

## ANÁLISIS DE ABSORCIÓN Y CONCENTRACIÓN DE NUTRIMENTOS

José J. Cortés  
Marco A. Moreira<sup>2</sup>

### RESUMEN

Análisis de absorción y concentración de nutrimentos en dos cultivares de papa (*Solanum tuberosum* L.) en la zona norte de Cartago. En la zona de Potrero Cerrado de Oreamuno de Cartago, Costa Rica, desde mayo a octubre de 1987, se realizó un experimento para determinar la absorción y el contenido de los nutrimentos N, P, K, Ca, Mg y S, Y su relación con las etapas de desarrollo de la planta, durante el ciclo del cultivo en los cultivares Atzimba y Granola. Se empleó un diseño de bloques completos al azar con un arreglo de parcelas divididas. La parcela grande correspondió a los cultivares y la subparcela a las edades de muestreo. El N, P Y K fueron los elementos que la planta absorbió en mayor cantidad o Las concentración foliares de N, P Y K tendieron a disminuir a medida que se avanzó en el ciclo de la planta mientras que el Ca ascendió durante el ciclo hasta llegar a un máximo al final del mismo. La mayor absorción de N, K, P, Mg Y Ca se presentó en el crecimiento del cultivo y se mantuvieron estables durante la etapa de llenado del tubérculo, excepto el P que inició su descenso en forma creciente hasta estabilizarse en la etapa

### ABSTRACT

Analysis of nutrient absorption and concentration in two potato(*Solanum tuberosum* L.) cultivars in Northern Cartago-Costa Rica. An experiment was conducted, from May to October of 1987, in Potrero Cerrado de Oreamuno in Northern Cartago-Costa Rica, to determine the N, P, K, Ca, Mg and S absorption and content and their relationship with the growing stages of the plant, during the crop cycle of the Atzimba and Granola potato cultivars. A Complete Randomized Block design with a split-plot arrangement was used. The large plot corresponded to the cultivars and the sub-plot to the msampling stages. The N, P and K were the elements absorbed in larger quantities o The foliar concentration of N, P and K tend to decrease along the growing cycle reaching its minimum by the end of the cycle. The largest N, P, K, Ca and Mg absorption took place during the growing period and remained stable during the stage of tuber filling, except for the P which started its descend in a growing way until stabilizing at the tuber maturation stage. The S absorption was cyclic during the whole crop's growing period The Mg concentrations raised in

<sup>1</sup> Extracto de la tesis de Ing. Agr., presentada por el primer autor a la Escuela de Fitotecnia, Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica.

<sup>2</sup> Mag. Sc. Programa de Hortalizas, Estación Experimental Fabio Baudrit M., Universidad de Costa Rica.

---

de maduración del tubérculo. La absorción de S fue cíclica durante todo el desarrollo del cultivo. las concentraciones de Mg aumentaron durante la etapa de crecimiento de la parte aérea y posteriormente se redujeron. La concentración foliar de S fluctuó a través del ciclo del cultivo y en general fue el nutrimento que presentó los niveles de concentración más bajos.

the aerial part during the growing stage and decreased later on. The foliar S concentration varied throughout the crop's cycle and as a whole, is the element which shows the lowest concentration levels.

---

### INTRODUCCION

La papa es una planta de crecimiento rápido con gran exigencia de nutrimentos para un ciclo vegetativo muy corto (Mackay *et al.* 1966).

Existen varios factores que pueden afectar el nivel óptimo de nutrimentos tales como suelo, cultivar y forma de muestreo. Los cambios en el porcentaje de ellos asociado con la edad de la planta hace difícil usar ese nivel como índice de suplemento de nutrimentos (Bærrug 1964); sin embargo, permite realizar un programa estable de fertilidad (De Paula *et al.* 1986).

La mayor absorción de N, K, Mg y S se lleva a cabo entre los 45-50 días después de la emergencia, durante el desarrollo vegetativo hasta el inicio de la tuberización; el P y el Ca fueron absorbidos en su mayoría hasta 80 días pos-emergencia, según datos obtenidos por Díaz (1969). Soltanpour

and Cole (1978), determinaron una disminución en el porcentaje de N, P y K durante el ciclo, mientras que el Ca aumentó. La cantidad de Mg absorbida disminuyó hacia la mitad del ciclo y aumentó al final del mismo.

