RALEO QUÍMICO Y MANUAL DE FRUTOS E INTERACCIÓN CON EL VIGOR DE ÁRBOL DE MANZANO (*Malus domestica* Borkh.) 'ROYAL GALA'

R. Nieto-Ángel[1¶]; F. Gil-Albert Velarde[2]

[1]Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Estado de México, C.P. 56230. México. (¶Autor responsable).
[2]Departamento de Producción Vegetal: Fitotecnia, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, Universidad Politécnica de Madrid, C.P. 28040, Madrid, España.

RESUMEN

La investigación se realizó en 1994 en la Finca Experimental de la Comunidad de Navarra, España, con el objetivo de inducir raleo químico y manual de frutos en manzano 'Royal Gala', establecidos a densidad de plantación de 6,600 árbol·ha^{-1}, utilizando diferentes productos químicos útiles en la agricultura, y la evaluación de la interacción entre el vigor de los árboles y la eficiencia del raleo de frutos. De los diferentes productos químicos utilizados para evaluar su efectividad en el raleo de frutos, el carbaril, en sus tres concentraciones fue el producto que indujo la mayor abscisión de fruto por árbol, sin que dicha cantidad haya afectado la producción por árbol. A medida que la cantidad de frutos por árbol disminuyó por efecto del carbaril, la cantidad de frutos por árbol con calidad comercial aumentó. A medida que la concentración de carbaril se incrementó la cantidad de frutos por árbol disminuyó. El raleo manual dejando un solo fruto cada 15 a 20 cm a lo largo de la rama, la cantidad de frutos por árbol fue la adecuada alcanzando la calidad comercial sin afectar la producción y tampoco el rendimiento. Dejar un fruto por infrutescencia, la cantidad de frutos por árbol es muy elevada y la calidad se disminuyó. Se encontró que por cada una décima en el incremento del índice de productividad de frutos comerciales, como resultado del aumento del área de la sección transversal del tronco, la producción de frutos comerciales por árbol se incrementa en 1.9 kg·árbol^{-1} y en consecuencia, el rendimiento se incrementa en 12.5 t·ha^{-1}.

PALABRAS CLAVE ADICIONALES: ácido naftalenacético (ANA), carbaril, etefón, abscisión de frutos.

CHEMICAL AND HAND THINNING OF FRUIT AND INTERACTION WITH TREE VIGOR OF 'ROYAL GALA' APPLE (*Malus domestica* Borkh.)

SUMMARY

The investigation was carried out in 1994 in the Experimental Farm of the Community of Navarra, Spain, with the objective of inducing chemical and hand thinning of fruits in 'Royal Gala' apple, established in a density of 6,600 trees·ha^{-1}, using different useful chemical products in the agriculture, and the evaluation of the interaction between the tree vigor of the trees and the efficiency of the thinning of fruits. Of the used chemical products, the carbaryl was the one that showed, in its three concentrations the higher abscission of fruits per tree, without affecting tree production. As the carbaryl concentration was increased the quantity of fruits by tree was redused and the quantity of commertial quality fruits was in creased. The hand thinning leaving a single fruit each 15 to 20 cm of shoot lenght showed that the quantity of fruits for tree was the appropiate having commercial quality without affecting production and neither the yield. One fruit per corymb left, showed high quantity per tree, but quality decreases. It was found that for each one tenth in the increment of the index of productivity of commercial fruits,as a result of the increase of the area of the traverse section of the trunk, the production of commercial fruits per tre is increased in 1.9 kg·tree^{-1} and in consequence, the yield is increased in 12.5 t·ha^{-1}

ADDITIONAL KEY WORDS: NAA (naphthalenacetic acid), carbaryl, ethephon, fruit abscission.

INTRODUCCIÓN

El raleo de frutos en árboles frutales, junto con la poda, la fertilización y el riego, integran las prácticas de cultivo de mayor importancia en la producción de fruta para el consumo en fresco. En condiciones naturales, los árboles generalmente producen un número elevado de frutos, lo que implica que muchos de ellos no logren la calidad comercial. Con estas consideraciones y reconociendo que un árbol no puede soportar todos los frutos amarrados,

Recibido: 8 de noviembre, 1999
Aceptado: 11 de mayo, 2000

ésto debe corregirse mediante el raleo, mismo que tiene como objetivo, lograr que los frutos alcancen el tamaño y la calidad comercial, y paralelamente, mejorar el contenido de azúcares, el aroma, la firmeza y la coloración de la epidermis, entre los más importantes. En forma indirecta también se regula el fenómeno de alternancia de producción, se favorece la longevidad de los árboles y la producción acumulada (Rebour, 1971; Coutanceau, 1971; Álvarez Requejo, 1988; Suárez *et al.*, 1988; Faust, 1989; Zaragoza *et al*., 1990; Greene y Autio, 1990; Baroni *et al*., 1990; Flore *et al*., 1990; Martin *et al*., 1990; García, 1991; Baldini, 1992).

El raleo químico o el uso de algún regulador del crecimiento, con base en los resultados de múltiples experiencias, es la práctica más fácil y rentable, particularmente por la facilidad de su ejecución y por su economía, con el inconveniente de definir correctamente el tipo de producto, la concentración y el momento de su aplicación.

