

# EFFECTO DE LA COMPACTACION DE SUELOS VOLCANICOS SOBRE EL CRECIMIENTO DE *Lolium multiflora* Y *Lolium pratense*<sup>1</sup>

## The effect of soil compaction on the growth of *Lolium multiflora* and *Trifolium pratense*

Achim Ellies S.<sup>2</sup>, Carlos Ramírez G.<sup>2</sup>, Roberto Mac Donald H.<sup>2</sup>, Heriberto Figueroa S.<sup>2</sup> y Jorge Gayoso A.<sup>2</sup>

### SUMMARY

The effect of experimental soil compaction represented by the bulk density in the development of aerial and terrestrial biomass of red clover (*Trifolium pratense*) and ryegrass (*Lolium multiflora*) was studied. The superficial layers of two Palehumults (Metrenco and Fresia series) and a Hapludands (Malihue series) were used in five grades of compactness. The crops were grown in drawers under natural conditions and with irrigation during four months. After harvesting, the aerial and root biomass, the root length and direction development were registered.

The aerial phytomass of clover decreases as compactness increases, especially in the Malihue soil. There was not clear reduction of growth in the ryegrass. The depth reached by clover roots was lesser with an increase of bulk density. In ryegrass it was not possible to find a relation between root growth and compactness. The clover in the Fresia and Metrenco soils dominate a horizontal growth pattern with the increase of bulk density. But in the Malihue soil a slight opposite tendency was observed. For ryegrass no pattern was found with the compactness.

**Key words:** red clover, *Trifolium pratense*, ryegrass, *Lolium multiflora*, pasture, soil, compactness, root growth.

### INTRODUCCION

Los cambios tecnológicos experimentados en las últimas décadas en el manejo de los suelos, han incrementado la posibilidad de su compactación (Hartge y Ellies, 1990). Con el manejo intensivo y el dominio de monocultivos, se ha cambiado también el período para efectuar las labores agrícolas, realizándose éstas en condiciones más desfavorables para el suelo, especialmente con un exceso de humedad. Esta situación se ve agravada con el uso de maquinaria de alta potencia y peso (Horn, 1985). Estas realidades del manejo es riesgoso para la conservación del suelo, ya que la consecuente disminución del espacio poroso altera el balance hídrico, la difusión de gases y la actividad biológica, con lo cual se afecta el ciclo de nutrientes (Monnier y Goss, 1987; Black, 1964).

En suelos compactados, el sistema radical tiene frecuentemente un desarrollo superficial poco ramificado (Kausch, 1968). Ello hace que el cultivo sea más susceptible a la sequía y con baja eficiencia en la utilización de los nutrientes (Kutschera, 1973). Para mejorar los rendimientos en suelos compactados hay que invertir entonces más energía, para anular las deficiencias ocasionadas por la compactación (Boguslawski, 1977). Los efectos negativos de un incremento en la densidad aparente, han sido parcialmente enmascarados, con otras técnicas de manejo como lo son una alta fertilización e introducción de variedades más eficientes. No obstante, en estos casos el potencial de rendimiento no se aprovecha, ya que no se ataca la raíz del problema, que es la alteración de la estructura del suelo. Para ello, es necesario intensificar las investigaciones sobre los efectos de los modernos implementos agrícolas sobre la estructura del suelo. Asimismo, se deben desarrollar métodos que permitan, por un lado, predecir los cambios provocados por la compactación y por otro, posibilitan la regeneración de la estructura del suelo.

