

EVALUACION DEL 3 – 4 DIMETILPIRAZOL FOSFATO (DMPP) EN CEBOLLA

***Allium fistulosum* L. EN UN SUELO DEL MUNICIPIO DE PASTO, NARIÑO¹**

EVALUATION OF 3-4 dimethylpyrazole phosphate (DMPP) IN ONION *Allium*

***fistulosum* L. IN A LAND OF THE MUNICIPALITY OF PASTO, NARIÑO ¹**

Deisy Bravo Gaviria², Maria Figueroa Pinchao², Alberto Unigarro Sánchez³ Juan España Torres⁴

RESUMEN

En el Departamento de Nariño los agricultores dedicados al cultivo de cebolla *Allium fistulosum* L. utilizan dentro de sus planes de fertilización, hasta 20 ton ha⁻¹ de materia orgánica, principalmente gallinaza, sin embargo, por las dosis de aplicación y los precios fluctuantes del producto en el mercado, éste cultivo no es tan rentable por lo que es conveniente buscar estrategias de manejo que disminuyan esos insumos y aumenten los rendimientos. En el Municipio de Pasto, Corregimiento de Buesaquillo (2710 msnm), en un suelo Vitric Haplustand, mediante un diseño de bloques completos al azar repetidos en el tiempo, se evaluó, en tres corte sucesivos, el número de pseudotallos y el rendimiento de cebolla variedad Blanca, obtenidos con la aplicación de materia orgánica compostada (gallinaza) en dosis de 0; 1.5; 3.0; 4.5 y 6.0 ton ha⁻¹ y tres dosis de urea recubierta con inhibidores de la nitrificación (DMPP) (N-ENTEC) 0, 100 y 200 kg ha⁻¹, en sus diferentes combinaciones, para 16 tratamientos, con cuatro repeticiones.

El número de pseudotallos y el rendimiento de cebolla, no se afectaron con la aplicación de

¹ Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar el título de Ingeniero Agrónomo, 2009.

² Estudiante de Ingeniería Agronómica, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas. Pasto, Colombia. E-mail: deyuvita@yahoo.es; delpilar_figueroa@yahoo.es.

³ Ingeniero Agrónomo, M.Sc., Profesor catedrático. Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas. Pasto, Colombia. E-mail unilab@udenar.edu.co

⁴ Ingeniero Agrónomo, Monómeros – Colombo – Venezolanos. Pasto Colombia. E-mail jespana@monomeros.com.co

materia orgánica y las dosis de urea (N-ENTEC); sin embargo, para el tercer corte, se encontró un mayor rendimiento (11,19 tn ha⁻¹) y un mayor número de pseudotallos (355852 pseudotallos ha⁻¹), comparados con el primer corte y segundo corte, respectivamente.

Palabras clave. Fertilización, inhibidores, gallinaza, pseudotallos, ENTEC

ABSTRACT

In the Department of Nariño farmers who grow onion *Allium fistulosum* L. used within their fertilization plans, up to 20 ton ha⁻¹ of organic matter, mostly manure, however, the application rate and the fluctuating prices of the product on the market, this crop is not as profitable as it should management strategies seek to reduce these inputs and increase yields. In the municipality of Pasto, township of Buesaquillo (2710 meters), in soil Vitric Haplustand, with a design of randomized blocks repeated over time was evaluated in three successive harvest, the number of pseudostem and yield of onion white variety, obtained with the application of composted organic matter (manure) at doses of 0, 1.5, 3.0, 4.5 and 6.0 ton ha⁻¹ and three doses of coated urea with nitrification inhibitor (DMPP) (N-ENTEC) 0, 100 and 200 kg ha⁻¹, in their various combinations, for 16 treatments with four replications.

The number of pseudostem and yield of onion, were not affected by the application of organic matter and the dose of urea (N-ENTEC), however, for the third harvest, we found a higher yield (11.19 t ha⁻¹) and a larger number of pseudostem (112 stems ha⁻¹), compared with the first harvest and second harvest, respectively.