El elemento básico para el cultivo de la papa es el nitrógeno. Su contenido en la planta se asocia en forma lineal con la magnitud y duración del índice de área foliar. Favorece el crecimiento rápido y aumenta la producción. Si se aplica nitrógeno en exceso, puede retardarse la maduración de la planta al favorecer excesivamente el crecimiento vegetativo el cual continua verde más allá del tiempo normal. La tasa de producción de materia seca tiende a disminuir bajo altos contenidos de nitrógeno, posiblemente por pérdidas ocasionadas por respiración, al aumentar el tamaño del área foliar y de la planta. A la vez altos suplementos de nitrógeno atrasan la tuberización.

---

El fósforo tiene una demanda crítica en las primeras etapas para estimular la formación y crecimiento temprano de las raíces laterales y fibrosas, debido a que contribuye favorablemente en la división celular y crecimiento (Houghland 1960). Chaverri (1976) cita que este elemento es básico para la maduración del tubérculo por lo que su concentración en el follaje desciende conforme avanza el ciclo de la planta (Guerra y Curbelo 1985; De Paula et al. 1986).

El potasio es esencial para la transferencia de los almidones, azúcares y aceites. Por eso es esencial para la papa debido a que las enzimas que sintetizan el almidón tienen un requerimiento específico por iones K<sup>+</sup> (Beringer et al. 1983). Durante el desarrollo de los tubérculos la planta exige abundante potasio asimilable, el cual influye en el rendimiento, la calidad del cultivo, contenido de materia seca, mancha negra en el tubérculo (enfermedad fisiológica producida por deficiencia de potasio), daño en el tubérculo, coloración azul después de cocinado y en la calidad de almacenamiento (Beukena y Zaag 1979). El calcio es un componente de la pared celular; su contenido en la parte aérea de la planta se informa como máxima al final del ciclo del cultivo, lo que evidencia la poca movilidad de este elemento hacia el tubérculo

(Jiménez 1974; De Paula 1986). Según Sowokinor (1976), algunas de las enzimas necesarias en la formación del almidón son la UDP-glucosa pirofosforilasa y la ADP-glucosa pirofosforilasa, las cuales logran su máxima actividad con un apropiado suministro de magnesio. En lo que respecta al azufre, este elemento tiene un patrón de absorción similar al magnesio (De Paula 1986).

El objetivo de este trabajo fue determinar la absorción y el contenido de nutrimentos N, P, K, Ca, Mg y S Y su relación con las etapas de desarrollo de la planta, durante el ciclo del cultivo.

## MATERIALES Y METODOS

El experimento se realizó en Potrero Cerrado de Oreamuno, Cartago, localizado a 2200 msnm 83° 52' longitud oeste y 09° 55' latitud norte. El periodo experimental fue de 150 días, en tre la primera semana de mayo y la primera semana de octubre de 1987.

El suelo del experimento se clasificó como un Andept, con una topografía casi plana y textura franco limosa. Las características físico-químicas del suelo se presentan en el Cuadro 1 y los valores de los principales factores climáticos registrados durante ese periodo se presentan en el Cuadro

**Cuadro 1.** Características químicas y físicas del suelo donde se realizó el Experimental<sup>1/</sup>. Oreamuno, Cartago, Costa Rica. 1987.

Característica	Valor
Materia orgánica (%)	5,11
pH agua	5,8
pH KCl	4,9
P (ug/ml suelo)	104,0
K (meq/100 ml suelo)	1,25
Ca (meq/100 ml suelo)	2,90
Mg (meq/ml suelo)	2,33
Al (meq/ml suelo)	0,75
Cu (ug/ml suelo)	9,00
Zn (ug/ml suelo)	1,00
Mn (ug/ml suelo)	7,00
S (ug/ml suelo)	41,00
Arena (%)	28
Arcilla (%)	15
Limo (%)	57
Nombre textual	franco limonoso
Densidad aparente (g/cm <sup>3</sup> )	1,00
Permeabilidad (cm/seg)	0,023
Porosidad (%)	54

<sup>1/</sup> Análisis realizado en el Centro de Investigaciones Agronómicas, Universidad de Costa Rica.

