de fertilizantes químicos.
- b) Realizar un análisis económico de los tratamientos.

FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS

Ha = Las dosis y fuentes de biofertilizantes utilizados en el ensayo complementan los requerimientos de N y P en el cultivo de brócoli.

Ha = Las dosis y fuentes de biofertilizantes utilizados en el ensayo no complementan los requerimientos de N y P en el cultivo de brócoli.

MATERIALES Y MÉTODOS

MATERIALES Y EQUIPOS

Laboratorios

Laboratorio de suelos para análisis de los contenidos de nutrientes, pH, y propiedades físicas (textura). Laboratorio para el análisis de sólidos totales, extracción de nitrógeno y fosforo.

Materiales y equipos

De medición (G.P.S., calibrador, flexómetro, estacas y cuerda y/o cinta), cámara fotográfica, computador, herramientas (pala, azadón), Bomba de mochila, equipo de seguridad (botas, overol, guantes, gafas mascarilla y gorra)

Insumos

Plántulas de brócoli, pesticidas (insecticidas y fungicidas), fertilizantes (edáfico y foliar), Fijadores y reguladores de pH, biofertilizantes.

CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

Ubicación

El ensayo se realizó en la provincia de Imbabura, cantón Otavalo, parroquia San José de Quichinche, en el sector de la Hacienda Pastaví, ubicado geográficamente en las coordenadas: 0° 15' 03" de latitud N y 78° 17' 20" de longitud W; con una altitud de 2600 msnm, fuente: (ARMAP, 2009).

Características agroclimáticas

De acuerdo al INHAMI (2009), con datos reportados por la Estación Meteorológica Otavalo, se registra una temperatura media anual de 14.88 °C y una precipitación promedio anual de 1266.7 mm.

Características Edáficas

Los suelos de las regiones subhúmedas y húmedas del país muestran horizontes alterados que han sufrido pérdida de bases, hierro y aluminio pero conservan considerables reservas de minerales meteorizables, los suelos del sub orden ANDEPTS tienen textura arenosa, con alto contenido potencial de nutrientes pero con limitación por su textura gruesa y pertenecen al gran grupo VITRANDEPTS que son INCEPTISOLES desarrollados sobre rocas, cenizas o aluviones de origen volcánico, siendo aquellos materiales originalmente muy ricos en nutrientes (SIGAGRO, 2008).

Su textura es franco arenoso con una profundidad mayor a 100 cm, con un porcentaje de pedregosidad menor al 10% teniendo un drenaje excesivo, su nivel freático es profundo mayor a 100 cm. Su pH es ligeramente ácido (5,6 – 6,5), sin toxicidad y su nivel de fertilidad es medio (SIGAGRO, 2008).

MÉTODOS

Tratamientos y diseño experimental

Los factores en estudio fueron tres: el factor A los dos biofertilizantes (Azototic y Azototic Plus), el factor B las dosis de biofertilizantes (1ml/l, 2ml/l y 3ml/l), el factor C fertilizantes químicos, los niveles de nitrógeno y fósforo fueron 100% (180 kg N/ha; 60 kg P₂O₅/ha), 66.7% (120 kg N/ha; 40 kg P₂O₅/ha), 33.3% (60 kg N/ha; 20 kg P₂O₅/ha), la cantidad de potasio, magnesio, azufre y calcio fue igual para todos los tratamientos, un testigo químico y un testigo empresa. De la combinación de los factores en estudio y los dos adicionales se obtuvo 20 tratamientos.

Se utilizó el diseño experimental de Bloques Completos al Azar con veinte tratamientos y cuatro repeticiones, con un arreglo factorial (AxBxC+2), en el que A fueron los biofertilizantes, el factor B las dosis de biofertilizantes, el factor C fueron los niveles de fertilización química edáfica, más dos testigos: testigo químico 100% de la necesidad del cultivo y testigo empresa (que contiene el 100% de fertilizante químico necesario del cultivo de brócoli más fertilizantes foliares), quedando de la siguiente manera (2x3x3+2).

Se tomo datos al momento de la cosecha en cada una de las plantas y pellas; en el caso de rendimiento se realizo la transformación de gramos/planta a kg/parcela neta y luego se transformó a toneladas métricas/ha. El análisis de varianza de las variables en estudio y la prueba de Duncan al 5% en el caso de las variables donde existió significancia para los factores en estudio o sus interacciones se realizó en el programa estadístico MSTATC.

