ITEA (2004), Vol. **100V N.° 3,** 137-144

EFECTO DE LAS PULVERIZACIONES FOLIARES DE BORO SOBRE EL AGRIETADO DE PERAS EN CONDICIONES DE RIEGO Y SECANO

R. Núñez*, T. Casero**

* Colegio de Postgraduados, Campus Puebla, México.

** Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agraria, Universidad de Lleida, España.

RESUMEN

Se evalúa el efecto de pulverizaciones foliares de boro en perales variedad 'Paraíso' sobre el agrietado de los frutos en árboles en plena producción y en condiciones de riego y secano. En el diagnóstico nutricional general de estas plantaciones se detecta que los niveles de N, P y Ca en las hojas se encuentran por debajo de los valores normales y los micronutrientes presentan también concentraciones bajas especialmente en Mn y Zn.

Los resultados muestran que las aplicaciones foliares de boro en peral logran un incremento de este nutriente en hojas y especialmente en frutos. También se encontró que la concentración de boro en frutos sanos a los 55 días después de floración fue mayor que la de los frutos agrietados, mientras que en el momento de la cosecha sucedió lo contrario, teniendo mayores contenidos los frutos agrietados. Con las aspersiones de boro se logró disminuir el número de frutos agrietados por árbol en condiciones de riego, pero no se reflejó en un aumento de la producción total.

Palabras clave: Peral, Boro, Agrietamiento, Nutrientes, Hojas, Frutos, Riego.

SUMMARY

EFFECT OF BORON SPRAYINGS ON PEAR FRUIT CRACKING IN IRRIGATION AND DRY CONDITIONS

The study was conducted on trees in production to evaluate the effect of foliar boron sprays in irrigation and dry conditions on pear fruit cracking 'Paraíso'. Some macronutrients as N, P and Ca was found in low leaf levels, and the micronutrients had low concentrations too, especially the Mn and Zn. The results showed that the boron applications on leaves increased the levels in this nutrient so much in leaves as in fruits. The boron concentration in healthy fruit 55 days after blooming was higher than in the cracked fruit while at harvest happened the opposite, having high concentration in cracked fruit. The boron sprays achieved decrease the number of cracked fruit for tree in irrigation lands, but wasn't reflected in a increased yield.

Key words: Pear, Boron, Cracking, Nutrients, Leaves, Fruit and Irrigation.

Introducción

El estado de Puebla donde se cultivan diversas especies de frutales caducifolios, se encuentra situado en el centro del país, destacando por su importancia el peral (*Pyrus communis* L.) con una superficie cultivada de más de dos mil hectáreas. Las variedades de peral que más se cultivan en el estado son 'Paraíso', 'Lechera', 'San Juan' y 'Kieffer'. La primera es la que más interesa al productor por su calidad y precocidad, ya que le permite encontrar un mercado de poca competencia y buena rentabilidad. Sin embargo, a través de los años se ha observado que el valor de la cosecha del cultivar 'Paraíso' disminuye seriamente, debido a que el fruto se agrieta bien de pequeño o en las etapas posteriores durante el crecimiento. En la mayoría de los huertos se suele encontrar que más del 50% de los frutos presentan agrietamiento (CORTÉS, 1995). Entre los factores que se citan que pueden influir en el agrietado de la pera se encuentran los niveles deficientes de boro y calcio en los frutos y también en las hojas, así como la disponibilidad de agua en el suelo, el tipo de portainjerto o la presencia de parásitos. En condiciones de humedad limitada, la absorción de nutrientes por las plantas se reduce principalmente en la época de floración y también durante el crecimiento del fruto, período en el que se presenta el agrietado del mismo (OPARA y TADESSE, 2000).

El boro es un micronutriente esencial para el desarrollo de los frutos, pues participa en el transporte de los azúcares y en el alargamiento del tubo polínico y por lo tanto en la fecundación. También juega un papel primordial en la síntesis de la lignina que cementa las fibras celulósicas, a las que proporciona estabilidad y consistencia. El boro actúa en sinergismo con el calcio en cuanto a las funciones estructurales que desarrolla, al fortalecer las paredes vegetales a través de la interacción con los biopolímeros formadores de estos tejidos como las pectinas y ligninas (KOBAYASHI *et al.*, 1999).