2. Se preparó el terreno y se sembró en surcos a una distancia de 0,25 m entre sí y 0,70 m entre surcos. Los tubérculos que se utilizaron para la siembra tenían aproximadamente 45 mm de diámetro. A la siembra se colocó una fertilización básica de 70-90-58 kg/ha de N, P y K, respectivamente; se usó la fórmula 10-30-10. Se hizo la aporca y una segunda fertilización de 30 kg/ha en N en forma de nitrato de amonio.

Se realizaron muestreos cada 15

días a partir de la siembra de los cultivos Atzimbay Granola para evaluar la absorción y concentración de nutrimentos durante el ciclo del cultivo. Debido a que los cultivos tienen diferente ciclo de vida, se incluyeron en el análisis estadístico las observaciones provenientes de los primeros siete muestreos para cada variable. Los tratamientos se dispusieron en un diseño de bloques completos al azar, en un arreglo de parcelas divididas. La parcela grande (factor A) correspondió a

**Cuadro 2.** Valores promedios de precipitación y temperaturas durante el ciclo de cultivo<sup>1/</sup>. Oreamuno, Cartago, Costa Rica. 1987.

Periodo DDS <sup>2/</sup>	Precipitación (mm)		Temperatura (°C)		
	Total	Diaria	Diaria	Máxima	Mínima
1-14	53,76	3,84	16,0	19,4	12,5
14-28	45,78	3,27	17,4	21,2	13,6
28-42	31,36	2,24	17,2	21,6	12,8
42-56	52,64	3,76	17,0	21,0	13,0
56-70	90,16	6,44	17,0	20,8	13,3
70-84	168,84	12,06	16,2	20,1	12,4
84-98	58,80	4,20	16,6	20,8	12,5
98-112	92,12	6,58	6,8:	20,5	13,1
112-126	53,90	3,85	16,9	21,4	12,4
126-140	118,02	8,43	17,0	21,6	12,5

<sup>1/</sup> Fuente: Estación Meteorológica Tierra Blanca, Instituto Meteorológico Nacional.

<sup>2/</sup> DDS: días después de la siembra.

los cultivares y la subparcela (factor B) a las edades de muestreo. Cada parcela experimental consistió de 4 lomillos de 1,5 m de largo. Para determinar la concentración y absorción de nutrientes, en cada muestreo se tomó de la tercera y cuarta hojas (lámina + peciolo) de cada planta, que se secaron a 70 °C por 72 horas y luego se molieron.

Para el análisis de nitrógeno se utilizó la metodología de Micro-Kjeldhal propuesta por Muller(1961). Para los otros elementos se hizo una digestión nitroperclórica. El P se determinó por colorimetría, el K, Ca y Mg por espectrofotometría y el S por tubimetría de acuerdo a los métodos dados por Díaz-Romeu Y Hunter (1978).

Las variables evaluadas fueron: a.) concentración de los elementos N, P, K, Ca, Mg y S en la planta; b.) absorción de los nutrientes N, P, K, Ca, Mg y S por las plantas, calculado con base en el peso seco.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Concentración de nutrientes

Las etapas que se presentan a continuación están fundamentadas en estudios realizados en los cultivares de papa Granola y Atzimba, el primero de ciclo corto y el último de ciclo semi-tardío. Estas etapas son:

