

CURVA DE CRECIMIENTO Y ABSORCIÓN DE NUTRIENTOS EN FRESA (*Fragaria x ananasa* cv. Chandler) EN ALAJUELA^{1/*}

Eloy Molina **
Rafael Salas **
Aguiles Castro ***

ABSTRACT

Growth and nutrient absorption curves in strawberry (*Fragaria x ananasa* cv. Chandler) in Alajuela, Costa Rica. The determination of growth and nutrient absorption curves were made for strawberry (*Fragaria x ananasa* cv. Chandler). The nutrients absorption was proportional to the values of the absolute growth index and to the relative growth index. During the first nine weeks growth and absorption were very slow. After that period the plant increased dry matter production and the accumulation of nutrients. The peaks of maximum absorption occurred during the 18, 23 and 28 weeks, and coincided with the stages of high fruit production. The accumulation of nutrients in descending order was N > K > Ca > Mg > P > Fe > Mn > Zn > Cu. The high absorption of nutrients occurred between 9 and 26 weeks, which indicate the necessity of changing the fertilization practices and to adjust them to the periods of high nutrient absorption.

INTRODUCCION

El cultivo de la fresa es una actividad que se ha incrementado en los últimos años en Costa Rica debido a su potencial como producto de exportación y generador de divisas. La fertilización es una de las prácticas agronómicas más importantes y algunos trabajos recientes han mostrado respuesta a la aplicación de fertilizantes en nuestro país, principalmente al N y P (Molina y Salas, 1990).

Por lo general, la fertilización en la fresa se distribuye en 2 ó 3 aplicaciones durante el ciclo, entre la siembra y 45 días después

(Matamoros, 1986), lo cual puede resultar poco efectivo ya que el ciclo del cultivo es relativamente largo (9-10 meses) y el fertilizante puede perderse debido a las condiciones climáticas y al tipo de suelos predominantes en las áreas de siembra (Andisoles). La determinación de la curva de crecimiento y absorción de nutrientes permitiría establecer las etapas de mayor producción de materia seca y de requerimientos nutricionales, con lo cual se puede planificar mejor la aplicación de fertilizante.

La curva de crecimiento permite obtener medidas relativamente simples del incremento en el peso seco de la planta. El aumento de materia seca puede cuantificarse mediante el uso de varios parámetros, tales como el Índice de Crecimiento Absoluto (ICA), que mide el incremento en peso seco por unidad de tiempo y el Índice de Crecimiento Relativo (ICR), que indica el aumento de peso seco por unidad de peso seco presente por unidad de tiempo (Bertsch, 1980). Otros parámetros morfogénéticos relacionan la materia seca o el área foliar de alguna parte de la planta con la

1/ Recibido para publicación el 28 de setiembre de 1992.
* Este trabajo fue patrocinado por el Programa Nacional de Fresa, Convenio Universidad de Costa Rica-ICAFE-CNAA-CINDE División Agrícola. Proyecto VI-733-89-552
** Centro de Investigaciones Agronómicas, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.
*** Programa de Fresas, CINDE-División Agrícola. San José, Costa Rica.

materia seca total de esta misma planta, tales como la Razón de Peso Foliar (RPF) y la Relación de Raíces a Parte Aérea (RRPA) (Bertsch, 1980).

La curva de absorción de nutrimentos determina las cantidades extraídas por una planta, a través de su ciclo de vida. Con esta información es posible conocer las épocas de mayor absorción de cada nutrimento y definir un programa de fertilización adecuado para el cultivo, en el que se considere tanto la cantidad de abono como la época idónea para hacer las aplicaciones.

Se han identificado 2 etapas críticas de acumulación de nutrimentos en fresa: durante el crecimiento activo y durante la formación de estolones y fructificación (Cooper y Vaile, 1945).

La mayor absorción de nutrimentos se presenta durante la producción de frutos (Albregts y Howard, 1980). En relación con el N, Ulrich *et al.* (1980) encontraron 3 puntos de máxima absorción en el cv. Tioga: a los 2, 8 y 11 meses del cultivo. En términos de concentración, los valores más altos de N, P y K se alcanzan en la floración y disminuyen gradualmente hasta el final de la cosecha (Bould y Catlow, 1954).