La aplicación de productos para el raleo de flores puede realizarse cuando la floración sea máxima, a fin de inducir una mayor caída de flores propiciando que las flores aún no desarrolladas puedan amarrar frutos y a su vez, éstos sean los que se desarrollen. El otro momento de aplicación de los productos químicos para inducir la caída de frutos, se refiere a la primer fase de desarrollo de los frutos conocida como la fase de multiplicación celular que coincide con la mayor demandan de carbohidratos, siendo esta fase cuando se inicia la formación de la semilla, por lo que al eliminar una parte importante de los frutos del árbol, los carbohidratos serán utilizados para los frutos en desarrollo y la cantidad de giberelinas que se sinteticen en las semillas se disminuya y por tanto, la inducción de yemas florales para el próximo año no se vean inhibidas. Los productos que se recomiendan para el raleo de frutos o en postfloración son el ANA (ácido naftalenacético), ANAm (1-naftalenacetamida), carbaril y el etefón (Weinbaum y Simons, 1974; Wertheim, 1986; Fasust, 1989; Pascual *et al.*, 1993; Greene y Autio, 1994).

Con el raleo manual en manzano 'Anna', en una plantación de alta densidad, el rendimiento total disminuyó aunque se incrementó el peso promedio de los frutos; también se incrementó la coloración roja de los mismos (Nieto Ángel y Sadowski, 1989). El raleo manual de frutos, complementario al raleo con ANA en manzanos 'Golden Delicious', al dejar un fruto por inflorescencia, la producción aumentó (80 $t \cdot ha^{-1}$), se mejoró el tamaño y los ingresos de los productores aumentaron en $20,000.00 mexicanos por hectárea; el aclareo manual complementario a dos frutos por inflorescencias, no incrementó la producción ni el tamaño de los frutos (Pascual *et al*., 1993).

El carbaril-50 (Sevin) es un insecticida de amplio espectro y poco peligroso para las abejas (Duff *et al*., 1983). El uso de este insecticida en el raleo de frutos es efectivo en cantidades de 1.5 a 3.5 $g \cdot litro^{-1}$ de agua o combinado en proporciones de 1.2 a 2.4 $g \cdot litro^{-1}$ de ANA o ANAmida, aplicado entre los 14 y 25 días después de la máxima floración, o bien cuando los frutos centrales de la inflorescencia tengan un diámetro entre 8 y 12 mm, principalmente en manzanos 'Golden Delicious', 'Red Delicious', 'Jonathan' y 'Winesap' (Álvarez Requejo, 1988). Este producto puede favorecer la presencia de "russeting" y de araña roja (*Panonychus ulmi* Koch.), particularmente en 'Golden Delicious' (García, 1991).

Para Faust (1989), el carbaril en el raleo de frutos de manzano 'Delicious', debe aplicarse de 10 a 25 días después de la plena floración en concentraciones de 0.30 a 0.60 $g \cdot litro^{-1}$ de agua, en tanto que para cultivares tipo espolonado, la concentración debe ser de 0.6 a 1.20 $g \cdot litro^{-1}$ de agua; específicamente para 'Golden Delicious', el carbaril debe aplicarse de 1.20 a 1.80 $g \cdot litro^{-1}$. Estos incrementos en la concentración indican el grado de resistencia de los frutos al desprendimiento. Una de las ventajas de aplicar el carbaril en tallos espolonados de manzano, es que no es absorbido por las semillas y por tanto, provoca la abscisión de los frutos (Knight, 1983; Looney, 1986).

El ANA debe aplicarse en concentraciones de 15 a 20 $mg \cdot litro^{-1}$ dependiendo del cultivar y edad de los árboles (Álvarez Requejo, 1988; García de O., 1991); en 'Delicious' concentraciones de 2 a 5 $mg \cdot litro^{-1}$ son suficientes (Faust, 1989), aunque en general para manzano debe aplicarse en concentraciones de 15 $mg \cdot litro^{-1}$ (Westwood, 1982), con márgenes de hasta 20 a 30 $mg \cdot litro^{-1}$ (Baldini, 1992). La aplicación debe realizarse de 14 a 18 días después de la caída de pétalos, o cuando el fruto central de la inflorescencia tenga entre 8 y 12 mm de diámetro; incluso, antes de la plena floración o siete días después en manzano 'Delicious' (Sally *et al*., 1991).

El ethrel (ácido 2-cloroetilfosfónico) induce la síntesis de etileno (C_2H_4) y provoca la abscisión de los frutos en posfloración (Yang, 1980; Westwood, 1982). El etefon como producto liberador de etileno, en cantidades de 1,500 $mg \cdot litro^{-1}$ ó al 0.1 % (i.a. 48 %), induce buen raleo de frutos e inhibe el crecimiento de los árboles (Byers *et al*., 1990), y específicamente a 200 $mg \cdot litro^{-1}$ en floración temprana en el cv. Raud Prins, presenta un buen efecto y mejora significativamente la floración del año siguiente (Meland, 1990), aunque combinado con carbaril el efecto del raleo es superior (Byres *et al.*, 1982).

