

INTERSEDES

REVISTA ELECTRÓNICA DE LAS SEDES REGIONALES DE LA UNIVERSIDAD DE COSTA RICA



Alusivo al XL Aniversario de la Sede Guanacaste

*Curvas de absorción de nutrientes bajo dos métodos de fertilización en sandía,
en Guanacaste, Costa Rica*

Edgar V. Vega Villalobos
Rafael E. Salas Camacho

WWW.INTERSEDES.UCR.AC.CR
Vol. XIII, N°26 (2012)
ISSN 2215-2458

Consejo Editorial Revista InterSedes
Director de la Revista:
Dr. Edgar Solano Muñoz. Sede de Guanacaste

Consejo Editorial:
M.Sc. Jorge Bartels Villanueva. Sede del Pacífico
M.Sc. Oriester Abarca. Sede del Pacífico
M.L. Guillermo González. Sede Atlántico
Dra. Marva Spence. Sede Atlántico
M.L. Mainor González Calvo. Sede Guanacaste
Ing. Ivonne Lepe Jorquera. MBA. Sede Limón
Dra. Ligia Carvajal. Sede Limón

Editor Técnico:
Bach. David Alonso Chavarría Gutiérrez. Sede Guanacaste
Asistente:
Guadalupe Ajum. Sede Guanacaste
Fotografía de caratula: cortesía de Roberto Cerdas

Consejo Científico Internacional
Dr. Raúl Fernet-Betancourt. Universidad de Bremen, Alemania.
Dra. Pilar J. García Saura. Universidad de Murcia.
Dr. Werner Mackenbach. Universidad de Potsdam, Alemania. Universidad de Costa Rica.
Dra. Gabriela Marín Raventós. Universidad de Costa Rica.
Dr. Mario A. Nájera. Universidad de Guadalajara, México.
Dr. Xulio Pardelles De Blas. Universidad de Vigo, España.
M.Sc. Juan Manuel Villasuso. Universidad de Costa Rica.

Indexación: Latindex / Redalyc
Licencia de Creative Commons

Revista Electrónica de las Sedes Regionales de la Universidad de Costa Rica, todos los derechos reservados.

Intersedes por intersedes.ucr.ac.cr está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 3.0 Costa Rica License.



Curvas de absorción de nutrientes bajo dos métodos de fertilización en sandía, en Guanacaste, Costa Rica

Nutrient absorption curves under two fertilization methods in watermelon in Guanacaste, Costa Rica

Edgar V. Vega Villalobos¹
Rafael E. Salas Camacho²

Recibido: 01.09.12

Aprobado: 06.10.12

Resumen

En la Finca Experimental de Santa Cruz, Guanacaste, en el año 2005, se evaluó el efecto de dos modalidades de fertilización en el cultivo de la sandía (*Citrullus lanatus*(Thunb) Matsum & Nakai cv. Mickeylee): fertilización líquida aplicada en el agua de riego y el abonamiento granular y foliar aplicado por el método convencional. Se prepararon dos lotes de 300 m² y se realizaron muestreos al azar de plantas y se analizó el contenido de nutrimentos en su parte vegetativa, productiva y sistema radical en las etapas de 15, 21, 27,33, 40, 45, 51, 57 y 63 dds., para ambas modalidades de fertilización. En los primeros 33 días del ciclo del cultivo, la absorción de nutrimentos fue muy lenta, luego la planta incrementó fuertemente la producción de materia seca y acumulación de elementos nutritivos hasta el final de su ciclo (63 dds). Los picos de máxima absorción ocurrieron entre los 51 y 57 dds en ambos sistemas de abonamiento, coincidiendo con la etapa de mayor producción y desarrollo de frutos. La acumulación de nutrimentos en orden decreciente, para los dos sistemas de fertilización, fue similar y se denotan: K>N>Ca>Mg>P>Fe>S>Mn>Zn>Cu. La absorción total de nutrimentos en el sistema de fertirriego fue de un 30% y en el convencional de un 20%, desde la siembra hasta la etapa de prefloración (1-33 dds), el 70 % restante de absorción en el fertirriego y el 80 % en el convencional, se dio desde la etapa de floración hasta el llenado de frutos (40-57 dds). El sistema de fertilización (fertirriego) es el más recomendable, por ser más eficaz (mayor fraccionamiento de los fertilizantes), mejor utilizado por la planta, menor uso de mano de obra.

Palabras clave: Santa Cruz, *Citrullus lanatus*, fertirriego, fertilización convencional, fruticultura.

Abstract

This study was carried out to evaluate the effect of: liquid fertilization, applied with drip irrigation and granular fertilizer applied to soil and foliage on watermelon (*Citrullus lanatus*(Thunb) Matsum & Nakai cv. Mickeylee, at the experimental station Santa Cruz, Guanacaste, in 2005. Prepared two batches of 300 m² and were sampled at random from plants and were analyzed for nutrients in the

¹ Costarricense. Docente e investigador de la Finca Experimental de Santa Cruz. Universidad de Costa Rica. Email: edgar.vega@ucr.ac.cr

² Costarricense. Docente e investigador. Centro de Investigaciones Agronómicas. Universidad de Costa Rica. Email: rafael.salas@ucr.ac.cr

vegetative part, productive and root system in the stages of 15,21,27,33,40,45,51, 57 and 63 d.a.s., for both modes of fertilization. On the first 33 days of the crop cycle, growth and nutrient absorption were very slow; therefore, the plant increased the dry matter production and nutrient accumulation until the end of the cycle (63 days). Maximum absorption peaks occurred between 51 and 57 days on both fertilization systems, coinciding with the highest production stage and fruit development. Nutrient accumulation on decreasing order, for both fertilization systems, was similar: K>N>Ca>Mg>P>Fe>S>Mn>>Zn>>Cu. The total nutrient absorption of fertilization with drip irrigation was 30% and 20% with the conventional system from establishment to pre-flowering (1–33 days after planting), and 70% absorption with drip irrigation and 80% in conventional system from flowering to fructification (40 to 57 days after planting). Regardless the lack of statistical differences, drip irrigation is more advisable because is more efficient, split application of fertilizer is easier, less labor is required.

Keywords: Santa Cruz, *Citrullus lanatus*, fertigation, conventional fertilization, fruits crop

Introducción

La sandía es un cultivo tradicional en las áreas bajas de la Región Chorotega, en donde el pequeño agricultor, por los bajos precios del producto (0.14 a 0.18 \$ por kilo), con el afán de superarse y poder competir por mejores réditos, adoptó una serie de tecnologías agrícolas utilizadas en otros cultivos, especialmente del melón.

El sistema de riego por goteo, la densidad de siembra, programas sofisticados de fertilización y la fertirrigación son algunas de las técnicas nuevas que adoptaron y en las que algunos productores han tenido éxito, pero otros no, debido a la falta de conocimiento con respecto a: épocas de mayor absorción de nutrimentos, fuentes y técnicas de aplicación de fertilizantes, la falta de información de las características físicas y químicas del suelo, así como el empleo de agua de baja calidad. En general, el manejo racional de la nutrición de un cultivo exige un dominio de los conceptos fisiológicos y edáficos y de otros factores relacionados con la producción (Etchevers, 1997; Castellanos, 1997).

Por lo general, la fertilización y el método de aplicación son las prácticas de manejo más importantes en el cultivo de la sandía, de ahí que la determinación de la curva de absorción de nutrimentos, así como la mejor técnica de aplicación permitirían el mejor aprovechamiento de los nutrimentos por la planta y por ende, una mayor producción y un menor costo para el productor.

La curva de absorción de nutrimentos determina las cantidades extraídas por la planta, a través de su ciclo de vida y permite definir un programa de fertilización adecuado para el cultivo, que considere tanto la cantidad de abono, como la época idónea para hacer las aplicaciones (Molina, et al., 1993, Sancho, 1999, Misle 2006, Rincón, et al., 1998).