Los frutos y las hojas son los órganos que acumulan la mayor cantidad de N, P, K y Mg, en tanto que las raíces y corona absorben la mayoría del Fe y Zn (Albregts y Howard, 1980). La concentración elemental de nutrimentos en fresa varía de un año a otro y depende también del cultivar y la época de siembra (Albregts y Howard, 1978). En Costa Rica se han hecho estudios de variación estacional de nutrimentos sin considerar absorción. La mayor concentración foliar de N, K, Ca y Mg se presentó en los primeros 70 días después de la siembra, de Mg y S a los 100 días, de P y Fe a los 132 días y de Zn a los 160 días (Rodríguez, 1984).

El objetivo del presente trabajo fue determinar la curva de crecimiento y de absorción de nutrimentos en fresa, cv. Chandler, en Fraijanes, Alajuela.

MATERIALES Y METODOS

El trabajo fue realizado en la Subestación Experimental Fraijanes, Alajuela, ubicada a 1650 msnm, 16°C de temperatura media anual y 3300 mm de precipitación, entre los meses de agosto de 1989 y marzo de 1990. El suelo es un Thaptic Melanudands, franco arenoso, pH 5,4, 11,8% de

materia orgánica, con contenidos de Ca, Mg, K y acidez intercambiable de 2,4, 0,4, 0,32 y 0,2 cmol(+)/L, respectivamente, y 14 mg/L de P disponible.

La siembra se realizó en camas de 0,4 m de altura y 0,8 m de ancho. Plantas del cv. Chandler fueron sembradas en 2 hileras separadas 0,4 m entre sí y 0,3 m entre plantas. La fertilización consistió de 500 kg/ha de la fórmula 10-30-10 a la siembra y 500 kg/ha de 18-5-15-6-2 a los 30 días. Los muestreos de planta entera fueron realizados cada 2 ó 3 semanas a partir de la siembra, con 4 repeticiones. Las plantas fueron separadas en parte aérea (hojas, pecíolos, frutos y flores) y raíces (raíz y corona). Se secaron a 70°C durante 48 h y luego se molieron.

Se realizó el análisis de P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn y Mn por digestión nitroperclórica y el N por destilación en microkjeldhal (Briceño y Pacheco, 1984). Utilizando los valores de peso seco en mg/planta y de concentración foliar de cada elemento en porcentaje, se calculó la absorción de los nutrimentos y se hicieron las curvas. Con el peso seco se determinó también el Índice de Crecimiento Absoluto, Índice de Crecimiento Relativo, Razón de Peso Foliar y Relación Raíces a Parte Aérea. Las muestras fueron tomadas hasta la semana 30 de cultivo. El riego se hizo por goteo y se utilizó cobertura de plástico negro.

RESULTADOS Y DISCUSION

Curva de crecimiento

El Índice de Crecimiento Absoluto (ICA) representa el peso (en g) de materia seca ganado por una planta de fresa durante un período de 24 h. El crecimiento durante las primeras 9 semanas (63 días) fue muy bajo (Cuadro 1), probablemente por ser un período donde la planta inicia apenas la extensión de su sistema radical.

A partir de los 63 días el ICA aumenta considerablemente, coincidiendo con las etapas de primera floración y fructificación. En las semanas 16 y 24 (113 y 168 días), se presentaron valores altos de ICA concordando con los 2 primeros picos de producción de frutos. En estas etapas, la planta experimenta un crecimiento activo que se concentra en la producción de materia seca, principalmente hojas y frutos. En las semanas 24 y 26 (169 y 182 días), la planta presentó una caída en su crecimiento, alcanzando valores negativos

Cuadro 1. Valores de los parámetros fisiológicos y morfogénéticos obtenidos en fresa, cv. Chandler, Fraijanes, Alajuela.