La capacidad de penetración de las raíces o arraigamiento depende de la porosidad y del

<sup>1</sup>Recepción de originales: 24 de abril de 1991.  
Trabajo presentado en el VI Congreso Nacional de las Ciencias del Suelo, Temuco, Chile, 14 al 16 de noviembre de 1990.  
Financiado por el Fondo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico (FONDECYT) 913-88, Dirección de Investigación y Desarrollo S-91-17, Universidad Austral de Chile (UACH).  
<sup>2</sup>Universidad Austral de Chile, Casilla 567, Valdivia, Chile.

potencial hídrico del suelo (Mohr, 1980; Hidlig y Berg, 1960). Estas propiedades muestran una notoria variación espacial y temporal, asociada a la estructura del suelo (Bohne, 1987), de manera que las raíces se concentran en las zonas del perfil con baja resistencia a la penetración y con una relación aire-agua-suelo favorable (Ehler, Boss y Boone, 1986). Al compactar un suelo no sólo se reduce su porosidad, sino que también cambia la continuidad y orientación de los macroporos, desde un patrón vertical a uno más horizontal (Frede y Meyer, 1981). Las raíces crecen preferencialmente en los bioporos preexistentes, también ellas cambian su patrón de distribución (Barley, Farrel y Greacen, 1965).

En el presente trabajo, se investiga experimentalmente el efecto de la compactación del suelo sobre el patrón de distribución y orientación de las raíces, y el efecto de ésta, sobre la productividad de dos especies pratenses.

### MATERIALES Y METODOS

En esta investigación se seleccionó material del horizonte superficial de tres suelos agrícolas del centro-sur de Chile, correspondientes a las series Metrenco, Fresia y Malihue. Los dos primeros pueden clasificarse como Palehumults y están distribuidos principalmente en la precordillera de la costa, y el último, un Hapludands de la depresión intermedia (FAO-UNESCO, 1985). Localmente, los dos primeros corresponden a rojo-arcilloso y el último a un trumao. El suelo Metrenco tiene características bien definidas, propias de los rojo-arcillosos, no así el Fresia, cuyas propiedades físicas lo hacen más semejantes a un trumao debido a su alto contenido en lofana, por lo que en este trabajo ocupara una posición intermedia (Tosso, 1985).

El material edáfico, previamente tamizado, homogeneizado y fertilizado fue compactado en cinco niveles, distintos para cada suelo, debido a la imposibilidad física de lograr densidades semejantes para todos ellos. Los niveles de compactación alcanzados, y por lo tanto, usados se presentan en el Cuadro 1.

El proceso de compactación artificial se realizó gradualmente, por estratos de 0,05 m de suelo, en cajones rectangulares de 0,20 x 0,20 m de superficie y 0,40 m de profundidad. Para ello, el suelo, previamente humedecido (20% b.s.), se compactó con un pisón de hierro de 30 kg. En noviembre de 1989 se sembró trébol rosado (*Trifolium pratense*) y ballica anual (*Lolium multiflorum*), en cantidad suficiente de semillas para cubrir un 40% de la superficie del suelo, en cultivos puros y mixtos. Estos cultivos se mantuvieron al aire libre en el

**CUADRO 1. Grados de densidad aparente (g/cm<sup>3</sup>) en los distintos niveles de compactación de los suelos**

**TABLE 1. Grades of bulk density (g/cm<sup>3</sup>) of the different levels of compactness in the soil**

Nivel de compactación	Suelos		
	Metrenco	Fresia	Malihue
1	0,9	0,6	0,5
2	1,0	0,7	0,6
3	1,1	0,8	0,7
4	1,2	0,9	0,8
5	1,3	1,0	0,9

Campus Teja de la Universidad Austral de Chile en Valdivia, siendo regados hasta marzo y cosechados en abril de 1990. Con la fertilización y el riego se pretendía mantener al sistema poroso, como única variable que afecta la penetración de las raíces.