Características de la unidad experimental

El tamaño de la unidad experimental fue de 25.2 m², la misma que constó de 6 surcos a una distancia de 0.70 m, 6 m de largo y 0.30 m entre plantas, teniendo 120 plantas en la parcela, al momento de la recolección de datos se procedió a excluir 2 surcos de los bordes, en este caso el primero y el sexto surco; así como dos plantas de las extremos de los surcos obteniendo una parcela neta de 13.44 m² con cuatro surcos a evaluarse, 16 plantas por cada uno y 64 plantas por parcela neta.

Variables a evaluarse

Porcentaje de pellas cosechadas a los 83 días

Para la determinación de esta variable se conto el número de pellas cosechadas a los 83 días después del trasplante y luego se transformo a porcentaje en base al total de plantas de la parcela neta.

Número de plantas y pellas cosechadas

A los 80 días después del trasplante se registró el número de plantas existentes en la parcela neta, con el fin de determinar la mortalidad de las plantas de brócoli después del trasplante. También se registro el número de pellas cosechadas al final del periodo de cosecha se cuantifico el total de pellas recolectadas de los diferentes tratamientos.

Diámetro de la pella

El total de pellas cosechadas en la parcela neta fueron medidas con la ayuda de un calibrador de 20 cm, se tomo el diámetro horizontal de todas las pellas existentes y los resultados se expresaron en cm/pella, para luego sacar una media general de cada tratamiento.

Rendimiento del cultivo

Con una balanza electrónica se pesó en gramos todas las pellas recolectadas en las tres cosechas, los datos de las pellas en cada tratamiento se sumaron para tener el peso total/unidad experimental, luego se dividió para el número de pellas para obtener el peso/pella para cada unidad experimental y finalmente se transformaron a TM/ha con relación de 42000 plantas/ha.

Porcentaje de materia seca

En la primera cosecha se recolecto 4 plantas por cada tratamiento, las que fueron separadas las pellas y resto de las plantas (hojas, tallo, raíz) y pesadas; luego se trituro con cuchillos para homogenizar las muestras. De cada tratamiento se tomaron sub muestras de 100 gr de pellas y 100 g del resto de la planta, las que fueron enviadas al laboratorio de uso múltiple de la

“Universidad Técnica de Norte”, para ser secadas en una estufa de ventilación forzada a 60°C por el tiempo de 48 horas.

Extracción de nitrógeno y fósforo

Para determinar la extracción total de N y P por el cultivo de brócoli, se utilizó los datos de rendimiento de materia seca de pellas y resto de la planta de brócoli, y la concentración de N y P en el tejido vegetal.

Manejo específico del experimento

Toma de muestra del suelo

Dos meses antes del trasplante se recogió 20 sub muestras del suelo utilizando el método en zig-zag, se mezcló y se envió al laboratorio una muestra de 1 kg. La muestra recolectada se analizó en el laboratorio de suelos de la Estación Experimental Santa Catalina, INIAP (Quito-Ecuador).

Preparación del terreno

El suelo se preparó con la ayuda de maquinaria agrícola existente en la hacienda pasando una arada y dos rastras hasta alcanzar la cama de siembra.

Delimitación del ensayo

La distribución de las repeticiones (bloques) y los tratamientos se realizó según el croquis aprobado previamente, el total de parcelas fueron 80 y en cada repetición se delimitaron las 20 parcelas correspondientes a los tratamientos.

Trasplante

Previo al trasplante se realizó un riego por aspersión y luego se trasplantó 120 plántulas por unidad experimental, con una densidad de siembra de 0.30 m entre plantas, 0.70 m entre surcos, dando un total de 10080 plántulas en todo el ensayo y una densidad de 50000 plantas/ha.

Fertilización química

El fertilizante 18-46-00 y nitrato de calcio se aplicó todo al momento del trasplante; los demás fertilizantes se dividieron para 4 aplicaciones del 25% cada una y se realizó a los 5, 28, 45 y 63 días después del trasplante.

El testigo empresa (T.E.), se utilizó los siguientes fertilizantes: a) Muriato de potasio, b) sulpomag, c) nitrato de amonio, d) cal, e) fosfato monotop, f) zeolita mas los fertilizantes foliares.

En el testigo químico (T.Q.) se utilizó: a) 18-46-0, b) nitrato de amonio, c) nitrato de calcio, d) nitrato de potasio, e) Sulpomag, f) cloruro de potasio.

Aplicación de los biofertilizantes

La aplicación de los biofertilizantes se realizó de manera manual con una bomba de mochila de 20 litros para cada parcela, las dosis se midieron con una jeringa de 20 ml, previo al trasplante se aplicó al suelo en horas de la tarde y noche para evitar la exposición de los rayos de sol y luego a las 3 semanas después del trasplante, en las dosis establecidas según los tratamientos.