Período (días)	ICA (g/días)	ICR (g/g/día)	RPF	RRPA
0-7	0,23	0,07	0,416	1,403
8-21	0,10	0,04	0,520	0,924
22-42	0,06	0,02	0,601	0,661
43-63	0,02	0,04	0,783	0,277
64-77	0,44	0,06	0,862	0,160
78-98	0,38	0,03	0,901	0,110
99-112	0,41	0,02	0,898	0,113
113-126	0,70	0,02	0,926	0,080
127-147	0,34	0,01	0,903	0,107
148-168	0,79	0,02	0,916	0,091
169-182	-1,64	-0,04	0,890	0,112
183-196	1,84	0,04	0,865	0,157
197-210	-1,41	-0,03	0,808	0,237

ICA: Índice de Crecimiento Absoluto

ICR: Índice de Crecimiento Relativo

RPF: Razón de Peso Foliar

RRPPA: Razón de Raíces a Parte Aérea

probablemente debido a la pérdida de follaje como consecuencia del agotamiento sufrido por las fructificaciones anteriores. La recuperación de la planta, expresada en ganancia diaria, se observó en la semana 28 (196 días), para caer nuevamente después de otra fuerte fructificación.

El incremento del ICA después de cada período de reducción se debió posiblemente a la necesidad de la planta de reponer el área perdida después del gasto de fotoasimilados originado por la producción de frutos.

El Índice de Crecimiento Relativo (ICR) se refiere al incremento de peso seco a partir de un peso seco anterior, por unidad de tiempo. Los valores de ICR fueron altos durante los primeros 63 días (Figura 1), a pesar que la producción de materia seca acumulada fue baja. Este incremento porcentual alto al inicio podría explicarse por la necesidad de la planta de establecer su sistema radical y foliar. Posteriormente, con el inicio de las etapas reproductivas, la pérdida de follaje disminuyó los valores de ICR.

La Razón de Peso Foliar (RPF) fue baja al inicio, en tanto que la Relación Raíces a Parte Aérea (RRPA) fue alta (Figura 2), lo cual indica el mayor peso de raíces con relación al resto de la planta durante las primeras semanas de crecimiento. Al aumentar la producción de materia seca aérea con el transcurso del tiempo, los valores de RPF y RRPA se estabilizaron (a partir de

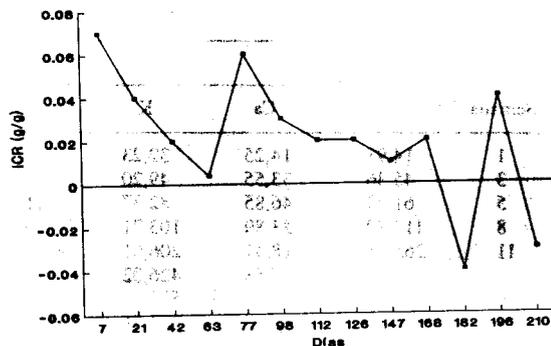


Fig. 1. Variación del Índice de Crecimiento Relativo (ICR) en fresa cv. Chandler, Fraijanes, Alajuela.

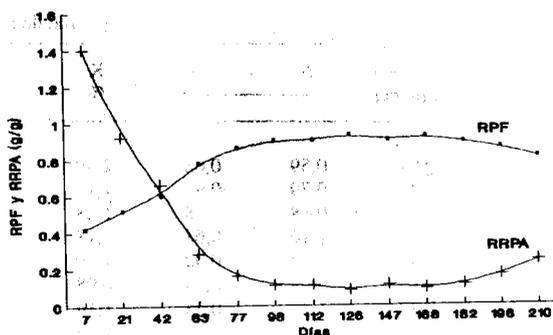


Fig. 2. Variación de los parámetros morfológicos Razón de Peso Foliar (RPF) y Razón de Raíces a Parte Aérea (RRPA) en fresa cv. Chandler, Fraijanes, Alajuela.

los 77 días), manteniéndose casi constantes hasta los 182 días, cuando se observó un incremento del peso seco de las raíces en relación con la parte aérea, probablemente causado por la pérdida de hojas y frutos después de varios ciclos sucesivos de cosecha.