La fitomasa fue cosechada a ras del suelo determinándose su peso seco. En una cantidad variable de plantas por maceta (20 a 30) se determinó el largo máximo que alcanzaron las raíces en profundidad. Se determinó la orientación (vertical y horizontal) de las raíces a una profundidad de 0,20 m, enterrando un cilindro de 0,04 m de diámetro tanto en el sentido vertical y horizontal, en cuyas superficies se contó el número de raíces cortadas. La relación número de raíces verticales por número de raíces horizontales, se usó como coeficiente indicador de la orientación preferida por el crecimiento radical. Valores menores que 1,0 indican un predominio del patrón horizontal, mientras que valores mayores, un predominio del patrón vertical. Por último, con cilindros de 100 cm<sup>3</sup> se extrajeron muestras de suelo a tres profundidades (10, 20 y 30 cm), las cuales fueron tratadas, para separar manualmente, las raíces grandes, y por flotación, las raicillas finas. Estas muestras radicales fueron secadas determinándose su peso seco.

### RESULTADOS Y DISCUSION

En la Figura 1 se muestra el efecto de la compactación, representada en la densidad aparente, sobre la producción de fitomasa aérea de trébol rosado y ballica anual. Como tendencia general, se observa que con un aumento de la densidad aparente, disminuye la productividad del trébol. La tasa de disminución es mayor en el suelo Malihue, aun cuando la producción total en este trumao supera, a igual nivel de densidad aparente, la de los dos suelos rojo-arcillosos.

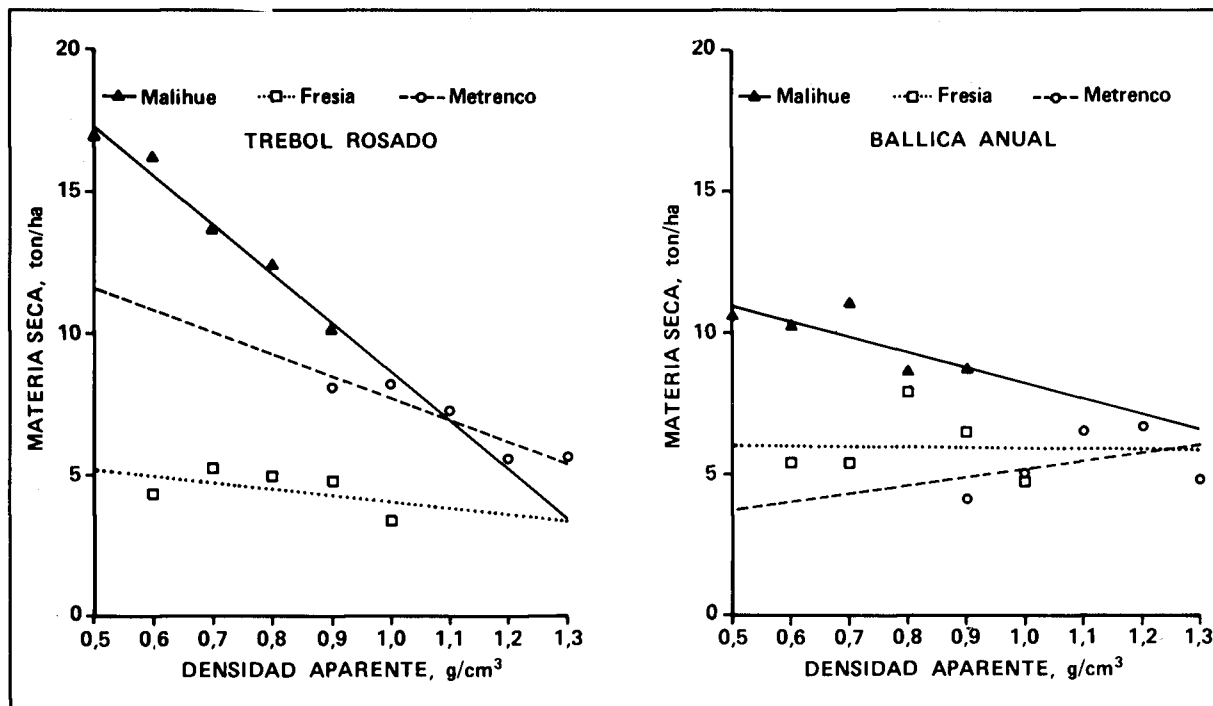


FIGURA 1. Efecto de la compactación del suelo sobre producción de la fitomasa aérea.