Key words. Fertilization, inhibitors, manure, pseudostem, ENTEC

INTRODUCCIÓN

El Municipio de Pasto, se caracteriza por su vocación agrícola, destacándose la producción hortícola de cultivos como la cebolla junca, repollo, zanahoria y coliflor, los cuales se siembran en un área cercana a las 1365 has, de las cuales la cebolla junca *Allium fistulosum* L, ocupa el 47,2 %. Las regiones más representativas de producción de cebolla, son los Corregimientos de Buesaquillo (70%), El Encano (15%) y Cabrera (10%) (UMATA, 2005).

La aplicación de materiales orgánicos, principalmente la gallinaza, es una práctica común en las zonas productoras de cebolla junca, realizando aplicaciones en dosis que pueden llegar a las 20 ton ha⁻¹. Estas aplicaciones van acompañadas con fertilizantes compuestos como el 13-26-6, 15-15-15 y 10-30-10 en dosis cercanas a los 500 kg ha⁻¹ (Castro, 1995).

A través de la mineralización de la materia orgánica se libera nitrógeno (N) en forma progresiva, sin embargo, en cultivos exigentes en este elemento, difícilmente se puede satisfacer la demanda por este mecanismo, siendo necesaria la fertilización mineral si se pretenden obtener altas producciones (Burbano, 1998). Para mejorar la eficiencia de la fertilización nitrogenada, sin comprometer la nutrición del cultivo, es posible recurrir a tres tipos de técnicas. El fraccionamiento de los fertilizantes, el uso de fertilizantes de liberación lenta y el uso de inhibidores de la nitrificación (Zerulla *et al.*, 2001).

Los inhibidores de la nitrificación, son compuestos que añadidos a los fertilizantes nitrogenados, retrasan la oxidación bacteriana del NH₄⁺ a NO₂⁻ (primer paso de la nitrificación) durante un tiempo, mediante la inhibición de las bacterias Nitrosomonas en el suelo (efecto bacteriostático); esto origina que el nitrógeno (N) aplicado como fertilizante permanezca durante un cierto periodo de tiempo en la forma NH₄⁺, que queda retenido en el complejo arcillo – húmico del suelo y se evitan así las pérdidas de N en forma de NO₃⁻ (Carrasco, 2002).

Por tanto, la utilización de inhibidores de la nitrificación provoca un incremento apreciable de los contenidos de NH_4^+ en el suelo que las plantas tienen a su disposición para absorber junto con el NO_3^- (Trenkel, 1997; Prasad y Power, 1995); debido a que el NH_4^+ está menos sujeto a pérdidas, los inhibidores de la nitrificación permiten mantener el N por más tiempo en el suelo y disminuyen las pérdidas del elemento por lixiviación (Hendrickson y Keeney, 1978; Beaton *et al.*, 1999); el ión nitrato (NO_3^-), por su parte, es soluble en agua y muy móvil en el suelo (Beaton *et al.*, 1999), por lo que es altamente susceptible de perderse por lixiviación, siendo este fenómeno uno de los mecanismos de pérdida de N más importantes en el suelo. Este tipo de pérdidas, entre otras, influyen en la baja eficiencia de uso del N alcanzada por diversas especies (Kurtz, 1980).

Estudios realizados con inhibidores de la nitrificación demuestran que muchos cultivos, cuando se les suministra una nutrición mixta, con ambas formas de N (NH_4^+ y NO_3^-), se obtienen mayores tasas de crecimiento y rendimientos. Esto es debido a que la absorción de amonio requiere menor gasto energético para la planta y favorece la síntesis de algunas fitohormonas (Lezana y Carrasco, 2002).

