

# RITMO DE ABSORCION DE NITROGENO Y FOSFORO Y RESPUESTA A FERTILIZACIONES NP EN AJOS<sup>1</sup>

## Nitrogen and phosphorus absorption rythm and NP fertilization response in garlic

Rafael Ruiz S.<sup>2</sup>

### SUMMARY

A factorial experiment, with five levels of nitrogen (0, 75, 150, 225, and 300 kg of N/ha) and four levels of phosphorus (0, 45, 90, and 135 kg of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha), indicated a strong response of garlic to N, both in yield and in quality. Yield increased up to a dose of 150 kg of N/ha, and quality, up to 225 kg of N/ha.

Response of garlic to P was low, even when the P-Olsen analysis of the soil was low (3 ppm). It was postulated that garlic has a high P extracting efficiency.

Nitrogen extraction was closely related to the amount applied, up to the level for maximum yield, when extraction was 140 kg of N/ha. Higher doses did not increase N extraction and absorption efficiency was 46%, at maximum yield.

Nitrogen absorption was always higher than D.M. accumulation in the plant, specially during the first stages of growth. Phosphorus extraction, with maximum production, was about 22 kg/ha. As absorption from the soil was about 17 kg of P/ha, when N was not limiting, only 5 kg of P came from the fertilizer applied, with an efficiency of 12%, for garlic in this type of soil.

Finally, no differences were observed due to time of applying the N fertilizer, or dividing the dose in several applications, during the growing season.

### INTRODUCCION

Dentro de los elementos normalmente deficientes en los suelos aluviales de la zona central del país, se encuentran, en primer lugar, el nitrógeno y, en segundo lugar, el fósforo. Ocasionalmente pueden aparecer deficiencias de potasio.

Existen varias experiencias nacionales con respecto a estudios nutricionales con N y P en ajos (*Allium sativum* L.). La totalidad señalan respuestas positivas a las agregaciones de N (Sotomayor, 1975; Krarup y Trobok, 1975; Aljaro y Escaff, 1976; Escaff y Aljaro,

1982). Estos trabajos han puesto de manifiesto que la respuesta al N es muy dependiente de la densidad de plantas que se usa, alcanzándose mayores respuestas positivas a media que la población aumenta y lográndose el óptimo, en rendimiento y calidad, con poblaciones del orden de 600.000 plantas/ha. Resultados similares han sido obtenidos en Brasil (De Menezes y otros, 1973).

Sin embargo, en el país, Escaff y Aljaro (1982) no encontraron respuesta al P, posiblemente debido a que el suelo en el cual realizaron su experiencia tenía un nivel suficiente para el requerimiento del cultivo.

Los objetivos centrales del presente trabajo fueron:

- a. Refrendar información anterior respecto a la respuesta del ajo al N;
- b. Estudiar la respuesta del ajo al P, en un suelo deficiente en este elemento;

<sup>1</sup> Recepción de originales: 2 de julio de 1984.

<sup>2</sup> Estación Experimental La Platina (INIA), Casilla 5427, Santiago, Chile.

- c. Conocer la extracción de N, en diferentes etapas del cultivo de ajos; y
- d. Evaluar el efecto de época y de parcialización de la aplicación de N, en ajos.

### MATERIALES Y METODOS

El ensayo se llevó a cabo durante la temporada 1982/83, en la Estación Experimental La Platina (INIA), Santiago.

Los suelos en los cuales se realizó el experimento son de origen aluvial, de textura superficial franca, bien drenados. La profundidad efectiva varió entre 45 y 55 cm, sobre un substratum de gravas y piedras. En cuanto a fertilidad, los análisis señalaron niveles de N estimados bajos (5–10 ppm, promedio de bloques) así como de P (2–4 ppm de P–Olsen). Los niveles de K (extracción con acetato de amonio) fueron de 0,15 meq/100 g, en promedio. El pH del suelo se situó entre 8,2–8,3 y el porcentaje de materia orgánica fue de alrededor del 20/o, en promedio, considerado bajo para este tipo de suelos.

Los tratamientos se aplicaron a parcelas de 5 m x 1,8 m. La siembra se efectuó el 30 de abril de 1983, en camellones de 60 cm de ancho, estableciéndose cuatro hileras de ajos, variedad español, a 10 cm entre y sobre hilera, en cada camellón. De esta forma, la población fue de 666.666 plantas/ha.