Curvas de absorción

La absorción de nutrientes estuvo relacionada con la curva de crecimiento de la planta (Cuadro 2 y 3), de tal manera que a mayor acumulación de materia seca, hubo mayor absorción de elementos nutritivos.

La absorción de N tuvo un comportamiento muy similar tanto en raíces como en parte aérea (Figura 3). Durante las primeras 9 semanas, la absorción fue muy lenta, concordando con la curva de crecimiento. A partir de la semana 9, la

Cuadro 2. Absorción total de nutrimentos durante el ciclo de crecimiento de 30 semanas en fresa cv. Chandler, Fraijanes, Alajuela.

Semana	Absorción (mg/planta)								
	N	Ca	K	Mg	P	Fe	Cu	Zn	Mn
1	14,93	14,25	32,23	8,91	4,00	1,31	0,06	0,12	0,34
3	45,36	33,55	49,20	15,65	12,45	1,44	0,10	0,20	0,64
5	61,33	46,85	82,87	11,28	11,62	4,20	0,20	0,24	0,72
8	115,70	23,89	103,71	9,68	11,44	2,73	0,09	0,34	0,87
11	265,13	118,41	206,01	36,09	21,19	4,00	0,26	0,80	2,71
14	457,45	196,58	426,02	96,19	68,49	8,57	0,32	0,78	4,17
16	642,16	283,42	527,18	62,59	77,72	8,95	0,39	1,47	2,85
18	745,03	472,67	789,51	121,51	94,32	17,51	0,54	1,35	7,10
22	699,67	474,03	544,48	90,12	120,43	33,71	0,51	3,31	6,68
24	918,14	564,61	803,20	95,96	140,21	44,16	0,59	5,55	7,91
26	595,41	637,09	619,09	108,85	93,00	30,05	0,98	3,30	11,55
28	1.037,72	999,53	1.004,08	190,02	144,63	79,76	1,73	6,46	18,21
30	644,09	610,21	510,36	102,91	68,48	23,40	0,65	4,13	6,01

Cuadro 3. Peso seco de raíces, parte aérea y concentración de nutrimentos en fresa cv. Chandler, Fraijanes, Alajuela.

Semana	Peso seco (g/planta)	Concentración de nutrimentos (mg/kg)								
		N	Ca	K %	Mg	P	Fe	Cu	Zn	Mn
Raíces										
1	0,94	0,59	0,68	2,49	0,48	0,18	915	42,6	95,7	138
3	1,46	0,79	0,97	1,16	0,53	0,38	1048	47,9	95,9	164
5	1,70	0,68	0,88	1,28	0,27	0,20	2152	88,2	88,2	135
8	1,01	1,10	0,68	1,18	0,29	0,13	1079	29,7	128	119
11	1,49	1,09	0,92	1,20	0,32	0,13	1336	53,7	128	195
14	1,86	1,02	0,73	0,98	0,21	0,20	1038	43,0	97	150
16	2,49	1,23	0,75	1,14	0,20	0,16	1092	44,2	28,1	189
18	2,55	1,06	0,72	1,06	0,28	0,21	1109	40	84	141
22	4,00	1,05	0,45	0,87	0,17	0,17	1298	225	178	110
24	4,86	1,18	0,44	0,94	0,15	0,25	990	22,6	270	84
26	3,52	1,06	1,11	0,76	0,25	0,21	2838	73,9	219	290
28	8,23	1,05	1,15	0,96	0,30	0,19	2162	53,5	214	179
30	7,88	1,70	0,89	0,83	0,24	0,21	841	31,7	108	119
Parte aérea										
1	0,67	1,40	1,16	1,33	0,65	0,36	672	29,8	44,8	313
3	1,58	2,14	1,23	2,04	0,50	0,44	259	18,9	38	253
5	2,57	1,93	1,24	2,37	0,26	0,32	210	19,5	35	191
8	3,65	2,86	0,47	2,52	0,19	0,28	449	16,4	57,5	205
11	9,29	2,68	1,13	2,02	0,34	0,21	216	19,4	65,7	260
14	16,93	2,59	1,08	2,41	0,54	0,38	392	14,2	35,4	230
16	22,01	2,78	1,20	2,27	0,26	0,34	283	12,7	63,6	108
18	31,77	2,26	1,43	2,40	0,36	0,28	462	14	36	212
22	37,42	1,76	1,22	1,38	0,24	0,30	762	11,2	69,5	167
24	53,21	1,62	1,02	1,42	0,17	0,24	740	9,0	79,7	141
26	31,55	1,77	1,90	1,88	0,32	0,27	636	22,5	80,2	334
28	52,57	1,81	1,72	1,76	0,31	0,25	1179	24,5	89,4	318
30	33,20	1,60	1,62	1,34	0,25	0,16	505	12,0	99	153

