



Respuesta de niveles crecientes de NK en la producción de cebolla (*Allium cepa* L.) var. "Roja Arequipeña"

Response to increasing levels of NK in the production of onion (*Allium cepa* L.) var. "Roja Arequipeña"

Julio Estuardo Amaya Robles^{1,*}, Eduardo Felipe Méndez García².

¹ Instituto de Investigación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria INTTA. Campo Experimental "El Álamo"; Pampas de San Juan s/n, Laredo. La Libertad, Perú.

² Facultad de CC. Agropecuarias. Universidad Nacional de Trujillo. Av. Juan Pablo II s/n. ciudad Universitaria. Trujillo, Perú.

Recibido 1 mayo 2012; aceptado 11 febrero 2013

Resumen

Con el objetivo de determinar la influencia de niveles crecientes de nitrógeno y potasio en la producción de cebolla, fue conducido un experimento en el Campo Experimental del Instituto de Investigación y Transferencia Agropecuaria ubicado en el sector Pampas de San Juan, Laredo, La Libertad (Perú). El diseño experimental utilizado fue de Bloques Completos al Azar con arreglo factorial 3x4 con tres repeticiones. Los tratamientos resultaron de las combinaciones 60, 120, 180 y 240, kg de N.ha⁻¹; y 40, 80 y 160 kg de K₂O ha⁻¹, utilizándose como dosis única 80 kg de P₂O₅.ha⁻¹ y semilla certificada de la var. "Roja Arequipeña". Se determinó el rendimiento de este cultivo en función de los tratamientos, obteniéndose respuestas lineares crecientes de 1,010 y 1,006 g⁻¹ promedio de 10 bulbos, con las combinaciones de N₁₂₀xK₈₀ y N₆₀ x K₈₀; y una respuesta cuadrática a N con la dosis de 120 kg.ha⁻¹ con la cual se promovió la mayor producción de bulbos de cebolla.

Palabras clave: Cebolla, *Allium cepa*, nitrógeno, potasio, producción.

Abstract

With the objective to determine the influence of increasing levels of nitrogen and potassium in the growth and yield of onion bulbs, an experiment was carried in the Experimental Institute for Agricultural Research and Technology located in Pampas de San Juan, Laredo, La Libertad (Peru). The experimental design was randomized complete block with 3x4 factorial arrangement with three replicates and twelve treatments resulting from combinations 60, 120, 180 and 240 kg N ha⁻¹, and 40, 80 and 160 kg K₂O has⁻¹, using 80 kg as a single dose of P₂O₅.ha⁻¹. We used certified seed onion var. "Roja Arequipeña". Linear responses were obtained for the weight of bulbs with yields of 1.010 and 1.006 g⁻¹ average of 10 bulbs, with combinations of N₁₂₀xK₈₀ x K₈₀ and N₆₀, and quadratic response to N dose of 120 kg.ha⁻¹ with which promoted the increased production of onion bulbs.

Keywords: Onion, *Allium cepa*, growth, nitrogen, potassium, production.

1. Introducción

La cebolla (*Allium cepa* L.) es una de las plantas cultivadas de más amplia difusión en el mundo, siendo la segunda hortaliza en importancia económica después de la papa, con un valor social inestimable, consumida por casi todos los pueblos del

planeta independiente del origen étnico y cultural, constituyéndose en un importante elemento de ocupación de mano de obra familiar.

Según Carvalho y Nakagawa (2000), entre los factores que más limitan la producción de cebolla se consideran, la inexistencia de

* Autor para correspondencia
Email: jear357@yahoo.es (J. Amaya)

un programa de mejoramiento genético orientado a generar cultivares adaptados a una determinada región y la disponibilidad de nutrientes que influyen en la producción y calidad de los bulbos, siendo el nitrógeno el nutriente más limitante, pues contribuye significativamente en el aumento de la producción de este cultivo.

Un buen criterio de fertilización, consiste en optimizar la productividad, satisfaciendo las necesidades del cultivo a través de la adopción de técnicas que propicien mayor eficiencia en el uso de fertilizantes, del agua, de la mano de obra y de los demás insumos, minimizando las pérdidas de nutrientes por lixiviación, erosión y volatilización. La aplicación racional de fertilizantes exige el conocimiento de la disponibilidad de nutrientes en el suelo, las exigencias nutricionales del cultivo y la evaluación del estado nutricional de las plantas, por lo tanto un adecuado nivel nutricional de la planta garantizará a los bulbos de cebolla una mejor expresión de la calidad, color y grosor de las catáfilas externas (Magalhães, 1993).

Según Mogor (2000) el nitrógeno es segundo elemento más acumulado por la planta de cebolla y su efecto está relacionado con más frecuencia al exceso que con la carencia de este nutriente. En el aspecto fisiológico, el exceso de nitrógeno causa crecimiento vegetativo exagerado por el aumento en la síntesis de proteínas y el contenido de agua de la planta, con efecto negativo sobre los procesos de resistencia a enfermedades y calidad de los bulbos.

En relación al nitrógeno, Sousa y Resende (2002) relatan que la aplicación adecuada de este nutriente es necesaria para una mejor producción y desarrollo de la cebolla, sin embargo afirman que el exceso puede limitar la producción y el aumento las pérdidas durante el almacenamiento.

Para Pôrto *et al.* (2007) el nitrógeno y el potasio son los elementos más requeridos por la planta en términos de porcentaje en la materia seca, pues el nitrógeno participa

en la constitución de proteínas, y es absorbido en grandes cantidades, siendo superado mínimamente por el potasio; asimismo relatan que existe una gran variación en la absorción de este nutriente en relación a factores como cultivar, densidad poblacional y atributos del suelo. En nuestro medio no existen trabajos relacionados con la fertilización de nitrógeno y potasio en cebolla, en este sentido se consideró importante la ejecución de esta investigación que tuvo como objetivo determinar la influencia de niveles crecientes de nitrógeno y potasio en el rendimiento de cebolla.