En trabajos realizados con el cultivar Crimsom Jewel, Bertsch y Ramírez (1997), encontraron que las etapas fenológicas de mayor absorción de nutrimentos en sandía tienen lugar durante la emisión de guías e inicio de la floración y en la floración y llenado de frutos. Determinaron que la absorción de los nutrimentos N, Ca, y Mg alcanza su máximo a los 50 días después de la siembra (dds), mientras que la mayor proporción del K (65%) se consumió en forma constante en los últimos 20 días del cultivo. La absorción de P fue gradual durante todo el ciclo del cultivo, de ahí la importancia de fraccionar la aplicación de este elemento. La concentración de elementos menores en los tejidos de sandía no presentó un patrón definido. Misle (2003) indica que los requisitos nutricionales de una plantación están también relacionados con variables como la temperatura y el fotoperíodo ya que se conoce que el desarrollo y los diferentes órganos de la planta y su demanda de nutrimentos dependen de esas variables.

Debido a que el cultivo de sandía tiene una gran demanda de fertilizantes durante un corto tiempo, la fertilización continua mediante la aplicación de abonos en dosis reducidas y frecuentes, provoca un aumento notable en la productividad y en la calidad de la cosecha (Calvo, 1996).

La fertirrigación o la aplicación de abonos químicos con el agua de riego, es una práctica en la que se añaden pequeñas cantidades de fertilizantes durante todo el período de crecimiento de las plantas, con las ventajas de que la disponibilidad de nutrimentos es constante, y el costo de verterlos al sistema de riego es bajo y no causa problemas de deficiencia o toxicidad a las plantas (Calvo, 1996; Pinto y Monteiro, 1995, Bhella, H., 1988).

El objetivo del presente trabajo fue determinar la efectividad del método de fertilización en sandía (*Citrullus lanatus* (Thunb) sobre la de absorción de nutrimentos.

Materiales y métodos

El trabajo se llevó a cabo en el año 2005, en la Finca Experimental de la Universidad de Costa Rica en Santa Cruz Guanacaste, la cual se encuentra a una elevación promedio de 50 msnm. En la zona, imperan condiciones de altas temperaturas (24-32°C) y precipitaciones que oscilan entre 1000 y 2000 mm al año, con un período de 4 a 6 meses secos. Presenta una humedad relativa promedio anual de 74 % en la época húmeda y velocidades del viento que van desde 20 hasta 50 ó más km.h^{-1} con rumbo noreste-este en la época seca (Paniagua, 1997).

El suelo donde se desarrolló el experimento es un Vertic Rhodustalf, con un pH 6,7 y un contenido de materia orgánica de 3,3%, con contenidos de Ca, Mg, K y acidez intercambiable de 26,50, 7,84 , 0,18 y 0,14 $\text{cmol}(+).\text{L}^{-1}$ respectivamente.

Además los contenidos de P y S disponibles corresponden a 5 y 1,2 mg.L⁻¹ respectivamente. La textura del suelo es arcillosa en todo el perfil, con una densidad aparente en el horizonte Ap de 1,26 g.ml⁻¹ y una conductividad hidráulica de 2,34 cm.h⁻¹.

El terreno se preparó con dos pasadas de rastra, se demarcaron dos lotes de 300 m², a cada uno se le aplicó un acolchado plástico y un sistema de riego por goteo, en una dosis diaria de 8 litros de agua por planta. Se utilizó el cultivar de sandía Mickeely y la siembra se hizo 1,0 m entre plantas y la distancia entre hileras fue de 15 m.

Se aplicó una fertilización establecida en una dosis de 88, 85, 108, 5,26, 2,48 y 0,88 kg.ha⁻¹ de N, P₂O₅, K₂O, S, Zn y H₃BO₃, en fertirriego para un lote y en forma convencional para el otro.

La aplicación de fertilizantes fue fraccionada (fertilización convencional y fertirriego).

La fertilización convencional se realizó con abonos granulados más aplicaciones foliares, en la fertirrigación se utilizaron fertilizantes líquidos y sales solubles. El Cuadro 1 presenta las fuentes de fertilizantes, la frecuencia de aplicación y las dosis utilizadas.

Cuadro 1: Fuentes de fertilización, frecuencia de aplicación y dosis utilizadas para los métodos de fertirriego y fertilización convencional en sandía, Santa Cruz, Guanacaste 2005

dds	Fertirriego (fuentes)	Dosis. ha ⁻¹	Fertilización convencional (Fuentes y modo de empleo)	Dosis. ha ⁻¹
6	Fosfato monaamónico (MAP) 31-0-0 0-0-14,5	123 kg 30,7 L 147,1 L	10-30-10 (granulado al suelo)	250 kg
9	31-0-0 0-0-14,5	19,62 L 44,86 L	-----	-----
13	Nitrato de calcio 31-0-0 0-0-14,5	2,25 kg 19,62 L 44,86 L	Nitrato de calcio (foliar)	2.25 kg
16	Fosfato monoamónico (MAP) 31-0-0 0-0-14,5	4,92 kg 24,27 L 56,62 L	20-3-20 (granulado al suelo)	100 kg
18	Ácido bórico	1 kg	Ácido bórico (foliar)	1.0 kg
23	Sulfato de zinc monohidratado 31-0-0 0-0-14,5	3,5 kg 14,99 L 33,10 L	Sulfato de zinc monohidratado (foliar)	3.5 kg
28	Acido bórico 31-0-0 0-0-14,5	1 kg 14,99 L 33,10 L	Acido bórico (foliar)	1.0 kg
34	Sulfato de zinc monohidratado 31-0-0 0-0-14,5	3,5 kg 19,63L 44,86	Sulfato de zinc monohidratado (foliar)	3.5 kg
40	Fosfato monoamónico (MAP) 31-0-0 0-0-14,5	4,92 kg 19,63 L 44,86 L	20-3-20 (granulado al suelo)	100 kg
43	Acido bórico 31-0-0 0-0-14,5	1,5 kg 15,3 L 54,78 L	Ácido bórico (foliar)	1.5 kg
46	Nitrato de calcio 31-0-0 0-0-14,5	2,25 kg 15,31 L 54,78 L	Nitrato de calcio (foliar)	2.25 kg
52	Acido bórico 31-0-0 0-0-14,5	1,5 kg 20,11 L 77,38 L	Ácido bórico (foliar)	1.5 kg
55	Fosfato momoamónico (MAP) 31-0-0 0-0-14,5 3-0-9-0-10	6,56 kg 20,11 L 77,38 L 40,0 L	15-3-28-3 (granulado al suelo)	150 kg
58	Nitrato de potasio	2,0 kg	Nitrato de potasio (foliar)	2.0 kg

dds = días después de la siembra MAP= siglas en inglés de fosfato monoamónico.

Los muestreos fueron al azar dentro de cada lote y consistió de tres plantas completas a los 15, 21, 27 y 33 dds. a las cuales se les determinó peso de materia fresca y seca. En los siguientes muestreos (40, 45, 51, 57 y 63 dds) se muestreo una unidad de producción (planta entera), la cual se separó en tres partes: vegetativa, productiva y sistema radicular. De las dos primeras partes se tomó una submuestra de 1 kg de materia fresca que se secó a 70°C por 48 horas, y el sistema radical se evaluó completamente

El P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn y Mn se analizaron por digestión nitroperclórica, el N por destilación en microkjeldhal y el S por turbimetría (Briceño y Pacheco, 1984). Con los valores de peso de la materia seca en g.planta^{-1} y de concentración foliar de cada elemento en porcentaje y mg.kg^{-1} se construyeron las curvas de absorción de los nutrimentos

Resultados y discusión

Curvas de absorción

La absorción de nutrimentos estuvo relacionada con la acumulación de materia seca, a mayor acumulación de ésta, se incrementó la absorción de elementos nutritivos. Estudios realizados por Bertsch y Ramírez (1997) muestran que la mayor acumulación de materia seca en sandía corresponde al follaje y solo un 37% es lo que llega a convertirse en fruto, lo que se refleja posteriormente en los valores de absorción de los diferentes nutrimentos.