FIGURE 1. Effect of soil compaction on aerial biomass production.

Con un aumento en la densidad aparente debe disminuir proporcionalmente la porosidad de un suelo. El nivel de mayor compactación del trumao corresponde a un nivel de densidad aparente que es común para los suelos rojo-arcillosos. Sin embargo, en un suelo trumao, aparentemente suelto, puede reducir drásticamente su potencial productivo, debido a que la compactación del suelo afecta principalmente la porosidad gruesa y la continuidad del sistema poroso (Ellies y Hartge, 1990). La tendencia en la disminución de la fitomasa aérea por efecto de la compactación es menos marcada en el suelo Metrenco. Se observa que la condición con la mayor porosidad que equivale a una menor densidad aparente, ya corresponde a un suelo de tipo denso. El comportamiento del suelo Fresia no fue el esperado. Ello puede deberse a las especiales características de sus microagregados aristados. Al ser compactado, este incrementa drásticamente su firmeza y en un menor grado su densidad.

La compactación, además de reducir el espacio poroso, cambia la continuidad del sistema poroso, lo cual es un obstáculo al desarrollo de las raíces, situación que debe haberse presentado en especial para el cultivo del trébol rosado en este suelo.

La tendencia de la producción de fitomasa de la ballica anual en el suelo Malihue, es similar, pero menos acentuada, que en el caso del trébol, pero para los dos suelos rojo-arcillosos no hubo aparentemente un efecto de la densidad aparente (Figura 1). Una explicación para ello debería buscarse en la morfología del sistema radical de esta especie. En efecto, el sistema de raíz fasciculada de la ballica presenta abundantes raíces finas, las que colonizan, principalmente, los niveles superiores del suelo. Por ello, la planta sólo puede extraer en esta zona el agua, la cual debe estar retenida en los poros de tamaño intermedio. En cambio, la raíz pivotante del trébol puede explorar mayores profundidades, cuando el suelo es lo suficientemente suelto. Sin embargo, en un suelo con un nivel de compactación intermedio, deberían dominar los poros de diámetro medio, y por ello disponer también de una mayor cantidad de agua útil, la cual puede ser aprovechada por un sistema radical fasciculado fino.

En ambos cultivos, se observa que a medida que los tres suelos llegan a densidades teóricas muy altas similares, entre 1,2 a 1,3 g/cm<sup>3</sup>, la producción en la fitomasa también es similar, ello enfatiza la dependencia entre la producción de fitomasa con

la densidad aparente y/o porosidad del suelo (Figura 1).

En el Cuadro 2 se representan los valores de fitomasa radical producidos por el trébol rosado y la ballica anual para los distintos niveles de compactación de los suelos. La menor productividad de fitomasa radical en ambas especies se presenta siempre en el suelo Metrenco. Esta reducción es más marcada para la ballica anual. En el suelo Metrenco la productividad radical es mayor en los niveles intermedios de densidad aparente. Los valores de productividad radical alcanzado en los suelos Fresia y Malihue, fueron estadísticamente semejantes entre sí. Sin embargo, en el suelo Fresia se obtuvo la mayor productividad en los niveles intermedios de densidad aparente, y en el suelo Malihue, éstos fueron los menos productivos. Estos valores no correlacionan significativamente con los de fitomasa aérea y, por lo tanto, tampoco fue posible relacionarlos con los niveles de densidad aparente, seguramente por la estrechés de rangos usados, es decir, sin considerar las situaciones extremas. Estos resultados indican que no se puede establecer una relación clara entre la productividad radical total y la densidad aparente del suelo. Sin embargo, esta relación se da, si se separan raíces gruesas de finas. En efecto se observó un cambio en la proporción de ellas en los distintos niveles de

compactación, aumentando las gruesas y disminuyendo las finas, a medida que disminuía la porosidad, aunque sin variar sustancialmente la biomasa radical total.

