

**UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE AGRONOMÍA**

Memoria de Título

**PODA DE RAÍCES Y TRATAMIENTO COMPLEMENTARIO SOBRE
LA DISTRIBUCIÓN Y CRECIMIENTO DE LAS RAÍCES EN VID
“SULTANINA”**

RODRIGO ROJAS DÍAZ

**SANTIAGO-CHILE
2008**

**UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE AGRONOMÍA**

**PODA DE RAÍCES Y TRATAMIENTO COMPLEMENTARIO SOBRE
LA DISTRIBUCIÓN Y CRECIMIENTO DE LAS RAÍCES EN VID
“SULTANINA”**

Memoria para optar al título profesional de:
Ingeniero Agrónomo
Mención: Manejo de suelos y aguas

RODRIGO ROJAS DÍAZ

	Calificación
Profesor Guía	
Sr. Rodrigo Callejas R. Ingeniero Agrónomo Dr. sc. agr.	6,5
Profesores Evaluadores	
Sr. Julio Haberland A. Ingeniero Agrónomo Ph.D.	6,4
Sr. Bruno Razeto M. Ingeniero Agrónomo M.S.	6,5
Colaborador	
Sr. Carlos Benavides Z. Ingeniero Agrónomo	

Santiago, Chile

2008

ÍNDICE

RESUMEN.....	1
SUMMARY	2
INTRODUCCIÓN	3
Objetivo general	5
METODOLOGÍA	6
Materiales	6
Método	6
Evaluaciones	7
Diseño experimental y análisis estadístico.....	11
RESULTADOS.....	12
Descripción del suelo y diagnóstico de raíces.....	12
Diámetro del tronco.....	12
Peso de poda.....	13
Seguimiento del crecimiento de raíces y temperatura de suelo, durante la temporada, mediante “rizotrón”	13
Distribución y crecimiento de raíces.....	14
Niveles K y B en la lámina	18
DISCUSIÓN	20
CONCLUSIONES	22
BIBLIOGRAFÍA CITADA	23
APÉNDICE I.....	25
APÉNDICE II	26

RESUMEN

Durante la temporada 2003 - 2004, se evaluó el efecto de la poda de raíces y tratamiento complementario (aplicación de bioestimulante), sobre el crecimiento y distribución de las raíces en un parrón de vid "Sultanina", en la Región Metropolitana. Adicionalmente, utilizando un "rizotrón", se realizó el seguimiento del crecimiento de las raíces y la temperatura de suelo en 5 profundidades.

Se realizaron 4 tratamientos, con 3 repeticiones, correspondientes a: T0 (sin poda de raíces, sin aplicación de bioestimulante), T1 (sin poda de raíces, con aplicación de bioestimulante en el punto de goteo), T2 (con poda de raíces a 80 cm de ambos lados de la planta, con aplicación de bioestimulante en el punto de corte) y T3 (con poda de raíces, sin aplicación de bioestimulante).

Las evaluaciones de raíces se realizaron por tres métodos (jaulas de enraizamiento, monolitos y mapeo de raíces). El seguimiento del crecimiento de raíces, se realizó mediante el conteo de las intersecciones de las raíces nuevas con el cuadrulado en el vidrio del rizotrón. Se realizaron mediciones de la planta para determinar si existe un efecto sobre la parte aérea.

En el mapeo de raíces, T1 y T3 resultaron aumentar el número de raíces de 0,5 a 2 mm de diámetro en la calicata. El tratamiento T2 produjo un aumento en las raíces delgadas y en el total de raíces en la zona de corte de la poda de raíces. En las jaulas de enraizamiento, instaladas en los tratamientos con poda de raíces se obtuvieron mayores largos de raíces en el tratamiento con aplicación de bioestimulante (T2). En las evaluaciones realizadas en la parte aérea de la planta no se obtuvieron diferencias. Los análisis foliares indican un mejor estado nutricional (Potasio) en T2 con relación al testigo (T0), en la temporada siguiente. La concentración de boro en la lámina estuvo linealmente relacionada con el número de raíces absorbentes (raíces menores a 2 mm de diámetro).

En el seguimiento del crecimiento de raíces durante la temporada se observaron dos "peaks" de crecimiento de raíces. El primero, mucho mayor que el segundo, ocurrió al final del estado de floración. El segundo se produjo después de la cosecha de la fruta y antes de la caída de hojas, para luego estabilizarse el crecimiento a una tasa de mantención durante el invierno.

Palabras clave: bioestimulante, rizotrón, temperatura de suelo, subsolado.

SUMMARY

During the 2003-2004 season, the effect of root pruning and a complementary treatment (biostimulant application) on root growth and distribution of a “Sultatina” grapevine vineyard was evaluated in the Metropolitan Region of Chile. In addition, a follow-up evaluation of root growth and soil temperature at five depths was conducted with a rhyzotron box.

Four treatments with three replications were carried out as follows: T0, no root pruning and no biostimulant application; T1, no root pruning, with biostimulant application in the dripping point; T2, root pruning and biostimulant application in the cutting point; and T3, root pruning and no biostimulant application.

Root evaluations were carried out by three methods (rooting cages, monolites, and root localization). Root growth follow-up was conducted by counting the intersections of new roots with the rhyzotron grid. Other plant measurements were made to determine if there was an effect on the aerial part.

In root localization, T1 and T3 increased the number of 0.5-2 mm roots in 36 and 32%, respectively. T2 produced an increase in thin roots from 0.5 to 2 mm and in the total of roots in the cutting area of root pruning (80 to 100 cm from the plant). In the rooting cages, installed in the treatments with root pruning, greater root lengths were obtained in the treatment with biostimulant application (T2). In the evaluations carried out in the aerial part of the plant, no differences were recorded. The foliar analyses indicated a better nutritional status (K) in T2 with respect to the control (T0) in the following season. Leaf blade B concentration was linearly related with the number of absorbent roots (roots smaller than 2 mm in diameter).

In the root growth follow-up conducted during the season, two “peaks” were observed. The first one, much greater than the second one, took place at the end of the bloom stage, while the second one occurred after fruit harvest and before leaf fall and then stabilized at a maintenance rate during winter time.

Key words: biostimulant, rhyzotron, soil temperature, chiselling.

INTRODUCCIÓN

Los estudios en viticultura se han concentrado en la parte aérea de la planta, como respuesta a las necesidades prácticas para enfrentar el manejo del riego, fertilización, aspectos sanitarios, etc., y con el fin de optimizar los recursos para lograr una mayor calidad de la fruta y aumentar la producción por planta. Sin embargo, para lograr estos resultados es fundamental tomar en cuenta una de las partes más importante de la planta, como son las raíces.

Las raíces y el sistema radical no han sido estudiados ampliamente, probablemente debido a las dificultades técnicas y mecánicas que las hacen difíciles de observar, ya que son frágiles y se requiere de la construcción de estructuras anexas para evaluar periódicamente su crecimiento.

La raíz es el órgano responsable de la absorción de agua por las plantas y su capacidad depende directamente de su grado de desarrollo; es decir, su capacidad de ramificación y penetración constituyen las características más importantes que permiten al vegetal desarrollarse y tolerar los déficit de humedad (Russell, 1977). Las raíces de extensión son generalmente gruesas (1-2 mm) y de crecimiento rápido. El ritmo de crecimiento no es constante, pero se ha registrado hasta 1 cm por día, a fines de la primavera (Richards, 1983).

El grado de desarrollo de la raíz condiciona la tasa de absorción de agua por la planta, lo que afecta importantes procesos fisiológicos como la fotosíntesis, respiración, elongación celular y muchas otras actividades metabólicas (Slatyer 1967; citado por Richards, 1983).

Existen antecedentes que indican que la temperatura de suelo puede afectar la distribución de raíces nuevas, sin embargo, se señala que cuando los factores del suelo no son limitantes, el crecimiento de raíces y la temperatura del suelo están estrechamente relacionados (Ibacache y Lobato, 1995).

Asumiendo que el resto de los factores que afectan el crecimiento de las raíces (nutrientes, contenido de agua del suelo, resistencia mecánica del suelo al paso de las raíces, aireación e interacciones físicas con el suelo), no son limitantes, se puede establecer una relación entre la tasa de crecimiento de las raíces y las temperaturas del suelo (Richards, 1983). El crecimiento de las raíces comienza con temperaturas de suelo superiores a 6°C, con una temperatura óptima en condiciones de laboratorio de 25° a 30°C (Woodham y Alexander, 1966; Zelleke y Kliwer, 1979).