El objetivo del presente trabajo fue evaluar la efectividad de algunos productos químicos ya utilizados en la agricultura, y la interacción con el vigor de los árboles en el raleo de frutos de manzano 'Royal Gala', para favorecer la calidad de frutos, la producción y el rendimiento de frutos comerciales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización geográfica y material vegetal

La investigación se realizó en la Finca Experimental de la Comunidad de Navarra, España, en 1994, ubicada al sur de esta comunidad en la ribera del Río Ebro a 42º 23' de latitud N y una altitud de 30 m. El clima es templado frío, con lluvias en el invierno y los meses más secos son en verano; las temperaturas más bajas que corresponde a las heladas se presentan de noviembre a abril, aunque todavía en mayo puede ocurrir alguna helada esporádica, cada 4 años en promedio. Para el raleo de frutos se utilizaron diferentes químicos y el cultivar de manzano utilizado fue 'Royal Gala'/MM-106. Los árboles fueron establecidos en febrero de 1990 con un marco de plantación de 0.75 x 2.0 m, dando una densidad de plantación de 6,600 árbol·ha^{-1}.

Diseño experimental y tratamientos

El diseño experimental del ensayo fue completamente al azar con el siguiente modelo: $Y_{ij} = m + T_i + e_{ij}$; en donde: Y = variable de interés; m = media; T_i = efecto de tratamiento; e_{ij} = error experimental. El número de tratamientos fueron 10, cada uno con cinco repeticiones, constituyendo un árbol la unidad experimental. Los productos y concentraciones utilizados en los diferentes tratamientos de raleo químico de frutos, en el cv. Royal Gala fueron los siguientes:

1. ANA (ácido naftalenacético): 10, 15 y 20 mg·litro^{-1}; suministrado a través de rhodofix (1.0, 1.5, 2.0 g·litro^{-1}).

2. Carbaril: 1.275, 2.125 y 2.975 g·litro^{-1}; suministrado a través de Sevin 85: (1.5, 2.5, 3.5 g·litro^{-1}).

3. Etefón: 0.36 y 0.60 g·litro^{-1}; suministrado a través de fruitel: (0.75, 1.25 ml·litro^{-1}).

4. Manual: dejando 1 fruto por inflorescencia y 1 fruto cada 15 a 20 cm entre frutos.

Establecimiento del experimento

El experimento se estableció el 4 de mayo de 1994, cuando los frutos centrales de las inflorescencias tenían entre 12 y 14 mm de diámetro (Cuadro 1). En esta fecha el ambiente fue nublado y con temperaturas de 15 ºC y sin viento. La plena floración fue el 10 de abril y la temperatura mínima de -1 ºC se registró solamente el 16 de abril.

CUADRO 1. Área del tronco (cm²), altura de árboles (m), frutos por infrutescencia, diámetro de los frutos centrales y laterales por inflorescencia, evaluados el 4 de mayo, previo al establecimiento del experimento de raleo de frutos de manzano 'Royal Gala' en un sistema de plantación de alta densidad de 6,600 árbol·ha^{-1} en Sartaguda (Navarra), España, 1994.

Tratamiento	Área de la sección transversal del tronco (cm²)	Altura del árbol (m)		Número de frutos por inflorescencia	Diámetro del fruto por inflorescencia (mm)	
		Hasta la poda	Máxima		Central	Lateral
ANA: 10 mg·litro^{-1}	22.02^{NS}	2.38	3.04	4	13.31	11.96
" 15 mg·litro^{-1}	19.56	2.61	3.19	4	14.18	10.63
" 20 mg·litro^{-1}	21.07	2.54	3.28	4	13.18	11.98
Carbaril: 1.275 g·litro^{-1}	20.61	2.49	3.21	4	13.55	11.37
" 2.125 g·litro^{-1}	16.42	2.38	3.19	4	12.41	11.62
" 2.975 g·litro^{-1}	18.35	2.48	3.24	4	12.49	12.05
Etefón: 0.36 g·litro^{-1}	19.08	2.69	3.35	4	13.55	11.44
" 0.60 g·litro^{-1}	18.15	2.53	3.27	4	13.06	11.98
Manual: un fruto por infrutescencia	16.36	2.49	3.16	4	12.88	12.46
Manual: un fruto cada 15 a 20 cm	19.31	2.42	3.13	4	14.71	11.91
Promedio	19.09	2.50	3.20	4.0	13.33	11.74
Error estándar (±)	0.64	0.02	0.02	0.08	0.27	0.17
Coeficiente de variación	21.47 %	5.76 %	4.76 %	13.59 %	13.03 %	9.44 %

^{NS} Diferencias no significativas por columna.

Evaluación de caracteres y obtención de nuevas variables

Los caracteres evaluados (1, 2 y 3 de mayo) sin efecto de los tratamientos y que en el análisis de datos se utilizaron como covariables y correlación en el análisis de varianza, fueron: diámetro de la sección transversal del tronco de los árboles (cm) a 15 cm arriba del nivel del suelo, altura máxima natural de la copa de los árboles (m), altura de la copa hasta la poda (m), número total de frutos por inflorescencia y diámetro (mm) de los frutos (Cuadro 1). La primera evaluación de los caracteres como efecto de los productos químicos como raleadores de frutos se realizó el 1 de julio de 1994, cuantificando el número de frutos presentes en los árboles y estimando la cantidad de frutos caídos. La cosecha y evaluación de los caracteres de cantidad y calidad de los frutos se realizó el 24 de agosto del mismo año, siendo las variables: número de frutos comerciales por árbol (≥ 65 mm de diámetro), número de frutos de destrío por árbol (≤ 65 mm de diámetro); con estos datos se calculó el índice de productividad de frutos comerciales por árbol ($kg \cdot cm^{-2}$), resultado de dividir el peso total de frutos comerciales por árbol dividido por el área de la sección transversal, producción y rendimiento por hectárea de frutos comerciales.