Nitrógeno. La absorción de N mostró un comportamiento muy parecido para los dos sistemas de aplicación de fertilizantes. En el sistema de fertirriego (Figura 1) el máximo pico de absorción total de N se dio durante las etapas de floración y llenado de frutos (40-51 dds). Este elemento tiene una gran influencia fisiológica en estas etapas, en donde una deficiencia puede disminuir el crecimiento de guías en un 25 %, reducir en un 35% la producción de flores macho y en un 55 % la formación de las flores hermafroditas, por lo que afecta la producción de frutos (Chirinos, 2000).

Durante el período de evaluación (63 días), la mayor absorción de N se observó a los 51 dds cuando se aplicó fertirriego, mientras que para la fertilización convencional, la máxima absorción se presentó a los 57 dds.

Posteriormente la absorción de N decrece rápidamente una vez que los frutos de sandía han alcanzado la madurez fisiológica (Chirinos, 2000) por lo tanto, no se justifican fertilizaciones después de esta época, como bien lo apunta Bertsch (2000).

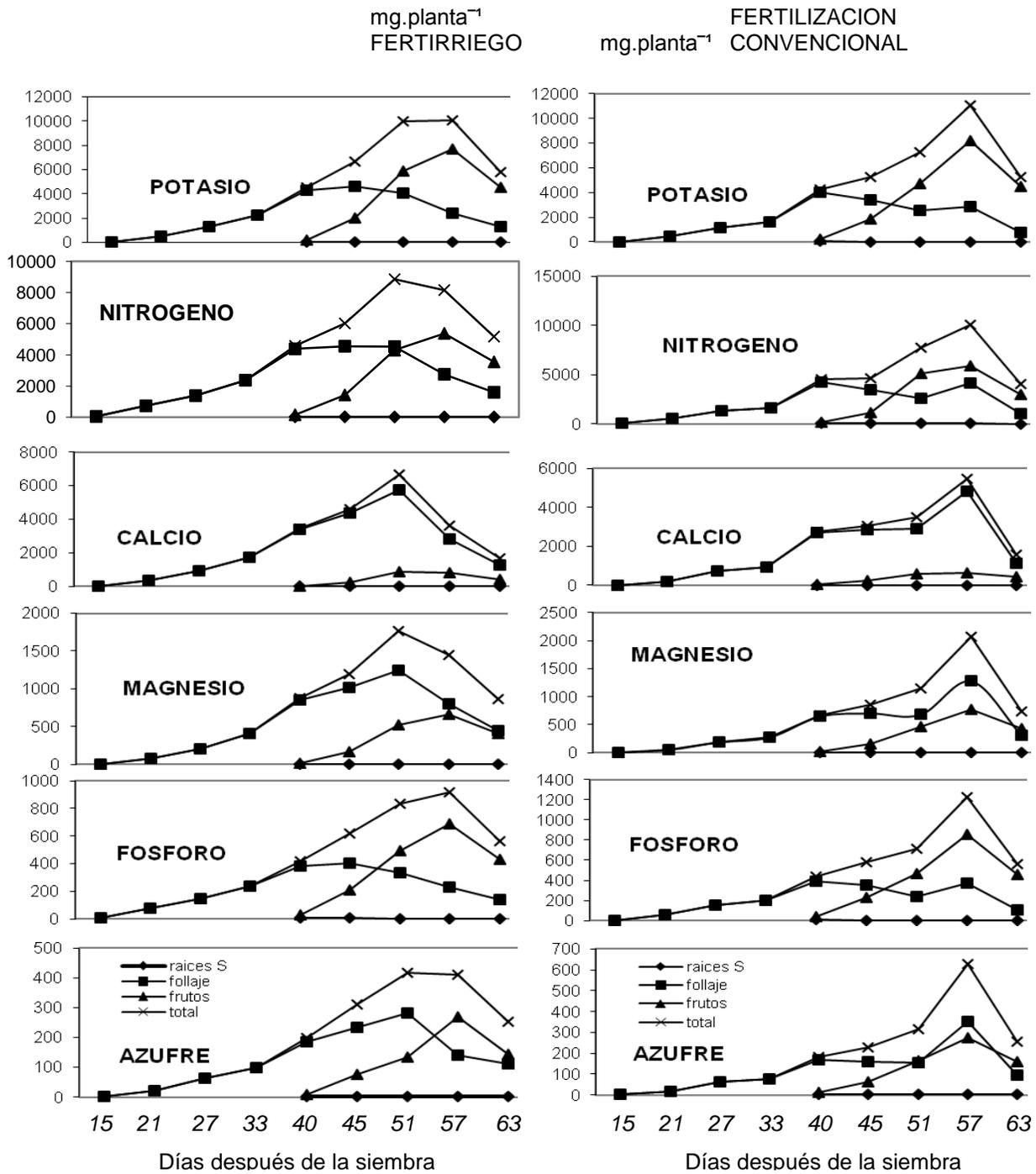


Fig 1. Curvas de absorción de K, N, Ca, Mg, P y S en Sandía cv Miceely bajo dos sistemas de aplicación de fertilizantes en Santa Cruz, Guanacaste.

La variedad Miceely absorbió en todo su ciclo un total de 249 kg.ha⁻¹ de N, con el sistema de fertirriego, y 231 kg.ha⁻¹ para la fertilización convencional (cuadro 4); la diferencia de absorción de N, entre ambos sistemas de fertilización es probable que se deba a que en el fertirriego la aplicación de N es más constante.

La cantidad aplicada de N en forma soluble y granulado, para cada uno de los métodos, fue de 88 kg.ha⁻¹, mientras que la absorción total de este elemento fue mucho mayor, lo que significa que el suelo aportó una cantidad considerable de N, proveniente posiblemente de formas orgánicas integradas en la fracción humus o acompañado en compuestos organominerales (Marschner, 1995).

Potasio. La absorción total del K fue muy similar a la del N, aunque un poco mayor durante la etapa de fructificación (Figura 1 y cuadro 2). En ambos sistemas de fertilización, la concentración máxima de K en el follaje se presentó hasta los 45 dds y a partir de ese momento la cantidad de K aumentó en los frutos hasta los 57 días, luego decrecería hasta el final del ciclo (Figura 1 y cuadro 2). Este comportamiento se debe a que el K es esencial en el movimiento de azúcares producidos en las hojas durante la fotosíntesis y que son transportados hacia los frutos de sandía en desarrollo (Molina, 2002).

Además, el K es un elemento determinante para mantener la presión de turgencia de las células, aspecto importante en la hidratación de las sandías (Chirinos, 2000). Por lo tanto, aplicaciones tardías de K tienen sentido en este cultivo (Bertsch y Ramírez, 1997).

En los dos sistemas de abonamiento, la dosis aplicada de K al suelo fue de 89.6 kg.ha⁻¹, se observó que el máximo pico de absorción de este elemento se presentó a los 57 dds para ambos sistemas de fertilización. Los valores correspondientes fueron de 67 kg.ha⁻¹ con el fertirriego y 74 kg.ha⁻¹ con el método convencional.

Durante todo el ciclo, la planta absorbió 273 kg.ha⁻¹ de K en el sistema de fertirriego y 254 kg.ha⁻¹ en el convencional. De nuevo y al igual que con el N, el suelo se aportó una cantidad considerable de K, probablemente proveniente de formas no intercambiables y atrapadas entre las arcillas expansibles que durante el tiempo de cultivo se liberan a la solución del suelo (Bertsch, 1995).

Calcio. Con respecto al Ca, la variedad Miceely mostró una mayor absorción a los 51 dds (44 kg.ha⁻¹) para el fertirriego y de 36,4 kg.ha⁻¹ a los 57 dds, para el método de fertilización convencional. Aunque la fuente y dosis de Ca en ambos sistemas fue la misma, la forma de aplicación fue diferente. Mientras en el fertirriego, el fertilizante llegó directamente al sistema radicular de cada planta.