El efecto de la compactación sobre el largo de las raíces se manifiesta claramente en el sistema radical pivotante del trébol rosado. En cambio, no se manifiesta en el sistema fasciculado de la ballica anual (Figura 2). Para la primera especie, se constató, en los tres suelos, una disminución gradual y constante del crecimiento de la raíz a medida que el suelo estuvo más compactado. Sin embargo, este desarrollo radicular sólo se refiere al tamaño alcanzado por las raíces y no a su conjunto o cantidad de ellas. El coeficiente de correlación para el suelo Malihue es  $r = 0,93$  ( $P \leq 0,01$ ), para Fresia  $r = 0,83$  ( $P \leq 0,01$ ) y en el suelo Metrenco la tendencia no es significativa.

La disminución gradual del largo radical puede ser una respuesta a una reducción del movimiento del agua y aire en los estratos más profundos. Al comparar estas tendencias con las de la fitomasa aérea (Figura 1), ellas son similares. Es decir, el largo alcanzado por la raíz se corresponde con la producción de fitomasa aérea (para el suelo Malihue  $r = 0,87$ ;  $P \leq 0,01$ , para el Fresia  $r = 0,03$  y para Metrenco  $r = 0,77$  ( $P \leq 0,05$ ). Ello se explica porque una pobre profundización de la raíz causa un efecto negativo sobre el desarrollo del vástago el que, en estas condiciones, tiene una menor disponibilidad de agua y nutrientes, debido a la menor cantidad de suelo explorado (Hartge y Ellies, 1990).

En el largo alcanzado por las raíces de la ballica, no se apreciaron diferencias, para los distintos niveles de compactación sobre el desarrollo de la masa radical, es bajo, una explicación para ello es que el desarrollo normal de las raíces de los pastos se realiza, preferentemente, en los estratos superiores del suelo que ellos pueden soltar. Seguramente, se necesitan niveles muy altos de compactación para observar algún efecto. No obstante, sería útil considerar no sólo la profundidad alcanzada, sino también, la cantidad de raíces que llegan a ésta, lo que, como ya se dijo, depende en gran medida de la morfología del sistema radical.

En la Figura 3 se observa que, en los suelos Fresia y Metrenco, el patrón de distribución radical del trébol cambia de vertical a horizontal, ante un aumento en la densidad aparente. La explicación de este fenómeno debería buscarse en la reorientación del sistema poroso del suelo producida por la compactación. En el suelo Malihue, de tipo trumao, no hay un patrón claro, la tendencia incluso resulta contraria, indicando la presencia de suficiente

**CUADRO 2. Fitomasa radical (g/1.000 cm<sup>3</sup>) de *Lolium multiflora* y *Trifolium pratense* en suelos artificialmente compactados**

**TABLE 2. Root biomass (g/1.000 cm<sup>3</sup>) de *Lolium multiflorum* and *Trifolium pratense* in artificial compacted soils**

Nivel de compactación	Suelos		
	Metrenco	Fresia	Malihue
<b>Trébol rosado</b>			
1	14,03	12,10	20,03
2	17,25	23,40	21,32
3	18,50	22,30	19,82
4	8,34	13,40	15,58
5	10,41	7,90	24,97
<b>Ballica anual</b>			
1	5,80	15,00	27,82
2	8,02	17,80	24,85
3	6,58	18,10	20,25
4	9,96	11,60	21,52
5	7,08	11,70	17,67