Requerimientos edafoclimáticos

El crecimiento y producción de cebolla está determinado por factores ambientales, siendo el fotoperiodo y la temperatura los más importantes para la adaptación de un cultivar en determinadas regiones geográficas, influenciando en la fase vegetativa, que culmina con la formación del bulbo y reproductiva, cuando se verifica la floración y la producción de semilla (Costa *et al.*, 2002).

La cebolla es una planta de días largos, sin embargo varios autores atribuyen al fotoperiodo como factor limitante en la producción de bulbos, los cuales han sido clasificados en relación al mínimo de horas luz para promover el estímulo de la bulbificación; existen cultivares de días cortos que requieren de 11 a 12 horas de luz por día⁻¹, cultivares intermedios que exigen de 12 a 14 horas de luz día⁻¹ y cultivares de días largos de más de 14 horas de luz día⁻¹ (Maluf, 2009).

Vigidal *et al.* (2002b) señalan entre otros factores que la planta requiere suelos profundos y fértiles, de textura media, con buen drenaje, con pH entre 6,0 y 6,5 y ricos en materia orgánica para permitir un buen desarrollo del sistema radicular y la formación de bulbos de buena calidad.

Nutrición mineral en cebolla

La cantidad de nutrientes extraídos por el cultivo varían según el cultivar, densidad

de plantas, sistema de siembra; tipo de suelo, luz, temperatura y presencia de otros nutrientes que están disponibles y pueden ser absorbidos por la planta determinando los niveles de crecimiento y desarrollo del cultivo acompañando la curva de acumulación de masa seca (Haag *et al.*, 1981). De esta manera para su completo desarrollo, la cebolla necesita de una nutrición balanceada o compuesta de nutrientes esenciales que normalmente están disponibles en el suelo como N, P, K, S, Ca, Mg, B, Fe, Mn, Zn, Cu, Mo e Cl, provenientes de la descomposición de las rocas y residuos orgánicos, del agua y del aire como C, H y O (Malavolta, 1981).

Haag *et al.* (1981) relatan que en el cultivo de cebolla los nutrientes son absorbidos en cantidades reducida hasta los 85 días, aumentando la intensidad de absorción hasta los 145 días después de la siembra, siendo el N y K los nutrientes que más destacan y en menor escala el P, S, Mg y Ca. Vidigal *et al.* (2003) trabajando con el cultivar Alfa Tropical, en condiciones de campo, observaron que el K fue el nutriente más absorbido por la planta distribuido en las hojas, bulbos y raíces, seguidos de N, Ca, P, S y Mg, habiéndose determinado que el máximo de absorción para los tres primeros fueron observados a los 117 días después.

Efectos del nitrógeno sobre el desarrollo y producción de cebolla

El nitrógeno es el componente básico de proteínas, aminoácidos, vitaminas, ácidos nucleicos y de la clorofila, promueve el aumento de masa verde de la planta y es responsable de la producción de carbohidratos que serán posteriormente almacenados en las estructuras de reserva de la planta (Hewitt, 1975). Los metabolitos que contienen nitrógeno son en gran parte activadores enzimáticos, además participan en los procesos de absorción iónica, fotosíntesis, respiración, síntesis, crecimiento vegetativo (Mendes *et al.*, 2008).

Souza y Resende (2002) relatan que la aplicación adecuada de nitrógeno es necesario para una máxima productividad y desarrollo de la planta, sin embargo las aplicaciones excesivas de este nutriente puede limitar la producción y aumentar las pérdidas en el almacenamiento.

El nitrógeno contribuye altamente en la producción de cebolla, y es absorbido en grandes cantidades, siendo superado solamente por el potasio y esta está presente en la constitución de todas las moléculas de proteínas de la célula (Vidigal *et al.*, 2000).

Por otro lado, a pesar de una respuesta positiva a la fertilización nitrogenada, la aplicación inadecuada puede alterar la maduración de las plantas, promoviendo el engrosamiento del falso tallo de las plantas y reduciendo el valor comercial de los bulbos en la comercialización (Brewster y Bütler, 1989). Además tanto el exceso como la deficiencia de N puede provocar o no la formación de bulbos, principalmente cuando el nitrógeno es aplicado en la fase de crecimiento del bulbo iniciado a partir de los 60 a 75 días después de la siembra, dependiendo del material cultivado.

Las investigaciones de Sousa *et al.* (2004), concluyen que independiente del sistema de producción, es recomendable la fertilización con nitrógeno y potasio entre los 30 y 40 días DDS aplicándose el 70% y 50% del total de estos nutrientes. En suelos muy arenosos la fertilización en cobertura con nitrógeno y potasio debe fraccionarse para ser aplicados a los 30 y 50 DDS o a partir de los 15, 30 y 50 DDS para aprovechar mejor los nutrientes.

Efectos del potasio sobre el desarrollo y producción de cebolla

Este nutriente se caracteriza por ser activador de un gran número de enzimas vegetales, principalmente del grupo de las sintasas, deshidrogenasas, oxireductasas, quinasas y transferasas, estrechamente relacionado con los procesos de asimilación del gas carbónico y de nitrógeno, favoreciendo la formación de

compuestos nitrogenados y en la síntesis, traslocación y almacenamiento de azúcares (Malavolta y Crocomo, 1982; Chaves y Pereira, 1985).

La importancia del potasio en la calidad del producto, se basa en su función promotora de la síntesis de fotoasimilados y su transporte para los frutos, granos, tubérculos y órganos de reserva de la planta, aumentando su conversión en almidones, proteínas, vitaminas, aceites; etc. (Mengel y Kirkby, 1987).