En el sistema convencional la aplicación de Ca fue foliar. Sin embargo se debe considerar que el aporte vía fertilización en ambos casos es muy bajo y que fue el Ca disponible en el suelo el que aportó la mayor cantidad de Ca absorbido.

El Ca es el elemento que más absorbe el tejido vegetativo de sandía (Bertsch,2002), inclusive más que otros macronutrientes. Para la variedad en estudio, los datos de absorción total fueron de $107 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, de éstos el 90 % corresponden a la absorción del tejido foliar y un 10% a la fruta. Este elemento tiene una función estructural en la planta al formar pectato de Ca en las paredes celulares del tejido vegetativo. Una deficiencia de este elemento en el follaje provoca la muerte inmediata de los meristemos apicales de la sandía, lo que implica un bajo crecimiento radicular (Chirinos, 2000), a la vez afecta la producción de flores y aumenta la susceptibilidad de la sandía a plagas y enfermedades (Bertsch, 1995). Además, una deficiencia de Ca, puede provocar una translocación de este elemento de la fruta al follaje, lo que afecta el tamaño y la calidad del mismo (Molina, 2002).

El descenso en el contenido del Ca en el tejido vegetativo al final del ciclo (63 dds) provoca el deterioro del follaje (senescencia) y concuerda con los resultados obtenidos por Bertsch y Ramírez (1997) en trabajos realizados en sandía con la variedad Crisom Jewel.

Fósforo. Después del agua y el N, el P es el elemento nutritivo más limitante; se caracteriza por ser muy estable dentro del suelo, no se pierde por lavado ni por volatilización, pero esta alta estabilidad implica una baja solubilidad (Bertsch, 1995). Este elemento se mueve por difusión hasta el área radicular y es absorbido como ión fosfato, acumulándose en los tejidos de la planta (Bertsch, 1995), además es constituyente del ATP, ácidos nucleicos, fosfolípidos y ciertas enzimas.

El P cumple con la función de transferencia de energía dentro de la planta (Molina, 2002), y es esencial en el crecimiento radicular, en el proceso de floración, y formación de frutos y semillas, como también está involucrado en la maduración de los frutos y su calidad (Chirinos, 2000).

Al inicio del crecimiento del cultivo de sandía, la absorción de P fue moderada hasta los 45 dds en los sistemas de fertilización convencional y fertirriego, posteriormente declinó la absorción por el follaje y aumentó la concentración de P en los frutos hasta los 57 dds (Figura 1 y Cuadro 2).

Cuadro 2. Peso seco de raíces, follaje, frutos y la concentración de nutrimentos en sandía var. Mickeely bajo dos métodos de aplicación de fertilizantes en Santa Cruz, Guanacaste.

dds	Peso seco (g.planta ⁻¹)	FERTIRRIEGO									
		%						mg.kg ⁻¹			
		N	K	Ca	Mg	P	S	Fe	Cu	Zn	Mn
40	1,20	2,39	2,83	1,17	0,44	0,35	0,13	8070	19	58	155
45	1,30	2,13	2,1	0,4	0,31	0,29	0,12	2030	15	51	66
51	1,1	1,66	2,29	0,43	0,23	0,28	0,1	1150	53	110	41
57	1,1	1,98	1,66	0,75	0,3	0,21	0,11	3230	15	65	116
63	0,90	2,02	1,43	0,64	0,27	0,16	0,12	7480	27	63	201
Subtotal raíces	5,60	10,18	10,31	3,39	1,55	1,29	0,58	21960	129	347	579
15	1,0	7,26	4,76	2,44	0,69	0,83	0,22	5810	57	65	258
21	11,5	6,31	4,66	2,98	0,67	0,65	0,18	4947	21	65	257
27	27,1	5,12	4,67	3,52	0,78	0,59	0,23	4347	26	70	183
33	51,8	4,59	4,29	3,31	0,79	0,45	0,19	4220	21	94	255
40	109,9	3,99	3,88	3,1	0,78	0,35	0,17	2453	17	68	268
45	156,0	2,92	2,96	2,8	0,65	0,26	0,15	3073	17	76	293
51	176,3	2,57	2,32	3,27	0,71	0,19	0,16	4463	23	59	349
57	107,7	2,56	2,21	2,6	0,74	0,21	0,13	3237	14	62	318
63	64,7	2,48	1,96	2	0,7	0,21	0,17	5190	20	64	443
Subtotal follaje	706,0	37,8	31,71	26,02	6,51	3,74	1,6	37740	216	623	2624
40	5,5	2,93	3,8	0,44	0,33	0,52	0,16	2477	16	58	72
45	69,0	2,08	2,89	0,35	0,25	0,3	0,11	2655	10	50	35
51	225,2	1,91	2,6	0,34	0,23	0,22	0,06	324	16	70	14
57	298,8	1,8	2,56	0,27	0,22	0,23	0,09	253	7	50	19
63	178,5	1,99	2,52	0,22	0,23	0,24	0,08	325	9	81	9
Subtotal frutos	777	10,71	14,37	1,62	1,26	1,51	0,5	6034	58	309	149
TOTAL	1554	58,69	56,39	31,03	9,32	6,54	2,68	65734	403	1279	3352
FERTILIZACIÓN CONVENCIONAL											
40	1,7	2,49	2,75	0,86	0,36	0,37	0,16	4370	17	52	96
45	1,2	2,43	2,5	0,49	0,31	0,32	0,14	1640	14	53	69
51	1,5	2,35	1,68	0,52	0,22	0,24	0,13	2340	51	116	112
57	1,8	2,42	1,34	0,7	0,29	0,2	0,16	3430	18	43	130
63	1	2,07	1,23	0,66	0,3	0,18	0,13	5100	24	54	208
Subtotal raíces	7,2	11,76	9,5	3,23	1,48	1,31	0,72	16880	124	318	615
15	0,5	7,39	3,63	2,56	0,7	0,65	0,2	6050	65	87	560
21	8,6	6,73	4,96	2,44	0,59	0,69	0,21	3235	21	46	234
27	25,7	5,04	4,36	2,91	0,72	0,59	0,25	2663	20	86	213
33	39,2	4,25	4,1	2,43	0,7	0,51	0,2	3913	20	99	301
40	98,1	4,35	4,06	2,75	0,66	0,4	0,17	2233	18	73	304
45	106,3	3,29	3,18	2,67	0,66	0,33	0,15	2030	16	65	245
51	109,7	2,33	2,33	2,64	0,62	0,22	0,14	3620	18	68	389
57	206,1	2,03	1,38	2,34	0,62	0,18	0,17	2515	15	63	391
63	59,3	1,79	1,25	1,89	0,52	0,17	0,16	6203	19	58	475
Subtotal follaje	653,5	37,2	29,25	22,63	5,79	3,74	1,65	32462	212	645	3112
40	5,4	3,89	4,37	0,64	0,38	0,71	0,21	3527	15	73	101
45	71,7	1,6	2,57	0,3	0,21	0,32	0,09	1275	11	46	21
51	202,2	2,54	2,33	0,28	0,23	0,23	0,06	465	9	39	20
57	389,0	1,51	2,11	0,16	0,2	0,22	0,07	293	7	45	16
63	175,4	1,7	2,55	0,25	0,24	0,26	0,09	414	9	62	26
Subtotal frutos	843,7	11,24	13,93	1,63	1,26	1,74	0,52	5974	51	265	184
TOTAL	1504,4	60,2	52,68	27,49	8,53	6,79	2,89	55316	387	1228	3911

* No se incluye evaluaciones de raíces de 0 a 33 dds debido al escaso desarrollo y peso de ésta

** No se presenta información de frutos 0-40 dds al encontrarse la planta en desarrollo vegetativo después de 40 días

El incremento de este elemento en el fruto es para ser acumulado como reserva, en las semillas, (Chirinos,2000), para luego, ser utilizado después de la germinación, por las plantas jóvenes de sandía (Mengel y Kirkby, 1982).