absorción se incrementó en forma lineal, coincidiendo con el inicio de la etapa reproductiva.

En la semana 18 se obtuvo el primer pico de absorción, período en el que la planta realizó también sus primeras fructificaciones. Los picos

de máxima absorción se presentaron en las semanas 24 y 28, etapa en la que también ocurrió un incremento importante en la producción de frutos. La parte aérea absorbió la mayor cantidad de N, debido a sus necesidades por produ-

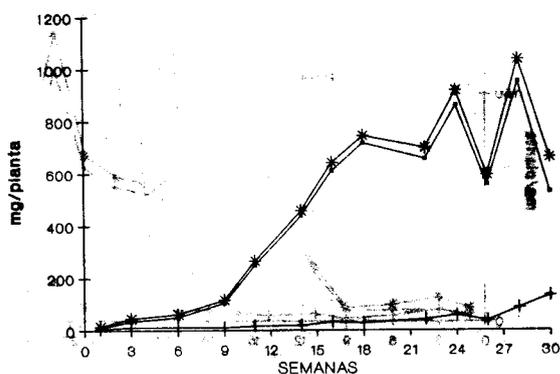


Fig. 3. Curva de absorción de N en fresa cv. Chandler, Fraijanes, Alajuela. * = Total, ■ = Parte Aérea, + = Raíz.

cir follaje y frutos. Durante el período de evaluación de 30 semanas, la mayor absorción de N se presentó en la semana 28, con un valor de 57,1 kg N/ha.

El patrón de absorción de Ca, K, Mg y P (Figura 4) fue muy similar al N, presentándose un incremento importante en la absorción a partir de la semana 9. Los picos de máxima absorción coincidieron con mayores producciones de frutos. Con excepción del Mg, los valores más altos de absorción ocurrieron entre las semanas 18 y 30. La capacidad de absorción de Ca y K fue muy similar a la de N. Los altos valores de absorción de Ca pueden deberse al carácter inmóvil de este elemento que tiende a acumularse en el tejido vegetal, en tanto que otros nutrientes como N, P y K son translocados al fruto (Albregts y Howard, 1980). La absorción de Ca, K, Mg y P en el punto más alto de la curva, fue de 55,2, 54,9, 10,4 y 7,9 kg/ha respectivamente.

La absorción de Fe, Cu, Zn y Mn (Figura 5) fue muy baja al inicio, con un ligero incremento a partir de la semana 9. Entre las semanas 18 y 30 se presentaron los valores más altos de absorción coincidiendo con la época de mayor producción de frutos. En general, el pico máximo de absorción se presentó en la semana 28.

De los micronutrientes considerados en este estudio, el Cu es el elemento que menos absorbió la planta. Utilizando los valores del punto máximo de absorción, las cantidades extraídas de Fe, Cu, Zn y Mn fueron 4,4, 0,1, 0,4 y 1,0 kg/ha, respectivamente.

Épocas de absorción

El cultivar Chandler presentó varios puntos de máxima absorción, los cuales permiten determinar las épocas de mayor requerimiento de nutrientes. Durante las primeras 11 semanas, la planta absorbió 25% del N, 12% del Ca, 20% del K, 14% del Mg y 15% del P (Cuadro 4).