Según Marschner (1995), el potasio participa en el proceso de abertura y cierre de los estomas, respiración celular, síntesis de proteínas, osmorregulación, extensión celular y balance de cationes y aniones. Además este nutriente desempeña un papel fundamental en la regulación osmótica del agua en las células, importante para las especies que almacenan reservas en órganos como bulbos, principalmente relacionándolo con el tamaño de ellos.

Brewster (1994), relata que la mayoría de las recomendaciones de potasio en cebolla están entre niveles de 50 a 250 kg.ha⁻¹ de K presentando resultados bastante variables en función de la fertilidad del suelo cultivado.

Estudios realizados por Horneck (2004) determinó que el potasio en el cultivo de cebolla, remueve a la cosecha cantidades iguales a las de nitrógeno, en rangos de 145 a 210 kg de K₂O ha⁻¹. Aun cuando su deficiencia no es común en algunas áreas, se necesita la fertilización regular con potasio en muchos suelos arenosos con una baja capacidad de intercambio catiónico. Las dosis de aplicación de potasio se deben basar en los resultados del análisis de suelo y comúnmente, se necesita aplicar potasio cuando el contenido del nutriente se encuentra por debajo de 100 ppm.

Cuando es necesario, el potasio se puede aplicar antes de la siembra o luego que las plantas de cebolla pasan de la etapa de almácigo a campo definitivo. Esto evita problemas asociados con excesivas sales solubles, ya que las cebollas son muy sensibles al estrés por agua durante la

etapa de plántula y durante el crecimiento del bulbo (Horneck, 2004).

Filgueira (2003) relata que en cebolla, no se han observado respuestas al potasio y que son pocos los resultados que confirmen el efecto significativo de este nutriente en la producción de este cultivo.

2. Material y Métodos

Localización y descripción del área experimental

La investigación se realizó en el campo experimental del Instituto de Investigación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria INTTA ubicado en el sector Pampas de San Juan de Laredo, durante los meses de octubre del 2010 hasta enero del 2011; se encuentra ubicado a 107 msnm, 8°08'07" latitud sur y 78°54'17" longitud oeste (Google Earth, 2010). Los suelos son arenosos, con ausencia de lluvias durante casi todo el año.

Variables meteorológicas

Se obtuvieron de los registros de la estación meteorológica de la Gerencia Regional de Agricultura La Libertad, correspondientes a los meses de octubre del 2010 y enero del 2011, siendo la temperatura anual mínima de 17,5 °C, la temperatura anual máxima de 30 °C; y la precipitación promedio anual de 60 mm (Gobierno Regional La Libertad, 2010).

Análisis del suelo

Dos meses antes de la instalación del experimento se recolectaron las muestras de suelo a una profundidad de 0 a 20 cm cuyos presentando un pH de 7,78; 0,1% de M.O.; 3ppm de P; 80 ppm de K; 0,21 ds/m de CE; y clasificado como arenoso.

Material de estudio

Se utilizó semilla certificada de cebolla var. "Roja Arequipeña" y las fuentes de fertilizantes utilizados estuvieron constituidos por sulfato de amonio con 21% de N y 24% de S, fosfato di amónico con P 46% y N 18% y; sulfato de potasio con K 50% y

C 18%, los cuales se aplicaron en función de las diferentes dosis de los tratamientos y fechas de abonamiento. Se aplicó todo el fósforo luego del trasplante, realizando un cambio de surco para taparlos.

Tratamientos

Estuvieron constituidos por las combinaciones de 60, 120, 180 y 240, kg de N.ha⁻¹; 80 kg de P₂O₅.ha⁻¹ y 40, 80 y 160 kg de K₂O ha⁻¹.

La instalación del almácigo fue realizado el 03.10.2010 y el trasplante el 11.11.2010. Fue ubicado cercano a la parcela definitiva, de fácil acceso y a una fuente de agua. Para ello se diseñaron las camas de 1x10 m, donde se trazaron surquitos de 10 cm entre sí, para depositar las semillas a 1 cm de distancia entre sí. La cantidad de semilla empleada se estimó en razón de 2 kg ha⁻¹. Durante el desarrollo de las plántulas en el almácigo se aplicaron riegos ligeros y continuados. Al inicio fue de dos veces por día. Antes del trasplante el riego fue reducido con el objeto de inducir endurecimiento de los tejidos y llevar al campo plantas más resistentes.

Características de la parcela experimental

La parcela experimental estuvo constituida por surcos distanciados a 0,30 m y entre plantas a 0,15 m. La longitud del surco y parcela fue de 3,0 m y el ancho de 1,2 m. La parcela experimental estuvo constituida por 20 plantas y tuvo un área de 3,6 m².

Preparación del terreno y abonamiento

Para la preparación del suelo se realizó una arada, un gradeo y el surcado con tracción animal, siendo la primera operación para la incorporación del abono en cantidad estimada de 60 t.ha⁻¹. El fertilizante utilizado para el suministro de fósforo fue fosfato di amónico con una ley de 18% de Nitrógeno y 46% de P₂O₅, aplicándose toda la dosis, dos días antes del trasplante. El nitrógeno tuvo como fuente sulfato de amonio con 21% de N y el potasio sulfato de potasio con 50% de K; ambos aplicados 1/3 y el restante cada 20 días.