- 1.-Establecimiento de la planta (0-28 DDS para Granola y de 0-42 DDS para Atzimba) en la cual hay un desarrollo de la parte aérea y formación de raíces. de nutrimentos no dejan de ser valederos para el resto del ciclo del cultivo. Estadísticamente los valores de concentración de todos los nutrimentos dieron diferencias altamente significativas para la interacción cultivar con edad de muestreo. En los primeros días de desarrollo del cultivo durante la formación del tubérculo se dió una disminución de la concentración foliar del N en ambos cultivares. Esto se puede explicar porque se presentó una disminución en la precipitación, como se observa en el Cuadro 2. El aumento en la concentración de N a los 42 DDS se debió a la fertilización que se realizó a los 35 DDS, ocho días antes del muestreo, aunque éste no fue un factor limitante puesto que el N aplicado fue tornado por el sistema radical de la planta. A los 56 DDS en la etapa de tuberización la concentración del N presentó una disminución en el contenido foliar, que puede atribuirse al paso de este elemento de la hoja al tubérculo como lo citó Kleinpkof (1981). Sin embargo, el cultivar Atzimba presentó mayor concentración de N debido a que tuvo un ciclo de vida más largo que Granola. Además el N favorece el crecimiento del follaje atrasando la etapa de maduración (Greenwood *et al.* 1985).
- 2.- La iniciación tuberosa que se da entre los 28-42 y 42-56 DDS; se caracteriza por la formación de estolones, crecimiento vegetativo e inicio de la formación de los tubérculos al final de esta etapa.
- 3.- En la etapa de tuberización ocurre el llenado del tubérculo, por lo tanto, la translocación de los asimilados a la parte subterránea; se da crecimiento vegetativa. Se puede citar entre los 42-84 y los 56-112 DDS.
- 4.- La última etapa es la maduración que abarca desde los 84-98 y 112-140 DDS; para Granola y Atzimba, se presenta la senescencia de la parte aérea y la maduración del tubérculo, respectivamente.

En los Cuadros 3 y 4 se presentan las concentraciones de los elementos para los cultivares Granola y Atzimba.

Durante la primera etapa de desarrollo; la planta tuvo un crecimiento muy fuerte, por lo que la extracción de nutrimentos fue alta en esa época. Sin embargo, el fuerte desarrollo y la alta extracción

El descenso en el contenido de N fue más rápido en el cultivar Granola desde los 42 DDS, debido a que presentó una fuerte tuberiza-

---

**Cuadro 3.** Porcentaje de concentración foliar de N, P, K, Ca, Mg y S del cultivar Granola en función del tiempo. Oreamuno, Cartago, Costa Rica. 1987.

Edad dds	N	P	K	Ca	Mg	S
14	6,13 a <sup>1/</sup>	0,61 b	3,78 d	0,50 g	0,39 g	0,32 a
28	5,30 b	0,64 a	6,58 a	1,05 e	0,57 c	0,23 d
42	5,33 b	0,57 c	4,48 b	1,00 f	0,72 a	0,23 d
56	4,92 c	0,36 d	4,24 c	1,14 d	0,69 b	0,21 g
70	4,13 d	0,29 f	4,52 b	1,20 c	0,45 d	0,29 b
84	3,54 e	0,29 f	4,18 c	1,23 b	0,42 e	0,28 c
98	2,90 f	0,30 e	3,00 e	1,30 a	0,42 e	0,23 d

<sup>1/</sup> Promedios con igual letra dentro de cada columna no difieren según prueba de Tukey (P≤0,5).

**Cuadro 4.** Porcentaje de concentración foliar de N, P, K, Ca, Mg y S del cultivar Atzimba en función del tiempo. Oreamuno, Cartago, Costa Rica. 1987.

Edad dds	N	P	K	Ca	Mg	S
14	6,25 a <sup>1</sup>	0,57 b	5,72 a	0,60 i	0,38 g	0,32 a
28	5,27 bc	0,60 a	5,90 a	1,00 c	0,58 c	0,25 e
42	5,35 b	0,54 c	3,88 c	0,67 g	0,63 b	0,24 f
56	5,12 c	0,54 c	4,24 bc	0,55 j	0,66 a	0,28 c
70	4,86 d	0,50 d	4,38 b	0,64 h	0,43 d	0,32 a
84	4,77 d	0,45 e	4,30 bc	0,74 f	0,41 e	0,28 c
98	4,36 e	0,32 f	3,78 c	0,95 d	0,38 f	0,25 e
112	4,02 f	0,30 f	4,62 b	0,91 e	0,36 h	0,26 d
126	2,93 g	0,28 f	2,80 d	1,41 b	0,39 g	0,29 b
140	2,83 g	0,29 f	3,22 c	1,52 a	0,44 d	0,24 f

<sup>1/</sup> Promedios con igual letra dentro de cada columna no difieren según prueba de Tukey (P≤0,5).

ción, que requirió del elemento para la formación de proteínas y aminoácidos; esto sugiere que hubo una excelente translocación del elemento a la parte subterránea.