Riegos

El requerimiento hídrico según Krarup, (1992), es de 400 mm; de acuerdo con datos de la Estación Meteorológica Otavalo la precipitación en los meses que se realizó el cultivo fue de 263.24 mm, para complementar el requerimiento se realizó dos riegos semanales en los primeros 45 días, luego un riego semanal hasta la última semana, con turnos de riego por aspersión de 45 minutos hasta lograr una lámina de 22 mm.

Deshierbas

Se utilizó herramientas manuales de labranza, con la finalidad de no afectar el sistema radicular del mismo, la primera deshierba fue a los 21 días, la segunda a los 42 días luego del trasplante.

Controles fitosanitarios

Los controles tuvieron el siguiente cronograma: a) 1 día antes del trasplante se realizó la desinfección y una enmienda, b) previo al trasplante una desinfección, c) controles a los 07, 21, 36, 45, 65, 75, días después del trasplante, para el testigo empresa se realizaron controles fitosanitarios y también la aplicación de fertilizantes foliares, bioestimulantes según el cronograma de la empresa IQF, el testigo químico (T.Q.).

Aporcado

El primer aporte se ejecutó a los 25 días después del trasplante y el aporte final a los 45 días.

Cosecha

La cosecha se efectuó cuando las pellas alcanzaron la madurez comercial; es decir cuando, las inflorescencias estuvieron bien desarrolladas, compactas, las yemas sin abrir y presentaron un color azul verdoso esto comenzó a los 80 días después del trasplante.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

PORCENTAJE DE COSECHA A LOS 83 DÍAS

El mayor porcentaje de cosecha a los 83 días se obtuvo con los niveles más altos de fertilización química perteneciente al n3 100% del requerimiento de fertilización química con sus respectivas dosis de los dos biofertilizantes (3ml/l, 2ml/l, 1ml/l), el tratamiento T7 (100% de fertilización química y 3 ml/l de Azototic) con 72,07% de pellas cosechadas, disminuyendo el porcentaje de cosecha con los niveles más bajos de fertilización química y biofertilizantes como T12 (33.7% de fertilización química y 1 ml/l de Azototic Plus) con tan solo 34,77% de pellas cosechadas a los 83 días. Estudios realizados en cuatro localidades de la sierra, con niveles de fósforo en el cultivo de papa demostraron diferencias a la madurez comercial entre tres semanas a un mes, al comparar los niveles 0 kg/ha de P₂O₅ y 300 kg/ha de P₂O₅ (Valverde, et al., 2006); estos resultados corroboran el efecto del fósforo en acelerar la madurez de los cultivos.

NÚMERO DE PLANTAS Y PELLAS

NUMERO DE PLANTAS

Se obtuvo mayor número de plantas con los niveles más altos de fertilización química pertenecientes al n3 100% del requerimiento de fertilización química con sus respectivas dosis de los biofertilizantes (3ml/l, 2ml/l, 1ml/l) sobresaliendo el T16 (100% de fertilización química y 3 ml/l de Azototic Plus) con 59.50 plantas/PN, va disminuyendo el número de plantas en la parcela neta con los niveles más bajos de fertilización química como T12 (33.3% de fertilización química y 1 ml/l de Azototic Plus) con tan solo 49,25 plantas/PN. Miller, (1997), indica con relación al nitrógeno y fósforo en toda la planta estimulan el crecimiento vegetativo, las plantas que tienen abundante nitrógeno disponible son grandes, suculentas y de hojas color verde.

NÚMERO DE PELLAS

Se obtuvo mayor número de pellas con los niveles más altos de fertilización química pertenecientes al n3, 100% del requerimiento de fertilización química con sus respectivas dosis de los dos biofertilizantes (3ml/l, 2ml/l, 1ml/l), resultando ser superior T7 (100% de fertilización química y 3 ml/l de Azototic Plus) con 45,50 pellas/PN, disminuye el número de pellas en la parcela neta con los niveles más bajos de fertilización química como T12 (33.3% de fertilización química y 1 ml/l de Azototic Plus) con tan solo 30,75 pellas/PN. Estudios realizados por (Tupiza. S, 2009), en el callejón interandino del Ecuador evaluaron ocho programas de fertilización química en el cultivo de brócoli (*Brassicae oleraceae var. Italica*) y concluye que el número de plantas y pellas útiles se debe a la acción de fertilizantes químicos (200 kgN/ha, 120 Kg P₂O₅/ha y 230 Kg K₂O/ha).