Las plántulas de cebolla estuvieron en el almácigo durante 35 días, habiéndose realizado el trasplante cuando alcanzaron 10 cm de alto y un diámetro aproximado de 6 mm a nivel del suelo. El día del trasplante se regó la cama de almácigo para facilitar la extracción de las plántulas, eligiéndose las más robustas. Para realizar esta operación se hicieron pequeños hoyos de 4 cm de profundidad con el auxilio de una madera compuesta por 10 pequeñas estacas distanciadas a 15 cm colocándose una planta en cada hoyo, distanciados a 30 cm entre surcos y 15 cm entre plantas.



Figura 1. Vista parcial del experimento durante la bulbificación.



Figura 2. Vista parcial del experimento de cebolla antes de la cosecha.

La cosecha de los bulbos se realizó en forma manual, cuando se encontraron bien desarrollados con tamaño, forma (redonda, achatada, alargada), apariencia y cuando las hojas erectas presentaron ablandamiento en el cuello, doblados en un 70 – 80 % del total de la plantación. Las plantas fueron colocadas una tras otra para realizar el “curado” durante dos días. Luego se procedió a cortar el tallo de los bulbos, pesados y en sacados (Figuras 1, 2, 3 y 4).



Figura 3. Cosechando los bulbos de cebolla.

El rendimiento, se obtuvo pesando el número total de los bulbos cosechados por tratamiento y los resultados fueron expresados en $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$.

Diseño experimental

Se utilizó el diseño experimental de Bloques Completos al Azar DBCA con arreglo factorial $4 \times 3 + 3$ repeticiones, de acuerdo con el modelo matemático:

$$X_{ij} = U + T_i + B_j + E_{ij}$$

El efecto de los factores sobre las características evaluadas fueron realizados mediante el análisis de varianza y de regresión, basados en el modelo polinomial al 0,05 de probabilidad (Banzato y Kronka, 1992). Para identificar los tratamientos con mejores respuesta se realizó la prueba de Duncan al 5%. Los datos en porcentajes fueron transformados a través del arco seno $p/100$ y los datos de contadas a través de la fórmula raíz cuadrada de $x + 0,5$. El

análisis estadístico se realizó con el Sistema de Análisis Estadístico para microcomputadoras SANEST (Zonta y Machado, 1984).

3. Resultados y discusión

Los resultados obtenidos en la producción de bulbos evidenciaron efectos significativos de la fertilización $\text{N} \times \text{K}$ entre tratamientos y efectos altamente significativos para el K y la interacción entre $\text{N} \times \text{K}$ (Tabla 1).

Tabla 1

Análisis de varianza para rendimiento (kg) de 10 plantas cebolla por tratamiento durante la cosecha en función de niveles crecientes de nitrógeno y potasio

F.V	GL	CM	Sig.
Bloques	2	9369,00	1,324 NS
Tratamientos	11	61862,727	8,744 **
Nitrógeno (N)	3	1113,00	1,574 NS
Potasio (K)	2	168733,00	23,849 **
N x K	6	51602,668	7,294 **
Error	22	7075,044	
TOTAL	35		

CV (%) = 10,49; NS: Sin efecto significativo; ** Con efecto altamente significativo.

Analizándose los datos de producción obtenidos en este experimento se constató que hubo un efecto significativo de potasio para la producción de los bulbos aisladamente del nitrógeno. Se constató también efectos de interacción significativa entre los factores dosis de nitrógeno y dosis de potasio (Figura 4).

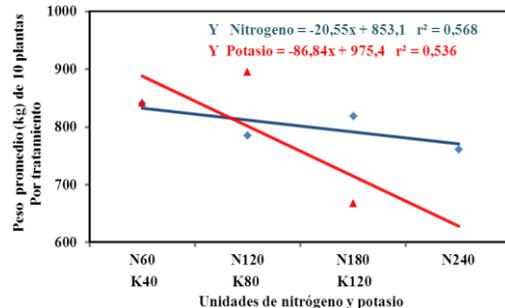


Figura 4. Interacción entre nitrógeno y potasio en la producción promedio de 10 de plantas de cebolla durante la cosecha en función de niveles crecientes de nitrógeno y potasio.

En la Figura 4 se aprecia que la producción total de bulbos comerciales, presentó efecto lineal decreciente en función de la dosis de nitrógeno y potasio en la productividad de la cosecha total de los tratamientos cuando se aplicó 120 y 80 kg ha⁻¹ de N y de K respectivamente, obteniéndose una respuesta cuadrática para el nitrógeno con la dosis de 180 kg, con un punto mínimo de productividad en la dosis de 240 kg.ha⁻¹ de N, o sea que los mejores rendimientos fueron obtenidos con las menores dosis de nitrógeno. Por lo tanto se sugiere la existencia de un nivel óptimo entre las combinaciones de N y K para promover un efecto positivo sobre la producción comercial de cebolla.

Respuestas positivas de la aplicación de nitrógeno independiente del potasio en el cultivo de cebolla, han sido obtenidas con dosis de 150 kg ha⁻¹ (Díaz-Pérez *et al.*, 2003). En interacción, Singh *et al.* (2000) verificaron mayores productividades de bulbos con 100 y 83 kg.ha⁻¹ de N de respectivamente; Syed *et al.* (2000) con 120 kg.ha⁻¹ de N y 90 kg.ha⁻¹ de k₂O; entre tanto Mandira y Khan (2003), obtuvieron altos rendimientos con 150 kg.ha⁻¹ de N y 120 kg.ha⁻¹ de K, respectivamente.

La literatura relata un antagonismo entre estos elementos, sin embargo los resultados obtenidos sugieren respuestas complementarias con el N como primer factor que afecta positivamente la productividad de cebolla. De acuerdo con Silva (1987), ese antagonismo tiene origen en abonamientos desequilibrados, afirmación que es corroborada por Resende *et al.* (1997), quienes afirman que existe un efecto significativo y complementario en la absorción de N y K, y que lo importante es la necesidad de obtener un adecuado nivel de K para incrementar la productividad con la adición de N, evidenciado en esta investigación.