Los frutos tratados con boro incrementaron la fijación en el árbol y la producción (WÓJCIK *et al.*, 1999), y durante la conservación en cámara no se detectan desórdenes como corazón pardo o descomposición interna, en comparación con los que no han sido tratados (XUAN *et al.*, 2001).

En este estudio se pretende comprobar la influencia de las aplicaciones foliares de boro en perales, en condiciones de riego y secano, sobre los niveles nutricionales de los árboles, su producción y la incidencia en el agrietado de frutos de pera.

Material y métodos

Se eligieron dos parcelas de perales (*Pyrus communis* L.), una bajo condiciones de riego y otra en secano, situadas en la comunidad de San Sebastián Tepalcatepec, en el estado de Puebla (México). Los árboles seleccionados fueron de la variedad 'Paraíso' injertados sobre patrón 'tejocote' criollo (*Crataegus mexicanus* L.), con una edad aproximada de diez años, en un marco de plantación de 4 metros entre árboles y 12 metros entre hileras. El diseño experimental en ambos casos fue con una distribución completamente al azar, con tres tratamientos y siete repeticiones, utilizándose un árbol como unidad experimental. En la primera parcela se aplicaron cuatro riegos a manta, de acuerdo al calendario programado por los socios del pozo de agua, mientras que en la segunda parcela no se aplicó ningún riego, siendo la precipitación promedio de la localidad de 830 mm/año, distribuida de finales de mayo a octubre, considerándose conducida en condiciones de secano.

Los tratamientos en ambas parcelas fueron con pulverizaciones foliares a las dosis de boro de 0, 300 ppm y 600 ppm, efectuadas en tres momentos. La primera aplicación se realizó durante la plena floración (25 de Febrero), la segunda pulverización se efectuó en la fase de multiplicación celular (Abril) y la tercera aplicación se llevó a cabo durante el crecimiento del fruto (Mayo), utilizándose unos volúmenes de caldo de 624, 1246 y 1664 L/ha respectivamente (cuadro 1).

Se realizaron dos muestreos de frutos, el primero el 22 de Abril, a los 55 días después de la floración, cuando el fruto tenía un tamaño de 3,5 cm de diámetro, y el segundo, en el momento de la cosecha, a los 121 días después de floración el 26 de Junio. Los muestreos de hojas fueron cuatro y se llevaron a cabo una vez al mes, desde marzo hasta junio.

Se estudiaron las variables de concentración de nutrientes en las hojas y también en los frutos sanos y agrietados. Además se cuantificó el número de frutos sanos y frutos agrietados por árbol, así como la producción total obtenida en número y peso de frutos por árbol.

La metodología utilizada tanto en el análisis del suelo, de hojas y frutos, ha sido la recomendada por el laboratorio de Fertilidad de suelos del Colegio de Postgraduados (México) de acuerdo a la metodología citada por DIBLE *et al.*, 1954. En el caso del boro se utilizó para su determinación, tanto en hojas como en frutos, el método colorimétrico a base de 'Curcumina' y lectura espectrofotométrica.

Las parcelas están ubicadas en un suelo bastante profundo, con una textura franco-arenosa y unos niveles bajos de conductividad eléctrica y de materia orgánica; además este suelo posee una disponibilidad de nutrientes más bien escasa, especialmente en la capa arable (cuadro 2).

Resultados y discusión

Se observa que en las concentraciones de nutrientes de las hojas de los perales del ensayo consideradas en su conjunto, los macronutrientes N, P y K, disminuyen su concentración de forma progresiva a medida que avanza el ciclo vegetativo, encontrándose con los niveles más bajos en el momento de la recolección (cuadro 3), mientras que otros nutrientes, como Ca y Mn, manifiestan una clara tendencia a irse acumulando pro-

Cuadro 1. Aplicaciones foliares, época, producto y gasto en volumen de disolución de boro en los tratamientos de 300 y 600 ppm de B efectuados en Puebla (México)
Table 1. Foliar applications, time, product and spread of borom solution for the treatments of 300 and 600 ppm of B, Puebla (Mexico)