En ambos sistemas de fertilización el P consumido durante todo el ciclo fue muy similar, obteniéndose 26,6 kg.ha⁻¹ con el fertirriego y 27,5 kg.ha⁻¹ en el sistema convencional lo que comparado con la dosis total aplicada de 37.4 kg.ha⁻¹ indica una alta eficiencia de aplicación.

Magnesio. La absorción de Mg fue creciente en las etapas vegetativas y reproductivas de la sandía; la máxima absorción en el fertirriego se observó a los 51 dds y el valor fue de 11,8 kg.ha⁻¹, mientras que, para el sistema convencional se obtuvo una absorción de 13,7 kg.ha⁻¹ a los 57 dds (Figura 1 y Cuadro 2). Es posible que parte del Mg acumulado por el tejido vegetativo hasta los 51 dds, sea translocado hacia los frutos para satisfacer las pequeñas cantidades requeridas por éstos (Bertsch y Ramírez, 1997).

Este elemento es un componente importante de la molécula de clorofila y es por consiguiente esencial para el proceso de fotosíntesis (Marschner, 1995), además de que favorece la absorción de P (Bertsch, 1995).

Las pérdidas por lavado de Mg, son menores que las del Ca. En general, la absorción de Mg por las cosechas oscilan entre 10 y 60 kg.ha⁻¹ (Fassbender y Bornemisza, 1994). En el proceso de absorción de Mg, el K por su gran demanda lo afecta directamente, produciendo en algunos casos la deficiencia de este nutrimento. Ambos elementos compiten por los mismos puntos de absorción a nivel radicular (Chirinos, 2000).

Azufre. El S fue absorbido fuertemente por el follaje de la planta hasta los 51 dds (2.8 kg.ha⁻¹) en el fertirriego y en los frutos fue creciente hasta los 57 días. En la fertilización convencional, la mayor concentración de este elemento en el follaje y en los frutos se observó hasta los 57 dds, con un valor de 4.2 kg.ha⁻¹ (Figura 1 y Cuadro 2). Esta diferencia posiblemente se debe a que en el sistema convencional se realiza una aplicación de S tardía. Sin embargo, si se observa la dosis de aplicación (26 kg.ha⁻¹), la eficiencia de la fertilización es muy baja.

Para esta curcubitácea, como para el resto de las plantas, el S es un constituyente de estructuras orgánicas esenciales: proteínas, sulfolípidos, polisacáridos (agar) y aminoácidos, los cuales son precursores de otros compuestos que contienen S como las coenzimas y algunos productos secundarios de la planta que actúan como constituyente estructural y funcional de reacciones metabólicas (Marschner,1995), además, participa en los procesos de crecimiento vegetativo y en la fructificación (Bertsch, 1995).

Para que ocurra una absorción apreciable del S por la planta, se requiere de tres condiciones: las reacciones de reducción-oxidación, la existencia de un ambiente químico favorable y la existencia del ión sulfato en la solución del suelo (Bertsch, 1995).

Para la incorporación del S en aminoácidos, proteínas y coenzimas en las hojas, la planta puede utilizar el sulfato sin ser reducido a diferencia en la asimilación de otros macronutrientes y si el sulfato está reducido éste puede ser reoxidado (Marschner, 1995).

Micronutrientes. Con diferencia de las cantidades extraídas, el patrón de absorción de los micronutrientes Fe, Cu, Zn y Mn (Figura 2) fue muy similar al de los macronutrientes para los dos sistemas de fertilización. La máxima absorción de estos micronutrientes coincidió con el período de producción de frutos, posiblemente debido a que la mayoría de estos elementos son activadores enzimáticos y están relacionados con la síntesis de proteínas y hormonas (Bertsch, 1995).

De los elementos menores evaluados, el Cu fue el nutriente que se encontró con menor concentración en el follaje, mientras que el Fe y Mn mostraron una alta concentración en este tejido. En los frutos, la concentración de Cu y Zn fue mayor que la de Fe y Mn (Figura 2), esto relacionado con la participación del Zn como activador de varias enzimas entre ellas, la anhidrasa carbónica y las transportadoras de fosfatos a los frutos, y del Cu el cual actúa como un activador enzimático relacionado con la síntesis de vitaminas que son transportadas a la fruta (Bertsch, 1995).

En términos generales, los valores en los máximos picos de absorción de micronutrientes fueron muy similares en los dos sistemas de fertilización (Figura 2).

Para el fertirriego, las cantidades extraídas de Fe, Mn, Zn y Cu fueron de: 5,7 , 0,4 0,2 y 0,05 kg.ha⁻¹ respectivamente, mientras que para la fertilización convencional los valores fueron de: 4,3 , 0,6, 0,2 y 0,04 kg.ha⁻¹ de Fe, Mn, Zn y Cu, respectivamente.

Épocas de absorción

Curvas de absorción

La absorción de nutrientes estuvo relacionada con la acumulación de materia seca, a mayor acumulación de ésta, se incrementó la absorción de elementos nutritivos. Estudios realizados por Bertsch y Ramírez (1997) muestran que la mayor acumulación de materia seca en sandía corresponde al follaje y solo un 37% es lo que llega a convertirse en fruto, lo que se refleja posteriormente en los valores de absorción de los diferentes nutrientes.

Nitrógeno. La absorción de N mostró un comportamiento muy parecido para los dos sistemas de aplicación de fertilizantes. En el sistema de fertirriego (Figura 1) el máximo pico de absorción total de N se dio durante las etapas de floración y llenado de frutos (40-51 dds). Este elemento tiene una gran influencia fisiológica en estas etapas, en donde una deficiencia puede disminuir el crecimiento de guías en un 25 %, reducir en un 35% la producción de flores macho y en un 55 % la formación de las flores hermafroditas, por lo que afecta la producción de frutos (Chirinos, 2000).

Durante el período de evaluación (63 días), la mayor absorción de N se observó a los 51 dds cuando se aplicó fertirriego, mientras que para la fertilización convencional, la máxima absorción se presentó a los 57 dds.

Posteriormente la absorción de N decrece rápidamente una vez que los frutos de sandía han alcanzado la madurez fisiológica (Chirinos, 2000) por lo tanto, no se justifican fertilizaciones después de esta época, como bien lo apunta Bertsch (2000).

La variedad Miceely absorbió en todo su ciclo un total de 249 kg.ha⁻¹ de N, con el sistema de fertirriego, y 231 kg.ha⁻¹ para la fertilización convencional (cuadro 4); la diferencia de absorción de N, entre ambos sistemas de fertilización es probable que se deba a que en el fertirriego la aplicación de N es más constante.

La cantidad aplicada de N en forma soluble y granulado, para cada uno de los métodos, fue de 88 kg.ha⁻¹, mientras que la absorción total de este elemento fue mucho mayor, lo que significa que el suelo aportó una cantidad considerable de N, proveniente posiblemente de formas orgánicas integradas en la fracción humus o acomplexado en compuestos organominerales (Marschner, 1995).

Potasio. La absorción total del K fue muy similar a la del N, aunque un poco mayor durante la etapa de fructificación (Figura 1 y cuadro 2). En ambos sistemas de fertilización, la concentración máxima de K en el follaje se presentó hasta los 45 dds y a partir de ese momento la cantidad de K aumentó en los frutos hasta los 57 días, luego decrecería hasta el final del ciclo (Figura 1 y cuadro 2). Este comportamiento se debe a que el K es esencial en el movimiento de azúcares producidos en las hojas durante la fotosíntesis y que son transportados hacia los frutos de sandía en desarrollo (Molina, 2002).

Además, el K es un elemento determinante para mantener la presión de turgencia de las células, aspecto importante en la hidratación de las sandías (Chirinos, 2000). Por lo tanto, aplicaciones tardías de K tienen sentido en este cultivo (Bertsch y Ramírez, 1997).