Análisis de datos

Con la finalidad de analizar el efecto del área de la sección transversal del tronco de los árboles (AST), la altura del árbol hasta la poda (HAP), la concentración de carbaril e intensidad de raleo (IR), en el número total de frutos por árbol (NTF), así como el índice de productividad de frutos comerciales (IPFC) con la producción y rendimiento de frutos comerciales (PFC) (RFC), se procedió a calcular regresiones lineales entre dichos caracteres.

Con los datos de número de frutos por árbol como efecto de la abscisión de frutos, resultado de los tratamientos, se calculó el intervalo de confianza (IC) al 5 %, definido como el intervalo de valores que con cierta probabilidad forman parte de una población, y se aplicó a las diferentes variables para definir la calidad de los tratamientos, e identificar los "mejores" y los "peores" tratamientos. La ecuación del análisis del IC fue la siguiente: $IC_{95\,\%} = \mu \pm t\,(0.975, gl) \times EE$. [$IC_{95\,\%}$ = intervalo de confianza al 5 %; μ = media del tratamiento en cuestión; t = valores tabulados de t de la tabla de distribución de t de Student, intervalo $-t$ a $+t$; gl = grados libertad del tratamiento; EE = error estándar].

La evaluación del color de los frutos se realizó al punto de cosecha, en 24 frutos al azar por tratamiento, considerado cada uno de los frutos como una repetición, y mediante el uso de un colorímetro (Modelo CR-200 Marca Minolta). Para facilitar la comprensión de la numeración de colores, se transformaron dichos números en el sistema de color Munsell, con la cual los colores pueden ser identificados mediante letras y números obtenidos sobre la carta de colores tridimensional, desarrollada por A. H. Munsell (carta de color Munsell). La firmeza del fruto se midió con un penetrómetro ("Fruit pressure tester"; Modelo FT 327). Los sólidos solubles totales (SST; ºBrix) se hizo en los mismos frutos con un refractómetro óptico manual (Modelo ATC-1) de escala 0 a 32 % ºBrix.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Correlación entre caracteres con y sin efecto de los tratamientos

Como era de esperarse, en los caracteres en donde los productos químicos todavía no fueron aplicados, se manifestó una correlación entre el área de la sección transversal del tronco (cm^2) y la altura máxima del árbol (r = 0.339), también entre la altura del árbol hasta la poda (m) (4 de mayo, 1994) y la altura máxima de la poda (30 de junio, 1994) (r = 0.395) (Cuadro 2). El mismo efecto se manifestó entre los citados caracteres y el número de frutos por árbol, efecto de los productos químicos utilizados en el raleo (r = 0.353, r = 0.482) (Cuadro 2).

Se encontró una correlación entre la cantidad de frutos por árbol (Cuadro 2), como resultado de la aplicación de los productos, con el peso de los frutos mayores de 65 mm de diámetro, con una r = -0.447, lo que indica que a medida que se incremente el número total de frutos por árbol, el peso de los frutos disminuye ($P \leq 0.05$); así también el número de frutos de calidad (≥ 65 mm de diámetro) con el peso de los mismos frutos, con una r = 0.996 y nivel de P = 0.0001, lo que confirma que al obtener frutos de calidad comercial, se incrementa también el peso total de los frutos y en consecuencia, la producción; es decir, que para obtener frutos de manzano cv. Royal Gala de mayor tamaño con calidad comercial, necesariamente tiene que realizarse el raleo de frutos, independientemente del método utilizado.

El efecto significativo del área de la sección del tronco y la altura del árbol, nos condujeron a utilizar estas variables como covariables en el análisis de varianza de las variables afectadas por los productos químicos, mismas que resultaron significativamente en los análisis citados.

Número total de frutos por árbol

El número total de frutos por árbol, como efecto de los productos químicos para el raleo de frutos, al usar al área de la sección del tronco (r = 0.35326) (P = 0.0254) y la altura de los árboles hasta la poda (r = 0.48258) (P = 0.0016) como covariables (Cuadro 2), el análisis de los datos arrojaron ecuaciones con efecto lineal, de la que podría interpretarse de la siguiente forma:

a) área de la sección del tronco (cm^2) (AST).

NTF = -164±100 + 3±1 AST

CUADRO 2. Coeficientes de correlación (r), probabilidad (*P*) y nivel de significancia de algunos caracteres evaluados, antes y después del establecimiento del experimento de raleo químico y manual de frutos de manzano 'Royal Gala', en un sistema de plantación de alta densidad de 6,600 árbol·ha^{-1} en Sartaguda (Navarra), España, 1994.