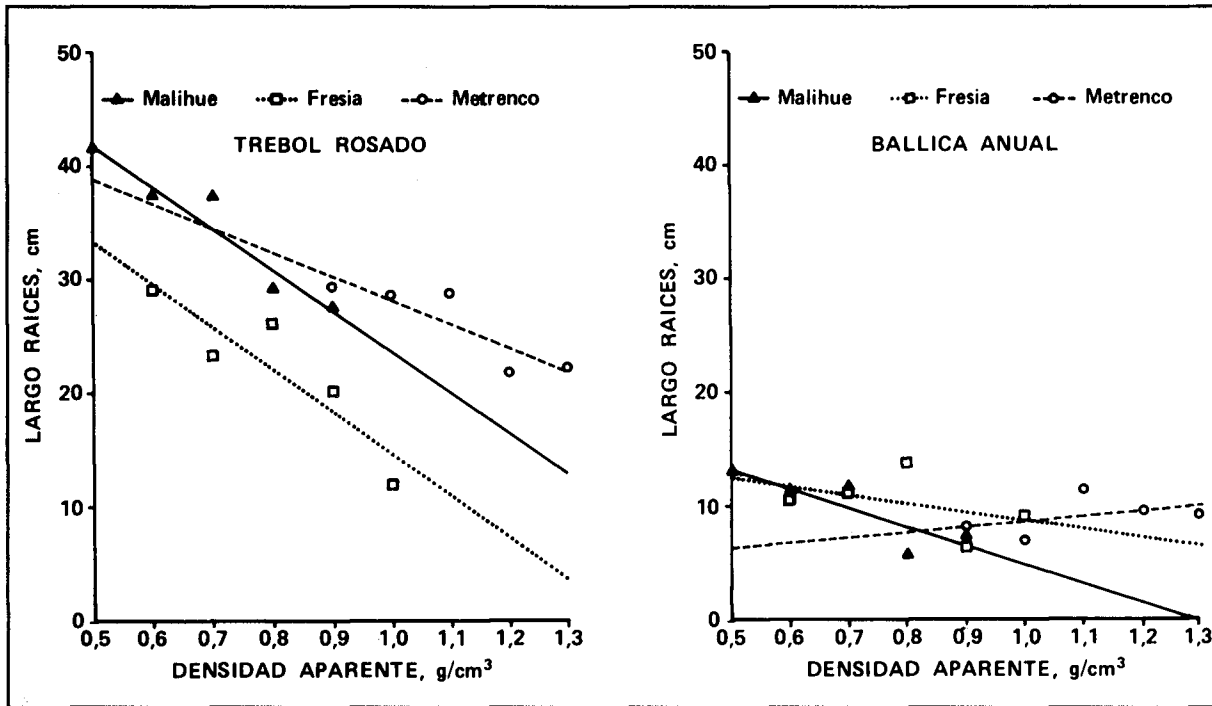


FIGURA 2. Efecto de la compactación del suelo sobre el largo de las raíces.

FIGURE 2. Effect of soil compaction on root elongation.