De acuerdo a la literatura, el crecimiento radical comienza alrededor de 3 a 10 semanas después de la brotación, observándose dos “peak” durante la temporada de crecimiento (Barnard, 1932; Lilov y Andonova, 1976; Niimi y Toricata, 1978; citados por Richards, 1983). El primero, mayor que el segundo, ocurre al final del estado de floración, cuando se

detiene el crecimiento de los brotes, y el segundo se produce después de la cosecha de la fruta y antes de la caída de hojas. En el primer “peak” las raíces son más gruesas (sobre 1 mm de diámetro), en cambio, el segundo es sobre la base de raicillas finas (Ibacache y Lobato, 1995). La presencia de pocas raíces nuevas en el período de mayor demanda de agua, podría indicar que este elemento es suministrado a la vid, por las raíces más viejas (Van Zyl, 1988). Las raíces localizadas entre 0 y 60 cm de profundidad tienen su principal crecimiento en primavera, en cambio, las raíces entre 60 y 120 cm de profundidad mostraron dos “peak” de crecimiento, uno en primavera y otro en otoño, siendo algo mayor este último, dada la mayor temperatura en profundidad en esa época del año (Ibacache y Lobato, 1995). El crecimiento y maduración del fruto coinciden con la más baja tasa de crecimiento radical, provocado por la demanda del fruto (Coletto, 1995).

Las zonas compactadas, sobre todo aquellas causadas por el pie de arado o bajo las líneas de tráfico, restringen en forma importante el crecimiento de raíces de vides. Las raíces penetran fácilmente suelos con $1,1-1,2 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ de densidad de masa, pero disminuyen notablemente a densidades mayores de $1,5 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ (Richards, 1983).

La penetración de la raíz, a una densidad dada, está influenciada por el contenido de agua y distribución de tamaño de partícula. Otro factor que también afecta es la porosidad del suelo, tanto por el tamaño del poro como por la rigidez del poro (Richards, 1983).

La calidad del sistema radical define, en gran medida, el desarrollo y vigor de las plantas (Ruiz, 2000).

Bresler (1977), citado por Salgado y Lazo (1997), afirma que el sistema radical de árboles frutales se adapta al volumen de suelo mojado por el sistema de riego localizado, aumentando la densidad radical y la eficiencia de extracción de agua y nutrientes.

Los sistemas de riego pueden afectar la distribución de las raíces, localizándose principalmente dentro del volumen húmedo bajo goteros. Las raíces se forman entre los surcos durante primavera y otoño, cuando las lluvias proporcionan agua en el suelo, en el área de la entre-hilera. Puede esperarse en mayor medida que el modelo de distribución de las raíces sea más influenciado por el sistema de irrigación, y menos por la lluvia (Van Zyl, 1988).

En suelos de diferente estructura, la mayor parte de las raíces se presentan en el primer metro, aunque algunas raíces individuales pueden penetrar a profundidades de seis metros o más. En la parte superior de esta zona se concentran las raíces laterales finas, comprendiendo la mayor parte del área de superficie absorbente (Richards, 1983).

La poda de raíces ofrece una interesante posibilidad de aumentar el vigor de crecimiento de la raíz en viñas, donde ocurre poco crecimiento superficial, debido a un sistema de raíces ineficientes o poco profundo. Sin embargo, es necesario generar más información antes que se pueda recomendar esta labor en forma generalizada (Van Huyssteen, 1988a).

La poda de raíces estimula la formación de raíces laterales, originadas luego del cierre de la superficie cortada (Carlson, 1974; Wilcox, 1955, citados por Geisler y Ferree, 1984).

Según Kramer y Kozlowski (1979), citado por Geisler y Ferree (1984), cada especie tiene una proporción relación raíz/brote que permanece constante en un ambiente estable y que va disminuyendo con la edad de la planta y su tamaño. La poda de raíces reduce esta proporción y la reacción de la planta es restaurar su equilibrio interno, aumentando el crecimiento de la raíz.

De acuerdo a Geisler y Ferree, (1984); inmediatamente después de podar las raíces, la planta tiene una reducción en la relación raíz/brote, en el suministro de agua, nutrientes minerales y hormonas de la raíz al brote; esto causa una reducción en el crecimiento del brote. Un porcentaje mayor de los asimilados son transportados al sistema de raíces y tiene lugar el crecimiento compensatorio de la raíz para restaurar la relación raíz/brote. Durante el aumento de la tasa de crecimiento de la raíz puede observarse una disminución en la tasa de crecimiento de los brotes. Con el desarrollo de más ápices de raíces, más sustancias favorecedoras del crecimiento se transportan hacia el follaje, por lo que el crecimiento de brotes aumenta y la relación característica de raíz/brote para la planta se recupera.

Objetivo

Evaluar el efecto de la poda de raíces a inicio de primavera y tratamientos complementarios, sobre el crecimiento y distribución de las raíces en vid "Sultanina".

METODOLOGÍA

Materiales

El estudio se realizó en un parronal “Sultanina”, de 6 años de edad, plantado a 2x4 m, con riego por goteo (una línea, goteros de 4 L·h⁻¹, a 1 m de distancia), situado en Camino Viluco #2290, Buin, predio el Maitén Gigante, Región Metropolitana. El programa de riego involucra movimiento de mangueras hacia la entrehilera. Se trabajó en un suelo, de la serie Maipo, miembro de la familia “Fine silty, mixed, thermic, Typic Xerochrepts”.

Se utilizaron los siguientes materiales: arado subsolador; 24 jaulas de enraizamiento de 5L (Figura 1); termómetro de pinchar; huincha de medir; balanza digital UWE modelo HGM – 2000 (precisión 2 kg por 0,1 g); pie de metro digital y el bioestimulante radical Biorradicante®. Adicionalmente, se construyó un “rizotron” o cámara de observación de raíces (Figura 2), en la zona del estudio.



Figura 1. Jaula de enraizamiento



Figura 2. Rizotrófon

Método

De acuerdo a lo señalado en el Cuadro 1, se realizaron 4 tratamientos, con 3 repeticiones. Cada repetición constó de una planta. Dos tratamientos (T0 y T1) sin poda de raíces y dos tratamientos (T2 y T3) con poda de raíces. En dos de ellos (T1 y T2) se les aplicó un bioestimulante. En el tratamiento T1, se aplicó la solución de bioestimulante en los puntos de goteo, y en el tratamiento T2, la aplicación se distribuyó en los puntos de corte de la poda, por ambos lados de la planta.

Cuadro 1. Tratamientos realizados en el estudio.

Tratamiento	Poda de raíces	Aplicación de bioestimulante
T0 (SP/SB)	NO	NO
T1 (SP/CBg)	NO	SÍ (en el punto de goteo)
T2 (CP/CBc)	SÍ	SÍ (en el punto de corte)
T3 (CP/SB)	SÍ	NO

CP = con poda de raíces

SP = sin poda de raíces

CBg = con bioestimulante en el gotero

CBc = con bioestimulante en el punto de corte

SB = sin bioestimulante

Se realizó la poda de raíces el 24 de octubre del 2003 (floración), con un arado subsolador, realizando un corte paralelo a la hilera de plantación, a una distancia de 80 cm del tronco de la planta, y a una profundidad de 50 cm, a ambos lados de la planta. Posteriormente, se procedió al entierro de jaulas de enraizamiento, en el punto de corte de la poda (T2 y T3). El 14 de noviembre (una semana después de cuaja), se aplicó el bioestimulante a una dosis de 12 cm^3 por planta ($15 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$), disuelto en 10 L de agua, después de un riego (T1 y T2). La aplicación de bioestimulante fue repetida en igual dosis el 25 de noviembre, debido a las altas precipitaciones ocurridas el domingo 16 de noviembre. Durante la temporada se realizó un exhaustivo control manual de las malezas, en las plantas estudiadas.

Evaluaciones

Descripción del suelo y diagnóstico de raíces

A modo de diagnóstico y utilizando una calicata frontal (Figura 3), se realizó el 14 de noviembre del 2003 una descripción, tanto del suelo, como de las raíces de las plantas.