Dentro de los inhibidores el 3,4 dimetilpirazol fostato (DMPP, comercializado como ENTEC), químicamente es un derivado del pirazol, que debido a los constituyentes específicos que posee, hacen que este compuesto presente propiedades químico – biológicas más eficientes que sus predecesores, la diacindiamida (DCD) o la nitrapirina (NI). Esta molécula actúa a bajas concentraciones con una alta eficiencia y persistencia en el suelo, el DMPP se une a la enzima amonio monooxigenasa (AMO), inhabilitándola definitivamente por lo que hasta que la bacteria no desarrolla nuevas enzimas, queda paralizada su capacidad para transformar en NO_2^- , además este inhibidor puede ser añadido a fertilizantes minerales, ya sean sólidos o líquidos (Lezana y Carrasco, 2002).

Teniendo en cuenta el manejo de la fertilización y las características de los suelos dedicados al cultivo de hortalizas, en el presente trabajo se evaluó la respuesta de la cebolla junca *Allium fistulosum* L, a la aplicación de cinco dosis de fertilizante orgánico (gallinaza),

la aplicación de urea recubierta con inhibidores de la nitrificación en tres dosis y su interacción en el rendimiento en fresco (tn ha^{-1}) y el número de pseudotallos por sitio.

METODOLOGIA

En un suelo Vitric Haplustand (IGAC, 2004) del Municipio de Pasto, Corregimiento de Buesaquillo, vereda La Alianza, ubicada a 2710 msnm, con una temperatura promedio de $13\text{ }^{\circ}\text{C}$, precipitación pluvial de $703,63\text{ mm año}^{-1}$ y humedad relativa del 80,3 % (IDEAM, 2007), en un cultivo de cebolla junca *Allium fistulosum* L., variedad Blanca, establecido hace cinco años, se evaluó mediante un diseño de bloques completos al azar repetidos en el tiempo, en tres cortes sucesivos, la aplicación de cinco dosis de materia orgánica (gallinaza) 0; 1.5; 3.0; 4.5 y 6.0 ton ha^{-1} , cuya composición química se indica en la Tabla 1, y tres dosis de urea recubierta con DMPP (3,4 –dimetilpirazol fosfato) (N –ENTEC): 0, 100 y 200 kg ha^{-1} , en sus diferentes combinaciones, para 16 tratamientos.

Inicialmente, se trazaron cuatro bloques de $201,6\text{ m}^2$ ($14\text{ m} \times 14,4\text{ m}$), cada uno con 16 unidades experimentales de $12,6\text{ m}^2$ ($3,5\text{ m} \times 3,6\text{ m}$). La unidad experimental estuvo constituida por cuatro surcos, separados $0,90\text{ m}$, en los cuales estaban establecidos diferentes números de pseudotallos (hijuelos) por sitio a una distancia de $0,35\text{ m}$, (diez sitios por surco y 40 por parcela). Para las evaluaciones se tomaron los 16 sitios centrales de cada unidad experimental. El área total de la investigación fue de $856,8\text{ m}^2$.

La fertilización inicial se hizo con la aplicación de las cinco dosis de materia orgánica (gallinaza), las tres dosis de urea recubierta con inhibidores de la nitrificación y una fertilización complementaria en dosis de $130\text{ kg ha}^{-1}\text{ P}_2\text{O}_5$; 50 kg ha^{-1} de K_2O ; 15 kg ha^{-1} MgO y 15 kg ha^{-1} de S, los cuales se suministraron con superfosfato triple (45,5% de P_2O_5), cloruro de potasio (60% de K_2O) y Kieserita (25% de MgO y 20% de S). Estos fertilizantes se mezclaron y se aplicaron en banda, a ambos lados de la semilla, 15 días después de la cosecha.

Tabla 1. Composición de la materia orgánica (gallinaza) utilizada en la investigación

COMPOSICIÓN	%
Nitrógeno total (N)	2.2
Nitrógeno amoniacal (N)	0.3
Nitrógeno orgánico (N)	1.9
Fósforo total P ₂ O ₅	3.1
Calcio CaO	20.2
Carbono orgánico oxidable total	7.0
Cenizas	54.6
Humedad Máxima	15.0
pH	8.16
Densidad	0.78 g/cc
Residuo insoluble en ácido	24.3

Fuente: Fertiorgánicos galeras Reg. ICA de venta No. 4768 (compost a partir de residuos vegetales – turba – gallinaza – cachaza – vagacillo de caña – caliza – suero lácteo – roca fosfórica – estiércol de bovino – yeso. Dolomita fosfacol: Carbonato de magnesio 33%, carbonato de calcio 57%). Contenido de patógenos: Salmonella ausente en 25 g de producto, Enterobacterias totales menos de 1000 UFC/g de producto.