DIÁMETRO

El mayor diámetro de pellas se obtuvo con los niveles más altos de fertilización química pertenecientes al n3 100% del requerimiento de fertilización química, con sus respectivas dosis de los dos biofertilizantes (3ml/l, 2ml/l, 1ml/l); obteniendo el mayor diámetro de la pella el T7 (100% de fertilizante químico, 3ml/l de Azototic) con 16,32 cm/pella, siendo superior a los obtenidos por Vizcaíno E (2005), 15.51 cm/pella; Pantoja C (2006), 13.34 cm/pella; Guzmán V

(2007), 14.55 cm/pella y Peralta A (2006), con 13.66 cm/pella; estos resultados son de investigaciones con niveles similares de fertilización química, el T12 (33.3% de fertilizante químico, 1ml/l de Azototic Plus), con el menor diámetro 14,05 cm/pella. Los biofertilizantes Azototic y Azototic Plus, obtuvieron diámetros de pella de brócoli de 15.20 cm/pella y 15.08 cm/pella respectivamente. Estudios realizados por (Chávez, R, 1995), en Aloag (Pichincha) donde se evaluaron tres fuentes y tres niveles de nitrógeno en el cultivo de brócoli (*Brassica oleraceae var. Italica*) hib. *Shogun*, concluye en que el elemento nitrógeno en el diámetro de las pellas aumenta de manera notable con niveles de (240 kgN/ha, 180 kg P₂O₅/ha y 230 kg K₂O/ha).

RENDIMIENTO

Los mayores rendimientos se obtuvieron con los niveles más altos de fertilización química pertenecientes al n3 100% del requerimiento de fertilización química con sus respectivas dosis de los dos biofertilizantes (3ml/l, 2ml/l, 1ml/l), resultando ser el mejor el T7 (180 Kg de N/ha, 60 Kg de P₂O₅/ha), con 3ml/l de Azototic logrando 21 TM/ha; estos rendimientos son inferiores a los obtenidos por Vizcaíno E. (2005) 24.16 TM/ha y superiores a los resultados por Pantoja C (2006), Guzmán E (2007), Peralta A (2006), que fueron de 18.24 TM/ha, 16.71 TM/ha y 6.28 TM/ha respectivamente. El rendimiento promedio de pellas de brócoli fue de 16.91, 17.69 y 18.55 TM/ha al utilizar las dosis de biofertilizantes de 1, 2 y 3ml/l, respectivamente. Según Garcés, (2008), el uso de 1 litro/ha de biofertilizante a base de la bacterias *Azotobacter*, incrementa el rendimiento, acorta el ciclo total de cultivo dando mayor peso y diámetro a frutos. Estudios realizados por (Arjona, et al., 1984), en Colombia indica que el rendimiento total del cultivo de brócoli se incremento a medida que el nivel de fertilización nitrogenada aumento, con un espaciamiento entre planta de 30cm. Los resultados obtenidos por (Chávez, R, 1995), corroboran con lo antes indicado, a medida que se aumenta los niveles de fertilización química la producción es mayor y de excelente calidad de exportación.

MATERIA SECA

Los mayores valores en materia seca corresponden a los tratamientos que tuvieron el 100% de fertilización edáfica y sus respectivas dosis de biofertilizantes, esto indica la respuesta favorable a la aplicación de biofertilizantes.

EXTRACCION DE NITRÓGENO

El nitrógeno es el componente fundamental de todas las moléculas orgánica involucradas en los procesos de crecimiento y desarrollo vegetal (Bertsch, 2003), donde generalmente se obtienen mayores rendimientos se obtendrá una extracción de nutrientes proporcionalmente más elevada (D.A.P.E.E. 1976). Mientras (Smith, et al., 2000), expresa que las pérdidas de nitrógeno por lixiviación varían de 4 a 5 kg/ha/año en suelos con drenaje estabulado a 90 cm de profundidad, en otras investigaciones se obtuvo pérdidas de 31 a 77 kg/ha/año con drenajes a 25 cm de profundidad (Smith, et al., 1998).

EXTRACCION DE FOSFORO

El fósforo forma parte de la molécula transportadora de alta energía ATP; por lo tanto, participa en todos los procesos metabólicos que involucran energía (Bertsch, 2003).