El proceso de bulbificación ocurre cuando se inicia la traslocación de los fotosimilados y otros compuestos promoviendo la acumulación de materia

seca en los bulbos (Brewster, 1994). Vidigal *et al.* (2002b) demostraron que el crecimiento de los bulbos se realiza por el desarrollo lento de la planta, que desencadena en un crecimiento rápido, etapa en cual se desarrollan los bulbos.

Tabla 2

Prueba de significación de Duncan para el peso promedio de 10 bulbos cebolla por tratamiento durante la cosecha en función de niveles crecientes de nitrógeno y potasio

O.M	Tratamientos	Peso (g) de 10 plantas por tratamiento	Sig. Duncan
1	N ₁₂₀ x K ₈₀	1010,0	a
2	N ₆₀ x K ₈₀	1006,66	a
3	N ₁₈₀ x K ₄₀	966,66	a b
4	N ₂₄₀ x K ₄₀	933,66	a b
5	N ₁₈₀ x K ₈₀	933,33	b c
6	N ₆₀ x L ₄₀	815,00	c d
7	N ₆₀ x K ₁₂₀	766,66	c d e
8	N ₂₄₀ x K ₈₀	750,00	c d e
9	N ₁₂₀ x K ₄₀	748,33	c d e
10	N ₁₈₀ x K ₁₂₀	701,66	c d e
11	N ₁₂₀ x K ₁₂₀	675,00	d e
12	N ₂₄₀ x K ₁₂₀	603,33	e

DMS(+/-) = 142,28 149,59 153,94 157,34 159,77 161,22
Promedio/tratamiento = 801,80 g.

Los tratamientos N₁₂₀xK₈₀ y N₆₀xK₈₀ presentaron la mayor producción comercial con 1010.000 g y 1006.667 g promedio de 10 plantas. Los resultados obtenidos en el experimento pueden ser explicados por la mejor adaptación de la especie a condiciones de temperaturas más adecuadas. Las temperaturas más elevadas que se presentan a partir del mes de diciembre favorecen la formación de bulbos precoces y la maduración rápida, obteniéndose bulbos de menor tamaño, lo que reduce la productividad (Souza y Resende, 2002). Se verificó también que la interacción entre N y K tuvo una respuesta lineal negativa lo que nos permite inferir que la producción de esta planta es independiente entre ambos nutrientes.

Carrillo (1989) afirma que el potasio es el nutriente que más extraen las cebollas; sin embargo, señala que no existen diferencias significativas en la absorción de potasio con respecto a las dosis de este fertilizante. Por otro lado, Morales (1988) argumenta que al aplicar cantidades excesivas de

potasio ocurre un efecto depresivo, posiblemente debido al desbalance nutricional entre el potasio y nitrógeno.

Producción total de bulbos por tratamiento

En la Tabla 3 se verifican los resultados para el peso total de cada tratamiento durante la cosecha de cebolla con diferencias altamente significativas entre tratamientos y la interacción nitrógeno con potasio.

Tabla 3

Análisis de varianza para peso total (kg) por tratamiento durante la cosecha de cebolla en función de niveles crecientes de nitrógeno y potasio

F.V	G.L	C. M	Sig. $\alpha = 0.05$
Bloques	2	1,37	6,34
Tratamientos	11	1,52	7,04 **
Nitrógeno (N)	3	0,60	2,78 NS
Potasio (K)	2	5,51	25,46 **
N x K	6	0,65	3,03 *
ERROR	22	0,21	
TOTAL	35		

CV (%) = 11,3; NS: Sin efecto significativo; ** Con efecto altamente significativo.

En cebolla no existen reportes que vengan a reforzar los resultados obtenidos en este trabajo, por el hecho de que el K promovió mayor contenido de pérdida de masa fresca. Con el desdoblamiento de la interacción, no se verificó efectos significativos fertilización potásica en las dosis de 40, 80 y 120 kg.ha⁻¹ de K₂O; se detectaron respuestas cuadráticas al N, siendo la dosis de 120 kg ha⁻¹ de N como la que promovió la mayor producción de bulbos de cebolla (Tabla 2).

En la Tabla 4 se observa que la más alta producción de bulbos de cebolla la obtuvieron los tratamientos con N₆₀xK₈₀ y N₁₂₀xK₈₀ con 5,200 y 5,053 kg⁻¹. Asimismo, se determinó que con altas dosis de N₂₄₀xK₁₂₀ se obtuvieron los más bajos rendimientos con 2,827 kg⁻¹.

Estos resultados concuerdan con May *et al.* (2007) quien observó reducciones en la cantidad de bulbos con aplicaciones de 115 kg.ha⁻¹ de N y 150 kg.ha⁻¹ de K₂O y los resultados obtenidos por Ghaffor *et al.*

(2003) quienes constataron menores productividades de bulbos con el aumento de NPK. Estos autores demostraron también que la respuesta de la cebolla a las aplicaciones de N y K son independientes, corroborando afirmaciones de Lee *et al.* (2003) quien relata que estos elementos contribuyen marcadamente para una mejor productividad del cultivo, sobre todo en la producción de bulbos de mayor tamaño; sin que haya una asociación entre ellos.