Ya en esta etapa el área de foliaje empezó a disminuir; la planta entró en la etapa de maduración del tubérculo y en la posterior senescencia de la parte vegetativa.

Aunque existió absorción de nutrientes por parte de la planta, el descenso de la concentración de N no fue compensado con la absorción del elemento al llegar a dicha etapa y disminuir el crecimiento vegetativo. La pérdida de N por el follaje estimuló la maduración temprana, que caracteriza a Granola. La mayor parte del N fue extraído del suelo antes y durante la floración hasta 56 DDS en ambos cultivares, como se observa en los Cuadros 3 y 4, el cual muestra un descenso a partir de ese momento sin que signifique que la absorción haya cesado por completo, según concluye Zaag (1973).

La adición de N a la planta se debe hacer tomando en cuenta varios factores tales como el contenido de materia orgánica del suelo, época del año (por posibles problemas de lixiviación o excesiva succulencia de la planta) y el tipo de crecimiento del cultivar (precoz o tardío), debido a que una sobredosificación va a estimular un excesivo crecimiento de la parte aérea de la planta en detrimento del crecimiento subterráneo y por ende, del tubérculo como lo mencionan Sattelmacher y Marschner (1978). Por el contrario la subdosificación será motivo de maduración temprana del cultivo, ya que la duración del área foliar se reducirá y en consecuencia, también el rendimiento de la planta. El exceso de N puede reducir la grave-

dad específica del tubérculo, como lo informaron Soltanpour y Cole (1978). Dicha reducción es indeseable para la papa industrial.

En lo que al K se refiere, el cultivar Atzimba presentó un contenido más alto, pero al igual que el N, este elemento disminuyó en el transcurso del ciclo de vida. probablemente la translocación sea a la parte subterránea. Beringer, et al. (1983), demostraron que ese descenso se debe a que es un elemento vital en la translocación de asimilados de la fuente (área foliar) al sumidero (tubérculo).

A los 70 DDS y a los 112 DDS se presentó un ascenso en la concentración de K para los cvs. Granola y Atzimba, respectivamente. Ese ascenso coincidió con la etapa de maduración del tubérculo.

El descenso en la concentración foliar de K a partir de los 84 DDS en Granola y a partir de los 112 DDS en Atzimba, se atribuye a la maduración del tubérculo. Durante el llenado del tubérculo es cuando el K sería importante, ya que ese elemento es esencial para la transferencia del almidones y azúcares a la parte subterránea. En la etapa de maduración del tubérculo da inicio la senescencia de la parte vegetativa lo que favoreció la absorción de K, según citan Beringer et al. (1993).

---

La relación N/K fue semejante en cada muestreo, con un valor de 1,07 en ambos cultivares, lo que indica que no existió más avidez por un elemento que por el otro. El K ejerce un efecto compensador sobre el N y P. A pesar de lo que se mencionó anteriormente de que el K es importante para el desarrollo de los tubérculos, el cultivar Granola presentó una tasa de tuberización superior; se descarta con ese resultado el que ese cultivar tenga una tasa más alta de tuberización que Atzimba.

Aunque el P es un elemento importante desde el punto de vista biológico de la papa, las concentraciones que se dieron en el tejido foliar no fueron altas en comparación con el N, K y Ca; no obstante, se hace necesario analizar su comportamiento. En ambos cultivares se encontraron tres etapas bien delimitadas. La primera hasta los 42 DDS para Granola y 28 DDS para Atzimba donde se presentó un incremento de la concentración de P. Una segunda etapa en la cual se observó un descenso hasta los 70 DDS en Granola y a los 98 DDS, en Atzimba. En la última etapa la concentración permaneció casi constante, 70-98 DDS y 98-140 DDS en Granola y Atzimba, respectivamente. En la segunda parte se da un descenso que se puede atribuir al movimiento del elemento a la parte subterránea, donde cumple funciones básicas en la acumula-

ción de almidón, como la cita Houghland (1960). Así se puede decir que en ese periodo se da la mayor translocación del nutrimento al tubérculo. En Granola, la segunda etapa es más corta debido a que la concentración de P desciende de manera abrupta para nutrir la fuerte necesidad ante una tuberización precoz.