Aplicaciones	Época	Producto	Gasto (L/ha)
1ª (25 de Febrero)	Plena floración	Ac. Bórico	624
2ª (11 de Abril)	Multiplicación celular (45 días de la plena floración)	Bórax	1.246
3ª (2 de Mayo)	Crecimiento del fruto (66 días después de floración)	Bórax	1.664

Cuadro 2. Características del suelo a distintas profundidades de muestreo en el huerto de Peral 'Paraíso', Puebla (México)
Table 2. Soil Characteristics at different dephts of samples in 'Paraíso' pear trees orchard, Puebla (Mexico)

Características	0 a 30 cm	30 a 60 cm	60 a 90 cm	90 a 120 cm
Mat. Org. %	0,44	0,43	0,37	0,36
pH (1: 2)	6,3	6,4	6,5	6,6
CE (mmhos/cm)	0,04	0,03	0,05	0,04
Fósforo (ppm)	2,36	5,33	6,74	9,00
Arena %	64	56	59	41
Limo %	17	21	18	27
Arcilla %	19	23	23	32
Clasificación	Franco arenoso	Franco arenoso	Franco arenoso	Franco arenoso

gresivamente en las hojas, alcanzando los mayores contenidos al final del desarrollo.

Los niveles de macronutrientes existentes en las hojas se pueden considerar bajos en el caso de N, P y Ca, pues se encuentran situados por debajo de las recomendaciones de normalidad (BERGMANN, 1992; SANZ *et al.*, 1997; FAUST, 1989). También los micronutrientes presentan concentraciones bajas, especialmente en Mn y Zn, los cuales se encuentran en niveles por debajo de la normalidad para la obtención de cosechas con una buena calidad de sus frutos.

En el cuadro 4, se presentan las concentraciones de boro en frutos sanos y agrietados en dos momentos del ciclo vegetativo (a los 55 y 121 días después de floración) y también en las hojas del peral, en cuatro momentos a lo largo del desarrollo vegetativo y con intervalos mensuales de Marzo a Junio. En los cuatro muestreos foliares durante el crecimiento vegetativo del cultivo, se puede apreciar un incremento de los niveles de boro a lo largo del ciclo vegetativo y también el aumento de la concentración de este nutriente con las aplicaciones foliares.

Cuadro 3. Concentraciones de macro y micronutrientes en hojas de peral 'Paraíso' (promedio de tres repeticiones por fecha)
Table 3. Macro and micronutrients along 'Paraíso' pear trees leaves

	Nutriente								
	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Mn	B
Muestreo	%					ppm			
Marzo, 25	2,1	0,13	1,7	1,2	0,22	8	19	17	41
Abril, 24	1,8	0,11	1,5	1,2	0,30	6	18	18	50
Mayo, 31	1,7	0,09	1,4	1,5	0,30	5	17	17	49
Junio, 25	1,7	0,08	1,3	1,6	0,30	7	21	21	52

Cuadro 4. Concentraciones de boro sobre materia seca en frutos sanos, frutos agrietados y en hojas de peral 'Paraíso' en diferentes momentos del crecimiento, Puebla (México)
Table 4. Boron concentrations on dry matter in healthy fruits, cracking fruits and 'Paraíso' pear trees leaves in different stages of growing. Puebla (Mexico)

Tratamiento	Fruto Sano		Fruto Agrietado		Hojas			
	22/4	26/6	22/4	26/6	25/3	24/4	31/5	25/6
Con Riego	Boro (ppm)							
0 ppm B	22	14	18	17	36	46	46	44
300 ppm B	38	24	34	28	39	50	50	52
600 ppm B	45	32	40	53	43	54	54	63
Sin Riego								
0 ppm B	18	11	18	16	40	48	41	43
300 ppm B	28	24	28	50	42	47	48	54
600 ppm B	58	31	36	36	46	50	56	55

En los frutos tratados con las pulverizaciones foliares de boro, se incrementaron de forma notable los niveles de este nutriente en proporción a la dosis aplicada, llegándose a alcanzar niveles elevados, por encima de la normalidad en el momento de la cosecha, para el caso del tratamiento con 600 ppm y especialmente en la parcela con aplicación de riego.