En los dos sistemas de abonamiento, la dosis aplicada de K al suelo fue de 89.6 kg.ha⁻¹, se observó que el máximo pico de absorción de este elemento se presentó a los 57 dds para ambos

sistemas de fertilización. Los valores correspondientes fueron de 67 kg.ha⁻¹ con el fertirriego y 74 kg.ha⁻¹ con el método convencional.

Durante todo el ciclo, la planta absorbió 273 kg.ha⁻¹ de K en el sistema de fertirriego y 254 kg.ha⁻¹ en el convencional. De nuevo y al igual que con el N, el suelo se aportó una cantidad considerable de K, probablemente proveniente de formas no intercambiables y atrapadas entre las arcillas expandibles que durante el tiempo de cultivo se liberan a la solución del suelo (Bertsch, 1995).

Calcio. Con respecto al Ca, la variedad Mickeely mostró una mayor absorción a los 51 dds (44 kg.ha⁻¹) para el fertirriego y de 36,4 kg.ha⁻¹ a los 57 dds, para el método de fertilización convencional. Aunque la fuente y dosis de Ca en ambos sistemas fue la misma, la forma de aplicación fue diferente. Mientras en el fertirriego, el fertilizante llegó directamente al sistema radicular de cada planta.

En el sistema convencional la aplicación de Ca fue foliar. Sin embargo se debe considerar que el aporte vía fertilización en ambos casos es muy bajo y que fue el Ca disponible en el suelo el que aportó la mayor cantidad de Ca absorbido.

El Ca es el elemento que más absorbe el tejido vegetativo de sandía (Bertsch,2002), inclusive más que otros macronutrientes. Para la variedad en estudio, los datos de absorción total fueron de 107 kg.ha⁻¹, de éstos el 90 % corresponden a la absorción del tejido foliar y un 10% a la fruta. Este elemento tiene una función estructural en la planta al formar pectato de Ca en las paredes celulares del tejido vegetativo. Una deficiencia de este elemento en el follaje provoca la muerte inmediata de los meristemos apicales de la sandía, lo que implica un bajo crecimiento radicular (Chirinos, 2000), a la vez afecta la producción de flores y aumenta la susceptibilidad de la sandía a plagas y enfermedades (Bertsch, 1995). Además, una deficiencia de Ca, puede provocar una translocación de este elemento de la fruta al follaje, lo que afecta el tamaño y la calidad del mismo (Molina, 2002).

El descenso en el contenido del Ca en el tejido vegetativo al final del ciclo (63 dds) provoca el deterioro del follaje (senescencia) y concuerda con los resultados obtenidos por Bertsch y Ramírez (1997) en trabajos realizados en sandía con la variedad Crisom Jewel.

Fósforo. Después del agua y el N, el P es el elemento nutritivo más limitante; se caracteriza por ser muy estable dentro del suelo, no se pierde por lavado ni por volatilización, pero esta alta estabilidad implica una baja solubilidad (Bertsch, 1995). Este elemento se mueve por difusión hasta el área radicular y es absorbido como ión fosfato, acumulándose en los tejidos de la planta (Bertsch, 1995), además es constituyente del ATP, ácidos nucleicos, fosfolípidos y ciertas enzimas.

El P cumple con la función de transferencia de energía dentro de la planta (Molina, 2002), y es esencial en el crecimiento radicular, en el proceso de floración, y formación de frutos y semillas, como también está involucrado en la maduración de los frutos y su calidad (Chirinos, 2000).

Al inicio del crecimiento del cultivo de sandía, la absorción de P fue moderada hasta los 45 dds en los sistemas de fertilización convencional y fertirriego, posteriormente declinó la absorción por el follaje y aumentó la concentración de P en los frutos hasta los 57 dds (Figura 1 y Cuadro 2).

El incremento de este elemento en el fruto es para ser acumulado como reserva, en las semillas, (Chirinos,2000), para luego, ser utilizado después de la germinación, por las plantas jóvenes de sandía (Mengel y Kirkby, 1982).

En ambos sistemas de fertilización el P consumido durante todo el ciclo fue muy similar, obteniéndose $26,6 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ con el fertirriego y $27,5 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ en el sistema convencional lo que comparado con la dosis total aplicada de $37.4 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ indica una alta eficiencia de aplicación.

Magnesio. La absorción de Mg fue creciente en las etapas vegetativas y reproductivas de la sandía; la máxima absorción en el fertirriego se observó a los 51 dds y el valor fue de $11,8 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, mientras que, para el sistema convencional se obtuvo una absorción de $13,7 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ a los 57 dds (Figura 1 y Cuadro 2). Es posible que parte del Mg acumulado por el tejido vegetativo hasta los 51 dds, sea translocado hacia los frutos para satisfacer las pequeñas cantidades requeridas por éstos (Bertsch y Ramírez, 1997).

Este elemento es un componente importante de la molécula de clorofila y es por consiguiente esencial para el proceso de fotosíntesis (Marschner, 1995), además de que favorece la absorción de P (Bertsch, 1995). Las pérdidas por lavado de Mg, son menores que las del Ca. En general, la absorción de Mg por las cosechas oscilan entre 10 y $60 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (Fassbender y Bornemisza, 1994). En el proceso de absorción de Mg, el K por su gran demanda lo afecta directamente, produciendo en algunos casos la deficiencia de este nutriente. Ambos elementos compiten por los mismos puntos de absorción a nivel radicular (Chirinos, 2000).

Azufre. El S fue absorbido fuertemente por el follaje de la planta hasta los 51 dds ($2.8 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) en el fertirriego y en los frutos fue creciente hasta los 57 días. En la fertilización convencional, la mayor concentración de este elemento en el follaje y en los frutos se observó hasta los 57 dds, con un valor de $4.2 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (Figura 1 y Cuadro 2). Esta diferencia posiblemente se debe a que en el sistema convencional se realiza una aplicación de S tardía. Sin embargo, si se observa la dosis de aplicación ($26 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), la eficiencia de la fertilización es muy baja.

Para esta curcubitácea, como para el resto de las plantas, el S es un constituyente de estructuras orgánicas esenciales: proteínas, sulfolípidos, polisacáridos (agar) y aminoácidos, los cuales son precursores de otros compuestos que contienen S como las coenzimas y algunos productos secundarios de la planta que actúan como constituyente estructural y funcional de reacciones metabólicas (Marschner,1995), además, participa en los procesos de crecimiento vegetativo y en la fructificación (Bertsch, 1995).

Para que ocurra una absorción apreciable del S por la planta, se requiere de tres condiciones: las reacciones de reducción-oxidación, la existencia de un ambiente químico favorable y la existencia del ión sulfato en la solución del suelo (Bertsch,1995).

Para la incorporación del S en aminoácidos, proteínas y coenzimas en las hojas, la planta puede utilizar el sulfato sin ser reducido a diferencia en la asimilación de otros macronutrientes y si el sulfato está reducido éste puede ser reoxidado (Marschner,1995).

Micronutrientes. Con diferencia de las cantidades extraídas, el patrón de absorción de los micronutrientes Fe, Cu, Zn y Mn (Figura 2) fue muy similar al de los macronutrientes para los dos sistemas de fertilización. La máxima absorción de estos micronutrientes coincidió con el período de producción de frutos, posiblemente debido a que la mayoría de estos elementos son activadores enzimáticos y están relacionados con la síntesis de proteínas y hormonas (Bertsch, 1995).

De los elementos menores evaluados, el Cu fue el nutriente que se encontró con menor concentración en el follaje, mientras que el Fe y Mn mostraron una alta concentración en este tejido. En los frutos, la concentración de Cu y Zn fue mayor que la de Fe y Mn (Figura 2), esto relacionado con la participación del Zn como activador de varias enzimas entre ellas, la anhidrasa carbónica y las transportadoras de fosfatos a los frutos, y del Cu el cual actúa como un activador enzimático relacionado con la síntesis de vitaminas que son transportadas a la fruta (Bertsch, 1995). En términos generales, los valores en los máximos picos de absorción de micronutrientes fueron muy similares en los dos sistemas de fertilización (Figura 2).