ANALISIS ECONÓMICO

Se utilizo el método del "Presupuesto parcial" del CIMMYT (1988), el que utiliza los costos totales que varían por efecto de los tratamientos, en el que se considera el precio de cada kilogramo de nitrógeno y fósforo, los biofertilizantes, mano de obra para la aplicación, etc., y los beneficios netos; con los cuales se calcula la Tasa de Retorno Marginal (TRM). El T7 que tiene el 58,11% de retorno marginal para el agricultor invertirá \$1 y recuperaría su \$1 invertido más \$0.58 ctvs adicionales, siendo el mejor.

CONCLUSIONES

El porcentaje de pellas cosechas a los 83 días presenta al T7 (180 kgN/ha, 60 kgP₂O₅/ha y 3ml/l del biofertilizante Azototic), como el mejor con 72.07% de pellas cosechadas y el T12 (60 kgN/ha, 20 kgP₂O₅/ha, 1ml/l del biofertilizante Azototic Plus), con el menor porcentaje de pellas cosechadas (34.77%).

Para el mayor número de plantas cosechadas presenta al T16 (180 kgN/ha, 60 kg P₂O₅/ha, 3ml/l del biofertilizante Azototic Plus), como el mejor con 59.50 plantas/PN y el T12 (60 kgN/ha, 20 kgP₂O₅/ha, 1ml/l del biofertilizante Azototic Plus), como el menor con 49.25 plantas/PN.

El número de pellas cosechadas cosechas presenta al T7 (180 kgN/ha, 60 kgP₂O₅/ha, 3ml/l del biofertilizante Azototic), como el mejor con 45.50 pellas/PN cosechadas y al T12 (60 kgN/ha, 20 kgP₂O₅/ha, 1ml/l del biofertilizante Azototic Plus), como 30.75 pellas/PN cosechadas siendo el menor.

Con relación al diámetro de la pella el T7 (180 kgN/ha, 60 kgP₂O₅/ha, 3ml/l del biofertilizante Azototic), sobresale como el mejor 16.32 cm/pella y el T12 (60 kgN/ha, 20 kgP₂O₅/ha, 1ml/l del biofertilizante Azototic Plus), con 14.05 cm/pella resultando el peor.

En el rendimiento del cultivo de brócoli, la mayor producción fue para el T7 (180 kgN/ha, 60 kgP₂O₅/ha, 3ml/l del biofertilizante Azototic), con 21TM/ha y el T12 (60 kgN/ha, 20 kgP₂O₅/ha, 1ml/l del biofertilizante Azototic Plus), obteniendo el menor rendimiento con 14.51 TM/ha.

Mediante el análisis del porcentaje de materia seca en el cultivo de brócoli se observo que el T7 (180 kgN/ha, 60 kgP₂O₅/ha, 3ml/l del biofertilizante Azototic), obtuvo mayor concentración de sólidos totales con 6.46TM/ha y el menor fue para el T12 (60 kgN/ha, 20 kgP₂O₅/ha, 1ml/l del biofertilizante Azototic Plus), con 3.61 TM/ha.

Con el análisis de sólidos totales se llego a obtener la extracción de nitrógeno y fósforo sobresaliendo el T7 (180 kgN/ha, 60 kgP₂O₅/ha, 3ml/l del biofertilizante Azototic), con una extracción de 184.94 kg N/ha, 91.07 kgP₂O₅/ha respectivamente y el T12 (60 kgN/ha, 20 kgP₂O₅/ha, 1ml/l del biofertilizante Azototic Plus), como el que menor extracción obtuvo con 89.03 kg N/ha y 30.22 kgP₂O₅/ha.

De acuerdo con el análisis económico (CIMMYT, 1988), el T7 (180 kgN/ha, 60 kgP₂O₅/ha, 3ml/l del biofertilizante Azototic), tiene la mayor tasa de retorno marginal 58.11% lo que significa que para el agricultor es el mejor tratamiento económico.

Es importante resaltar al n3 (100% de fertilización química), fue el que mejor resultados nos dio en cuanto a las variables en estudio esto nos indica que el brócoli responde a la aplicación de niveles altos de fertilizantes químicos.

Para los biofertilizantes estudiados no presentaron diferencias significativas en ninguna de las variables, siendo mejor el Azototic que nos dio mayores resultados en el cultivo de brócoli llegando a cumplir con el objetivo general.

Del biofertilizante Azototic aplicado el cultivo de brócoli la mejor dosis en todas las variables fue la de 3ml/l, afirmando la hipótesis propuesta en la investigación incrementando los rendimientos en todas las variables.