Los tratamientos fertilizantes consistieron en la combinación de cinco niveles de N (0, 75, 150, 225 y 300 kg de N/ha) y cuatro de P (0, 45, 90, y 135 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha), dentro de un diseño factorial, con cuatro repeticiones. El N se aplicó como salitre sódico y el P como superfosfato triple, ambos incorporados al camellón inmediatamente antes de sembrar.

Dentro del mismo ensayo, se establecieron parcelas con una dosis fija de P (90 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha), a la que se agregaron 150 unidades de N (salitre sódico), en diferentes parcialidades;

- a. todo en la siembra;
- b. mitad a la siembra, mitad en la etapa previa a la formación del bulbo; y
- c. todo en la etapa previa a la formación del bulbo.

El efecto de los diferentes tratamientos fue medido en producción y calidad de ajos, incluyendo evaluaciones de ramaleo. Las mediciones en la planta consistieron en determinaciones de m.s. total y composición nutricional, en diferentes épocas, hasta la cosecha.

Se efectuaron análisis foliares, en base a la hoja recientemente madura (normalmente tercera desde el ápice) recolectándose 20 hojas por parcela, para hacer un total de 80 por muestra representativa de cada tratamiento. Los resultados y la discusión de estos análisis, serán presentados en un trabajo posterior.

La determinación de la extracción de nutrientes se efectuó en base a m.s. total y porcentaje del N de la parte aérea y de frutos, al momento de cosecha, tomándose un total de 80 plantas por muestra (20 por parcela).

### RESULTADOS Y DISCUSION

#### Respuesta a la fertilización en el ensayo de campo

Dado que la interacción N x P no resultó significativa, es factible efectuar un análisis por separado para cada nutrimento.

La ecuación de regresión, que relaciona la dosis de N con el rendimiento total, se presenta graficada en la Figura 1. Se observa una clara e importante respuesta a N (significativa al 10/o), que alcanzaría, según la ecuación, hasta los 225 kg de N/ha, decreciendo con valores mayores. Sin embargo, observando los puntos reales, se aprecia que esta respuesta es clara hasta los 150 kg de N/ha, manteniéndose con poca variación hasta las 300 unidades, lo cual concordaría con los resultados obtenidos por Escaff y Aljaro (1982), que obtuvieron un mayor rendimiento similar y con igual dosis de N/ha.

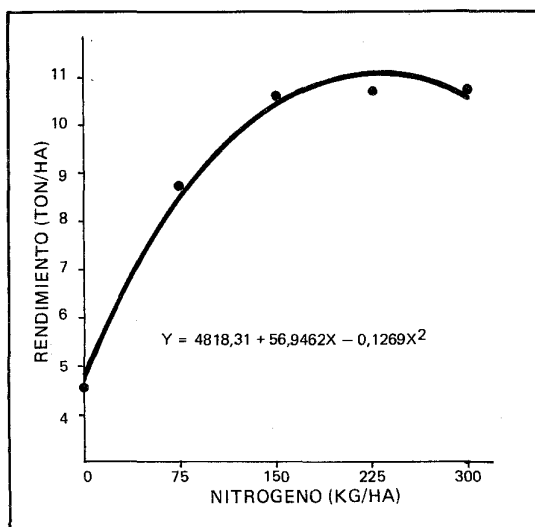


FIGURA 1. Relación entre dosis de nitrógeno y rendimiento total de ajos.

FIGURE 1. Relation between N doses and total garlic yield.

De Menezes y otros (1973) obtuvieron, en un primer experimento, una respuesta lineal al N, hasta 205 kg de N/ha, cuando usaron el menor espaciamiento (666.666 plantas/ha). La mejor calidad (tamaño de bulbos) la obtuvieron con densidades menores. En experiencias posteriores, compararon la respuesta de tres variedades de ajos al N, con poblaciones de 333.333 plantas/ha. La mejor respuesta (7.4 ton/ha) se obtuvo en la variedad Amarante, con 123 kg de N/ha. En este caso los rendimientos fueron moderados, probablemente debido a la menor densidad poblacional utilizada.

En el presente experimento, se obtuvo una respuesta aún más notoria al N, cuando se consideraron en forma separada los calibres mayores (flor, primera y segunda; Figura 2). Este aumento notable en la cantidad de bulbos de tamaños mayores por efecto de la aplicación de N, también fue señalado por Krarup y Trobok (1975).

De acuerdo a los antecedentes expuestos, se puede concluir que una dosis de nitrógeno entre 150 y 225 kg de N/ha es la adecuada para suelos deficientes, cuando los ajos se cultivan en densidades altas (666.666 plantas/ha) y con un manejo que permita obtener altas producciones.

