

EFFECTO DE DOSIS Y FUENTES DE FERTILIZANTES NITROGENADOS DE INMEDIATA Y LENTA LIBERACION EN EL CULTIVO DE LA FRESA (*Fragaria x ananasa* cv. Chandler)^{1*}

Rafael Salas ^{2/**}
Eloy Molina ^{2/**}
Aguiles Castro ^{***}

ABSTRACT

Effect of sources and rates of immediate and slow-release nitrogen fertilizers in strawberry (*Fragaria x ananasa* cv. Chandler). Nitrogen sources with different properties and release characteristics were evaluated in the Chandler cultivar of strawberry (*Fragaria x ananasa*) in two growing seasons in a Thapic Melanudand of Costa Rica. In the first study four nitrogen sources were used: sulfur-coated urea (31-0-1-10 S), two complete (NPK) slow-release formulae, 22-7-10 and 26-8-8, and urea (46% N) at rates of 100, 200 and 400 kg N/ha. In the second experiment the fertilizers used were Nitroform (38% N), Osmocote (18-7-10), sulfur coated urea (31-0-1-10 S), formula 22-7-10 and a split application (15, 45, 75 y 105 days after planting) of ammonium nitrate (33.5% N). The rates applied were 100, 200 and 300 kg N/ha. Yield responses to fertilizer in the first experiment were significant only for grade B fruits and total yield. In the second experiment there were no significant effects of sources and rates of N applications in the yields of grade A and B and total fruit. However, the rates of 100 kg N/ha with NH_4NO_3 split, and 300 kg N/ha sulfur coated urea, were the treatments with highest total yields. The use of soluble sources of nitrogen fertilizer could be more efficient, and cheaper, than slow release fertilizer if the application is split. In general, the yields of the second experiment were lower than those of the first, probably due to severe crop damage caused by diseases.

INTRODUCCION

El uso eficiente del fertilizante nitrogenado por los cultivos ha sido de gran interés agronómico por muchos años. Existen factores que pueden reducir la eficiencia de la adición de N al suelo ta-

les como fijación o inmovilización, pérdidas gaseosas de N a través de denitrificación, volatilización y pérdidas por lavado (Maddux *et al.*, 1991). Fertilizantes que contienen urea o amonio son considerados particularmente susceptibles a la fijación e inmovilización de amonio y a la volatilización del amoníaco (Hauck, 1968).

Muchos de los factores que afectan la completa asimilación de N por la planta son el resultado de una rápida disolución del fertilizante nitrogenado. Existen formas de aumentar la eficiencia del N aplicado: 1) desarrollando compuestos con una limitada solubilidad de N en el agua, 2) modificando materiales solubles en agua para que retarden la liberación del contenido de N a la solución

1/ Recibido para publicación el 7 de julio de 1995.

2/ Autores para correspondencia.

* Este trabajo fue patrocinado por el convenio CINDE-División Agrícola-CNAIA-ICAFE-UCR, Proyecto VI-733-89-552.

** Centro de Investigaciones Agronómicas, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

*** CINDE. San José, Costa Rica.

del suelo, 3) combinando el fertilizante nitrogenado con compuestos inhibidores de la actividad bioquímica en el suelo (Hauck, 1972; 1980).