Para la segunda y tercera evaluación (cosecha) únicamente se aplicaron las diferentes dosis de urea N-ENTEC y la fertilización complementaria, debido a que en la zona de estudio se acostumbra a hacer cada año las aplicaciones de materia orgánica.

Para la primera evaluación solo se tomaron datos de rendimiento debido a que se partió de una población ya establecida y no se tenía conocimiento del número de pseudotallos por sitio. Después de la primera evaluación, se dejaron 4 pseudotallos por sitio para su posterior conteo en la segunda y tercer cosecha.

Para la evaluación del rendimiento en fresco, se cosecharon los 16 sitios de la parcela útil y se procedió a determinar su peso; posteriormente, se realizó el conteo del número de pseudotallos por unidad experimental. Los resultados obtenidos se expresaron en ton ha^{-1} .

Los controles fitosanitarios se realizaron cada 8 o 15 días dependiendo de la presencia de lluvias, con aplicaciones de Metalaxil 4% para el control de mildew veloso *Peronospora destructor* Berk. alternando con Dimetomorf 50%, y aplicaciones de Iprodione para el control de mancha púrpura *Alternaria porri* Ell.

Para el control de trips *trips tabaci* Lindeman y *Frankliniella occidentales* pergande se utilizó Lambda cihalotrina, haciendo aspersiones del producto según el índice de daño. Junto con el aporque se realizó la eliminación de hojas bajas, secas, enfermas y control manual de malezas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los mejores promedios obtenidos por efecto de los tratamientos (Tabla 2), para la variable número de pseudotallos lo presentó el T15 con 6 ton ha^{-1} de materia orgánica y 100 Kg ha^{-1} de urea ENTEC, con $362698,1 \text{ pseudotallos ha}^{-1}$ para el segundo corte y $446031,3 \text{ pseudotallos ha}^{-1}$ para el tercero; en la variable rendimiento para el primer corte el mejor tratamiento fue el T13 con $4,5 \text{ ton ha}^{-1}$ de materia orgánica y 200 Kg ha^{-1} de urea ENTEC con un rendimiento de $12,32 \text{ Ton ha}^{-1}$; para el segundo corte el mejor resultado se obtuvo con el T15 con 6 ton ha^{-1} de materia orgánica y 100 Kg ha^{-1} de urea ENTEC con $11,98 \text{ ton ha}^{-1}$, y para el tercer corte el T3 con 100 Kg ha^{-1} de urea ENTEC con $14,57 \text{ Ton ha}^{-1}$.

Tabla 2. Promedio del número de pseudotallos ha⁻¹ y rendimiento en fresco (ton ha⁻¹) de cebolla junca *Allium fistulosum* L., obtenido con diferentes dosis de materia orgánica (gallinaza) y urea recubierta con DMPP (N-ENTEC) en un suelo del municipio de Pasto, Nariño.