Los frutos sanos alcanzaron niveles mayores de boro que los que estaban agrietados, ya en la primera época del desarrollo de los mismos (primer muestreo el 22 de abril, a los 55 días de floración), siendo este período el más crítico de formación y desarrollo de los frutos. Sin embargo en el momento de la recolección a los 180 días de la plena floración, los frutos agrietados alcanzaron los niveles más elevados de boro, lo que puede ser debido a una mayor penetración hacia el interior del fruto que es facilitada por la rotura de la cutícula o epidermis.

De acuerdo a lo mencionado anteriormente, en el análisis estadístico combinado se encontraron diferencias estadísticas para las pulverizaciones foliares de boro entre los frutos sanos y agrietados; también se encontró significación estadística en la interacción boro con riego para frutos agrietados en el momento de la recolección (cuadro 5).

En el cuadro 6, se presenta la producción de frutos sanos, frutos agrietados y frutos totales por árbol obtenidos en los perales 'Paraíso' para las condiciones de riego y secano. El número medio de frutos cosechados por árbol en ambas parcelas fue de 211, con una producción media por árbol de 20 kg, siendo de 21 kg con riego y 19 kg en secano. Este valor es sustancialmente más bajo que el referenciado para la zona, que se

Cuadro 5. Análisis de varianza combinado para la variable Boro en frutos sanos (B FRUSAN) y frutos agrietados (B FRUAGRA) de peras 'Paraíso' en dos épocas de muestreo (Abril 1, Junio 2)

Table 5. Variance analysis combined for the variable Boron in healthy (B FRUSAN) and cracked fruits (B FRUAGRA) of pear fruit tree 'Paradise' in two sampling times (April 1, June 2)

Variable dependiente	Fuente variación	Grados libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Ft 0.05	Ft 0.01
B FRUSAN 1	Riego (R)	1	0.1942	0.1942	0.00	4.75	9.33
	Boro (B)	2	3066.7335	1533.36	15.17**	3.89	6.93
	RxB	2	397.9202	198.96	1.97	3.89	6.93
B FRUAGR 1	Riego (R)	1	35.8986	35.898	1.25	4.75	9.33
	Boro (B)	2	1208.9235	604.46	20.99**	3.89	6.93
	RxB	2	55.1869	27.59	0.96	3.89	6.93
B FRUSAN 2	Riego (R)	1	3.16180	3.618	0.11	4.75	9.33
	Boro (B)	2	676.5902	336.79	10.32**	3.89	6.93
	RxB	2	112.4972	56.248	1.72	3.89	6.93
B FRUAGR 2	Riego (R)	1	38.4272	38.427	0.81	4.75	9.33
	Boro (B)	2	2727.0664	1363.53	28.72**	3.89	6.93
	RxB	2	1282.7995	641.399	13.51**	3.89	6.93

* Significación al 0.05

** Significación al 0.01

sitúa en unos 90 kg/árbol con riego y 40 kg/árbol en secano. Las cifras anteriores denotan la existencia de condiciones limitantes en que se encuentran los árboles, posiblemente debido a la presencia de factores que pueden influir en el bajo rendimiento, como son la baja disponibilidad de algunos nutrientes tales como N, P, K, Ca y los bajos niveles en materia orgánica que limitan la absorción de los micronutrientes Cu, Mn, Zn y Fe. (García, 1985).

Los tratamientos con las aplicaciones de boro y con los sistemas de riego no afectaron significativamente la producción total de los árboles, que resultó ser bastante baja, sin embargo disminuyó notablemente el número de frutos agrietados. Por otro lado, se observó una ligera tendencia a disminuir el número de frutos y su peso total en los tratamientos con 600 ppm de boro, como consecuencia de los altos niveles que se alcanzan de este nutriente.

En resumen, se puede decir que aún cuando el boro no provocó un aumento de los rendimientos en el peral 'Paraíso', sí se logró disminuir el porcentaje de frutos agrietados en condiciones de riego. Es posible que debido a ser una especie leñosa, el efecto de las aplicaciones de boro al follaje se manifieste durante las cosechas posteriores y así influir de forma considerable en los procesos de floración y cuajado de los frutos en años sucesivos (Del Re *et al.*, 1990). Es necesario realizar un estudio a más largo plazo y diseñar formas complementarias con otros nutrientes para la consecución de mejores y más equilibrados balances nutricionales.