Para el fertirriego, las cantidades extraídas de Fe, Mn, Zn y Cu fueron de: 5,7 , 0,4 0,2 y 0,05 kg.ha⁻¹ respectivamente, mientras que para la fertilización convencional los valores fueron de: 4,3 , 0,6, 0,2 y 0,04 kg.ha⁻¹ de Fe, Mn, Zn y Cu, respectivamente.

Épocas de absorción

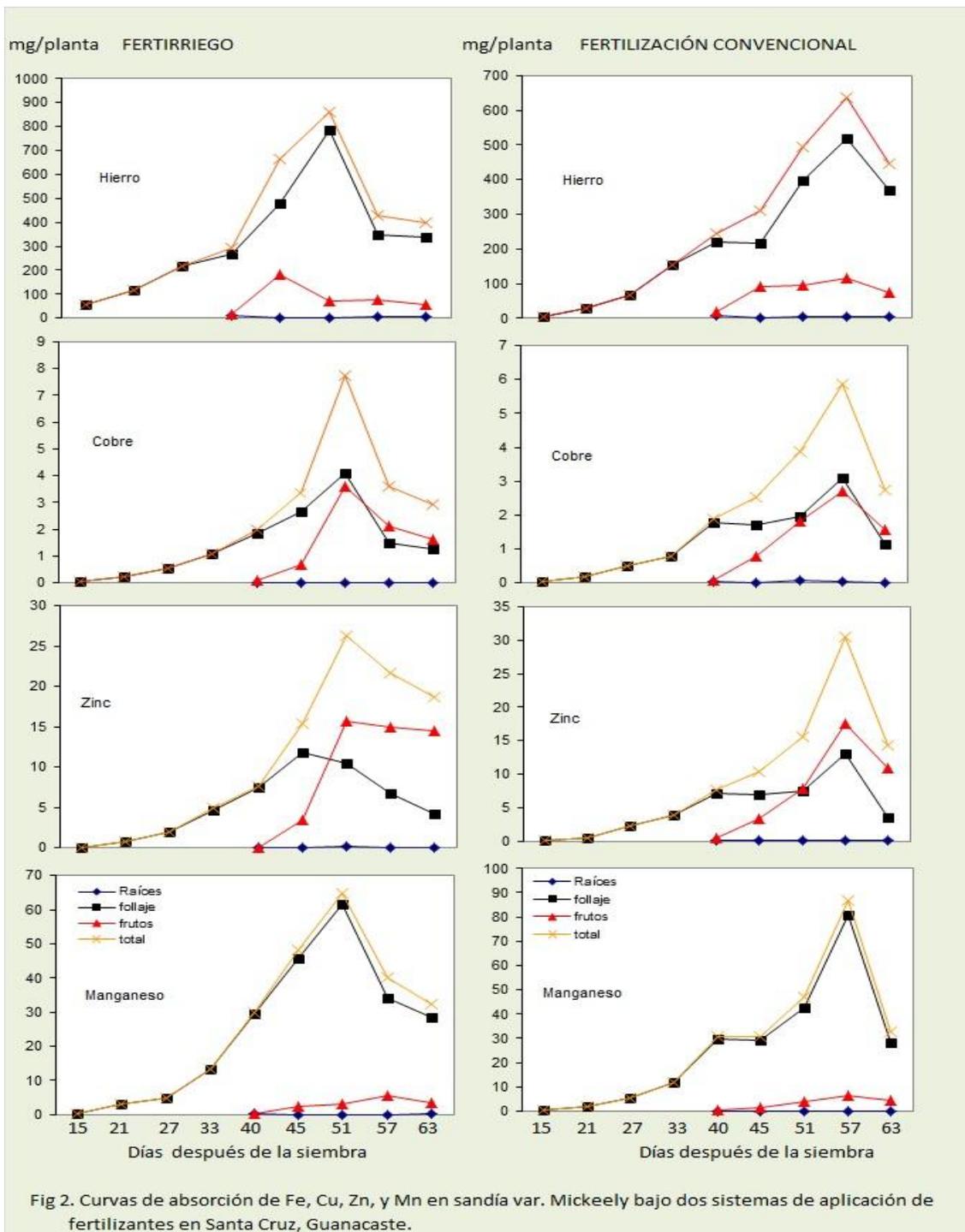
La variedad Miceely presentó varios puntos de máxima absorción, los cuales permiten determinar las épocas de mayor requerimiento de nutrientes. Durante los primeros 33 días

(prefloración), la planta absorbió 22 % del K, 27 % del N, 26 % del Ca, 23 % del Mg, 26 % del P y el 24 % del S, para el método de fertirriego.

En el sistema de fertilización convencional los valores porcentuales de K, N, Ca, Mg, P y S fueron: 15, 16, 17, 13, 16 y 13 respectivamente (Cuadro 3). La diferencia de absorción entre los dos sistemas de aplicación de fertilizantes en la etapa inicial del cultivo (0-33 días), probablemente se debe a una mayor disponibilidad de nutrientes en la solución del suelo, debido a una mayor solubilidad y frecuencia de aplicación mediante el sistema de fertirriego, lo que se tradujo en un rápido desarrollo de aplicación mediante el sistema de fertirriego, lo que se tradujo en un rápido desarrollo de las plantas, comparado con el sistema de aplicación de fertilizantes granulados. La mayor tasa porcentual de absorción de macronutrientes se obtuvo entre los 40 y 51 dds en el sistema de fertirriego y los valores porcentuales de K, N, Ca, Mg, P y S fueron de: 77, 73, 74, 77, sistema de fertirriego y los valores porcentuales de K, N, Ca, Mg, P y S fueron de: 77, 73, 74, 77, 66 y 76 respectivamente.

Con el sistema de fertilización convencional se observó una máxima absorción, entre los 40 y hasta los 57 dds (Cuadro 3) arrojando una tasa porcentual de absorción entre 80 y 85% de todos los macronutrientes. Los micronutrientes presentaron valores entre 14 y 25 % de absorción en la primera etapa (prefloración) de absorción, muy parecidos a los macronutrientes para ambos sistemas de fertilización (Cuadro 3). Los picos máximos de absorción se presentaron en el período de fructificación con valores porcentuales entre 50 y 75 % (Cuadro 3).

La tasa de absorción de nutrientes fue alta hasta en las últimas etapas del ciclo de vida de la sandía (cuadro 3), lo que hace pensar que es posible distribuir la fertilización en forma fraccionada en todo ciclo del cultivo, lo que es posible con el método de fertirriego, pero menos probable con el sistema tradicional por la gradual absorción de nutrientes y el costo de aplicación.