MATERIA ORGANICA Ton ha ⁻¹	N-ENTEC Kg ha ⁻¹	NUMERO DE PSEUDOTALLOS ha ⁻¹		RENDIMIENTO Ton ha ⁻¹		
		Corte 2	Corte 3	Corte 1	Corte 2	Corte 3
0	0	258729,9	301587,0	11,35	9,62	10,21
0	0	259523,6	375396,5	10,46	9,99	11,39
0	100	247618,8	385713,9	10,47	10,43	14,57
0	200	237301,4	353174,3	8,73	11,09	11,02
1,5	0	246031,5	380952,0	10,19	10,06	12,35
1,5	100	226190,3	377777,4	9,60	10,36	11,91
1,5	200	255555,3	345237,8	9,05	10,87	12,65
3	0	245237,9	340475,9	11,17	10,65	10,80
3	100	226983,9	361904,4	9,07	9,54	13,08
3	200	256349,0	269047,4	9,39	9,91	9,32
4,5	0	253174,4	317460,0	9,47	10,21	11,54
4,5	100	262698,2	325396,5	9,39	9,17	11,24
4,5	200	249206,1	373809,2	12,32	10,50	13,24
6	0	284920,4	391269,5	10,38	10,50	12,35
6	100	362698,1	446031,3	10,41	11,98	12,65
6	200	257142,6	348412,4	8,25	8,21	11,91

El análisis de varianza (Tabla 3), no encontró diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ni en la interacción fertilización por corte para las variables número de pseudotallos y rendimiento (ton ha⁻¹), por efecto de la aplicación de materia orgánica y urea N-ENTEC; sin embargo, se presentaron diferencias altamente significativas ($p < 0.05$) entre las evaluaciones para las dos variables.

Tabla 3. Análisis de varianza para el número pseudotallos ha⁻¹ y rendimiento en fresco (ton ha⁻¹) de cebolla junca *Allium fistulosum* L., obtenido con diferentes dosis de materia orgánica (gallinaza) y urea recubierta con DMPP (N-ENTEC) en un suelo del municipio de Pasto, Nariño.

F.V	CM		CM	
	G.L	Número de pseudotallos	G.L	Rendimiento en fresco
Bloque	3	1435,53 ^{ns}	3	31,07**
Fertilización	15	773,47 ^{ns}	15	6,45 ^{ns}
Error (a)	45	742,89	45	6,71
Cortes	1	30350,32**	2	69,91**
Fertilización x Corte	15	286,54 ^{ns}	30	3,71 ^{ns}
Bloque x Corte	3	4334,84**	6	17,54**
Error (b)	45	500,12	90	5,45
TOTAL	127		191	
C.V.		16,37		21,84

** : Altamente Significativo

* : Significativo

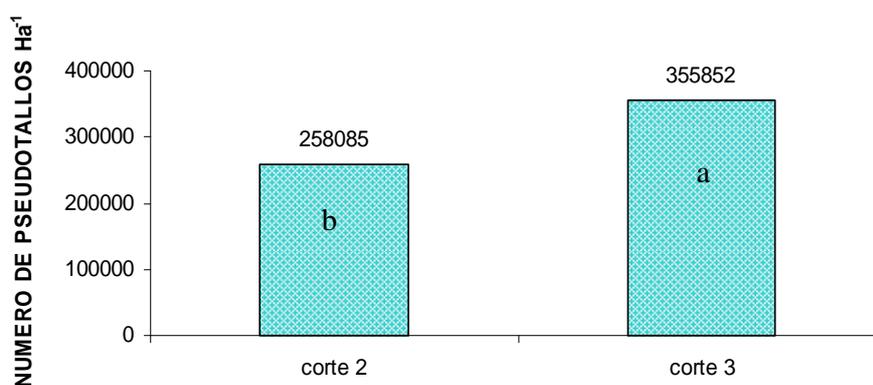
ns : No significativo

Número de pseudotallos por hectárea. La prueba de Tukey encontró que de 258085 pseudotallos ha⁻¹ obtenidos en la segunda cosecha, se pasó a 355852 pseudotallos ha⁻¹ en la tercera (Figura 1), los resultados pueden estar relacionados con una mejor distribución de la población al dejar después de cada cosecha un número igual de pseudotallos (“semilla”) por sitio, lo que mejora la nutrición, ya que la cebolla presenta un sistema radicular muy particular, y la competencia por luz, lo cual mejora la actividad fotosintética.