El Mg aumentó la concentración en el follaje hasta los 42 y 56 DDS para Granola y Atzimba, respectivamente, durante la tuberización. Luego presentó un descenso hasta el final del ciclo para Granola y hasta los 112 DDS para Atzimba. Este elemento debe ser absorbido por la planta en la cantidad necesaria para cumplir el ciclo antes de la finalización del crecimiento vegetativo; de esta manera hace pensar que si la absorción ocurre al final del ciclo, gran parte de lo absorbido podría quedar en el follaje; más la posible resistencia que puede crear el peciolo en su movimiento (Holmd y Nylund 1978), dan razón al incremento en concentración del Mg entre 112-114 DDS en Atzimba. Es un nutrimento fuertemente absorbido durante la etapa vegetativa y de importancia en la acumulación de biomasa en la parte subterránea, como lo describe Sowkinor(1976).

El Ca es un elemento poco móvil (De Paula 1986), lo que le convierte en un nutrimento con un compor-

tamiento diferente y que en el transcurso del tiempo normalmente se incrementa esa concentración.

Si se compara la concentración foliar de ambos cultivares se puede observar que Atzimba mostró un menor contenido de Ca que Granola, lo que se demuestra estadísticamente ya que hubo diferencias significativas para dichos datos.

El S se presentó en menor concentración que los otros elementos en ambos cultivares pero con un comportamiento cíclico (aumento-descenso-aumento-descenso). En Atzimba se observó una mayor concentración sin que ésta sea drástica. Es un elemento poco móvil, forma parte de compuestos proteícos, por lo tanto su variación estacional va a regirse de acuerdo con el movimiento de estos compuestos orgánicos.

### Absorción de Nutrientos

En los Cuadros 5 y 6 se presenta el porcentaje de absorción foliar de los elementos para los cultivares evaluados.

A la papa se le llama cultivo energético porque acumula una gran cantidad de carbohidratos, para lo cual requiere altas cantidades de nutrientes. La cantidad de nutrientes que son absorbidos por la planta están en proporción directa con la biomasa producida, de ahí que el patrón mostrado dependa de la materia seca foliar presente al momento de la determinación de la concentración de nutrientes. De esa manera se puede decir que el orden de concentración es similar al de absorción; por eso éste sería  $N > K > Ca > Mg > P > S$  en ambos cultivares.

**Cuadro 5.** Absorción foliar (kg/ha) de N, P, K, Mg y S del cultivar Granola en función del tiempo. Oreamuno, Cartago, Costa Rica. 1987.

Edad dds	N	P	K	Ca	Mg	S
14	4,00 c <sup>1</sup>	0,40 d	2,47 d	0,32 c	0,25 d	0,21 c
28	27,76 bc	3,35 cd	34,36 bc	5,48 c	2,98 cd	1,21 de
42	95,6 1 a	10,25 a	78,89 ab	18,84 ab	13,04 a	4,11 ab
56	96,90 a	7,00 b	83,50 a	22,59 a	13,53 a	4,14 ab
70	75,47 a	5,25 bc	82,62 ab	21,87 a	8,22 b	5,25 a
84	43,74 b	3,64 cd	51,61 b	15,22 b	5,20 bc	3,45 bc
98	27,79 bc	2,89 cd	28,82 c	12,46 b	4,08 cd	2,22 cd

<sup>1/</sup> Promedios con igual letra dentro de cada columna no difieren según prueba de Tukey ( $P \leq 0,5$ ).

**Cuadro 6.** Absorción foliar (kg/ha) de N, P, K, Ca, Mg, y S del cultivar Atzimba en función del tiempo. Oreamuno, Cartago, Costa Rica. 1987.