A partir de la semana 14 se incrementó la absorción, lo que coincidió con el inicio de la producción de frutos. Después de esta etapa y hasta la semana 22, se absorbió entre el 40 y 55% de los macronutrientes. Luego se produjo un descenso en la absorción debido al agotamiento sufrido por la planta después del primer pico de producción. Se puede destacar la absorción tardía de 3 elementos: Ca, Mg y P con valores de 54, 36 y 35% respectivamente, entre las semanas 22 y 28.

En términos prácticos es posible concluir que la fertilización en fresa puede distribuirse en 3 etapas importantes del cultivo: durante las primeras 12 semanas se puede agregar 20% del abono a aplicar, 40% en el período comprendido entre las semanas 12 y 18 y el restante 40% entre las semanas 20 y 24. La cantidad de fertilizante a agregar dependerá de otros factores, como el tipo de suelo, su grado de fertilidad y la eficiencia del fertilizante.

Resultados preliminares sobre dosis de fertilizantes serán presentados por los autores en otros trabajos. Los resultados de este estudio indican que la absorción de nutrientes durante las primeras 9 semanas de cultivo es muy baja, por lo que es inconveniente aplicar todo el fertilizante durante esta época, tal como lo acostumbran hacer la mayoría de los productores de fresa. Es más apropiada la distribución del fertilizante entre las semanas 9 y 26, que es la época de mayor absorción. Esto es particularmente importante para los nutrientes que son más susceptibles a pérdidas por lavado como N, K y Mg o de retención como el P. El uso de riego por goteo podría facilitar la distribución del fertilizante en las etapas de mayor requerimiento por parte del cultivo.

RESUMEN

Se determinó la curva de crecimiento y absorción de nutrientes en fresa (*Fragaria x ananasa* cv. Chandler) en Fraijanes, Alajuela. La absorción de nutrientes fué proporcional a los valores de Índice de Crecimiento Absoluto e Índice de Crecimiento Relativo. Durante las primeras 9 semanas, el crecimiento y la absorción fué