En la actualidad existen 4 tipos de fertilizantes nitrogenados de lenta liberación: a) materiales solubles en agua, conteniendo amonio (NH_4^+) y/o nitrato (NO_3^-), donde la liberación es controlada por una barrera física que es el recubrimiento del gránulo tal como el caso del Osmocote que contiene varias capas de recubrimiento cuyo componente principal es el polímero dicitlopentadieno con un éster de glicerol derivado de la soya (Powell, 1968); b) compuestos de limitada solubilidad en agua como lo es el fosfato de amonio; c) materiales de poca solubilidad en agua, los cuales durante su descomposición química y/o microbial liberan N como son las formas ureicas y oxamidas; y d) materias de relativa solubilidad en agua y de descomposición gradual como por ejemplo las sales de guanilurea (Hauck, 1985). En general, la disponibilidad de N en los fertilizantes de lenta liberación está determinada principalmente por los procesos químicos y microbiológicos, por lo que la liberación dependerá de las condiciones de suelo que favorezcan el crecimiento de microorganismos (Gandaza *et al.*, 1991). La fertilización nitrogenada es una práctica de manejo muy importante en el cultivo de la fresa y su respuesta es muy variada dada las condiciones diversas de clima, suelo y manejo del cultivo (Breen y Martin, 1981). El efecto específico del N en el rendimiento del cultivo de fresa depende en gran medida de la forma y época de aplicación (Urich *et al.*, 1980). La compleja relación entre crecimiento vegetativo y subsecuente desarrollo reproductivo contribuyen a la variabilidad de respuesta de la fresa a la aplicación de N (Way y White, 1968). En adición, los diferentes cultivares muestran una respuesta diferencial a la aplicación de este nutrimento (Voth *et al.*, 1961), sin embargo este aspecto no ha sido estudiado extensivamente.

Fuentes de fertilizante nitrogenado de lenta liberación, han sido utilizadas en varios cultivos (Severson y Mahler, 1988) para aumentar la eficiencia del fertilizante, disminuir la pérdida por lixiviación y suplir N por un período más prolongado con pocas aplicaciones (Allen y Mays, 1974). El uso apropiado de estos materiales debe basarse en sus características de liberación, así como en los factores que afectan el grado y longevidad de la liberación (Waddington *et al.*, 1976). Albregts *et al.* (1990) encontraron respuesta significativa en

producción de fresa con el empleo de fertilizantes de lenta liberación. La producción aumentó conforme se incrementaron las dosis de aplicación del fertilizante Osmocote 16-2,1-13,1 ($\text{N-P}_2\text{O}_5\text{-K}_2\text{O}$) y urea recubierta con azufre, alcanzando el máximo de producción con la aplicación de 200 kg/ha de N con cualquiera de las 2 fuentes.

En Costa Rica, Matamoros (1980) encontró respuesta en el primer mes de cosecha en los cultivos Tioga y Sequoia a dosis de 75 a 300 kg/ha de N, sin embargo al analizar la producción total de 10 meses, no encontró diferencias significativas entre las dosis de N aplicadas. Este mismo autor (1989) al evaluar la respuesta del cultivar Douglas a dosis de 20 a 80 kg N/ha, no encontró diferencias significativas entre niveles de N.

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de 3 niveles de N en la producción comercial de fresa, mediante el empleo de diferentes fuentes nitrogenadas, entre ellas, algunas de lenta liberación.

MATERIALES Y METODOS

Se realizaron 2 experimentos en la Subestación Experimental Fraijanes, de la Universidad de Costa Rica, provincia de Alajuela, a 1650 msnm y 16°C de temperatura media anual.

El primer experimento se sembró en julio de 1987. La cosecha se inició en octubre de 1987 y finalizó en abril de 1988. El suelo es un Thaptic Melanudand de textura franco arenosa, pH 5,6, 12,5% de materia orgánica; 5,5, 0,78 y 0,55 cmol(+)/L de Ca, Mg y K, respectivamente, 0,40 cmol(+)/L de acidez intercambiable y 7 mg/L de P disponible. Se utilizaron 13 tratamientos de fertilización que incluyó: un testigo + base y 3 dosis de N, 100, 200 y 400 kg/ha con 4 diferentes fuentes nitrogenadas: urea, urea recubierta con azufre (31-0-1-10 S) y las fórmulas de lenta liberación 22-7-10 y 26-8-8.

Todos los tratamientos exceptuando el testigo absoluto, recibieron una fertilización básica de 500 kg de CaCO_3 /ha aplicado un mes antes de la siembra, 500 kg de P_2O_5 /ha y 75 kg de K_2O /ha a la siembra.