RECOMENDACIONES

Para suelos que presenten características similares a los de la investigación se recomienda:

Aplicar para el cultivo de brócoli, 180 kgN/ha, 60 kgP₂O₅/ha, 200 kgK₂O/ha, 16 kgMg/ha, 30 kgS/ha, 10 kgCa/ha, 3ml/l del biofertilizante.

Continuar la investigación con otros cultivos excepto en leguminosas, con diferentes condiciones climáticas y suelos de características diferentes a la investigación realizada.

Los biofertilizantes se recomienda como un complemento a la fertilización edáfica del cultivo de brócoli y con la dosis alta.

Utilizar biofertilizantes a base de bacterias en los cultivos, servirá para comenzar a mitigar los impactos negativos que generan los fertilizantes químicos utilizados en gran cantidad en los cultivos.

Utilizar abonos orgánicos para reducir la cantidad de fertilizantes químicos al mejorar la eficiencia de estos.

VI. RESUMEN

La presente investigación se realizó en la provincia de Imbabura, cantón Otavalo, parroquia San José de Quichinche, en el sector de la Hacienda Pastaví, la ubicación geográfica corresponde a la latitud: 0° 15' 03" Norte y longitud: 78° 17' 20" Oeste, con una altitud de 2600 msnm, pertenece a la región húmedo templado de suelo con un pH ligeramente ácido (6.3), con textura franco arenoso de buen drenaje, 5% de topografía con 1.5% de materia orgánica y la profundidad efectiva esta entre 40-50cm.

Con el fin de determinar el mejor nivel de fertilizante químico, el biofertilizante y la mejor dosis en el cultivo de brócoli y realizar el análisis económico de los tratamientos en estudio en base al presupuesto parcial del CIMMYT, 1988.

Los factores en estudio fueron: dos biofertilizantes (Azototic y Azototic Plus), tres dosis de biofertilizante $d_1=1\text{ml/l}$, $d_2=2\text{ml/l}$, $d_3=3\text{ml/l}$, tres niveles de fertilización química $n_1=(180-60)$, kg/ha de $\text{N-P}_2\text{O}_5$, $n_2=(120-40)$, kg/ha de $\text{N-P}_2\text{O}_5$, $n_3=(60-20)$, kg/ha de $\text{N-P}_2\text{O}_5$ para los tres niveles de fertilización química se complementó el requerimiento del cultivo con (200-16-30-10), kg/ha de K_2O , Mg, S, Ca, respectivamente, un testigo químico (180 kgN/ha, 60 kg P_2O_5 /ha, 200 kg K_2O /ha, 16 kgMg/ha, 30 kgS/ha, 10 kgCa/ha), y un testigo empresa (180 kgN/ha, 60 kg P_2O_5 /ha, 200 kg K_2O /ha, 16 kgMg/ha, 30 kgS/ha, 10 kgCa/ha, más fertilizantes foliares).

Se utilizó el diseño experimental de Bloques Completos al Azar con veinte tratamientos y cuatro repeticiones, con un arreglo factorial $A \times B \times C + 2$, en el que A fueron los biofertilizantes, el factor B las dosis de biofertilizantes, el factor C fueron los niveles de fertilización química edáfica, más dos testigos un químico y un testigo empresa ($2 \times 3 \times 3 + 2$).

En cuanto al análisis funcional una vez tomado los datos para la evaluación de diferentes variables se procedió al cálculo del coeficiente de variación (%), prueba de Duncan al 5% para tratamientos y factores en estudio.

El tamaño de la unidad experimental fue 25.2m^2 la misma que contó de 6 surcos a una distancia de 0.70 m y de largo 6 m, teniendo 120 plantas en la parcela, al momento de la recolección de datos se procedió a excluir 2 surcos de los bordes en este caso el primero y el sexto surco, así como dos plantas de los extremos de los surcos obteniendo una parcela neta de 13.44m^2 con cuatro surcos a evaluarse, 16 plantas por cada uno y 64 plantas por parcela neta. Las variables estudiadas fueron: porcentaje de cosecha a los 83 días, número de plantas y pellas, diámetro de la pella, rendimiento del cultivo, porcentaje de materia seca, extracción de nitrógeno y fósforo.

Los resultados obtenidos demuestran que la fertilización química con 180 kg N/ha, 60 kg P_2O_5 /ha con la dosis de 3ml/l de azototic acelera la cosecha de las pellas de brócoli con 72.07% de cosecha a los 83 días con 59.5 plantas de las cuales se cosecharon 45.5 pellas de 16.32 cm de diámetro, resultando una producción de 21 TM/ha, la tasa de retorno marginal es de 58.11% por lo que se recomienda su utilización.