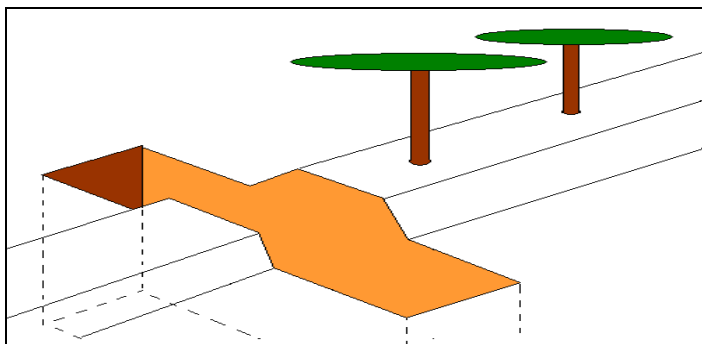


Figura 3. Calicata frontal, utilizada para realizar el diagnóstico de suelo y raíces

Diámetro del tronco

Se midió en cada planta a una altura de 40 cm el 31 de octubre del 2003 y el 30 de agosto del 2004. Luego se calculó el incremento del área de la sección transversal del tronco durante el período.

Peso de poda

Se evaluó el peso del material removido con la poda el 15 de junio de 2004. La poda se realizó de acuerdo al criterio del predio.

Seguimiento del crecimiento de raíces y temperatura de suelo, durante la temporada, utilizando el “rizotrón”

En una planta representativa del sitio de estudio, se instaló un “rizotrón” (Figura 2) en la sobrehilera a 90 cm de la planta. Las dimensiones de la ventana fueron de 1 m x 0,6 m. El vidrio de la ventana del “rizotrón” se cuadrículó a 2,5 cm x 2,5 cm. Para evitar la entrada de luz y pérdida de humedad, el vidrio se cubrió permanentemente con un plástico negro, excepto al momento de las evaluaciones.

Para estimar el crecimiento de las raíces se utilizaron las intersecciones entre las raíces nuevas y el cuadrículado, cada 7 días en los períodos de mayor crecimiento de raíces, y cada 15 días en los períodos de menor crecimiento.

Las evaluaciones se realizaron desde que aparecieron las nuevas raíces, por medio de la metodología de Newman (1965), para estimar la longitud de raíces:

$$R = \pi \cdot N \cdot A \cdot (2 \cdot H)^{-1}$$

donde R es la longitud de raíces (cm), N es el número de intersecciones con el cuadrículado, A es el área del vidrio del “rizotrón” (cm²) y H es la longitud total de líneas del cuadrículado (cm).

La temperatura de suelo se midió, periódicamente, junto con las observaciones en el “rizotrón” con un termómetro de pinchar, a 10, 30, 50, 70 y 90 cm de profundidad.

Distribución y crecimiento de raíces

Se llevaron a cabo varias evaluaciones, con diferentes métodos (Figura 4). En el método del mapeo de raíces se utilizaron varias metodologías que se indican con color rojo en la Figura 5.

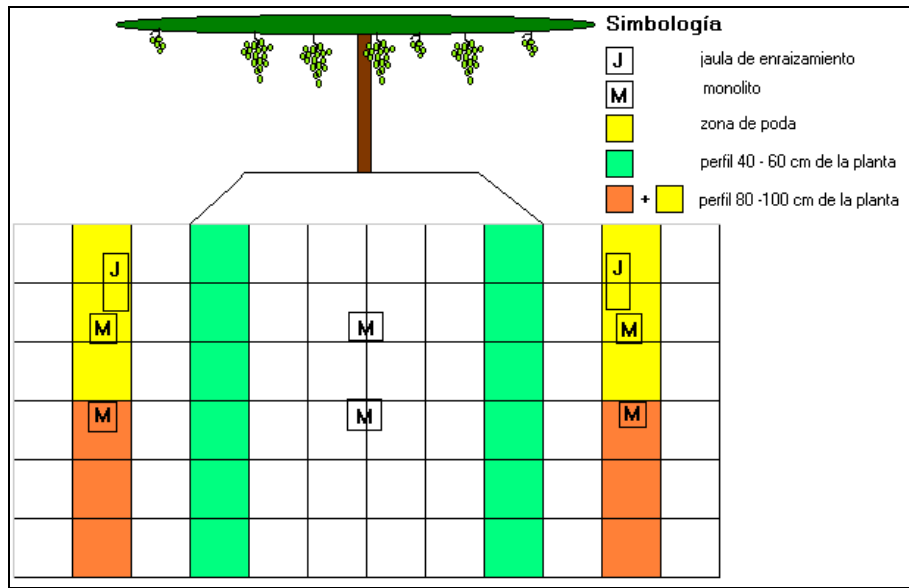


Figura 4. Esquema de la distribución de las evaluaciones (cuadrícula de 20 cm por lado).

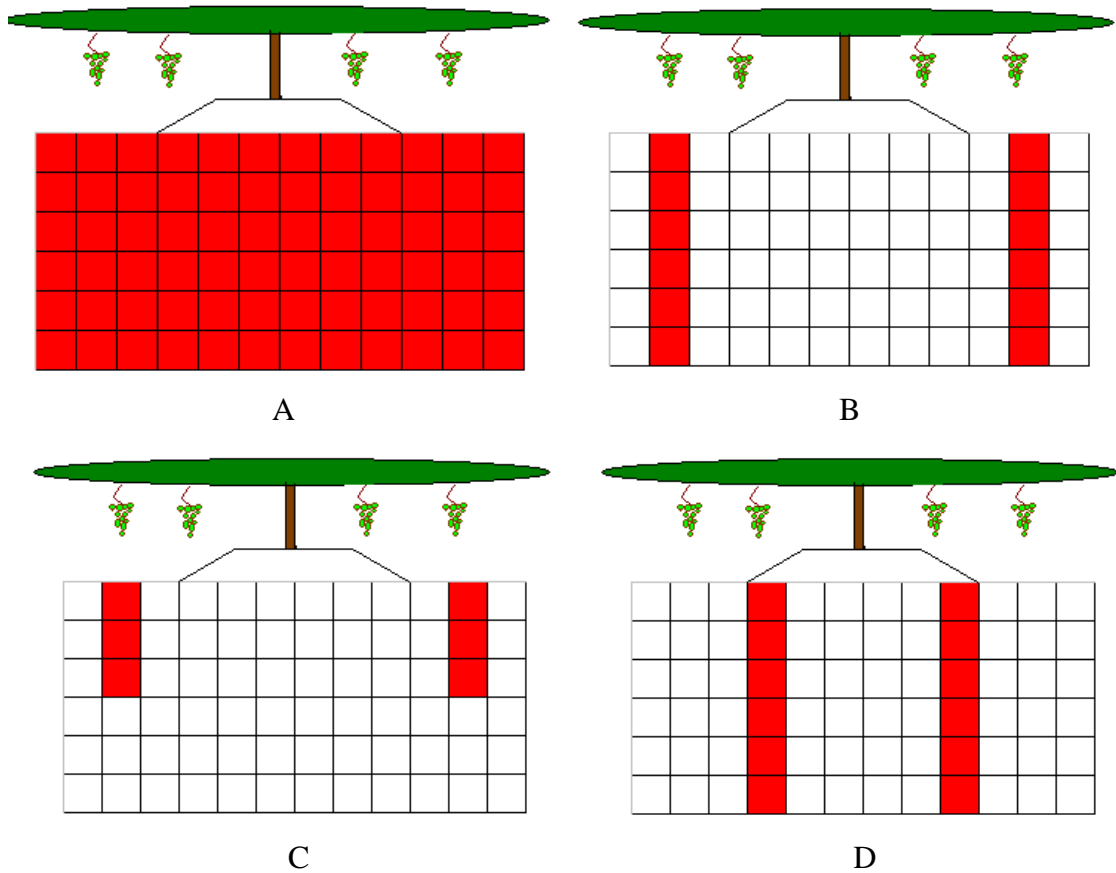


Figura 5. Evaluaciones en calicata frontal. A, evaluación en toda la calicata; B, evaluación en el perfil a 80 – 100 cm desde la planta; C, evaluación en la zona de poda de raíces; D, evaluación en la zona media de la calicata.

Mapeo de raíces en calicata frontal. Se realizaron calicatas en la sobrehilera, a una distancia aproximada de 80 cm desde la planta (en las 12 plantas estudiadas), y cuyas dimensiones fueron de 1,2 metros de profundidad desde la entre hilera y 2,4 metros de ancho. Se utilizó un reticulado de 20 x 20 cm, y se procedió a realizar un mapeo de raíces, evaluando el número de las raíces de acuerdo al diámetro, según la siguiente clasificación:

- Menores que 0,5 mm, raíces finas.
- Entre 0,5 y 2 mm, raíces delgadas.
- Entre 2 y 5 mm, raíces medias.
- Mayores que 5 mm, raíces gruesas.