El segundo experimento se sembró en julio de 1989 y se terminó de cosechar en marzo de 1990. El suelo es un Thaptic Melanudand, franco arenoso, pH 5,4, 11,85% de materia orgánica, 2,37, 0,35, 0,32 cmol(+)/L de Ca, Mg y K, respec-

tivamente, 0,18 cmol(+)/L de acidez intercambiable y 14 mg/L de P disponible. Se aplicaron 10 tratamientos: testigo + base y 3 dosis de N 100, 200 y 300 kg/ha con 5 fuentes nitrogenadas, entre ellas 4 de lenta liberación: Nitroform (38% N), Osmocote (18-7-10), urea recubierta con azufre (31-0-1-10 S), la fórmula 22-7-10 y Nutrán (NH₄NO₃ 33,5% N) aplicándose este último tratamiento fraccionado en 4 aplicaciones: 15, 45, 75 y 105 días después de la siembra. Todos los tratamientos recibieron una fertilización básica de 500 kg CaCO₃/ha aplicado un mes antes de la siembra, y 500 y 150 kg/ha de P₂O₅ y K₂O, respectivamente, aplicados a la siembra.

En ambos experimentos se utilizó un diseño de bloques completos al azar con 4 repeticiones. La unidad experimental se conformó de 20 plantas separadas 0,60 m entre hileras y 0,30 m entre plantas. La parcela útil consistió de 16 plantas centrales. Se utilizó la variedad "Chandler" y las variables evaluadas fueron: número y peso de frutos de primera, peso de frutos de segunda, y peso total de frutos. La fruta de primera debe presentar un diámetro entre 25 y 40 mm, con grado de maduración mediano, de aspecto uniforme y sano. La fruta de segunda posee los mismos requisitos de tamaño que la anterior, pero presenta algunos defectos de formación y tiene más de 3/4 de maduración, por lo que no califica para exportación.

RESULTADOS Y DISCUSION

Experimento 1

En el Cuadro 1 se presentan los resultados de las variables analizadas. De acuerdo con el análisis de varianza sólo hubo diferencias significativas entre tratamientos para las variables producción de frutos de segunda y producción total y no para los de primera que es la fracción exportable. Esto significa que ninguno de los fertilizantes y dosis aplicadas logró mejorar la cantidad de producto exportable, por lo que con dosis bajas de 100 kg N/ha de cualquiera de las fuentes se logran los mismos resultados que, incluso, son estadísticamente similar al testigo. El tratamiento con la fórmula 22-7-10, en dosis de 400 kg N/ha, produjo el mayor rendimiento en peso de frutos de segunda superando en forma significativa al testigo, la urea recubierta con azufre y a la urea. En general, las 3 dosis de 22-7-10, presentaron un rendimiento superior al resto de los tratamientos.

Con la variable peso de frutos totales, la fórmula 22-7-10 en la dosis de 400 kg N/ha también fue el mejor tratamiento, superando significativamente a todos los demás tratamientos. En general, las fórmulas 22-7-10 y 26-8-8 presentaron un rendimiento superior, destacándose también la dosis de 200 kg N/ha con urea; sin embargo, muchos de

Cuadro 1. Efecto de la aplicación de fertilizante nitrogenado de lenta liberación en el rendimiento de fresa (Experimento 1).

Tratamiento	Dosis kg N/ha	Peso frutos de 1era	Peso frutos de 2da (t/ha)	Peso frutos totales
Testigo + Base		17,76	15,62 I**	33,38 G
URS*	100	20,43	21,73 BCDEF	42,16 BCD
URS	200	19,70	21,36 CDEF	41,06 BCDF
URS	400	20,49	19,09 FGH	39,58 CDEF
22-7-10	100	19,20	23,38 ABCD	42,58 BCD
22-7-10	200	20,06	23,45 ABC	43,51 BC
22-7-10	400	24,91	25,90 A	50,81 A
26-8-8	100	19,97	24,17 ABC	42,26 BCD
26-8-8	200	19,73	23,26 ABCD	42,99 BCD
26-8-8	400	19,34	24,23 AB	43,57 BC
Urea	100	18,83	18,07 GHI	36,90 EFG
Urea	200	23,96	20,68 DEFG	44,64 B
Urea	400	18,75	17,41 HI	36,17 FG

* Urea recubierta con azufre.