Edad dds	N	P	K	Ca	Mg	S
14	5,23 d <sup>1/</sup>	0,48 d	5,77 d	0,50 d	0,32 e	0,26 e
28	48,44 c	5,50 c	54,21 c	9,27 c	5,29 d	2,28 d
42	99,17 abc	10,00 bc	71,82 bc	12,47 bc	11,62 b	4,45 c
56	122,12 a	12,82 a	101,22 ab	13,15 bc	15,74 a	6,63 ab
70	117,40 ab	12,09 ab	105,73 a	15,41 abc	10,40 bc	7,74 a
84	101,52 ab	9,60 bc	91,37 ab	15,69 ab	8,74 bcd	5,92 bc
98	91,07 b	6,70 c	78,74 bc	19,80 ab	7,89 cd	5,22 bc
112	76,67 b	5,70 c	88,09 ab	17,39 ab	6,79 d	4,91 bc
126	43,93 c	4,91 c	42,06 c	21,10 a	5,85 d	4,32 c
140	32,60 c	3,36 cd	37,19 c	17,46 ab	5,03 d	2,79 d

<sup>1/</sup> Promedios con igual letra dentro de cada columna no difieren según prueba de Tukey (P≤0,5).

Debido a que el cultivar Grano-la presenta menor producción de materia seca, se da una menor absorción. La mayor absorción de nutrimentos se presentó cuando hubo mayor crecimiento vegetativo; esto ocurrió en la primera mitad del ciclo del cultivo (crecimiento vegetativo y tuberización), producto de la absorción de nutrimentos que suplen las necesidades nutricionales de la planta, como lo expone Díaz(1969). De esa manera se respalda la eficiencia de la fertilización a la siembra y al momento de la aporca, como se ha practicado corrientemente.

El N es el elemento más absorbido; la mayor parte es extraído del suelo antes y durante la flo-

ración hasta los 42 y 56 DDS en Granola y Atzimba, respectivamente, cuando se lleva a cabo el llenado del tubérculo, mostrando un descenso para ambos cultivares desde los 42 y 56 DDS, sin que eso signifique que la absorción ha cesado por completo (Zaag 1973).

El K es otro elemento que fue absorbido en gran cantidad por la planta. Es importante en el transporte de azúcares, demostrando su gran contribución para que la papa sea llamado cultivo energético. El suelo que se utilizó en el ensayo es de origen volcánico por lo tanto no es limitante por sí mismo al encontrarse en niveles altos en el suelo; cuando se estudia en razón de su equilibrio con el Mg y el

Ca, se podría crear inconvenientes para obtener un adecuado balance nutritivo en la planta. En los Cuadros 5 y 6 se observa que los valores son mayores a los 56 y 70 días para los cultivares Granola y Atzimba, respectivamente; quince días después se presenta la mayor cantidad de tubérculos en ambos cultivares.

La absorción de P es crítica en etapas tempranas, cuando es necesaria la formación de raíces; no obstante su absorción continúa en la etapa de maduración, como lo estableció Montaldo (1984). Comparando este elemento con el N y el K la cantidad extraída por ambos cultivares no es tan sobresaliente; pero su importancia biológica, la limitada capacidad de absorción por la planta y los problemas de disponibilidad en el suelo justifican que sea un nutrimento que se debe de tener presente siempre en este cultivo.

Los elementos Ca y Mg son menos absorbidos que el K; los tres son muy importantes; los equilibrios catiónicos en el suelo basados en estos elementos son básicos y es necesario conocerlos para afirmar ante cualquier programa de fertilización, si hay que adicionar o no alguno de ellos. Al observar el Cuadro 1, el contenido de Mg, K y S fue aceptable; no se manifestaron síntomas de deficiencia y la planta los absorbió en cantidades adecuadas.

La fertilización recomendada en materiales y métodos, o sea, aplicar todo el P, K y la mitad del N a la siembra y la otra mitad del N con la aporca, son correctas de acuerdo con el patrón de absorción del cultivo. La segunda fertilización nitrogenada es conveniente hacerla antes de la apertura de la primera yema floral, al ocurrir la iniciación tuberosa en el caso de cultivares que florecen. Por el contrario sería conveniente hacerlo al mes de sembrada la papa.

Se puede concluir que las mayores concentraciones de N, P y K se presentaron en los primeros 42-56 DDS para ambos cultivares. Esta etapa corresponde al crecimiento de la parte aérea y tuberización. Luego estos elementos descendieron en concentración hasta el final del ciclo del cultivo, mientras que el Ca ascendió durante el ciclo hasta llegar a su máxima absorción al final del mismo debido a que el Ca es un elemento poco móvil. Con el Mg se dio una mayor concentración en la fase de crecimiento de la planta y durante el inicio de la tuberización (0-42, 0-56 DDS para los cultivares Granola y Atzimba, respectivamente). El azufre se mantuvo en ascenso pero en forma cíclica durante el tiempo de cultivo; asciende hasta los 70 DDS durante la etapa de tuberización y luego desciende. Esta situación se presentó en ambos cultivares.