Carácter	Caracteres no afectados por los tratamientos					Número de frutos por árbol: efecto de tratamiento[Y]	Frutos ≥ 65 mm de diametro[X]	
	Altura del árbol hasta la poda (m)	Altura máxima del árbol (m)	Número de frutos por inflorescencia[Z]	Diámetro del fruto de la inflorescencia (cm)[Z] Central	Lateral		Número	Peso (g)
Área de la sec. del tronco (cm²)	0.223974[W] 0.16477[V]	0.33963 0.0320 *	-0.02526 0.8771[NS]	0.28785 0.0717[NS]	0.22340 0.1658[NS]	0.35326 0.0254 *	0.29217 0.2248[NS]	0.30309 0.2072[NS]
Altura del árbol hasta la poda (m)		0.39502 0.0116 **	-0.08487 0.6026[NS]	0.09632 0.5544[NS]	0.15133 0.3513[NS]	0.48258 0.0016 **	-0.20437 0.4013[NS]	-0.20473 0.4005[NS]
Altura máxima de árbol (m)			-0.09501 0.5598[NS]	0.23259 0.1487[NS]	0.01378 0.9028[NS]	0.19516 0.2275[NS]	0.13905 0.5702[NS]	0.14608 0.5507[NS]
Número de frutos por inflorescencia[Z]				-0.26795 0.0946[NS]	0.20369 0.2074[NS]	-0.20487 0.2048[NS]	-0.43514 0.0626[NS]	-0.41645 0.0761[NS]
Diámetro del fruto central de la inflorescencia[Z]					-0.19628 0.2248[NS]	0.07305 0.6542[NS]	0.26640 0.2703[NS]	0.28740 0.2328[NS]
Diámetro del fruto lateral de la inflorescencia[Z]						-0.02866 0.5858[NS]	0.8607[NS] -0.12551	-0.13353 0.6087[NS]
Número de frutos por árbol: efecto de tratamiento[Y]							-0.43808 0.0607[NS]	-0.44772 0.0546 *
Número de frutos ≥ de 65 mm[X]								0.99697 0.0001 **

Nivel de significancia: [NS]No significativo; * Significativo; ** Altamente significativo
[Z]Fecha de la aplicación de los tratamientos (4 de mayo)
[Y]26 días después de aplicar los tratamientos (4 de mayo – 30 de junio, 1994)
[X]Recolección (cosecha) de frutos (24 de agosto 1994)
[W]Valor de r (coeficiente de correlación)
[V]Nivel de probabilidad (*P*)

señala que, por cada 1 cm^2 que el área de la sección transversal del tronco se incremente (AST), el número total de frutos (NTF) por árbol puede aumentarse en 3±1, con un nivel de *P* = 0.04.

b) altura del árbol (m); del suelo hasta la poda (HAP).

NTF = -164±100 + 85±42 HAP

lo que indica, que por cada 1 m más de altura del árbol hasta la poda (HAP), el número total de frutos (NTF) aumentará en 85±42, con una *P* = 0.05.

Considerando que el número de frutos totales por árbol es el principal carácter evaluado como efecto de la aplicación de los productos químicos utilizados en el raleo de frutos, los resultados indican que el carbaril (Sevin) fue el único producto, junto con el raleo manual dejando un fruto cada 15 a 20 cm de distancia, los tratamientos que tuvieron un efecto significativo en la abscisión de frutos; es decir, son los que indujeron un menor número de frutos por árbol (105 a148 frutos), y desde el punto de vista estadístico, están dentro del intervalo de confianza al 5 %, lo que permite tener frutos de mayor calidad comercial (Figura 1). Al observar que el carbaril, a medida que se incremente la concentración de 1.27 a 2.97 g·litro^{-1}, la efectividad del raleo de frutos en manzano cv. Royal Gala fue mayor, por lo que se procedió a evaluar estadísticamente dicho efecto, encontrándose una tendencia en disminuir el número de frutos por árbol a medida que la concentración del carbaril se incremente, constatada con la ecuación de regresión lineal siguiente, misma que corresponde a una R^2 = 0.38; n = 12 (Figura 2).

NTF = 172±20 - 19±8 carbaril (g·litro^{-1})

denotando que, a medida que la concentración del carbaril (g·litro^{-1}) se incremente en 1 g·litro^{-1} de agua, el número total de frutos por árbol (NTF) disminuirá en 19±8, con un nivel de *P* = 0.03 para dicho efecto. Estos resultados constatan la eficacia del carbaril en el raleo de frutos de manzano cv. Royal Gala, citados por Byers *et al*. (1982) y Knight (1983).

Los reguladores de crecimiento ANA y etefón, en sus respectivas concentraciones, independientemente de no ser efectivos en el raleo de frutos para este cultivar de manzano, y en condiciones de alta densidad, ya que en sus tres concentraciones para ambos reguladores, el número de frutos por árbol fueron relativamente altos y además, estuvieron afuera del IC (5 %) respecto al testigo (dejando 1 fruto cada 15 a 20 cm de distancia en las ramas) aplicado para analizar la efectividad de los productos (Figura 1), corroborándose dicha aseveración con los datos estadísticos de regresión lineal, en la que ANA presentó una *P* = 0.27, R^2 = 0.11, C.V. = 18.43 %, n = 12, y de etefón, *P* = 0.72, R^2 = 0.02, C.V. = 23.77 %, n = 6.