Posteriormente, se procedió a calcular el índice de enraizamiento (IE) de acuerdo a la metodología de Du Pont y Morlat, adaptada para vid por Van Zyl (1988).

$$IE = \frac{(\text{raíces menores de 0,5 mm}) + (\text{raíces entre 0,5 y 2 mm})}{(\text{raíces entre 2 y 5 mm}) + (\text{raíces mayores de 5 mm})}$$

El índice de enraizamiento en este estudio se utilizó con algunas modificaciones en relación a la metodología original. De esta forma se definió lo siguiente:

- IE: índice de enraizamiento en base a número de raíces
- IE_p: índice de enraizamiento en base al peso de las raíces
- IE_l: índice de enraizamiento en base al largo de raíces

Las evaluaciones se realizaron en el invierno del año 2004.

Monolitos. A inicio del invierno del 2004 se extrajeron cubos de suelo de 10x10x10 cm (Figura 6), de diferentes sectores de la zona de raíces (bajo la planta y a 85 cm hacia cada lado de esta, a 30 y 60 cm de profundidad), en calicata frontal, para luego evaluar la cantidad de raíces (peso y largo), posterior al lavado. El largo de raíces se estimó mediante la metodología propuesta por Bohm (1979), de acuerdo al criterio de clasificación y metodología propuesta por Du Pont y Morlat, adaptado para vid por Van Zyl (1988).



Figura 6. Extracción de monolito.

Las evaluaciones se realizaron en el invierno.

Jaulas de enraizamiento. Después de la poda de raíces (24 de octubre del 2003) se enterraron a 30 cm de profundidad 24 jaulas de enraizamiento de 5 L, distribuidas en la zona del corte de poda (Figura 1), en las plantas de los tratamientos 2 (CP/CBc) y 3 (CP/SB). Las jaulas fueron extraídas y lavadas, para luego (48 horas) evaluar el peso fresco de raíces y estimar el largo de raíces mediante la metodología de Bohm (1979), en un cuadrículado de 5 x 5 cm, de acuerdo al criterio de clasificación y metodología propuesta por Du Pont et Morlat, adaptado para vid por Van Zyl (1988). Las evaluaciones fueron realizadas en invierno del 2004.

Niveles K y B en la lámina

Con el fin de realizar una primera aproximación a los efectos de la poda de raíces sobre el estado nutricional de las plantas, se realizaron análisis foliares el 25 de octubre del 2004 (flor), en los tratamientos T0 (SP/SB) y T2 (CP/CBc), para los elementos potasio y boro.

Diseño experimental y análisis estadístico

Se utilizó un diseño completamente aleatorizado, con 4 tratamientos y 3 repeticiones. Cada repetición constó de 1 planta, siendo la unidad experimental la planta. Se seleccionaron plantas de similares condiciones sanitarias y crecimiento (diámetro del tronco, número de brazos, número de cargadores).

Los resultados obtenidos en cada una de las evaluaciones fueron sometidos a un análisis de varianza a nivel del 5%. En caso de detectarse diferencias estadísticas significativas se utilizó la prueba de rango múltiple de SNK. Además, los resultados fueron relacionados por correlaciones y regresiones entre variables.

RESULTADOS

Descripción del suelo y diagnóstico de raíces

El suelo es de origen aluvial, profundo y de topografía plana. Presenta texturas francas y estructura de bloques subangulares. En el área de estudio existe una gran variabilidad, sin embargo, en todos los casos el suelo pertenece a la serie Maipo (Apéndice I). El diagnóstico de raíces se muestra en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Número y distribución del diámetro de raíces en calicata de diagnóstico.

Calicata	<0,5 mm	0,5 - 2 mm	2 - 5 mm	>5 mm	IE	Total
	-----número de raíces por calicata-----					Nº/calicata
Diagnóstico	159	218	87	55	2,655	519

Diámetro del tronco

Con las mediciones del diámetro de tronco, obtenidas a 40 cm de altura, el 31 de octubre del 2003 y el 30 de agosto del 2004, se procedió a calcular el incremento del área de la sección transversal del tronco durante el período, según se muestra en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Diámetro promedio del tronco a 40 cm del suelo, e incremento del área transversal del tronco durante el período.

Tratamiento	Diámetro octubre 2003 (mm)	Diámetro agosto 2004 (mm)	Incremento del área transversal del tronco* (cm ²)
T0 (SP/SB)	76,8	76,9	0,12 ^a
T1 (SP/CBg)	75,7	76,2	0,60 ^a
T2 (CP/CBc)	77,4	78,8	1,72 ^a
T3 (CP/SB)	75,3	75,9	0,71 ^a

*No significativo según test SNK ($p \leq 0,05$).

No se observaron diferencias significativas entre los tratamientos.

Peso de poda

En los resultados de evaluación del peso de poda (Cuadro 4), no se observaron diferencias entre los tratamientos.

Cuadro 4. Evaluación del peso de poda, 15 junio 2004.

Tratamiento	Peso de poda* (kg · planta ⁻¹)
T0 (SP/SB)	4,75 ^a
T1 (SP/CBg)	4,82 ^a
T2 (CP/CBc)	4,61 ^a
T3 (CP/SB)	4,67 ^a

*No significativo según test SNK ($p \leq 0,05$)

Seguimiento del crecimiento de raíces y temperatura de suelo, durante la temporada, mediante "rizotrón"

El seguimiento del crecimiento de raíces, evaluado como largo de raíces en el vidrio del "rizotrón" y las temperaturas de suelo, evaluadas durante la temporada a 5 profundidades de suelo, se muestran en la Figura 7.

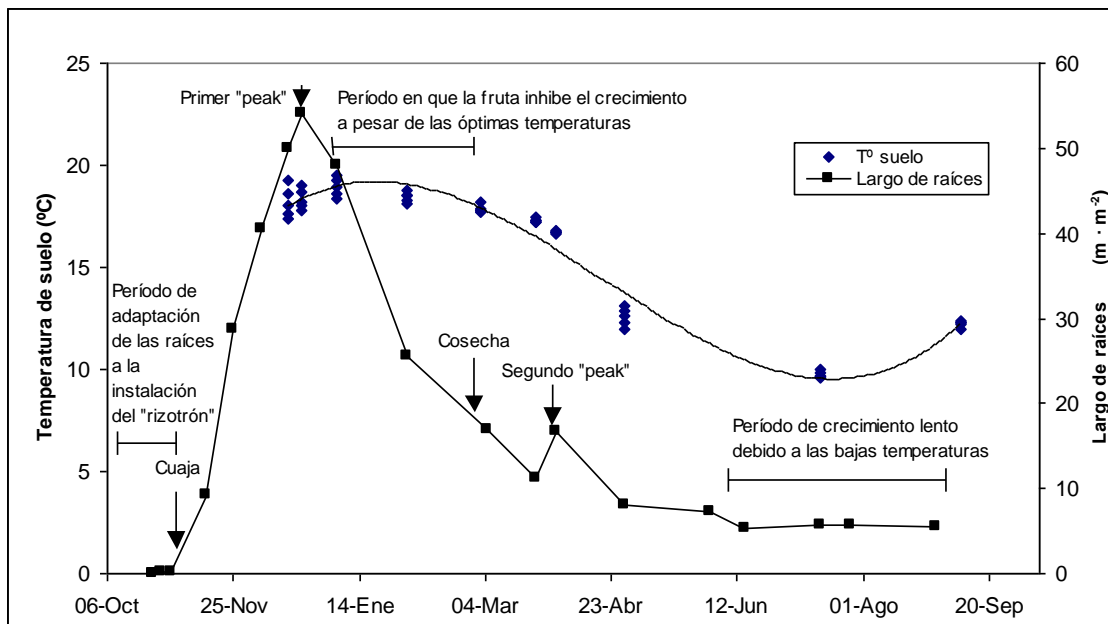


Figura 7. Crecimiento de raíces (estimación del largo; Newman 1965) y temperaturas de suelo.

Distribución y crecimiento de raíces

La evaluación se llevó a cabo utilizando varias metodologías (jaulas de enraizamiento, monolitos y mapeo de raíces), las cuales se distribuyeron espacialmente como se indicó en la Figura 4 y se describen a continuación.