---

Las mayores absorciones de N, K, P, Mg y Ca se observaron durante la etapa de crecimiento y se mantuvieron estables durante la etapa de llenado del tubérculo; excepto el P que inició su descenso en forma creciente hasta estabilizarse en la etapa de maduración del tubérculo. El Ca presentó una curva ascendente con su máxima absorción en la etapa de maduración para ambos cultivares.

Asistencia Técnica Local (Boletín Técnico 45) 17 p.

#### LITERATURA CITADA

- BAERUG, R. 1964. Total and NO<sub>3</sub> nitrogen level in different parts of haulm as index of nutritional status. *Sur Potato Journal (Hol.)* 7: 133-143.
- BERINGER, H. et al. 1983. Water relationships and incorporation of 14 C assimilates in tubers of potato plants differing in potassium nutrition. *Plant Physiology* 73: 956-960.
- BEUKENA, H.P.; ZAAG, D.E. VAN DER. 1979. Potato improvement. Some factors and facts. International Agricultural Centre, Netherlands. 224 p.
- CHAVERRI, B. 1976. Estudio sobre la interacción P-Zn en el cultivo de la papa. Tesis Ing. Agr. San José, Costa Rica, Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica. 42 p.
- DE PAULA, M. et al. 1986. Produção de materia seca e absorção de macronutrientes por cultivares de batata. *Horticultura Brasileira (Bra)* 4:10-16.
- DIAZ, C. 1969. Adubação da batatinha. Brasil, Campinas Coordenadora de
- DIAZ-ROMEY, R.; HUNTER, A. 1978. Metodología de muestreo de suelos, análisis químico de suelo y tejidos vegetales e investigación en invernadero. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 62 p.
- GREENWOOD, J. et al. 1985. Response of potatoes to N fertilizer: quantitative relations for components of growth. *Plant and Soil (Hol.)* 85: 163-183.
- GUERRA, A.; CURBELO, R. 1985. Fertilización fosfórica de la papa 1: cambios cualitativos y cuantitativos en el tubérculo durante su desarrollo. *Agrotecnia de Cuba (Cuba)* 17:95-100.
- HOLM; NYLUND, R. 1978. Uses of mineral element content of potato epitioles for predicting yield potential. *American Potato Journal* 55: 291-304.
- HOUGHLAND, G. 1960. The influence of phosphorus on the growth and physiology on the potato plant. *American Potato Journal* 37: 127-138.
- JIMENEZ, M. 1974. Respuesta el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) a la fertilización potásica en siembra de verano. Tesis Ing. Agr., San José, Costa Rica, Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica. 59 p.
- KLEINPKOF, G. et al. 1981. Dry matter production and nitrogen utilization by six potato cultivars. *Agronomy Journal* 73: 799-802.
- MACKAY, D. et al. 1966. Optimum nutrient levels in potato leaves (*Solanum tuberosum*). *Soil Science of American proceeding* 30: 73-76.

- MONTALDO, A. 1984. Cultivo y mejoramiento de la papa. San José, Costa Rica, IICA. 706 p.
- MULLER, L. 1961. Un aparato microkjeldahl simple para análisis rutinarios de materiales vegetales. *Turrialba* (Costa Rica) 11:17-25.
- SATTELMACHER, B. ; MARSCHNER, H. 1978. Relation between nitrogen nutrition, cytokinin activity and tuberization in (*Solanum tuberosum*). *Physiologia Plantarum* (Dinamarca) 44:65-68.
- SOLTANPOUR, R.; COLE, C. 1978. Ionic balance growth of potatoes a s affected by N plus P fertilization. *American Potato Journal* 55:549-560.
- SOWOKINOR, J. 1976. Pyrophosphorylases in (*Solanum tuberosum*). *Plant Physiology* 57: 63-68.
- ZAAG, D.E. VAN DER. 1973. La papa y su cultivo en los países bajos. Holanda. Instituto Holandés de Consulta sobre papa. sp.
-