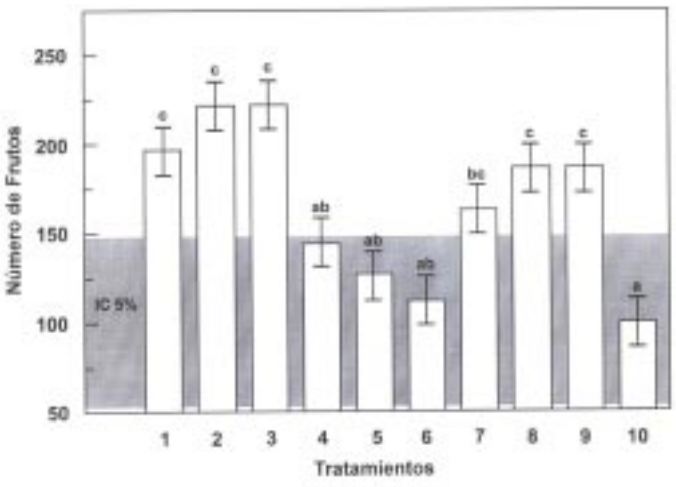

Figura 1. Número total de frutos por tratamiento (1. ANA 10 mg·litro^{-1}; 2. ANA 15 mg·litro^{-1}; 3. ANA 20 mg·litro^{-1}; 4. carbaril 1.275 g·litro^{-1}; 5. carbaril 2.125 g·litro^{-1}; 6. carbaril 2.975 g·litro^{-1}; 7. etefón 0.36 g·litro^{-1}; 8. etefón 0.60 g·litro^{-1}; 9. manual dejando un fruto por infrutescencia; 10. manual dejando un fruto cada 15 a 20 cm), como efecto del raleo químico y manual de frutos, con un intervalo de confianza (IC) del 5 % sobre el raleo manual (dejando un fruto por cada 15 a 20 cm en la rama de fructificación), en manzano cv. Royal Gala a una densidad de 6,600 árbol·ha^{-1}, en Sartaguda (Navarra), España, 1994. Letras iguales significan igualdad de acuerdo a la prueba de Scheffe a una *P*≤0.05. Las líneas en las barras significan error estándar.

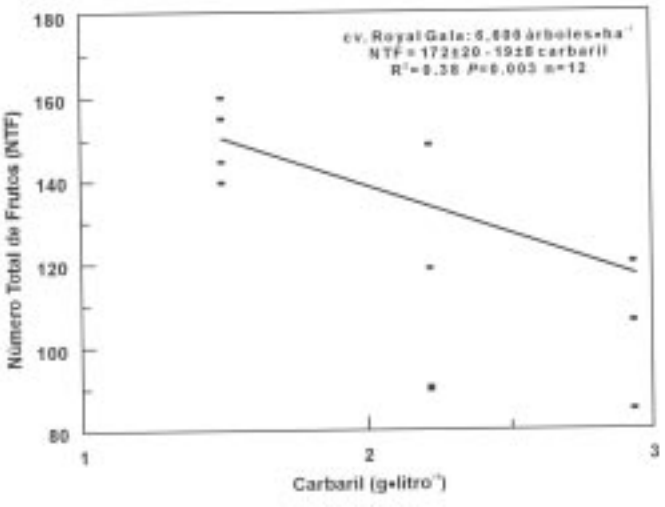

Figura 2. Relación lineal de la concentración de carbaril (g·litro^{-1}) y el número total de frutos por árbol (NTF), en manzano 'Royal Gala', en un sistema de plantación de 6,600 árbol·ha^{-1} en Sartaguda (Navarra), España en 1994. La ecuación de la regresión lineal indica que por cada un gramo de carbaril que se incremente por litro de agua, el número de frutos que se disminuyen por árbol es de 19. Los puntos significan el promedio de 12 árboles.

Los resultados de los dos tratamientos con raleo manual (9 y 10); el primero, dejando un fruto por inflorescencia, y el otro, hecho el raleo más intenso, en la que se dejó un fruto por cada 15 a 20 cm de distancia en las ramas, eligiendo éste como el testigo, como era de esperarse, el raleo manual realizado de forma más intensa, fue el tratamiento que originó un menor número de frutos por árbol (101), en tanto que el tratamiento con un fruto por inflorescencia, el total fue de 190 frutos por árbol (Figura 1), lo que indica que en 'Royal Gala' la intensidad del raleo debe realizarse, para las condiciones ambientales y de manejo de los árboles, más intensivo, de no ser así, la calidad de frutos no alcanzaría la calidad comercial requerida. Al analizar los datos en un análisis de regresión lineal, la ecuación resultante (P = 0.0001, R^2 = 0.95, n = 6) fue:

NTF = 1096±91 - 100±9 IR

significando que el número total de frutos (NTF) disminuirá en 100±9 al aumentar la intensidad de raleo (IR), de un fruto por inflorescencia por cada 15 a 20 cm de longitud en la rama, es decir, de no realizar tal intensidad de raleo y dejar como norma un fruto por inflorescencia, la cantidad de frutos por árbol sería de 190, cantidad muy elevada que tendría un efecto negativo en la calidad y el rendimiento de frutos comerciales, coincidiendo estos datos con lo propuesto por Nieto Ángel y Sadowski (1989) en una investigación relacionada con el efecto del raleo manual en manzano 'Anna'.

Los resultados anteriores denotan que en cv. Royal Gala y a la densidad de 6,600 árbol·ha^{-1}, la cantidad de frutos óptima por árbol para que el tamaño y la calidad de los frutos estén dentro de las normas de calidad comercial, sin afectar al rendimiento y que los márgenes de ganancia sean máximas, el número de frutos por árbol debe ser, similar al tratamiento testigo (101), o bien, en cantidades entre 105 a 148 frutos por árbol, resultado obtenido con el carbaril (en sus tres concentraciones) en la presente investigación. También se reitera que el raleo de frutos manual debe realizarse de forma más intensa que un fruto por inflorescencia, principalmente para árboles de mayor vigor como lo es, 'Royal Gala' (Figura 1).