** Valores con la misma letra en cada columna no difieren estadísticamente según prueba de Duncan al 5%.

los tratamientos no difirieron entre sí. El tratamiento de 200 kg N/ha con urea fue estadísticamente similar en producción total al resto de los tratamientos de lenta liberación, con excepción de la dosis de 400 kg N/ha con 22-7-10, sin embargo, este último tratamiento resultaría muy costoso de aplicar.

Experimento 2

En el Cuadro 2 se presentan los resultados de las variables evaluadas en este segundo experimento. No hubo respuesta significativa a los tratamientos en ninguna de las variables analizadas. Sin embargo, si se observan en detalle los resultados de los fertilizantes, es posible constatar que se produce un aumento en todas las variables conforme se incrementa la dosis de N aplicada. Los tratamientos con Nutrán en la dosis de 100 kg N/ha aplicado en forma fraccionada, así como el de urea recubierta con azufre en la dosis de 300 kg N/ha, produjeron los mejores resultados en las variables evaluadas. La aplicación fraccionada de N en forma de nitrato de amonio produjo los mejores rendimientos en frutos de segunda y producción total, no obstante al incrementar la dosis de aplicación se produjo una disminución en las variables determinadas; probablemente debido a una mayor

disponibilidad de N que induce a una prolongación del crecimiento vegetativo con la consecuente disminución del período de fructificación y producción.

Si se comparan las variables evaluadas en los 2 experimentos (Figuras 1 y 2), se observa una mayor producción en el experimento 1, sin embargo, en el primer experimento se evaluaron 27 semanas de cosecha, mientras que en el segundo se cosecharon únicamente 24 semanas. Además, en el segundo experimento se cambió de sitio el experimento, y se presentaron problemas fitosanitarios que afectaron severamente la producción al final del ciclo.

Se puede concluir con este experimento, que el manejo de la fertilización nitrogenada es un aspecto importante en la producción de fresa. La aplicación de altas dosis de N en los estados iniciales de desarrollo de la planta, promueve y prolonga el crecimiento vegetativo con la consecuente disminución en producción de fruta. Es así como la aplicación fraccionada de N produce buenos efectos en el rendimiento del cultivo y el uso de fertilizantes de lenta liberación podrían convertirse en una buena alternativa de fertilización nitrogenada. Sin embargo, no se logró en estos experimentos una ventaja importante por hacer uso de cualquiera de los tipos de fertilizante de lenta libe-

Cuadro 2. Efecto de la aplicación de fertilizante nitrogenado de lenta liberación en el rendimiento de fresa (Experimento 2).

Tratamiento	Dosis kg N/ha	Peso frutos de 1era	Peso frutos de 2da (t/ha)	Peso frutos totales
Testigo + Base		11,23	16,15	27,39
Nitroform	100	8,65	14,42	23,07
Nitroform	200	10,26	16,80	27,06
Nitroform	300	11,85	18,98	30,84
Osmocote	100	9,92	15,88	25,81
Osmocote	200	11,32	15,11	29,43
Osmocote	300	10,24	19,41	29,64
22-7-10	100	9,39	16,46	25,85
22-7-10	200	10,28	15,16	25,45
22-7-10	300	10,35	18,45	28,80
URS*	100	9,83	15,89	25,72
URS	200	12,14	18,97	31,11
URS	300	13,29	19,70	32,99
Nutrán Frac.	100	12,99	20,06	33,04
Nutrán Frac.	200	12,50	17,30	29,80
Nutrán Frac.	300	10,08	16,49	26,58

* Urea recubierta con azufre.