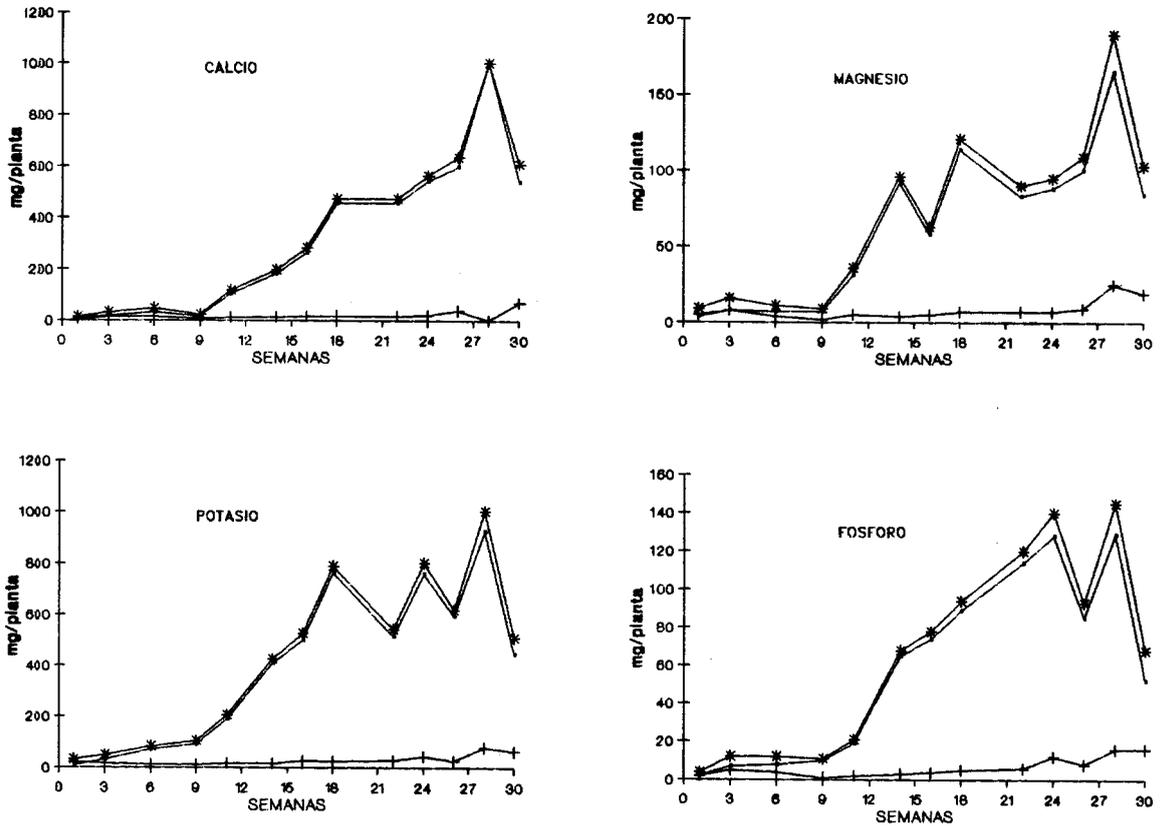


Fig. 4. Curva de absorción de Ca, Mg, K y P en fresa cv. Chandler, Fraijanes, Alajuela. * = Total = Parte aérea + Raíz.

muy lento. Luego de este período la planta incrementó la producción de materia seca y la acumulación de elementos nutritivos. Los picos de máxima absorción ocurrieron en las semanas 18, 23 y 28, coincidiendo con las etapas de mayor producción de frutos. La acumulación de nutrimentos en orden decreciente fué $N > K > Ca > Mg > P > Fe > Mn > Zn > Cu$. La mayor absorción de nutrimentos ocurrió entre las semanas 9 y 26, lo que indica la necesidad de cambiar las prácticas usuales de fertilización del cultivo y adaptarlas de acuerdo con los períodos de mayor absorción de elementos.

LITERATURA CITADA

- ALBREGTS, E.; HOWARD, C. 1978. Elemental composition of fresh strawberry fruits. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 103:293-296.
- ALBREGTS, E.; HOWARD, C. 1980. Accumulation of nutrients by strawberry plants and fruit grown in annual hill culture. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 105:386-388.

BERTSCH, F. 1980. Análisis de crecimiento y la nutrición vegetal. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 23 p.

BOULD, C.; CATLOW, E. 1954. Manurial experiments with fruit. I. The effect of long term manurial treatments on soil fertility and of the growth, yield and leaf nutrient status of strawberry var. Climax. *Journal of Horticultural Science* 29:203-219.

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

COOPER, J.; VAILE, J. 1945. Effect of fertilizers, soil reaction and texture, and plant stand on the performance of strawberries. *Arkansas Agricultural Experiment Station. Bulletin No. 454.*

LONG, J. 1939. The use of certain nutrient elements at the time of flower formation in the strawberry. *Proceeding. American Society for Horticultural Science* 37:553-556.

MATAMOROS, G. 1986. La fresa, prácticas de cultivo. Oficina de Publicaciones, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 29 p.