Relación del índice de productividad de frutos comerciales (IPFC) con la producción y rendimiento de frutos de calidad

El cálculo del índice de productividad de los frutos comerciales (IPFC; kg·cm^2) fue obtenido de dividir el peso de los frutos comerciales entre el área de la sección transversal del tronco de los árboles (cm^2; AST). Esta es una unidad de medida bastante útil para evaluar el potencial de los árboles en producción y la calidad de frutos, utilizando principalmente el carácter de área del tronco de los árboles.

El efecto que el índice de productividad de frutos comerciales (IPFC) tiene en la producción de frutos comerciales por árbol (PFC), se observa en la Figura 3, en

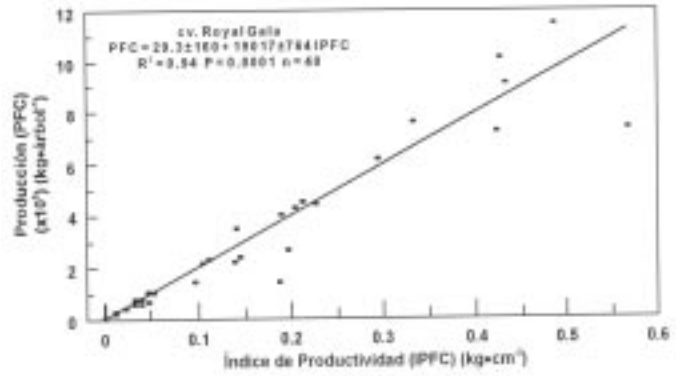

Figura 3. Relación lineal del índice de productividad de frutos comerciales (IPFC) y la producción de frutos comerciales por árbol (PFC) (kg·árbol^{-1}) en manzano 'Royal Gala', en un sistema de plantación de 6,600 árbol·ha^{-1} en Sartaguda (Navarra), España, 1994. Los puntos significan el promedio de 40 árboles.

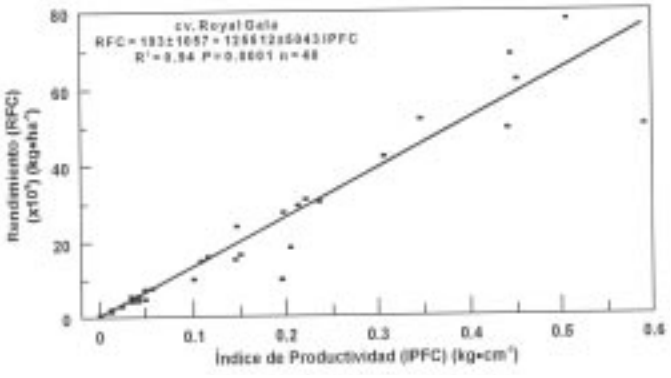

Figura 4. Relación lineal del índice de productividad de frutos comerciales (IPFC) y el rendimiento de frutos comerciales por árbol (RFC) (kg·ha^{-1}) en manzano 'Royal Gala', en un sistema de plantación de 6,600 árbol·ha^{-1} en Sartaguda (Navarra), España, 1994. Los puntos significan el promedio de 40 árboles.

la que a medida que el valor del IPFC se incrementa, la producción de frutos comerciales también manifiesta el mismo efecto con una relación casi simétrica. Al realizar el análisis de regresión lineal para evaluar el efecto del IPFC se obtuvo la siguiente ecuación lineal:

PFC = 29±160 + 19017±764 IPFC

interpretando que, a medida que el IPFC por árbol se aumente modificado por el incremento del área de la sección del tronco, la respuesta en la producción de frutos comerciales (PFC) es lineal, con un coeficiente de determinación (R^2) de 0.94, nivel de P = 0.0001, C.V. = 29.37 %, y n = 40. La ecuación también estima que por cada décima (0.1) que el IPFC se incremente, el aumento en la producción de frutos comerciales por árbol (PFC) será de 1.9 (kg·árbol^{-1}), mientras que con la ecuación:

RFC = 193±1057 + 125512±5043 IPFC

el rendimiento de frutos por hectárea (RFC) se verá favorecido con el incremento del IPFC, con una décima del IPFC el efecto del RFC aumentará en 12.5 t·ha^{-1}, con el mismo efecto de R^2 = 0.94, P = 0.0001, CV = 29.37, n = 40 (Figura 4).

CONCLUSIONES

En manzano 'Royal Gala' a la densidad de 6,600 árbol·ha^{-1}, de los diferentes productos químicos utilizados para evaluar su efectividad en el raleo de frutos, el carbaril, en sus tres concentraciones fue el producto que indujo la mayor abscisión de fruto por árbol, sin que dicha cantidad haya afectado la producción por árbol. A medida que la cantidad de frutos por árbol disminuyó por efecto del carbaril, la cantidad de frutos por árbol con calidad comercial aumentó. A medida que la concentración de carbaril se incrementó la cantidad de frutos por árbol disminuyó.

El raleo manual dejando un solo fruto cada 15 a 20 cm a lo largo de la rama, la cantidad de frutos por árbol fue la adecuada alcanzando la calidad comercial sin afectar la producción y tampoco el rendimiento. Dejar un fruto por infrutescencia, la cantidad de frutos por árbol es muy elevada y la calidad se disminuyó.

Se encontró que por cada una décima en el incremento del índice de productividad de frutos comerciales, como resultado del aumento del área de la sección transversal del tronco, la producción de frutos comerciales por árbol se incrementa en 1.9 kg·árbol^{-1} y en consecuencia, el rendimiento se incrementa en 12.5 t·ha^{-1}.