Mapeo de raíces en calicata frontal

A partir del mapeo de raíces en calicata se realizaron las evaluaciones, que se presentaron en forma esquemática en la Figura 5. Estas son las siguientes:

Evaluación en toda la calicata. Se evaluó el número de raíces, de acuerdo a su diámetro, en toda la calicata (Cuadro 5), de acuerdo a lo indicado en la Figura 5A. Los tratamientos T1 y T3, en el rango de diámetro de 0,5 a 2 mm de diámetro mostraron diferencias significativas respecto del T0.

Cuadro 5. Distribución de raíces según diámetro en calicata.

Tratamiento	<0,5 mm	0,5-2 mm	2-5 mm	>5 mm	IE	Total
	-----número de raíces por calicata-----					Nº por calicata
T0 (SP/SB)	214 ^a	234 ^a	95 ^a	35 ^a	3,55 ^a	578 ^a
T1 (SP/CBg)	299 ^a	319 ^b	123 ^a	34 ^a	4,29 ^a	775 ^a
T2 (CP/CBc)	304 ^a	256 ^{ab}	87 ^a	46 ^a	4,94 ^a	693 ^a
T3 (CP/SB)	215 ^a	308 ^b	112 ^a	27 ^a	4,00 ^a	662 ^a

Las letras diferentes en sentido vertical indican diferencias estadísticas significativas según test SNK ($p \leq 0,05$).

Evaluación en el perfil a 80-100 cm desde la planta. Se evaluó el número de raíces que se ubica entre los 80 y 100 cm desde la planta, y desde la superficie hasta 120 cm de profundidad (Figura 5B), de acuerdo a su diámetro, en la calicata (Cuadro 6).

Se observan diferencias significativas en el tratamiento T3, para el rango de 0,5 a 2 mm de diámetro. Sin embargo, de acuerdo al recuento total de raíces, el T2 es el único que muestra una diferencia significativa respecto del testigo (T0).

Cuadro 6. Distribución de raíces según diámetro en perfil 80 – 100 cm de la planta.

Tratamiento	<0,5 mm	0,5-2 mm	2-5 mm	>5 mm	IE	Total
	-----número de raíces por 400 cm ² -----					Nº.400 cm ⁻²
T0 (SP/SB)	2,17 ^a	2,53 ^a	0,92 ^a	0,22 ^a	4,53 ^a	5,83 ^a
T1 (SP/CBg)	2,69 ^a	3,19 ^{ab}	0,86 ^a	0,22 ^a	8,37 ^a	6,97 ^{ab}
T2 (CP/CBc)	4,22 ^a	3,72 ^{ab}	1,28 ^a	0,69 ^a	8,87 ^a	9,92 ^b
T3 (CP/SB)	2,91 ^a	4,14 ^b	1,53 ^a	0,22 ^a	5,01 ^a	8,80 ^{ab}

Las letras diferentes en sentido vertical indican diferencias estadísticas significativas según test SNK ($p \leq 0,05$).

Evaluación en la zona de poda de raíces. Se evaluó el número de raíces de acuerdo a su diámetro, en la zona de la calicata que fue directamente afectada por la poda de raíces (Cuadro 7). Como se señaló anteriormente, esta se ubica entre los 80 y 100 cm desde la planta, y desde la superficie hasta 60 cm de profundidad (Figura 5C). La poda de raíces con la adición de bioestimulante (T2) permitió incrementar significativamente el número de raíces respecto de T0 en el punto de corte.

Cuadro 7. Distribución de raíces según diámetro en la zona de poda.

Tratamiento	<0,5 mm	0,5-2 mm	2-5 mm	>5 mm	IE	Total
	-----número de raíces por 400 cm ² -----					Nº.400 cm ⁻²
T0 (SP/SB)	3,39 ^a	2,89 ^a	1,39 ^a	0,33 ^a	4,22 ^a	8,00 ^a
T1 (SP/CBg)	4,06 ^a	3,28 ^a	1,06 ^a	0,33 ^a	11,80 ^a	8,72 ^a
T2 (CP/CBc)	6,78 ^a	6,06 ^b	2,00 ^a	0,72 ^a	8,95 ^a	15,56 ^b
T3 (CP/SB)	3,78 ^a	4,89 ^{ab}	2,06 ^a	0,28 ^a	5,95 ^a	11,00 ^{ab}

Las letras diferentes en sentido vertical indican diferencias estadísticas significativas según test SNK ($p \leq 0,05$).

Evaluación en la zona media de la calicata. Se evaluó el número de raíces de acuerdo a su diámetro en una zona de la calicata que no fue directamente afectada por la poda de raíces (Cuadro 8). Como se señaló anteriormente, esta se ubica entre los 40 y 60 cm desde la planta, y desde la superficie hasta 120 cm de profundidad (Figura 5D). La aplicación de bioestimulante en el punto de goteo (T1), permitió el incremento significativo de raíces en los rangos de diámetros de 0,5 a 2 mm y 2 a 5 mm, respectivamente en relación al testigo y al tratamiento 2. En el recuento total de raíces, no se observaron diferencias.

Cuadro 8. Distribución de raíces según diámetro en perfil a 40-60 cm de la planta.

Tratamiento	<0,5 mm	0,5-2 mm	2-5 mm	>5 mm	IE	Total
	-----número de raíces por 400 cm ² -----					Nº.400 cm ⁻²
T0 (SP/SB)	3,28 ^a	3,39 ^a	1,36 ^{ab}	0,58 ^a	3,54 ^a	8,61 ^a
T1 (SP/CBg)	4,28 ^a	5,28 ^b	1,89 ^b	0,58 ^a	4,54 ^a	12,03 ^a
T2 (CP/CBc)	4,58 ^a	3,56 ^a	0,86 ^a	0,61 ^a	9,29 ^a	9,61 ^a
T3 (CP/SB)	2,58 ^a	4,72 ^{ab}	1,50 ^{ab}	0,14 ^a	4,72 ^a	8,94 ^a

Las letras diferentes en sentido vertical indican diferencias estadísticas significativas según test SNK ($p \leq 0,05$).

Densidad total de raíces en calicata. Con la información del mapeo de raíces, se realizaron gráficos de densidad total de raíces para cada tratamiento (Figura 8).