Tabla 4

Prueba de significación de Duncan para el peso total (kg) de cada tratamiento en función de niveles crecientes de nitrógeno y potasio

O.M	Tratamientos	Peso de 10 plantas por tratamiento	Sig. Duncan $\alpha = 0.05$
1	N ₆₀ x K ₈₀	5,20	a
2	N ₁₂₀ x K ₈₀	5,05	a
3	N ₁₈₀ x K ₄₀	4,80	a b
4	N ₂₄₀ x K ₄₀	4,44	a b c
5	N ₆₀ x K ₄₀	4,30	b c
6	N ₁₈₀ x K ₈₀	4,26	b c d
7	N ₂₄₀ x K ₈₀	4,03	b c d e
8	N ₁₂₀ x K ₄₀	3,87	c d e f
9	N ₁₈₀ x K ₁₂₀	3,75	d e f
10	N ₁₆₀ x K ₁₂₀	3,54	e f
11	N ₁₂₀ x K ₁₂₀	3,27	e f
12	N ₂₄₀ x K ₁₂	2,82	f

DMS (+-) = 0,787 0,852 0,884 0,892
Promedio = 4,114 kg.

En el desdoblamiento de la interacción de NxK se constató efectos lineales decrecientes para potasio y nitrógeno con una producción óptima con 120 y 80 kg.ha⁻¹ de NK respectivamente (Figura 5).

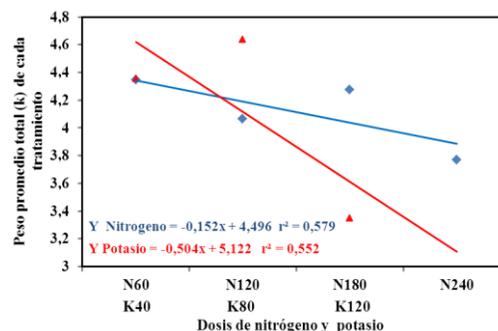


Figura 5. Interacción entre nitrógeno y potasio en la producción promedio de cada tratamiento en la producción de bulbos de cebolla en función de niveles crecientes de nitrógeno y potasio.

Se constata también que en ausencia de la fertilización potásica, la respuesta al nitrógeno fue cuadrática con pérdida de materia fresca del bulbo.

En relación a la capacidad de respuesta del nitrógeno en la producción, diferentes autores relatan que este elemento contribuye al incremento de la productividad del cultivo de cebolla. Singh *et al.* (2004) observaron incrementos en la cantidad de masa fresca del bulbo con dosis de 140 kg.ha⁻¹ de N y 120 kg.ha⁻¹ de K₂O. May *et al.* (2007) afirmaron que la aplicación de N es más importante que la aplicación de K en lo que se refiere a porcentaje de pérdida de masa fresca de los bulbos.

Boyhan *et al.* (2007) observaron que las mejores respuestas en la producción de bulbos de cebolla, se obtuvieron con las dosis de 236 y 263 kg.ha⁻¹ de nitrógeno. En otros trabajos no se encontraron respuestas positivas a las dosis de nitrógeno variando entre 84 a 224 kg.ha⁻¹ Batal *et al.* (1994) y de 318 a 480 kg.ha⁻¹ (Vidigal, 2000).

Faria y Pereira (1992), verificaron que el nivel económico de nitrógeno en el cultivo de cebolla es de 115 kg.ha⁻¹ mientras que Boyhan *et al.* (2007) observaron que las mejores respuestas en la producción de bulbos fueron obtenidos con la dosis de 263 kg.ha⁻¹ de nitrógeno, siendo el elemento más absorbido en términos de porcentaje de masa seca.

Para Henriksen (1987), la mejor dosis de aplicación de nitrógeno con la fuente nitrato de calcio fue de 120 kg ha⁻¹ para la producción de bulbos comerciales, con una población de 80 plantas/m² conducido bajo el sistema de trasplante. Las variables, porcentaje de florecimiento, diámetro del falso tallo, incidencia de enfermedades, descarte de bulbos y calidad de la catáfila no tuvieron influencia significativa entre las dosis de nitrógeno aplicado, pero hubo mayor brotamiento de los bulbos durante el almacenamiento entre 12 a 14 °C.

Porwal y Singh (1993) consiguieron mejores productividades con 50 kg.ha⁻¹ de N, sin embargo con la dosis de 150 kg.ha⁻¹

de N las producciones fueron menores, mientras que Rana y Sharma (1993) aplicando la dosis de 120 kg.ha⁻¹ de N no encontraron respuestas en la producción de bulbos de cebolla, habiendo efecto de dosis hasta 80 kg.ha⁻¹ de N.

Aujla y Madan (1992) obtuvieron las mejores productividades de cebolla con la aplicación de 100 kg de N.ha⁻¹ durante dos años de estudio. Porwal y Singh (1993) consiguieron la mayor productividad con 50 kg.ha⁻¹ de N, siendo menor la producción con 150 kg.ha⁻¹ de N.

Araújo y Costa (1975) no observaron influencia del potasio en las dosis de 0 a 90 kg.ha⁻¹ de K₂O para la producción de cebolla, de la misma forma, Pande y Mundra (1971) utilizando hasta 90 kg.ha⁻¹ de K₂O. Laughlin (1990) tampoco registró efecto de K sobre la calidad de bulbos, apenas observó productividad 50% superior en el tratamiento con aplicación de 50 kg.ha⁻¹ de nitrato de amonio.

Según Figueroa y Torres (2006), entre los nutrientes esenciales, el nitrógeno es el elemento que más limita el rendimiento del cultivo de cebolla siendo necesario aplicar dosis en el orden de 150 a 200 kg de N.ha⁻¹ dependiendo del suelo y las condiciones edafoclimáticas de la zona.

4. Conclusiones

Se obtuvieron respuestas lineares para el peso de bulbos de cebolla con rendimientos de 1,010 g⁻¹ y 1,006 g⁻¹ promedio de 10 bulbos, con las combinaciones de N₁₂₀ x K₈₀ y N₆₀ x K₈₀; y una respuesta cuadrática al N, la cual promovió la mayor producción de bulbos de cebolla con la dosis de 120 kg.ha⁻¹ de N.