LITERATURA CITADA

ÁLVAREZ REQUEJO, S. 1988. El Manzano. 5a Edic. Coedic. Ministerio de Agricultura pesca y Alimentación. Editorial Aedos, S. A. Barcelona, España. pp. 326-334.

BARONI, G.; MADINELLI, C.; LÍAN, O.; MASIA, A. 1990. Fruit thinning in peach, nectarine and sweet cherry by Metribuzin, an inhibitor of photosynthesis. XXIII International Horticultural Congress. Firenze, Italy Abst. 3282.

BALDINI, E. 1992. Arboricultura General. Traducido del Italiano por J. de la Iglesia González. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. pp. 291, 344-352.

BYERS, R. E.; LYONS Jr, C. G.; HORSBURGT, R. L. 1982. Comparisons of Sevin and Vidate for thinning apple. HortScience 17: 777-778.

BYERS, R. E.; BARDEN, J. A.; POLOMSKI, R. F.; YOUNG, R. W.; CARBAUGH, D. H. 1990. Apple thinning by photosynthetic inhibition. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 115(1):14-19.

COUTANCEU, M. 1971. Fruticultura. 2da. Edic. Oikos-Tau, S. A. Ediciones. Barcelona, España. pp. 99-101, 503-506.

DUFF, M. J.; ATKINS, L.; HANNEY, B.; JOHANSEN, C.; MAYER, D.; NELSON, R. 1983. Sevin XLR: Reducing hazard to honey bees. Union Carbide Agric. Publication 83505: 1-11.

FAUST, M. 1989. Physiology of Temperate Zone Fruit Trees. John Wiley & Sons, New York, USA. pp. 221-229.

FLORE, J. A.; TODD, S.; NERI, D.; PETERLUNGER, E. 1990. Development of a bioassay to estimate variability in apple chemical thinning response to NAA. XXIII International Horticultural Congress. Firenze, Italy. Abst. 1881.

GARCÍA DE O., J. 1991. El aclareo químico del manzano. Revista Fruticultura Profesional 38: 71-75.

GREENE, D. W.; AUTIO, W. R. 1990. Thinning activity of benzyladenine on several apple cultivars. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 115(3): 394-400.

GREENE, D. W.; AUTIO, W. R. 1994. Combination sprays with benzyladenine to chemically thin spur-type 'Delicious' apple. HortScience 29(8): 887-890.

KNIGHT, J. N. 1983. Traslocation properties of carbaryl in relation to its use as an apple fruitlet thinner. J. Hort. Sci. 58(3): 371-379.

LOONEY, N. E. 1986. Chemical thinning of apple: some new strategies and important refinements to old procedures. Acta Horticulturae 179: 597-604.

MARTIN, G. C.; NISHIJIMA, C.; RAPOPORT, H. F. 1990. Abscission response of olive flower and fruit populations to NAA. XXIII International Horticultural Congress. Firenze, Italy Abst. 1891.

MELAND, M. 1990. Effects of Ethephon an NAA as thinning agents for two apple varieties grown in a northern climate. XXIII International Horticultural Congress. Firenze, Italy Abst. 3283.

NIETO ÁNGEL, R.; SADOWSKI, A. 1989. Efecto de la aplicación de Alar y del raleo manual en manzano cultivar Anna bajo dos densidades de plantación. Revista Chapingo 62/63: 97-101.

PASCUAL, M.; URBINA, V.; COSTA, J. 1993. Eficiencia del aclareo manual de frutos, complementario al aclareo químico, en manzanos cv. Golden Delicious. Información Técnica Económica Agraria (ITEA) 89(3): 129-135.

REBOUR, H. 1971. Frutales Mediterráneos. Traducido del Francés por F. Gil-Albert Velarde. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. pp. 157-159.

SALLY, A. B.; JONES, K. M.; KOEN, T. B.; OAKFORD, M. J.; BARRETT, M. H.; STONE, N. E. 1991. The interaction of Cytolin and NAA on cropping red 'Delicious' apple. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 66(5): 559-567.

SUÁREZ, M. P.; LÓPEZ-RIVAS, P.; ORDOVAS, J.; RALLO, L. 1988. Ensayos extensivos de aclareo de frutos en olivo. Actas del III Congreso de la Soc. Española de Ciencias Hort., España. pp. 182-187.

WEINBAUM, S. A.; SIMONS, R. K. 1974. Histochemical appraisal of the relationship of seed abortion to chemical induction of fruit abscission following bloom. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 99(3): 266-269.

WERTHEIM, S. J. 1986. Cemical thinning of Golden Delicious apple with NAAm and/or Carbaryl in combination with a spreader and the anti-russeting GA_{4+7}. Acta Horticulturae 179: 659-666.

WESTWOOD, M. N. 1982. Fruticultura de Zonas Templadas. Traducido del Inglés por L. Rallo Romero y colaboradores. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. pp. 217-240.

YANG, S. F. 1980. Regulation of ethylene biosynthesis. HortScience 15(3): 238-243.

ZARAGOZA, S.; TRENOR, I.; ALONSO, E. 1990. Influencia del aclareo sobre el calibre de los frutos Satsuma clausellina. Acta de Horticultura. I Congresso Ibérico de Ciéncias Hortícolas. Lisboa, Portugal. III: 113-118.