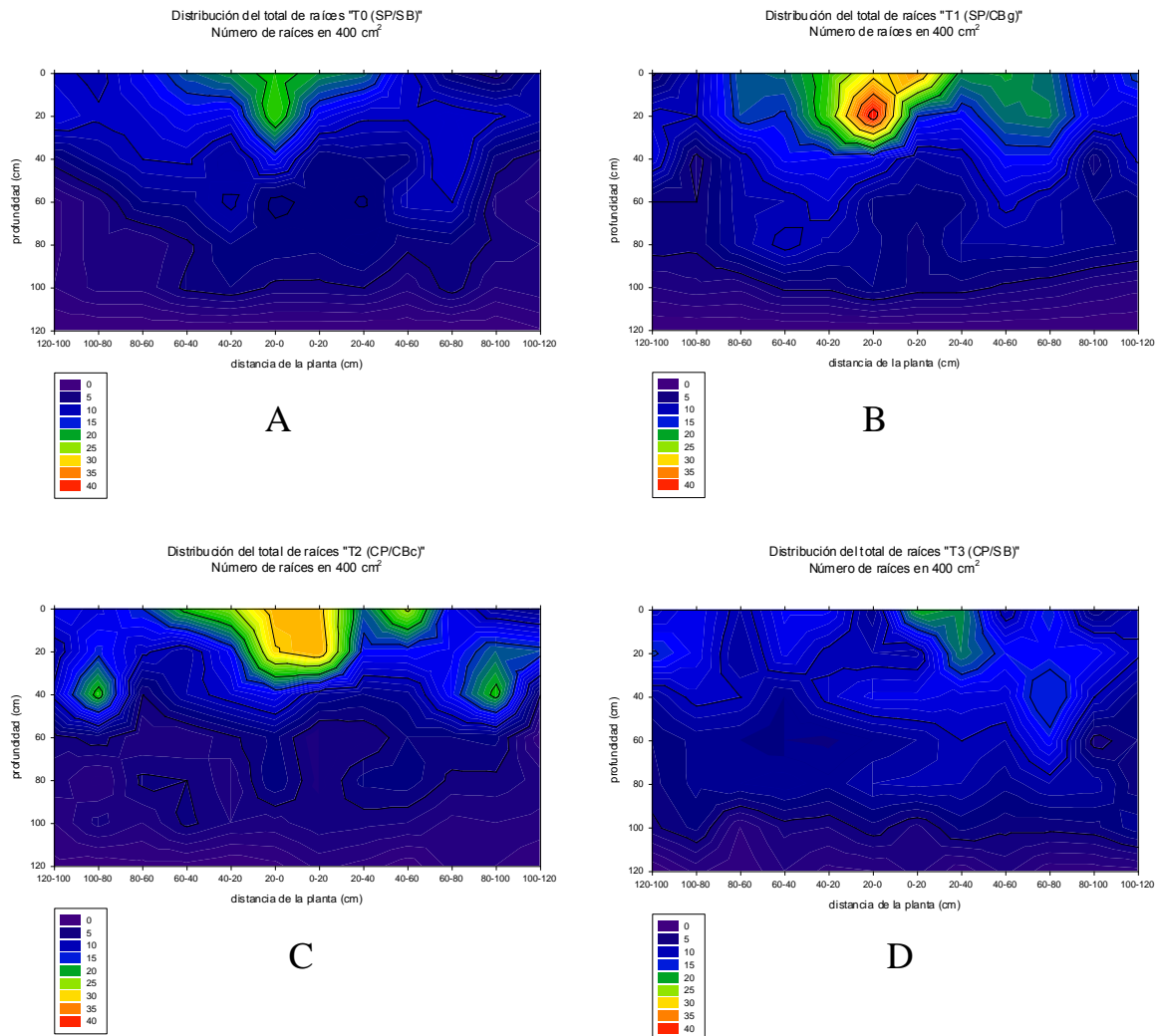


Figura 8. Evaluación de la densidad de raíces, en calicata. A, T0 (SP/SB); B, T1 (SP/CBg); C, T2 (CP/CBc); D, T3 (CP/SB).

Monolitos

La extracción de monolitos se realizó en el suelo con estructura natural (no disturbado). En los cuadros 9 y 10 se observan respectivamente los resultados de largo y peso de raíces del total de monolitos.

Cuadro 9. Largo de raíces según diámetro, en monolitos.

Tratamiento	<0,5 mm	0,5-2 mm	2-5 mm	>5 mm	IE _l	Total
	-----cm · L ⁻¹ de suelo-----					cm·L ⁻¹ de suelo
T0 (SP/SB)	36,54 ^a	76,01 ^a	22,11 ^a	0,66 ^a	5,00 ^a	135,32 ^a
T1 (SP/CBg)	46,34 ^a	71,58 ^a	28,26 ^a	4,49 ^a	4,61 ^a	150,66 ^a
T2 (CP/CBc)	14,56 ^a	42,42 ^a	20,22 ^a	1,24 ^a	2,59 ^a	78,44 ^a
T3 (CP/SB)	14,17 ^a	50,44 ^a	19,74 ^a	4,46 ^a	2,80 ^a	88,81 ^a

No significativo según test SNK ($p \leq 0,05$).

Cuadro 10. Peso de raíces según diámetro, en monolitos.

Tratamiento	<0,5 mm	0,5-2 mm	2-5 mm	>5 mm	IE _p	Total
	-----g · L ⁻¹ de suelo-----					g·L ⁻¹ de suelo
T0 (SP/SB)	0,19 ^a	1,77 ^a	1,63 ^a	0,21 ^a	1,12 ^a	3,79 ^a
T1 (SP/CBg)	0,25 ^a	1,43 ^a	2,61 ^a	1,63 ^a	0,55 ^a	5,92 ^a
T2 (CP/CBc)	0,06 ^a	0,78 ^a	1,98 ^a	0,37 ^a	0,34 ^a	3,19 ^a
T3 (CP/SB)	0,10 ^a	1,23 ^a	2,32 ^a	2,07 ^a	0,33 ^a	5,71 ^a

No significativo según test SNK ($p \leq 0,05$).

En los cuadros 9 y 10, no se observan diferencias significativas. Sin embargo, hay una tendencia a mayor largo de raíces y mayor índice de enraizamiento en los tratamientos sin poda de raíces (T0 y T1).

Jaulas de enraizamiento

Los resultados de peso y largo de raíces extraídas de las jaulas de enraizamiento se muestran respectivamente en los cuadros 11 y 12.

Cuadro 11. Peso de raíces según diámetro, en jaulas de enraizamiento.

Tratamiento	Raíces <2mm	Raíces >2mm	IE _p	Total
	-----g · 5L ⁻¹ de suelo-----			g·5L ⁻¹ de suelo
T2 (CP/CBc)	16,24 ^a	7,61 ^a	2,74 ^a	23,85 ^a
T3 (CP/SB)	19,69 ^a	5,31 ^a	4,43 ^a	24,99 ^a

No significativo según test SNK ($p \leq 0,05$).

Cuadro 12. Largo de raíces según diámetro, en jaulas de enraizamiento.

Tratamiento	Raíces <2 mm -----cm · 5L ⁻¹ de suelo-----	Raíces >2mm	IE ₁	Total cm·5L ⁻¹ de suelo
T2 (CP/CBc)	784,63 ^b	27,63 ^a	35,07 ^a	812,25 ^b
T3 (CP/SB)	590,17 ^a	20,17 ^a	32,12 ^a	610,33 ^a

Las letras diferentes en sentido vertical indican diferencias estadísticas significativas según test SNK ($p \leq 0,05$).

Se observan diferencias significativas que muestran un incremento en el largo de raíces en el tratamiento 2, con relación al tratamiento 3, tanto en las raíces de diámetro menor a 2 mm, como en el total de raíces (cuadro 12).

Niveles de Potasio y Boro en la lámina

En el análisis foliar se encontraron diferencias significativas para el elemento potasio (Cuadro 13). En el caso de boro no hubo diferencias; sin embargo, se encontró una alta relación entre la concentración de boro en la lámina y el número de raíces de diámetro menor a 2 mm ($R^2 = 0,85$) (Figura 9).

Cuadro 13. Contenido de potasio y boro en la lámina, 25 octubre del 2004.

Tratamiento	K	B
	%	mg · kg ⁻¹
T0 (SP/SB)	0,65 ^a	38 ^a
T2 (CP/CBc)	0,80 ^b	41 ^a

Las letras diferentes en sentido vertical indican diferencias estadísticas significativas según test SNK ($p \leq 0,05$).

Niveles adecuados de K en la lámina en flor (Fregoni, 1999) varía entre 0,65 a 1,7 %. Para el caso del B, 20 – 70 mg · kg⁻¹.

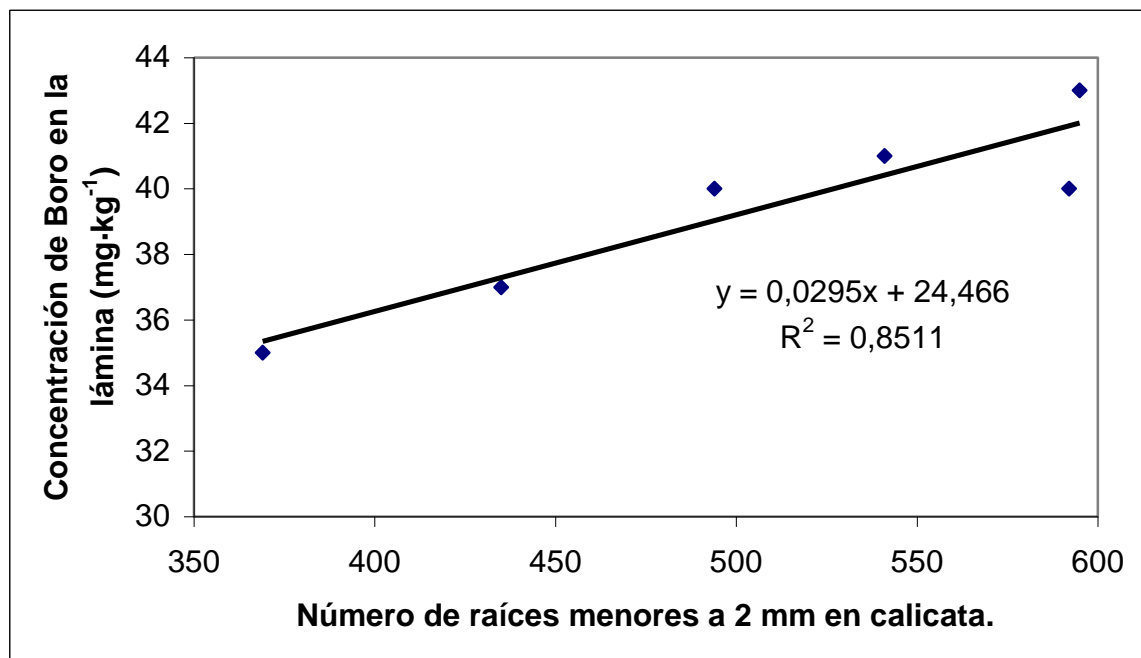


Figura 9. Regresión entre la concentración de boro en la lámina y el número de raíces, de diámetro menor a 2 mm en calicata.