VII. SUMMARY

This investigation was developed in Imbabura, Otavalo city San José de Quichinche Parish, in Pastavi Large Farm, its geographic localitation belongs to the latitude 0° 15' 03" North and longitude: 78° 17' 20" west, with an altitude of 2600 msnm, it belongs to the himid tempered of soil with a pH light acid (6.3), with a sandy texture of good drainage, 5% of topography 1.5% of organic material and the effective deepness is between 40-50 cm.

In order to determine the best level of quimic fertilizer, the biofertilizer and the best dose in the growing of broccoli and to do the economical analysis of the treatments in base to the budged of CYMMYT, 1988.

The facts in the research were two biofertilizer (Azototic and Azototic Plus), three doses of biofertilizer $d_1=1\text{ml/l}$, $d_2=2\text{ml/l}$, $d_3=3\text{ml/l}$, three levels of quimic fertilization $n_1=(180-60)$, kg/ha de N, P_2O_5 , $n_2=(120-40)$, kg/ha de N, P_2O_5 , $n_3=(60-20)$, kg/ha de N, P_2O_5 for the three levels or quimic fertilization, it complement the requirement of the growing (200-16-30-10), kg/ha de K_2O , Mg, S, Ca, respectively, a quimic witness (180 kgN/ha, 60 kg P_2O_5 /ha, 200 kg K_2O /ha, 16 kgMg/ha, 30 kgS/ha, 10 kgCa/ha), and an enterprise witness (180 kgN/ha, 60 kg P_2O_5 /ha, 200 kg K_2O /ha, 16 kgMg/ha, 30 kgS/ha, 10 kgCa/ha, plus foliar fertilizer.

It used the experimental desig of complete blocks chosen indistinctcty with twenty treatments and fuor repetition, with a factorial arrangement $A \times B \times C + 2$, in which A were the biofertilizers, the factorial B the doses or biofertilizers, the fact C were the levels of quimic fertilization edafica, plus two witness a quimic and an enterprise witness ($2 \times 3 \times 3 + 2$).

While the functional analysis after taking the data for the evaluation of differen variables we did the calculus of the coefficient of variation (%), Duncan test to the 5% for treatment and facts in studying.

The size of the experimental unit was 25.2 m^2 the same which counted from 6 wrinkles to a distance of 0.70 m and of length 6 m, having 120 plants in the small, and the moment of the colection of data, we proced to exclude two wrinkles of the edges in this case the first and the sixth wrinkle, such as to plants of the extreme of the wrinkles getting a complete small land of 13.44 m^2 with four wrinkles to de evaluated, sixteen plants per each one and, plants per complete small land. The studied variables were: growing performance at 83 days, numbers of plants and pellas, diameter of the pella, growing performance, percentage of dry material, extaction of nitrogen and phosphorous.

The gotten results show that the quimic fertilization with N and P accelerate the growing of the pallas of broccoli with 72.07% or growing to the 83 days with 59.5 plants which were grown 45.5 pellas of 16.32 cm of diameter resulting a production of 21 TM/ha, the rate of marginal returning is 58.11% that's why advisable its utilizacion.