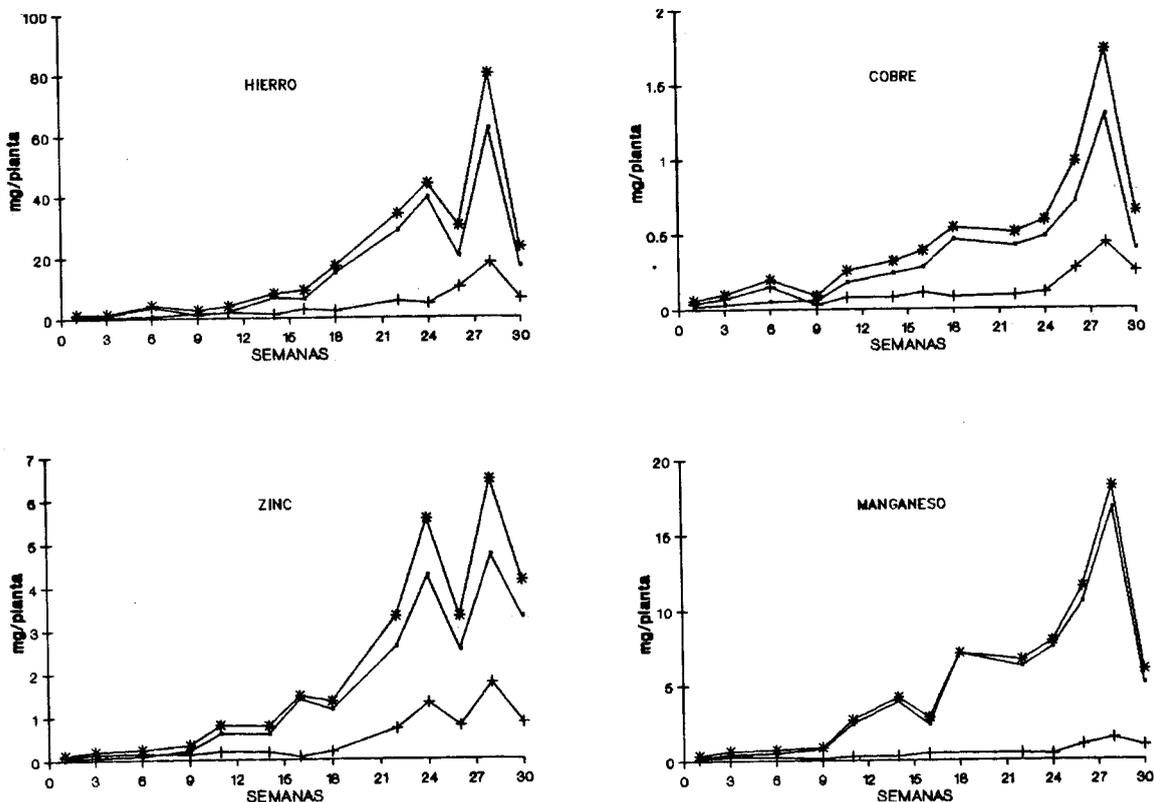


Fig. 5. Curva de absorción de Fe, Cu, Zn y Mn en fresa cv. Chandler, Fraijanes, Alajuela. *=Total =Parte Aérea+=Raíz.

Cuadro 4. Tasa porcentual de absorción de nutrimentos a través del tiempo en fresa cv. Chandler, Fraijanes, Alajuela.

Semana	N	Ca	K	Mg	P (%)	Fe	Cu	Zn	Mn
1	1,5	1,4	3,2	4,7	2,9	1,6	3,5	1,8	1,9
3	2,9	1,9	1,7	3,5	5,8	0,2	2,3	1,2	1,6
5	1,5	1,3	3,4	-	-	3,5	5,8	0,6	0,4
8	5,2	-	2,1	-	-	-	-	1,5	0,8
11	14,4	7,2	10,2	10,8	6,0	-	3,5	7,1	10,1
14	18,5	7,8	21,9	31,6	32,7	5,5	3,5	-	8,0
16	17,8	8,7	10,1	-	6,4	0,5	4,0	10,4	-
18	9,9	18,9	26,0	13,4	11,5	10,7	8,7	-	16,1
22	-	-	-	-	18,0	20,3	-	28,5	-
24	16,7	9,2	1,4	-	13,7	13,1	2,9	34,7	4,4
26	-	-	-	-	-	-	22,6	-	20,0
28	11,6	43,5	20,0	36,0	3,0	44,6	43,4	14,1	36,7

MOLINA, E.; SALAS, R. 1990. Informe final del proyecto de investigación en fertilización y nutrición mineral del cultivo de la fresa, período 1988-1989. Convenio Universidad de Costa Rica-CINDE División Agrícola. 27 p. (mimeo).

RODRIGUEZ, M. 1984. Respuesta de la fertilización con N, P y K, y concentración foliar de nutrimentos en fresa en

la zona de Fraijanes, Alajuela. Tesis Ing. Agr., Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía, Escuela de Fitotecnia. 85 p.

ULRICH, A.; MOSTAFA, M.A.; ALLEN, W.W. 1980. Strawberry deficiency symptoms: a visual and plant analysis guide to fertilization. University of California. Publication No. 4098. 58 p.