Efecto de Fertilización Nitrogenada en producción total 1987

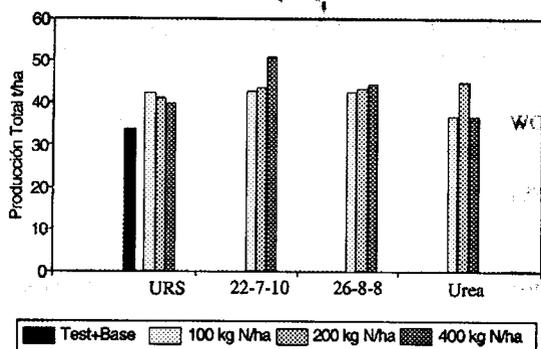


Fig. 1. Efecto de la fertilización nitrogenada en la producción total de fresa, experimento 1. (URS= Urea recubierta con azufre)

Efecto de Fertilización Nitrogenada en producción total 1989

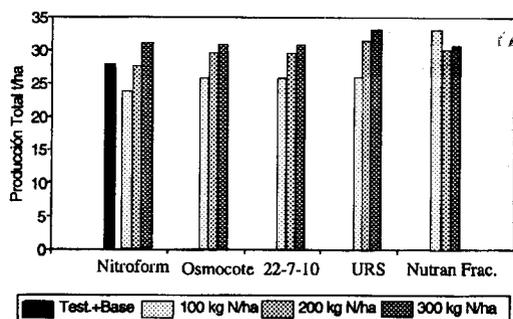


Fig. 2. Efecto de la fertilización nitrogenada en la producción total de fresa, experimento 2. (URS= Urea recubierta con azufre)

ración evaluados. La efectividad de estas fuentes está determinada principalmente por las condiciones de clima en particular la temperatura del suelo ya que a bajas temperaturas (menores de 15°C) la disponibilidad de N en la mayoría de fertilizantes de lenta liberación se prolonga hasta 10 meses, mientras que a temperaturas de suelo superiores a 26°C, la disponibilidad no supera los 5 meses. Este podría ser el motivo por el cual en este experimento se observa que al fraccionar el fertilizante, como en el tratamiento con nitrato de amonio, se obtuvo un aumento en rendimiento, indicando que la adición periódica de N durante los primeras etapas del cultivo es más importante que una sola aplicación inicial, y mostrando que las fuentes so-

lubles de N pueden ser tanto o más eficiente que las de lenta liberación, con un costo menor de inversión. El fraccionamiento del N parece tener una mayor ventaja comparativa que el control en la tasa de liberación del elemento en el fertilizante.

RESUMEN

Fuentes nitrogenadas con diferentes propiedades y características de liberación, fueron evaluadas en el cultivar Chandler de fresa (*Fragaria x ananasa*) en 2 épocas de cultivo en un Thapic Melanudand de Costa Rica. En el primer estudio 4 fuentes de N fueron usadas: urea recubierta con azufre (31-0-1-10 S), 2 fórmulas (NPK) 22-7-10 y 26-8-8 de lenta liberación, y urea (46% N) en niveles de 100, 200 y 400 kg N/ha. En el segundo experimento los fertilizantes usados fueron Nitroform (38% N), Osmocote (18-7-10), urea recubierta con azufre (31-0-1-10 S), la fórmula 22-7-10 y la aplicación fraccionada (15, 45, 75, 105 días después de la siembra) de nitrato de amonio (33,5% N). Los niveles aplicados fueron 100, 200 y 300 kg N/ha. La respuesta en rendimiento a los fertilizantes en el primer experimento fue significativa únicamente en producción de frutos de segunda y producción total. En el segundo experimento no hubo efecto significativo de las fuentes y dosis de N aplicadas en producción de frutas de primera, segunda y total. Sin embargo, las dosis de 100 kg N/ha con nitrato de amonio fraccionado, y de 300 kg N/ha con urea recubierta con azufre, fueron los tratamientos con los mejores rendimientos. La adición de fuentes solubles de N puede ser tanto o más eficiente y más barata, que las de lenta liberación si se aplican fraccionadamente. En general los rendimientos en el segundo experimento fueron menores comparados con los del primero probablemente debido a severos daños en las plantas causados por enfermedades.