Con respecto al P, se obtuvo una respuesta positiva, significativa al 10/o, en producción total de ajos (Figura 3). Se observa que esta respuesta, alcanza hasta las 90 unidades, siendo comparativamente de menor magnitud que la obtenida para el caso de N. El au-

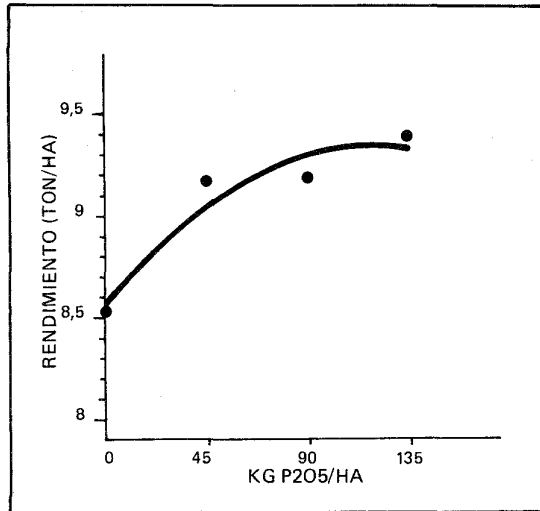


FIGURA 3. Efecto del fósforo en rendimiento total de ajos.

FIGURE 3. Effect of P doses on total garlic yield.

mento de rendimiento sobre el testigo fue sólo de alrededor de un 90/o, pero señala que este elemento debe considerarse dentro de los planes de fertilización cuando su nivel en el suelo es bajo.

**Efecto del nitrógeno en ramaleo**

Se conoce como "ramaleo" la tendencia de los bulbos a brotar anticipadamente, estando próximos a ser cosechados, con lo que pierden su valor comercial. Uno de los factores que podría estar contribuyendo al aumento de este fenómeno, que siempre ocurre en algún porcentaje, es el N. Al respecto, se efectuaron mediciones de este problema en los diferentes tratamientos de N, a igual dosis de P (90 unidades de P2O5/ha). Los resultados obtenidos se señalan en el Cuadro 1, donde se observa un aumento consistente del porcentaje de plantas afectadas de ramaleo, por efecto de la aplicación de N. Este efecto sube proporcionalmente más con las últimas 75 unidades, pero es absolutamente negligible (20/o), frente al enorme efecto positivo de la aplicación de dicho elemento. Para efectos prácticos, no constituye un problema en esta variedad.

**Ritmo de absorción de nitrógeno y acumulación de materia seca**

Se observa en la Figura 4 que la materia seca crece muy lentamente hasta mediados o fines de septiembre para subir notoriamente a partir de esa fecha, hasta mediados o fines de noviembre, período en que la tasa de crecimiento del cultivo se hace unas 6 ó 7 veces mayor. Se observa, también, un importante efecto del

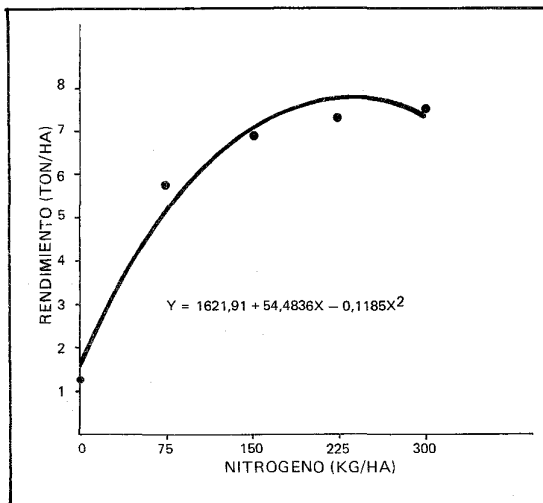


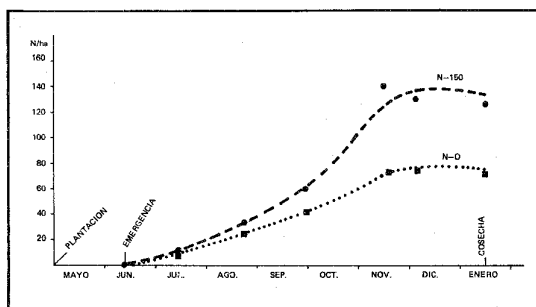
FIGURA 2. Relación entre dosis de nitrógeno y rendimiento exportable de ajos.