La respuesta nula a la aplicación de gallinaza (abono orgánico) y la urea ENTEC, se puede atribuir entre otros factores, como la manifiestan Khalil *et al.*, (2001) a la lenta mineralización de la materia orgánica nativa del suelo, cantidad y calidad de residuos

orgánicos incorporados al suelo y por las condiciones ambientales. La zona de estudio se caracteriza por presentar un clima frío, pH ácido, baja temperatura, exceso de humedad, y pobre aireación, estas últimas situaciones por la alta precipitación pluvial que se presentó durante los dos primeros ciclos del cultivo, lo cual pudo afectar la descomposición de la materia orgánica y la mineralización de la urea

Figura 1. Número de pseudotallos de cebolla junca *Allium fistulosum* L., obtenido con diferentes dosis de materia orgánica (gallinaza) y urea recubierta con inhibidores de la nitrificación en un suelo del Municipio de Pasto, Nariño.

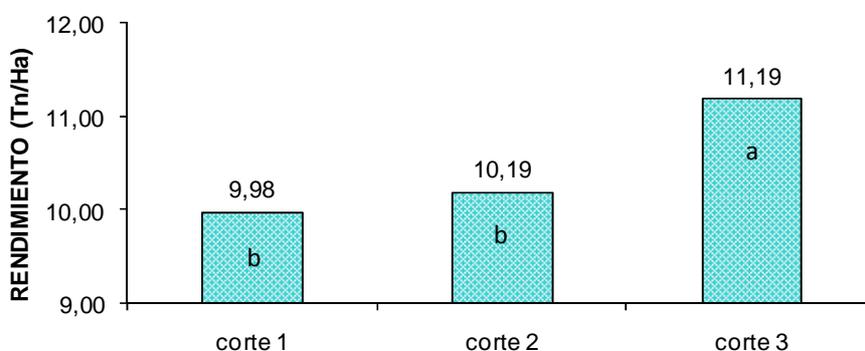


Rendimiento en fresco por hectárea. Estadísticamente, los mayores rendimientos se obtuvieron en la tercera cosecha con un promedio de $11,19 \text{ tn ha}^{-1}$ en comparación con la producción obtenida en la primera cosecha con $9,98 \text{ tn ha}^{-1}$ (Figura 2). Los resultados parecen estar relacionados con el número de pseudotallos ya que a mayor número de éstos el rendimiento se vio incrementado (aunque no se realizó un análisis de correlación).

La respuesta nula a la aplicación de materia orgánica (gallinaza) y fertilización con urea ENTEC, en el rendimiento pudo estar relacionada con la fertilización realizada después de cada cultivo la cual fue suficiente para satisfacer los requerimientos nutricionales del cultivo, o también, como lo manifiestan Muñoz, *et al.*, (2004a) y Barth, *et al.*, (2001) al sistema de cultivo y las condiciones edafoclimáticas adversas tales como la precipitación

pluvial que durante los meses de evaluación de la primera y segunda cosecha fue de 530,7 mm y 374,7 mm respectivamente, en comparación con la tercera cosecha en donde la precipitación fue menor con 332,2 mm, lo cual pudo afectar la tasa de mineralización.

Figura 2. Rendimiento en fresco de cebolla junca *Allium fistulosum* L. (ton ha⁻¹), obtenido con diferentes dosis de materia orgánica (gallinaza) y urea recubierta con inhibidores de la nitrificación en un suelo del Municipio de Pasto, Nariño.



Resultados similares reportan Muñoz, *et al.*, (2004b) en un estudio realizado en brócoli *Brassica oleracea* L.var capitata donde se compararon tres estrategias de fertilización: con residuo orgánico (gallinaza) + fertirrigación (ENTEC solub 21), NPK de fondo (ENTEC NF) + fertirrigación (ENTEC solub 21), solo fertirrigación; sin encontrar diferencias significativas entre las distintas estrategias de fertilización utilizadas.

CONCLUSIONES

La incorporación de materia orgánica (gallinaza) y adiciones de urea recubierta con inhibidores de la nitrificación, no influyeron sobre el número de pseudotallos y el rendimiento.

AGRADECIMIENTOS

Facultad de Ciencias Agrícolas.