LITERATURA CITADA

- AIBREGTS, E.E.; HOWARD, C.M.; CHANDLER, C.K.; MARTIN, F.G. 1990. Fruiting responses of strawberry as affected by rates and sources of controlled release N fertilizer, and irrigation method. *Soil and Crop Sci. Soc. Fla. Proc.* 19:16-19.
- ALLEN, S.E.; MAYS, D.A. 1974. Coated and other slow-release fertilizers for forages. Ed. by D.A. MAYS Forage fertilization. ASA-CSSA-SSSA. Madison, Wis. p. 559-582.

- BREEN, P.J.; MARTIN, L.W. 1981. Vegetative and reproductive growth responses of three strawberry cultivars to nitrogen. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 106(3):266-272.
- GANDEZA, A.T.; SHOJI, S.; YAMADA, I. 1991. Simulation of crop response to polyolefin-coated urea: I. Field dissolution. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 55:1462-1467.
- HAUCK, R.D. 1968. Soil and fertilizer nitrogen. A review of recent work and commentary. *Trans. Int. Congr. Soil Sci.* 9th, 1968. 2:475-486.
- HAUCK, R.D. 1972. Synthetic slow-release fertilizers and fertilizer amendments. *In* Chemical in the soil environment. Ed by G.A.I. Goring; J.W. Hamaker. Vol. 2. Marcel Dekker, Inc., New York. p. 633-690.
- HAUCK, R.D. 1980. Mode of action of nitrification inhibitors. *In* Nitrification inhibitors-potential and limitations. Ed by J.J. Meisinger. Spec. Pub. 38. AASA-CSSA-SSSA, Madison, Wis. p. 19-32.
- HAUCK, R.D. 1985. Slow-release and bioinhibitor-amended fertilizer. *In* Fertilizer technology and use. Ed by O.P. Engelstad. 3rd ed. SSSA, Madison, WI. p. 293-319.
- MADDUX, L.D.; RACZKOWSKI, C.W.; KISSEL, D.E.; BARNES, P.L. 1991. Broadcast and subsurface-banded urea nitrogen in urea ammonium nitrate applied to corn. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 55:264-267.
- MATAMOROS, G. 1980. Respuesta de la fresa (*Fragaria* spp.) a diferentes dosis de N. *In* Congreso Agronómico Nacional, 4. Heredia, Costa Rica. Resúmenes. p. 85.
- MATAMOROS, G. 1989. Respuesta de la fresa cv. Douglas a la aplicación de N. *In* Congreso Agronómico Nacional, 8. Cartago, Costa Rica. Resúmenes. Vol.1. p. 183.
- POWELL, R. 1968. Controlled release fertilizers. Noyes Development Corp., Park Ridge, NJ.
- SEVERSON, G.R.; MAHLER, R.L. 1988. Influence of soil water potential and seed-banded sulfur-coated urea on spring barley emergence. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 52:529-534.
- URICH, A.; MOSTAFA, M.A.E.; ALLEN, W. 1980. Strawberry deficiency symptoms. *Univ. of Califor. Agric. Exp. Sta. Bull.* 1917:58 p.
- VOTH, V.E.; PROEBSTING, E.L.; BRINGHURST, R.S. 1961. Response of strawberry to nitrogen in southern California. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 78:270-274.
- WADDINGTON, D.V.; MOBERG, E.L.; DUICH J.M.; WATSCHLE, T.L. 1976. Long-term evaluation of slow release nitrogen sources on turfgrass. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 40:593-597.
- WAY, D.W.; WHITE, G.C. 1968. The influence of vigour and nitrogen status on the fruitfulness of Talisman strawberry plants. *J. Hort. Sci.* 43:409-419.