FIGURE 2. Relation between N doses and exportable garlic yield.

**CUADRO 1. Efecto de dosis crecientes de N en ramaleo del ajo**

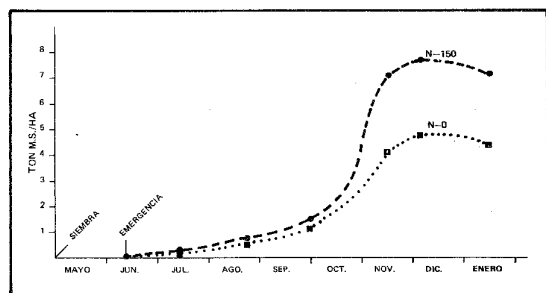
**TABLE 1. Effect of increasing doses of N on garlic anticipated sprouting ("ramaleo")**

Tratamiento (kg N/ha)	Plantas con ramaleo %/o
0	0,40
75	1,76
150	2,22
225	2,50
300	4,15



**FIGURA 5. Absorción de nitrógeno durante la época de crecimiento para N0 y N150 kg/ha.**

**FIGURE 5. N absorption for treatments N0 and N150 kg/ha.**



**FIGURA 4. Acumulación de materia seca a lo largo del período de cultivo del ajo.**

**FIGURE 4. D.M. accumulation during the growing season of garlic.**

**Rendimiento, extracción de nutrientes y eficiencia de uso del fertilizante**

La determinación de la extracción de nutrientes, a diferentes niveles de rendimiento, representa un buen punto de partida para estimar la necesidad real de fertilización de un cultivo, en un nutriente dado. Esta determinación cobra valor, con objetivos de fertilización, cuando se ha obtenido en una experiencia en la cual el aumento de rendimiento es claramente función del elemento en déficit y no de otros factores del manejo.

En el Cuadro 2 se presentan los resultados obtenidos, en cuanto a la extracción de N (a la cosecha), de acuerdo a las diferentes dosis aplicadas y para los rendimientos finales obtenidos. Se observa un aumento consistente en la extracción del N, por efecto de la dosis aplicada, y en rendimiento, hasta una dosis de 150 kg de N/ha. Sobre este nivel, la planta no absorbió más N y el rendimiento tampoco aumentó.

La eficiencia de absorción del fertilizante agregado, en las condiciones del experimento, varió considera-

**CUADRO 2. Extracción total de N, en relación a dosis y eficiencia de uso del N y rendimiento de ajo**

**TABLE 2. Total N extraction, in relation to doses and efficiency of use of N and to garlic yield**

Tratamiento (kg N/ha)	Extracción de N (kg/ha)	Eficiencia <sup>1</sup> (%/o)	Rend. (ton/ha)
0	72,0		4,6
75	116,9	59,8	8,7
150	141,1	46,0	10,6
225	122,1	22,2	10,8
300	144,4	24,0	10,6

<sup>1</sup> Eficiencia = kg extraídos—extracción testigo/kg aplicados.

N, en acelerar y aumentar la producción de m.s. en esta última fase de desarrollo del cultivo. Por el contrario, en el período junio—septiembre, se observa poco efecto modificador del N, en el ritmo de crecimiento del cultivo.

La absorción de N sigue la curva que se observa en la Figura 5; la tasa de absorción, si bien aumenta desde fines de septiembre hasta fines de noviembre, no es muy diferente de la que se aprecia desde junio a septiembre. Comparativamente, la absorción de N, durante el período inicial de desarrollo, es muy superior al aumento de m.s., situación que se aprecia más claramente en la Figura 4.

Así, al 29 de septiembre (110 días desde la emergencia), el acopio total de m.s. en el tratamiento fertilizado con N, es sólo un 20% del total, mientras a igual fecha, se ha absorbido el 42% del N. Se deduce, entonces, la necesidad de contar con una cantidad importante de este elemento en los primeros estados de desarrollo del cultivo, aun antes de que se haya iniciado el crecimiento primaveral fuerte.

blemente, desde casi un 60%, en la dosis baja, a alrededor de un 22%, en las dosis más altas. Esta pérdida de eficiencia, a medida que suben las dosis de fertilizante, es inherente al hecho de que la respuesta biológica potencial es mayor en el tramo más agudo de una deficiencia. En todo caso, la cifra obtenida para el nivel más alto de rendimiento y con 150 kg de N/ha, señala una eficiencia cercana al 50%, la cual es algo baja, para abonos nitrogenados.