DISCUSIÓN

El suelo presenta una clase textural franco arenosa en superficie, la que tiende a ser más fina en profundidad para llegar a una clase textural franco arcillosa en el último horizonte descrito (apéndice I). Independiente a los tratamientos realizados, las raíces se presentan con mayor densidad en superficie, para ir disminuyendo paulatinamente en profundidad (Figura 8). Van Huyssteen (1988b), afirma que, en suelos de origen, textura y estructura diferente, la mayor parte de las raíces se encuentran en el primer metro de profundidad.

Las temperaturas de suelo registradas durante la temporada se encuentran entre 10° y 20°C (Figura 7). Durante todo este período se observa crecimiento de raíces, incluso en el receso invernal (con temperaturas de suelo superiores a 10°C). Estos resultados coinciden con Woodham y Alexander, 1966; Zelleke y Kliever, 1979, quienes afirman que el crecimiento de las raíces comienza con temperaturas de suelo superiores a 6°C.

Durante el seguimiento del crecimiento de raíces mediante “rizotróf”, se observan dos “peaks” de crecimiento de raíces (Figura 7). El primero, mucho mayor que el segundo, ocurrió al final del estado de floración. El segundo se produjo después de la cosecha de la fruta y antes de la caída de hojas. Estos resultados coinciden con Ibacache y Lobato, 1995; Richards, (1983) y en parte con Eissenstat *et al.* (2001), quien trabajando con la variedad Concord, observó un primer “peak” alrededor de la floración, otro cercano a pinta y finalmente uno pequeño después de la maduración. Es factible que con una metodología más fina, se puedan detectar pequeñas alteraciones de las tendencias publicadas.

Si analizamos los métodos empleados para evaluar el crecimiento y distribución de raíces, el mapeo de raíces en calicata frontal resulta de mayor confiabilidad, al representar una muestra de datos mayor que en los otros métodos. Sin embargo, este método solo cuantifica el número de raíces, relacionado con el largo de raíces y no con el peso de éstas. El método del monolito resulta más adecuado ya que cuantifica el peso y largo de raíces. El método de las jaulas de enraizamiento también cuantifica el peso y largo de raíces, aunque no se puede evaluar la poda, crecimiento y distribución de raíces en condiciones naturales de suelo, debido a que la instalación de las jaulas implica disturbar la estructura natural de éste, y por lo tanto de las raíces.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la distribución del diámetro de raíces en calicata (Cuadro 5), se observa un aumento significativo del número de raíces en el rango 0,5 a 2 mm de diámetro, en los tratamientos T1 (SP/CBg) y T3 (CP/SB), que corresponden respectivamente a un 36 y 32 % más de raíces que en el testigo (T0).

La poda de raíces, en conjunto con la aplicación de bioestimulante (T2), produjo un mayor número de raíces en la zona de corte (Cuadro 7), tanto en el rango de diámetro de 0,5 a 2 mm, como en el total de raíces (respectivamente, 109 y 95 % más que el testigo). Sin embargo, en la evaluación de la zona media de la calicata (Cuadro 8) se indica al

tratamiento T1 (SP/CBc) como superior al testigo y al tratamiento T2 (CP/CBg), en el número de raíces, en el rango de diámetro de 0,5 a 2 y 2 a 5 mm, respectivamente. Esto coincide con lo observado por Van Huyssteen (1988a); Carlson 1974; Wilcox 1955 y Gilman (2003), quienes señalan que la formación de raíces está estimulada por la poda, manifestándose el crecimiento cerca del punto de corte y no en otras áreas no disturbadas del sistema radical.

En el perfil a 80 - 100 cm desde la planta (Cuadro 6), las diferencias se encuentran en el tratamiento T3 (CP/SB), el cual aumentó un 64% con relación al testigo en el rango de diámetro 0,5 a 2 mm. Con respecto al número total de raíces, el tratamiento T2 (CP/CB), resulta superior al testigo en un 51%. Si analizamos ambos tratamientos (T2 y T3), en una zona más acotada, como lo es la evaluación del largo de raíces en las jaulas de enraizamiento (Cuadro 12), las diferencias se presentan en el tratamiento 2 (CP/CBc), en el largo de raíces de diámetro inferior a 2 mm y en el total (33% mayor al tratamiento T3, en ambos casos). Sin embargo, el peso de raíces en la misma metodología (Cuadro 11), no arroja diferencias significativas. Cabe destacar que la habilidad de las plantas para absorber agua y sales minerales del suelo está más estrechamente relacionada con la longitud de las raíces que con el peso de las mismas (Gardner, 1960; Cowan, 1965; Brewster y Tinker, 1970), por lo cual, si se cumple que cada especie tiene una proporción raíz/brote (en base a peso) que permanece constante (Kramer y Kozlowski, 1979, citado por Geisler y Ferree, 1984), a igual proporción el tratamiento con aplicación de bioestimulante tendría una mayor capacidad para absorber agua y sales minerales.

Las raíces en la zona media de la calicata, evaluadas en el perfil a 40 – 60 cm de la planta (Cuadro 8), muestran un aumento significativo (56%), en el tratamiento T1 (SP/CBg) con relación al testigo, en el rango de diámetro de 0,5 a 2 mm. Álvarez (2004) trabajando en macetas y bajo condiciones controladas, obtuvo un mayor crecimiento de raíces en plantas tratadas con el mismo bioestimulante. Sin embargo, Gajardo (2006), indica que las raíces tratadas con este bioestimulante no se diferenciaron del testigo.

Los resultados obtenidos en el peso de poda (Cuadro 4), concuerdan con Khan *et al.*, 1998b; Dry 1999; Geisler y Ferree 1984, quienes afirman que la producción de material vegetativo no es afectada por esta labor. Además de la poda de raíces, la aplicación del bioestimulante no presentó diferencias, contrario a Álvarez (2004) quien encontró que aquellas plantas en macetas que recibieron bioestimulante, obtuvieron los valores más altos de peso de poda.

Los contenidos foliares de potasio en el tratamiento T2 (CP/CBc), son significativamente superiores al testigo. Esto podría obedecer a un efecto positivo de este tratamiento en la absorción de potasio por las raíces. La tendencia se mantiene para el caso del boro, pero sin diferencias estadísticas. Sin embargo, se encontró una relación lineal significativa entre el número de raíces menores a 2 mm en la calicata y el contenido de boro foliar ($R^2 = 85,1$), la cual evidencia que el boro en la lámina obedece mejor a una relación boro/número de raíces absorbentes, que a los tratamientos realizados (Figura 9).

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en esta investigación, es posible concluir que:

La poda de raíces en floración, no tiene efectos colaterales sobre la parte aérea de la planta, evaluada como peso de poda, e incremento en la sección transversal del tronco.

La poda de raíces incrementa el número de raíces delgadas (0,5 a 2 mm de diámetro), catalogada como absorbentes, en la zona disturbada por el subsolador. Este efecto es aún más evidente si se adiciona bioestimulante.

El uso de bioestimulante en el punto de goteo en suelo no disturbado, incrementa el número de raíces delgadas y medias (0,5 a 2 y 2 a 5 mm de diámetro), en la zona tratada.

La poda de raíces en conjunto con la aplicación de bioestimulante aumenta la concentración de potasio en la lámina a inicios de la temporada siguiente.

La concentración de boro en la lámina está linealmente relacionada con el número de raíces absorbentes (diámetro menor a 2 mm).

BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez, C., 2004. Efecto de productos comercializados como bioestimulantes en el crecimiento de la vid “Sultanina”. Memoria Ingeniero Agrónomo. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas. Santiago, Chile. 36 p.
- Bohm, W. 1979. Methods of studying root systems. Springer-Verlag, New York. 188p.
- Brewster, J. and P. Tinker, 1970. Nutrient cation flows in soil around plant roots. Proc. Soil Sci. Soc. Am. 34:421-426.
- Coletto, M. J. M. 1995. Crecimiento y desarrollo de las especies frutales. Ediciones mundi-prensa. 167p.
- Cowan, I. 1965. Transport of water in the soil plant atmosphere system. J. Appl. Ecol. 8:267-267.
- Dry, P., 1999. Root pruning for growth control of winegrapes. Final report to grape and wine research & development corporation. University of Adelaide, Australia. 12 p.
- Eissenstat, D., L. Comas, L. Andersen and A. Lakson. 2001. Root biology in grape. A case study of the effects of canopy pruning and irrigation on Concord root dynamics. Pennsylvania Fruit News. 81:74-76.
- Fregoni, M. 1999. Viticoltura di qualità. Prix de viticulture 1999 O.I.V. 705p.
- Gajardo, S., 2006. Comportamiento de raíces de vid “Sultanina” en plantas tratadas previamente con poda de raíces y tratamientos complementarios. Memoria Ingeniero Agrónomo. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas. Santiago, Chile. 28p.
- Gardner, W. 1960. Dynamic aspects of water availability to plants. Soil Sci. 89: 6773.
- Geisler, D. and D. Ferree, 1984. Response of plants to root pruning. Horticultural Reviews 6:155-188.
- Gilman, E., 2003. Dispelling misperceptions about trees. Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida. 1 – 5.
- Ibacache, A. y A. Lobato, 1995. Periodos de crecimiento de raíces en vid. Revista Frutícola 16 (1):23-26.

- Khan, Z., D., Mcneil, A., Samad, 1998. Root pruning reduces the vegetative and reproductive growth of apple trees growing under ultra high density planting system. *Scientia Horticulturae* 77: 165 – 176.
- Newman, E. 1965. A method of estimating the total length of root in a sample. *J. Appl. Ecol.* 2:139-145.
- Richards, D., 1983. The grape root system. *Horticultural Reviews* 5:127 – 168.
- Ruiz, R. 2000. Dinámica nutricional en cinco parrones de diferente productividad del valle central regado de Chile. *Agricultura Técnica (Chile)* 60 (4):379-398.
- Russell, R. 1977. *Plant root systems: their functional interaction with the soil.* Londres. Mc Graw Hill.
- Salgado, E. y A. Lazo, 1997. Distribución espacial de la raíces del chirimoyo cv. Bronceada, bajo riego por goteo y microaspersión. *Simiente* 67(3-4): 113-119.
- Van Huyssteen, L.1988a. Grapevine root growth in response to soil tillage and root pruning practices, 4 : p. 44-56 *in* Van Zyl, J. L. 1988. The grapevine root and its environment. Department of Agriculture and Water Supply, Republic of South Africa.
- Van Huyssteen, L.1988b. Soil preparation and grapevine root distribution-A qualitative and quantitative assessment , 1 : p. 1-15 *In* Van Zyl, J. L. 1988. The grapevine root and its environment. Department of Agriculture and Water Supply, Republic of South Africa.146 p.
- Van Zyl, J. L. 1988. The grapevine root and its environment. Department of Agriculture and Water Supply, Republic of South Africa, 4 : 44-56.
- Woodham, R. C. and D. Alexander, McE. 1966. The efect of root temperature on development of small fruiting sultana vines. *Vitis* 5, 345-350.
- Zelleke, A. and W. M. Kliewer, 1979. Influence of root temperature and rootstock on budbreak, shoot growth, and fruit composition of Cabernet Sauvignon grape vines grown under controlled conditions. *Am. J. Enol. Vitic.*, Vol. 30, N°. 4.

APÉNDICE I

Descripción del suelo

Cuadro 14. Características físicas y morfológicas del pedón.

Profundidad (cm)	Descripción
0 – 21 Ap	Pardo muy oscuro (10 YR 2/2); franco arenoso fino; bloques angulares medios fuertes.
21 – 35 A2	Pardo muy oscuro (10 YR 2/2); franco; bloques subangulares medios moderados; poros medios y gruesos abundantes; presencia de coprolitos.
35 – 51 B1	Pardo muy oscuro (7,5 YR 3/2); franco limoso; bloques subangulares medios y finos moderados; poros medios y gruesos abundantes; presencia de coprolitos.
51 - 82 B2	Pardo oscuro (7,5 YR 3/2); franco arcillo arenosa; bloques subangulares medios y gruesos moderados; poros medios y gruesos abundantes; coprolitos moderados; presencia de margarodes.
82 - 114 C1	Pardo oscuro (7,5 YR 3/2); franco arcillosa; bloques subangulares medios y finos moderados; poros medios abundantes; 10 % de gravas gruesas.
114 - 135+ C2	Pardo oscuro (7,5 YR 4/2); franco arcillo arenosa; bloques subangulares medios y finos débiles.

APÉNDICE II

Índice de enraizamiento

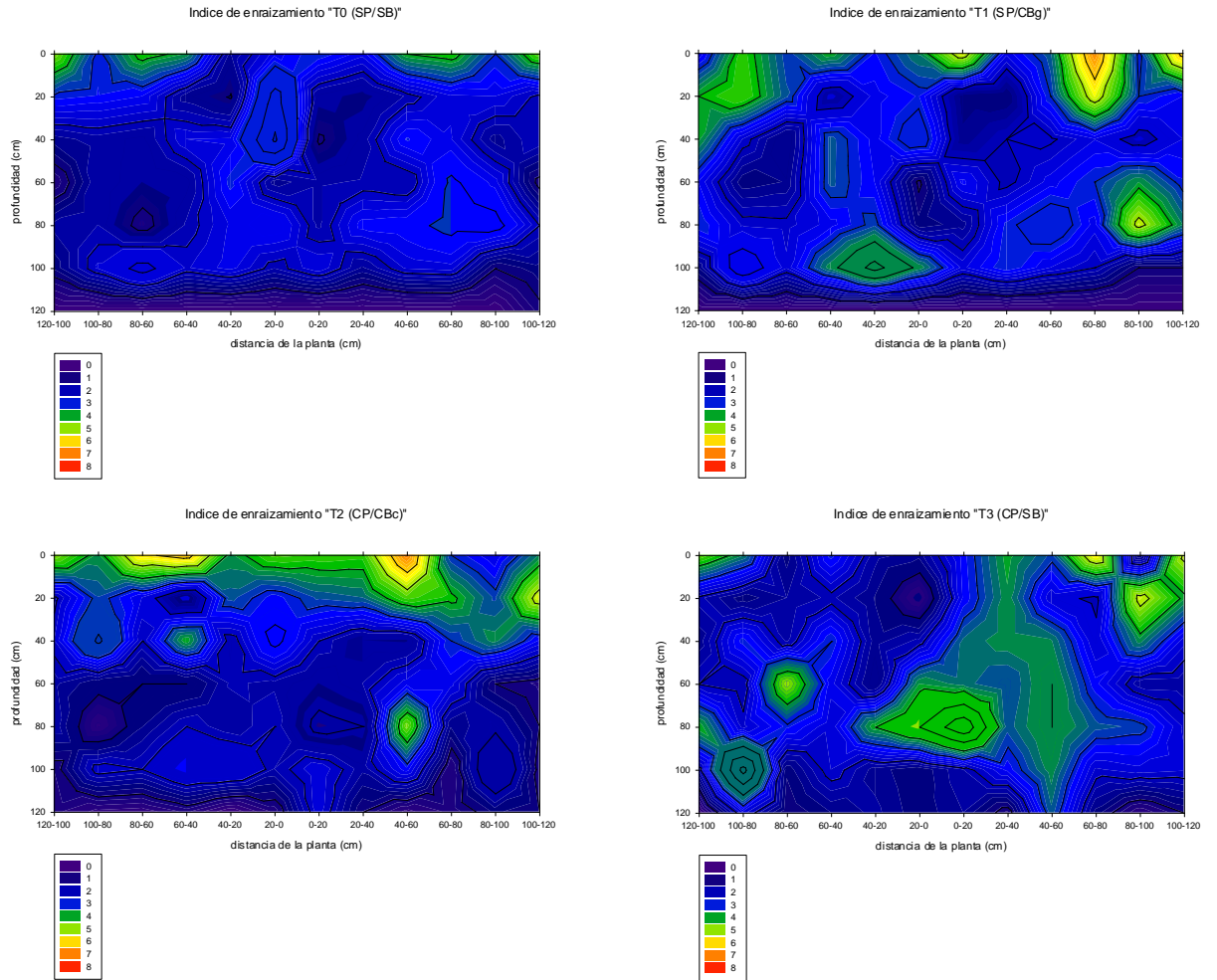


Figura 10. Índice de enraizamiento.