Alberto Unigarro Sánchez I.A. M.Sc.

Juan Felipe España T., I.A. MSc.

Jesús Castillo I.A. M.Sc. PhD.

Jorge Vélez I.A. M.Sc.

Francisco Matamanchoy.

Dilia Salazar.

BIBLIOGRAFÍA

BARTH, G., TUCHER, S and SCHMIDHALTER, V. 2001. Influence of soil parameters on the effect of 3-4-dimethylpyrazole-phosphate as a nitrification inhibitor. *Biol. Fert. Soil* 34, 98 – 102.

BEATON, E., HAVLIN, J., TISADALE, S., and NELSON, W. 1999. *Soil and fertilizers. An introduction to nutrient management. Sixth edition.* Prentice Hall. USA. 499 p.

BURBANO, H. 1998. *El suelo: una visión sobre los componentes biorganicos.* Universidad de Nariño, Pasto, Colombia. 447p.

CARRASCO, M. 2002. Nuevas tecnologías en fertilización para el respeto del medio ambiente. En: [http://www. Compo.es/compo/modules/idealportal/upload/articulo411.pdf](http://www.Compo.es/compo/modules/idealportal/upload/articulo411.pdf). 8p.; Consulta: Agosto 2009.

HENDRICKSON, L. and KEENEY, D. 1979. Bioassay to determine the effect of organic matter and pH on the effectiveness of Nitrapyrin (N-Serve) as a nitrification inhibitor. *Soil Biology and Biochemistry* 11: 51 – 55.

CASTRO, H. 1995. Producción y fertilización de hortalizas en Colombia, pp. 195 – 219. En: Guerrero, R., fertilización de cultivos en clima frío. Segunda edición, Monómeros Colombo Venezolanos S.A, Santafé de Bogotá, 425 p.

KURTZ, L. 1980. Potential for nitrogen loss. In: Nitrification inhibitors – Potentials and limitations. Meisinger, J. Eds. American Society of Agronomy and Soil Science Society of America. Madison, USA. Pp. 1 – 17.

KHALIL, M., VAN CLEEMPUT, O., BOECKX, P., and ROSENANI, A. 2001. Nitrogen transformations and emission of greenhouse gases from three acid soils of humid tropics amended with N sources and moisture regime. I. Nitrogen transformations. Soil Sci. Plant Analysis 32(17-18):2893 – 2907.

LEZANA, J. y CARRASCO, I. 2002. 3,4 – Dimetilpirazol fosfato (DMMP): el nuevo inhibidor de la nitrificación para fertilizantes. Revista Vida Rural No. 143. 2p.

MUÑOZ, L., CARRASCO, I., EGEA, C., ALARCON, A., ROCA, M. 2004a. Evaluación del uso en cultivos extensivos del inhibidor de la nitrificación 3,4-Dimetilpirazol fosfato (DMPP). Aspectos ambientales y productivos, En: www.compo.es/compo/modules/idealportal/upload/articulo357.pdf. 4p.; Consulta: Agosto 2009.

_____2004b. Optimización del uso del inhibidor de la nitrificación DMPP en cultivos de brócoli fertirrigado bajo distintas estrategias de fertilización. COMPO Agricultura S.L. pp. 486 – 490.

PRASAD, R. y POWER, J. 1995. Nitrification inhibitors for agricultura, health and the environment. Adv. In Agronomy 54: 233 – 281.

TRENKEL, M. 1997. Improving fertilizer use efficiency: controlled-release and stabilized fertilizers in agriculture. International fertilizer industry association. Paris. Vida Rural. 2p.

ZERULLA, W., BARTH, T., DRESSEL, J., ERHARDT, K., HORCHLER VON LOCQUENGIEN, K., PASDA, G., RADLE, M., WISSEMEIER, A. 2001. 3,4 Dimethylpyrazole phosphate (DMPP) a new nitrification inhibitor for agriculture and horticulture. *Biology and fertility of soils* 34: 79 – 84.