Con respecto a P, es interesante señalar que, si bien no se midió la extracción del elemento a diferentes niveles de agregación, se produjo un notorio efecto de mayor absorción, asociado a las dosis de nitrógeno y a los mayores rendimientos obtenidos. Los resultados, para algunos tratamientos elegidos, se presentan en el Cuadro 3.

Del cuadro, se puede deducir:

- El orden de magnitud de la extracción de P es muy inferior a la de N, siendo de 22 kg/ha, con un rendimiento máximo de 10,9 ton/ha.
- La eficiencia de absorción de P es muy baja en los tratamientos sin N, debido a que el rendimiento potencial se ve muy limitado por la falta de este último elemento.
- La absorción de P aumenta notoriamente al adicionar suficiente N (N150 + P41). Sin embargo, la mayor parte de esta absorción proviene del efecto indirecto del N, como lo estaría demostrando la extracción de P del tratamiento N150 + P0. De acuerdo a esto, sólo 5,1 kg de los 22,1 kg extraídos serían atribuibles al fertilizante agregado, con lo cual la eficiencia de la aplicación de P es sólo de un 23,4% (5,1/41).
- La baja respuesta a la agregación de P, se debería a que la deficiencia es baja, al medirla biológicamente. En la Figura 3, se puede observar que, sin adición de P, se obtiene el 90% del rendimiento máximo.

**CUADRO 3. Extracción total de P por el ajo, en relación a diferentes dosis de N y P**

**TABLE 3. Total P extraction by garlic, in relation to doses of N and P**

N kg/ha	P kg/ha	Extracción (kg P/ha)	Rend. (ton/ha)	Eficiencia <sup>1</sup> (0/0)
0	0	7,9	4,6	---
0	41	10,8	4,6	7
150	0	17,0	9,7	---
150	41	22,1	10,9	12,4

<sup>1</sup> Eficiencia = kg extraídos—extracción testigo/kg aplicados.

- El que la deficiencia biológica presente sea de baja magnitud, a pesar que el tenor de P en el suelo es bajo (3 ppm), indicaría que el cultivo del ajo es muy eficiente para absorber este elemento del suelo.

Es probable que el gran aumento de la absorción de P, por efecto del N, está en relación al mayor volumen de suelo explorado por las raíces, producto del mayor crecimiento general de la planta. Esta hipótesis concordaría con la idea de que el grueso de la absorción de P ocurriría por intercepción directa de la raíz en la interfase rizosfera/coloide suelo. Esta hipótesis, que evidentemente requeriría de mayores evidencias experimentales para ser comprobada, significaría que, en muchos casos, bastaría con adicionar suficiente N y mantener el resto de los factores al óptimo, para obtener una buena biomasa que asegure un buen sistema radicular, para obviar o disminuir al mínimo las adiciones de P en este tipo de suelos.

#### Efecto de la parcialización de la dosis de nitrógeno

Antecedentes de California (Zink, 1963) señalan que el gran crecimiento y absorción de nutrientes del cultivo del ajo ocurre a comienzos de primavera. Según esta información, corroborada por los resultados expuestos anteriormente, la aplicación temprana de fertilizantes nitrogenados solubles (como tradicionalmente se realiza en el país), podría llevar a pérdidas importantes, por lixiviación fuera de la zona radicular.

Los resultados obtenidos, al parcializar la aplicación del N, señalan que, para las condiciones del año en que se llevó a efecto el ensayo, no hubo diferencias entre la forma y época de aplicar el fertilizante (Cuadro 4). Esto resulta particularmente interesante, dadas las condiciones de alta pluviometría que ocurrieron con posterioridad a la siembra, que harían pensar en importantes pérdidas de N por lixiviación. Al respecto, se efectuó una estimación aproximada del movimiento de N por efecto de las lluvias, en base a muestreos de suelo, a dos profundidades, en el testigo y en el tratamiento con la dosis más alta (300 kg de N/ha).

**CUADRO 4. Efecto de la parcialización de la dosis de N en producción total y exportable de ajos<sup>1</sup>**

**TABLE 4. Effect of splitting N applications on total and exportable garlic production/ha**

Tratamientos		Rendimientos (kg/ha)	
kg N/ha	Epoca	Total	Exportación
150	Todo en la siembra	10.985 a	7.195 a
150	Mitad a la siembra mitad en pre-bulbo	10.609 a	7.841 a
150	Todo en pre-bulbo	11.223 a	8.174 a

<sup>1</sup> Todos los tratamientos llevan 90 unidades de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha a la siembra.