VIII. BIBLIOGRAFIA

1. APROFEL, 2007. "Brócoli en Ecuador" [Artículo en línea]. Disponible en: http://brocoliecuador.com/brocoli_ecuatoriano.htm.
2. ARCMAP, 2009. ArcMap es un software de Sistema de Información Geográfico (SIG) creado por ESRI para mapeo digital. En ArcMap uno puede visualizar .Disponible en www.elgeomensor.cl/downloads/.../index.php?file=Curso_ArcMap.doc.
3. ARJONA H, GREIG J., 1984. Estudio del efecto en cuatro distancias de siembra en cuatro niveles de fertilización nitrogenada en el rendimiento contenido de clorofila y actividades de la nitrato reductasa en brócoli. Agronomía colombiana. Pag. 2, 71, 81.
4. BERNAL M. 2004. Abuso de fertilizantes deteriora los suelos agrícolas. [Artículo en línea]. Disponible en: [ww.sica.gov.ec/agronegocios/productos%20para%20invertir/hortalizas/brocoli/corpei.pdf](http://www.sica.gov.ec/agronegocios/productos%20para%20invertir/hortalizas/brocoli/corpei.pdf).
5. BERTSCH, f. 2003. Absorción de nutrimentos por los cultivos. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. Costa Rica. p. 150.
6. BERTSCH, f. 2003. Absorción de nutrimentos por los cultivos. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. Costa Rica. p. 150.
7. CHAVEZ, R 1995, Evaluación de tres fuentes y tres niveles de nitrógeno en brócoli (*Brassica oleraceae var. latalica*) híbrido SHOGURON. Aloag-Pichincha Tesis Ing. Agr. Quito. Universidad Central del Ecuador. Facultad de Ciencias Agrícolas. pág. 77-88.
8. CIMMYT, 1988. La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos.
9. EL UNIVERSO. 2008. "Costo de fertilizantes amenaza alimentación" [Artículo en línea]. Disponible en: <http://www.eluniverso.com/2008/05/11/0001/1310/72921C2B3670434AE3FE78FA27E3353.html>.
10. GARCES, K. 2008. "Implementación del laboratorio básico de microbiología agrícola dentro de la finca". Manual teórico. pag. 38-54. Quito-Ecuador.
11. GARCIA I y DORRONSO C. 1995. "Contaminación por fertilizantes". [Artículo en línea]. Disponible en: <http://edafologia.ugr.es/conta/tema14/nitrog.htm>.
12. GUZMAN, V. 2007. Evaluación de de seis híbridos de brócoli (*Brassica oleraceae var. latalica, hib. legacy*), a tres densidades de siembra. Machachi-Pichincha. Tesis Ing. Agr. Quito. Universidad Central del Ecuador. Facultad de Ciencias Agrícolas. pág. 38-50.
13. INAMHI, 2008. Instituto Nacional de Meteorología en Hidrología. Servicio meteorológico e hidrológico nacional y contiene información institucional, productos y servicios, pronóstico del tiempo, información climatológica.
14. KRARUP, CH. 1992, Seminario sobre la producción de brócoli. Quito (Ecuador), PROEXANT. pág. 25.
15. MILLER, V. 1997. Fisiología Vegetal. México, UTEHA, Pag 135-136.
16. PANTOJA, C. 2006. Efecto de la fertilización química (N-P-K-Ca) en la incidencia de la mancha negra de la pella en un ciclo de producción comercial de brócoli (*Brassica oleraceae var. latalica, hib. legacy*), Machachi-Pichincha. Tesis Ing. Agr. Quito. Universidad Central del Ecuador. Facultad de Ciencias Agrícolas. pág. 77-88.

17. PERALTA, A. 2006. Evaluación de cuatro genotipos de brócoli (*Brassica oleraceae* var. *latalica*), con cuatro niveles de fertilización. Cayambe-Pichincha. Tesis Ing. Agr. Quito. Universidad Central del Ecuador. Facultad de Ciencias Agrícolas. pág. 39-43-47.
18. SALAZAR W. 1999 "Cultivo de hortalizas". [Artículo en línea]. Disponible en:http://www.sica.gov.ec/agronegocios/productos%20para%20invertir/hortalizas/brocoli/competitividad_brocoli.pdf.
19. SIGAGRO, 2008. *Mapa General de las Asociaciones de Suelos en el Ecuador*. ... Title: Mapa General de Suelos del Ecuador. [General soil map of *Ecuador*]. Disponible en: www.eusoils.jrc.ec.europa.eu/esdb_archive/EuDASM/.../k13_cec.htm.
20. SMITH CJ., DUNIN FX., POSS R., ANGUS JF. 2000. Nitrogen budget of weat growing on a clay soils. *Australian Journal.Agricultural Ressearch*. 49: 867-876.
21. SMITH CJ., DUNIN FX., ZEGELIN SJ., POSS R. 1998. Nitrate leagching from a Riverine clay soils under cereal rotation. *Australian Journal Agricultural Ressearch*. 49: 379-389.
22. TUPIZA, S (2009), Evaluación de programas de fertilización química en el cultivo de brócoli (*Brassica oleraceae* var. *latalica*) en tres localidades del callejón interandino. Tesis Ing. Agr. Quito. Universidad Central del Ecuador. Facultad de Ciencias Agrícolas. pág. 77-88.
23. VIZCAINO, E. 2005. Evaluación de la adaptación y rendimiento de cinco híbridos de brócoli (*Brassica oleraceae* var. *latalica*), en Imbabura y Pichincha. Tesis Ing. Agr. Quito. Universidad Central del Ecuador. Facultad de Ciencias Agrícolas. pág. 43-48.
24. VADEMECUM DE LA POTASA, 1976. Sintomas de deficiencia potasica. D.A.P.E.E. De la verkaufsgemeinschaft Deutscher kaliwerke gmbht. Past Box 705, 3 HANNOVER-Alemania. Occidental; Past Fach 6147.