Cuadro 6. Producción de frutos sanos, agrietados y frutos totales por árbol de peral 'Paraíso' en condiciones de riego y secano, Puebla (México)
Table 6. Healthy, cracking and total fruit production of each tree 'Paraíso' pear trees under irrigation and dry conditions. Puebla (Mexico)

Tratamiento	Frutos Sanos			Frutos Agrietados			Frutos Totales	
	N° Frut/ árbol	% Frut	Kg/ árbol	N° Frut/ árbol	% Frut	Kg/ árbol	N° Frut/ árbol	Kg/ árbol
Con Riego								
Testigo	168	73	18.25	62	27	2.20	230	20.45
300 ppm B	205	87	20.75	30	13	1.05	235	21.80
600 ppm B	173	94	19.45	11	6	0.45	184	19.90
Sin Riego								
Testigo	195	88	19.15	26	12	1.85	221	21.00
300 ppm B	182	90	18.95	20	10	0.75	202	19.70
600 ppm B	171	83	17.85	35	17	1.35	206	19.20

Conclusiones

1. Las aplicaciones foliares de boro en peral producen un notable incremento de este nutriente tanto en hojas como en frutos.

2. Las aspersiones de boro disminuyeron el número de frutos agrietados por árbol bajo condiciones de riego.

3. Los niveles de nutrientes encontrados en hojas que se sitúan por debajo de la normalidad son el N, P y Ca, al igual que los micronutrientes Mn y Zn.

4. Las producciones totales de frutos no se modificaron significativamente con las aplicaciones foliares de boro, aunque manifestaron una tendencia a crecer en condiciones de riego y a disminuir con un tratamiento muy alto de boro.

Bibliografía

BERGMANN W., 1992. Nutritional disorders of plants. Gustav Fischer Verlag Jera. Stuttgart.

CORTÉS F.I., 1995. Agrietamiento del fruto de pera 'Paraíso' en el Distrito Agropecuario 05, Cholula, Puebla. Publicación interna (México).

DEL RE A., MORI P., SCIENZA A., UMES C., TROPEA M., BERGMANN W., 1990. Las Carencias en los frutales (I) BORO. Frut Revista de Fruticultura, 5(4): 179-193.

DIBLE W.T., TRUOG E. BERGER K.C., 1954. Boron determination in soils and plants simplified curcumin procedure. Anal. Chem. 26: 418-421.

FAUST M., 1989. Nutrition of fruit trees. En: Physiology of temperate zone fruit trees, pp. 109-114, Maryland (EEUU).

GARCÍA C., 1985. Elementos secundarios y microelementos, carencias y correctores (catálogo general) Segunda Edición Ministerio de Agricultura, Pesca y

Alimentación, Dirección General de la Producción Agraria, Madrid (España) pp. 43- 47.

KOBAYASHI M., NAKAGAWA H., ASAKA T., MATUH T., 1999. Borate – rhamnogalacturonan bonding reinforced by Ca reatains pectic polysaccharids in higher plant cell walls. Plant physiology 119-203.

OPARA U.L., TADESSE T., 2000. Fruit growth and mineral element accumulation in Pacific Rose" apple in relation to orchard management factors and calyx end splitting. Journal of Plant Nutrition, 23(8): 1079-1093.

SANZ M., VAL J., MONTAÑÉS - MILLAN L., MONGE E., MONTAÑÉS L., 1997. Optimum nutrient valúes for pear trees at different times of the growing season. Acta Horticulturae 448: 193-198.

WÓJCIK P., CIESLINSKI G., MIKA A., 1999. Apple yield and fruit quality as influenced by boron applications. Journal of Plant Nutrition, 22(9): 1365-1377.

XUAN H., STREIF J., PFEFFER H., DANNEL F., ROMHELD V., BANGERTH F., 2001. Effect of pre-harvest boron application on the incidence of CA-storage related. Disorders in 'Conference' pears. Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 76(2): 133-137.

(Aceptado para publicación el 9 de septiembre de 2004).