Cuadro 3. Tasa porcentual de absorción de nutrientes a través del tiempo en sandía var. Mickeely bajo dos métodos de aplicación de fertilizantes en Santa Cruz, Guanacaste. 2005

dds	K	N	Ca	Mg	P (%)	S	Fe	Cu	Zn	Mn
Fertirriego										
15	0,4	0,8	0,4	0,4	0,9	0,5	0,7	0,8	0,3	0,4
21	4,9	7,7	4,8	3,9	7,3	4,4	6,0	2,3	2,5	4,2
27	7,3	7,4	9,2	7,6	7,8	10,0	7,1	4,3	4,5	3,1
33	9,5	11,2	11,4	11,2	9,5	8,6	11,7	6,7	11,3	12,7
40	22,7	24,8	26,0	26,6	20,2	23,6	8,6	11,3	10,3	26,0
45	21,2	16,3	17,6	17,5	21,7	27,3	43,2	17,9	29,6	28,1
51	33,2	32,0	30,6	32,8	23,7	25,6	22,7	56,7	41,5	25,5
57	0,8	-	-	-	8,9	-	-	-	-	-
63	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fert. Convencional										
15	0,2	0,3	0,2	0,2	0,3	0,2	0,5	0,5	0,1	0,3
21	3,7	5,4	3,6	2,3	4,5	2,7	3,9	2,6	1,2	2,0
27	6,3	7,1	9,8	6,5	7,5	7,4	6,4	5,5	5,9	4,0
33	4,4	3,6	3,7	4,3	3,9	2,2	13,3	4,8	5,5	7,3
40	24,0	28,3	32,9	19,4	19,3	16,4	14,4	18,8	12,3	21,5
45	8,9	1,5	5,7	8,8	12,0	7,2	10,0	10,8	8,6	0,4
51	18,4	30,2	7,5	14,2	10,2	14,6	29,0	23,2	17,2	18,5
57	34,1	23,6	36,6	44,3	42,3	49,3	22,5	33,8	49,2	46,0
63	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Entre los 6 y 33 dds (pre floración) se puede aplicar en forma fraccionada un 30% de la fertilización sugerida para este cultivo en el sistema de fertirriego y un 20% en el sistema convencional. El 70% restante de la fertilización se puede aplicar en forma fraccionada entre los 40 y 51 dds para la sandía variedad Mickeely con un sistema de fertirriego y se debe usar un 80% de la fertilización en forma fraccionada entre los 40 y 57 dds en el sistema de fertilización convencional.

El empleo del fertirriego, utilizando fórmulas muy solubles en agua, fue el método de menor costo, por realizarse en un sitio específico (tanque de disolución), más eficaz al observarse un mejor desarrollo y crecimiento vegetativo de la planta, además de presentar una precocidad en la producción de fruta.

El método convencional fue un sistema mucho más caro, por el uso de mano de obra calificada, para hacer las aplicaciones y no causar daños a las plantas. Por otro lado, las fertilizaciones granuladas fueron menos fraccionadas y la disponibilidad de nutrientes en la solución del suelo fue más lenta, que en el fertirriego.

Los datos de consumo de nutrimentos por la planta de sandía (cuadro 4), para los dos modalidades de fertilización, mostraron que el K y el P fueron los elementos más consumidos por la fruta y además que el método convencional mostró valores relativamente más altos de consumo que el fertirriego.

Cuadro 4. Datos de consumo de nutrimentos por la planta de sandía var. Mickey bajo dos modalidades de fertilización en Santa Cruz, Guanacaste. 2005.

Tipo de sistema	Nutrimento	CONSUMO TOTAL kg.ha ²	CONSUMO PARTE AEREA kg.ha ²	porcentaje de consumo %	CONSUMO EN FRUTA kg.ha ²	Porcentaje de consumo %
FERTIRIEGO	K	268.1	133.3	50	134	50
	N	249.5	148.5	59	100	40
	Ca	152.4	137.2	90	15.2	10
	Mg	44.7	33.6	75	11.1	25
	P	26.6	14.5	56	12.2	46
CONVENCIONAL	S	13.1	8.1	62	5.1	38
	K	242.1	112.1	46	130	54
	N	231.2	127.2	55	102	44
	Ca	119.4	107.1	90	12.2	10
	Mg	40.3	28.3	70	12.1	30
CONVENCIONAL	P	26.4	11.4	46	14.3	54
	S	11.1	7.0	63	4.1	37

Esta observación posiblemente es debida a las fertilizaciones tardías con fertilizantes granulados que se hicieron en el método tradicional (Cuadro 1) y a que esta planta absorbe nutrimentos durante todo su ciclo.

Literatura citada

- BERTSCH, F. 1995. **La fertilidad de los suelos y su manejo**. 1 ed. San José, Costa Rica, Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. (ASSC). 157 p.
- BERTSCH, F.; RAMIREZ, F. 1997. **Curva de absorción de nutrimentos en melón y sandía**, In. Bertsch.F. 2003. Absorción de nutrimentos por los cultivos. 1 ed. San José, Costa Rica, Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo (ASSC). pp.

BERTSCH, F. 2002. Utilización de estudios de crecimiento y absorción de nutrimentos para afinar programas de fertilización foliar. In. Memoria de curso Fertilización foliar: principios y aplicaciones. Universidad de Costa Rica, Centro de Investigaciones Agronómicas, Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo (ACCS), Febrero 2000. pp 129-135

BHELLA, H. S. 1988. **Effect of trickle irrigation and black mulk on growth, yield and mineral composition of watermelon.** (horticulture science) HortScience 23(1):123-125

BRICEÑO, J.; PACHECO, R. 1984. **Métodos analíticos para el estudio de suelos y plantas** 1 ed. San José, Costa Rica, Editorial Universidad de Costa Rica. 137 p.

CALVO, L. 1996. **Fertirrigación: cálculos y dosificaciones.** AQUA (CR) 5(11):14-16

CASTELLANOS, J.Z. 1997. **Las curvas de acumulación nutricional en los cultivos hortícolas y su importancia en los programas de fertirrigación.** En II Simposium Internacional de Fertirrigación. Querétaro, Qro. pp 78-82.

CHIRINOS, H. 2000. **Fertilización de melón (*Cucumis melo*) y de sandía (*Citrullus lanatus*)** (en línea) Año 2. N° 14, Guadalajara, México, Consultado 02 de agosto del 2004. Disponible en <http://www.al-labs.com.mx> correo hchirino@prodigy.net.mx

ETCHEVERS B, J.D. 1997. **Evaluación del estado nutricional del suelo y de los cultivos fertirrigados.** En: II Simposium Internacional de Fertirrigación. Querétaro, Qro. pp. 51-60

FASSBENDER, H W., BORNEMISZA, E. 1994. **Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina,** 1 ed. San José, Costa Rica Editorial IICA. 420 p.

MARSCHNER, H. 1995. **Mineral nutrition of higher plants.** 1 ed. London, England. Academic Press . pp 201-265.

MENGEL, K; KIRKBY, E. A.1982. **Principles of plant nutrition.** 3 ed. Worblaufen-Bern Switzerland. International Potash. Institute. pp 335-558.

MISLE E. 2003. **Caracterización termofisiológica del ritmo de absorción de nutrientes del Melón (*Cucumis melo L. var. Reticulatus Naud.*)**. (*ciencia e investigación agraria*) Cien. Inv. Agr. 30(1):39-50

MISLE, E. 2006.**Determinación alométrica entre absorción mineral y biomasa en diferentes especies cultivadas.**(ciencia e investigación agraria) Cien.Inv. Agr. 33(1):67-71.

MOLINA, E. 2002. **Fertilización foliar de los cultivos frutícolas.** In. Memoria de curso de Fertilización Foliar: principios y aplicaciones. Universidad de Costa Rica, Centro de Investigaciones Agronómicas, Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo (ACCS), Febrero 2000. pp 85-103.

MOLINA, E; SALAS, R. E; CASTRO, A.1993. **Curva de crecimiento y absorción de nutrimentos en fresa (*Fragaria x ananasa* cv. Chandler) en Alajuela.** Agronomía Costarricense 17(1):67-73.

PANIAGUA, H. J. 1997. **Estudio de factibilidad para el establecimiento de una feria del agricultor en Santa Cruz, Guanacaste.** San José, Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía, Escuela de Economía Agrícola. Tesis de grado. 370 p.

PINTO, J; MONTEIRO, J.1995. **Fertirrigación: abonamiento vía agua de riego.** AQUA 4 (8): 23-24.

RINCON, L., J. SÁEZ, J. PÉREZ, C. PELLICER Y M. GÓMEZ. 1998. **Crecimiento y absorción del Melón bajo invernadero.** (Investigacion agraria en producción y protección vegetal) Invest. Agr: Prod. Prot. Veg. 13:111-120

SANCHO, H. 1999. **Curvas de absorción de nutrientes: importancia y uso en los programa de fertilización.** Instituto de la Potasa y el fósforo. Informaciones Agronómicas 36: 11-13