Este muestreo se efectuó el 13 de julio, a los dos meses y medio desde la siembra y aplicación del fertilizante, habiéndose acumulado por lluvia 506,6 mm.

De acuerdo a las cifras presentadas en el Cuadro 5, se puede calcular que se habría movido más allá de los 20 cm, vale decir fuera de la zona de raíces del ajo en esa fecha, sólo un 19,7% del N agregado, si el 100% es 86 ppm. Este resultado explicaría, en cierta forma, el hecho que no hubo ventajas al parcializar la aplicación.

**CUADRO 5. Estimación del movimiento del N por efecto de las lluvias, hasta el 13 de julio de 1982**

**TABLE 5. Estimated movement of N in the soil, due to rainfall, up to July 13, 1982**

Tratamiento kg N/ha	Profundidad cm	N Mineral ppm	Aporte del fertilizante ppm
0	0-20	5	--
0	20-45	4	--
300	0-20	74	69
300	20-45	21	17

## RESUMEN

En un experimento factorial, que consideró cinco niveles de nitrógeno (0, 75, 150, 225 y 300 kg de N/ha) y cuatro de fósforo (0, 45, 90 y 135 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha), se encontró una clara respuesta al N, en producción y calidad de ajos. La producción comercial total aumentó hasta los 150 kg de N/ha, mientras el aumento en calidad se notó hasta 225 kg de N/ha. También fue significativa la respuesta al P, pero de menor magnitud que la anterior, a pesar del bajo índice de P-Olsen detectado en el suelo, al análisis químico inicial. Por lo tanto, se postula que el ajo tiene alta eficiencia para absorber P.

La absorción de N estuvo muy asociada a la dosis aplicada, hasta el nivel de rendimiento máximo; alcanzó a 140 kg de N/ha, con una eficiencia de 46%. Con mayores dosis de N, la absorción no aumentó o lo hizo

en pequeño grado. Al comparar las curvas de absorción de N y de acumulación porcentual de m.s., se observó que la primera antecede notoriamente a la segunda, especialmente en las primeras etapas de desarrollo del cultivo.

La extracción de P llegó hasta 22 kg/ha, con el máximo rendimiento. Se estimó que, al contar con suficiente N, el cultivo extrae 17 kg del suelo, por lo que sólo 5 kg provienen del fertilizante aplicado. Según esto, la eficiencia del fertilizante fosfatado llega a sólo un 12%, para ajos, en este tipo de suelo.

Finalmente, no hubo diferencias en rendimiento y calidad del cultivo, al comparar épocas de aplicación o al parcializar la aplicación de N.

## LITERATURA CITADA

- ALJARO, A. y ESCAFF, M. 1976. Fertilización nitrogenada y densidad de plantación en el cultivo de ajos (*Allium sativum* L.). Agricultura Técnica (Chile) 36 (2): 63-68.
- DE MENEZES, J.A.; FERREIRA DE NOVAIS, R.; LOPEZ DOS SANTOS, H.; e AGUIAR SANS, L. 1973. Efeito da adubacao nitrogenada de diferentes espacamentos entre plantas e da cobertura morta do solo sobre a producao do alho "amarante". Rev. Oleric (Brasilia) 13:90.
- DE MENEZES, J.A.; FERREIRA DE NOVAIS, R.; LOPEZ DOS SANTOS, H.; e AGUIAR SANS, L. 1974. Efeito de aplicacao de doses de nitrogenio e da cobertura morta sobre a producao de tres cultivares de alho. Ceres 21 (118): 458-469.
- ESCAFF, M. y ALJARO, A. 1982. Dos ensayos sobre el efecto del nitrógeno y fósforo en ajo rosado. Agricultura Técnica (Chile) 42 (3): 143-147.
- KRARUP, H. y TROBOK, V. 1975. Efectos de sistemas de plantación sobre rendimiento, calidad del bulbo y aprovechamiento de la fertilización nitrogenada en ajo (*Allium sativum* L.). Rev. Asoc. Latinoamericana de Fitotecnia 11 (1): 39-42.
- SOTOMAYOR, I. 1975. Efecto de la fertilización nitrogenada y densidad de plantas en la producción de ajos. Agricultura Técnica (Chile) 35 (4): 175-178.
- ZINK, F.W. 1963. Rate of growth and nutrient absorption of late garlic. Am. Soc. Hort. Sci. 83: 579-584.