Referencias bibliográficas

- Araujo, M. T.; Costa, R. A. 1975. Efeito da adubação NPK e adubo de lixo industrializado sobre a produção de cebola (*Allium cepa* L.) em solos de cerrado. Revista de Olericultura 13: 111 – 115.
- Aujla, T.S; Madan, P.S. 1992. Response of onion (*Allium cepa* L.) to irrigation, nitrogen fertilizer and row spacing on deep sandy-loam soil in subtropical monsoon region. Indian Journal of Agricultural Sciences 62: 129 – 134.

- Banzato, D.A.; Kronka, S.N. 1992. Experimentação Agrícola. Jaboticabal Funep, SP. Brasil. 245p.
- Batal, K.M.; Bondari, K.; Granberry, D.M.; Mullinix, B.G. 1994. Effects of source, rate, and frequency of N application on yield, marketable grades and rot incidence of sweet onion (*Allium cepa* L. cv. Granex-33). *Journal of Horticultural Science* 69: 1043 – 1051.
- Boyhan, G.E.; Torrance, R.L.; Hill, C.R. 2007. Effects of nitrogen, phosphorus, and potassium rates and fertilizer sources on yield and leaf nutrient status of short-day onions. *HortScience* 42: 653 – 660.
- Brewster, J.L. 1994. The physiology of crop growth, development and yield. In: Brewster L. J. ed. Onions and other vegetable *Alliums*. CAB international. UK 63 – 91.
- Brewster, J.L.; Büttler, H.A. 1989. Effects of nitrogen supply on bulb development in onion *Allium cepa* L. *Journal of Experimental Botany* 40: 1155 – 1162.
- Carrillo, C. 1989. Curvas de Extracción y concentración de Macro nutrientes (N, P, K, Ca y Mg) en Cebolla (*Allium cepa* L) «Texas Early Grano 502» Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima. Perú.
- Carvalho, N.M.; Nakagawa, J. 2000. Sementes: ciência, tecnologia e produção. 4. ed. Jaboticabal: FUNEP. Brasil. 588 p.
- Chaves, L.H.G.; Pereira, H.H.G. 1985. Nutrição e adubação de tubérculos. Campinas: Fundação Cargill. 90 p.
- Costa, N.D.; Queiroz, M.A. De; Araujo, J.C., A. 2002. Cultura da cebola. Coleção plantar. Brasília - EMBRAPA. Informações Tecnológicas. 107p.
- Diaz-Perez, J.C.; Purvis, A.C.; Paulk, J.T. 2003. Bolting, yield, and bulb decay of sweet onion as affected by nitrogen fertilization. *Journal of the American for Society Horticultural Science* 128: 144 – 149.
- Faria, C.M. de; Pereira, J.R. 1992. Fontes e níveis de nitrogênio na produtividade de cebola no Sub médio São Francisco. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 27: 403 – 407.
- Figuroa, M.; Torres, D.M. 2006. Cebolla: Necesidades nutricionales y bases de diagnóstico de la fertilidad. EEA INTA. Pergamino. 2p.
- Filgueira, F.A.R. 2003. Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 2ed. Viçosa. Brasil, 412p.
- Ghaffoor, A.; Jilani, M.S.; Khaliq, G.; Waseem, K. 2003. Effect of different NPK levels on the yield of three onion (*Allium cepa* L.) varieties. *Asian Journal Plant Sciences* 2: 342 – 346.
- Gobierno Regional La Libertad. 2010. La Libertad. El clima y los ríos en cifras, estadísticas de seis décadas. Of. Gral. Información Agraria. Gerencia Regional de Agricultura. 66p.
- Google Earth. 2010. Versión 6.0. Disponible en la página: http://www.google.es/intl/es_es/earth/.
- Haag, H.P.; Bome, P.; Kimoto, T. 1981. Nutrição mineral de hortaliças. VI. Deficiências de macronutrientes em cebola. In: Haag, H.P. e Minami, K. Nutrição mineral e adubação de frutíferas tropicais no Brasil. Campinas: Fundação Cargill, p: 115 – 140.
- Henriksen, K. 1987. Effect of N and P fertilization on yield and harvest time in bulb onions. *Acta Horticulturae* 198: 207 – 215.
- Hewitt, E.J.; Smith, T.A. 1975. Plant mineral nutrition. London: The English Universities Press, 298p.
- Horneck, D.A. 2004. Manejo de nutrientes em cebolla. Tomado de: Horneck, D.A. 2004. Nutrient Management for Onions in the Pacific Northwest. *Better Crops with Plant Food* 88: 14 – 16.
- Laughlin, J.C. 1990. Nutricional effect on onion (*Allium cepa* L.) yield and quality. *Horticultural Abstracts* 60: 592 (Abstract 5123).
- Lee, J.T.; Ha, I.J.; Lee, C.J.; Moon, J.S.; Cho, Y.C. 2003. Effect of N, P₂O₅, and K₂O application rates and top dressing time on growth and yield of onion (*Allium cepa* L.) under spring culture in low land. *Korean Journal Horticultural Science and Technology*, Suwon, 21(4): 260 – 266.
- Magalhães, J.R. 1993. Nutrição e adubação da cebola. In: Simpósio Sobre Nutrição e Adubação de Hortaliças, 1990, Jaboticabal, SP. Anais. Piracicaba: Potafos, p.381-399.
- Malavolta, E. 1981. Manual de química agrícola: Adubos e adubações. 3. São Paulo: Ceres. 596p.
- Malavolta, E.; Crocomo, O. J. O. 1982. Potássio e a planta. In: Yamada, T.; Igue, K.; Muzilli, O.; Usherwood, N.R. Potássio na agricultura brasileira. Piracicaba: IPF/IIP. p.95-162.
- Maluf, W.R. 2009. Fotoperíodo e a produção de cebola. Apostila: Curso de Olericultura. Dep. Agricultura. Universidade Federal de Lavras, UFLA. Brasil. 4p. disponible en http://www3.ufla.br/%7Ewrmaluf/Cebola2001_Fotoperiodo.
- Mandira, C.; Khan, A.H. 2003. Effect of nitrogen and potassium on growth, yield and yield attributes of onion. *New Agriculturist* 14: 9 – 11.
- Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. New York: Academic Press. 889 p.
- May, A.; Cecílio-Filho, A.B.; Porto, D.R.Q.; Vargas, P.F.; Barbosa, C.B. 2007. Produtividade de híbridos de cebola em função da população de plantas e da fertilização nitrogenada e potássica. *Horticultura Brasileira* 25: 53 – 59.
- Mendes, A.M.S.; Faria, C.M.B.; Silva, D.J.; Resende, G.M.; Oliveira-Neto, M.B.; Silva, M.S.L. 2008. Nutrição Mineral e Adubação da Cultura da Cebola Sub médio do Vale do São Francisco. Circular Técnica - EMBRAPA, Petrolina, n.86.
- Mengel, K.; Kirkby, E.A. 1987. Principles of plant nutrition. Bern, International Potash Institute. 687p.
- Mogor, A.F. 2000. Nível nutricional e incidência de doenças foliares na cultura da cebola (*Allium cepa* L.) Botucatu., 65p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Botucatu, SP. Brasil.
- Morales. 1988. Efecto del Régimen de Riego. Fertilización Nitrogenada y Control de Malezas sobre el Rendimiento y otras características de la Cebolla. Tesis de M. S. UNALM.
- Pande, R.C.; Mundra, R.S. 1971. Note on response of onion (*Allium cepa* L.) to varying levels of N, P and K. *Indian Journal of Agricultural Science* 41: 107 – 108.
- Pôrto, D.R. de Q.; Cecílio, Filho, A.B.; May, A.; Vargas, P.F. 2007. Acúmulo de macronutrientes pela cultivar de cebola Superex estabelecida por semeadura direta. *Ciência Rural* 37: 949 – 955.
- Porwal, W.K.; Singh, M.M. 1993. Effect of nitrogen and weed management on onion. *Indian Journal of Agronomy* 38: 74 – 77.
- Rana, D.S.; Sharma, R.P. 1993. Growth analysis and bulbs yield of onion as affected by irrigation and nitrogen. *Indian Journal of Agronomy* 38: 676 – 677.
- Resende, G.M.; Silva, G.L.; Paiva, L.E.; Dias, P.F.; Carvalho, J.G. 1997. Resposta do milho (*Zea mays* L.) a doses de nitrogênio e potássio em solo da região de

- Lavras-MG. II. Macronutrientes na parte aérea. *Ciência e Agrotecnologia* 21: 477 – 483.
- Singh, R.P.; Jain, N.K.; Poonia, B.L. 2000. Response of Kharif onion to nitrogen, phosphorus and potash in eastern plains of Rajasthan. *Indian Journal of Agricultural Science* 70: 871 – 872.
- Singh, S.; Yadav, P.K.; Singh, S. 2004. Effect of nitrogen and potassium on growth and yield of onion (*Allium cepa* L.) cv. Pusa Red. *Haryana Journal of Horticultural Sciences* 33: 308 – 309.
- Souza, R.B.; Resende, F.V.; Madeira, N.R. 2004. Sistema de plantio direto. In: EMBRAPA HORTALIÇAS. Sistema de produção de cebola (*Allium cepa* L.).
- Souza, R.J.; Resende, G.M. de. 2002. Cultura da cebola. Textos acadêmicos. Lavras: FLA/FAEPE, 115 p.
- Syed, N.; Munir, M.; Alizai, A.A.; Ghafoor, A. 2000. Onion yield and yield components as function of the levels of nitrogen and potassium application. *Pakistan Journal of Biological Sciences* 3: 2069 – 2071.
- Vidigal, S.M. 2000. Adubação nitrogenada de cebola irrigada cultivada no verão – Projeto Jaíba, Norte de Minas Gerais. Viçosa: UFV. 136p. (Tese doutorado).
- Vidigal, S.M.; Pereira, P.R.G.; Pacheco, D.D.; Facion, C.E.. 2003. Acumulação de matéria fresca e seca pela cebola. In: Congresso Brasileiro de Olericultura, 43. *Resumos...* Recife: SOB (CD-ROM).
- Vidigal, S.M.; Facion, C.E.; Pacheco, D.D. 2002a. Avaliação de três cultivares de cebola na região Norte de Minas Gerais. In: Congresso Brasileiro de Olericultura, 42. 2002, Uberlândia. Anais... Uberlândia: SOB, CD-ROM.
- Vidigal, S.M., Pereira, P.R.G.E.; Pacheco, D.D. 2002b. Nutrição mineral e adubação da cebola. *Informe Agropecuário, Belo Horizonte* 23: 36 – 50.
- Vidigal, S.M.; Pereira, P.R.G.; Sediya, C.S.; Sediya, M.A.N.; Fontes, P.C.R. 2000. Produção de cebola influenciada por doses, fontes e parcelamento de nitrogênio em diferentes épocas de cultivo no verão. *Horticultura Brasileira* 18: 814 – 815.
- Zonta, E.P.; Machado, A.A. 1984. SANEST - Sistema de Análise Estatística para Microcomputadores. Registrado na Secretaria Especial de Informática sob nº 066060 - categoria A. Pelotas, RS: Universidade Federal de Pelotas IMED 2: 64 – 79.