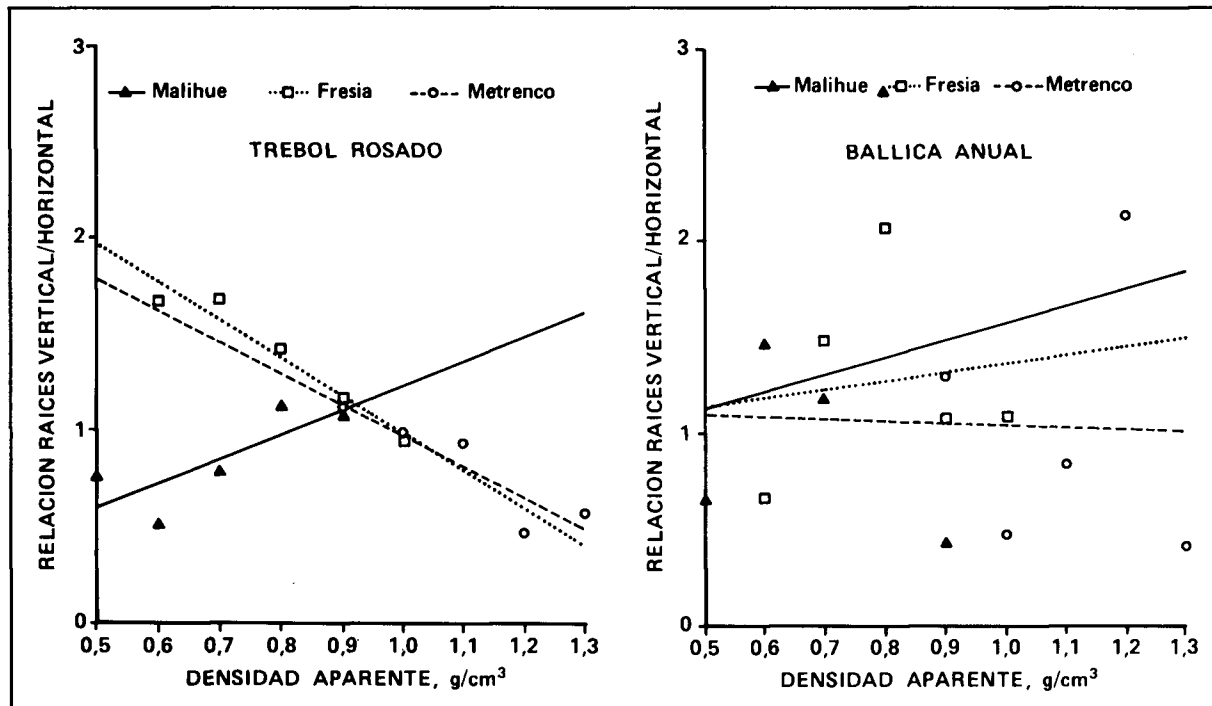


FIGURA 3. Efecto de la compactación del suelo sobre la orientación del crecimiento radical.

FIGURE 3. Effect of soil compaction on root growth orientation.

porosidad en todas las direcciones, aún en niveles altos de compactación. En el caso de la ballica anual, no se observa un patrón claro de crecimiento,

lo cual reitera las diferencias de comportamiento del sistema fasciculado de la raíz.

## RESUMEN

Se estudió en forma experimental el efecto de la compactación del suelo, en términos de densidad aparente, sobre el desarrollo de la biomasa aérea y subterránea en trébol rosado (*Trifolium pratense*) y ballica (*Lolium multiflorum*). Se utilizó el horizonte superficial de dos Palehumults (series Metrenco y Fresia) y un Hapludands (serie Malihue), compactados en cinco niveles diferentes, para cada uno. Los cultivos se mantuvieron en cajones al aire libre, con riego, durante cuatro meses. Después de la cosecha se determinó biomasa aérea y radical, y el largo y orientación del crecimiento de las raíces.

La fitomasa aérea del trébol disminuyó al aumentar la compactación, especialmente en el suelo Malihue;

mientras que, en la ballica, los cambios fueron menores. Igualmente, la profundidad alcanzada por las raíces del trébol, disminuyó con una mayor compactación. En la ballica no se observó un efecto claro en este sentido. El patrón de orientación de las raíces del trébol no presentó claridad en el suelo Malihue. Sin embargo, en los suelos Fresia y Metrenco, hubo un predominio del horizontal al aumentar la densidad aparente. Para la ballica no se observó un patrón de crecimiento radical definido.

**Palabras claves:** trébol rosado, *Trifolium pratense*, ballica anual, *Lolium multiflora*, praderas, suelo, compactación, crecimiento radical.

## LITERATURA CITADA

- BARLEY, K.P., FARELL, D.A. and GREACEN, E.I. 1965. The influence of soil strength on the penetration of a loam by plant roots. Aust. J. Soil. Res. 3: 69-73.
- BLACK, G.R. 1964. Soil compaction, is it critical? Crops and Soils 16: 9-12.
- BOGUSLAWSKI, VON E. 1977. Der konventionelle Landbau und seine Alternativen. Auf dem Wege zur nachhaltigen Landwirtschaft 1: 2-27.
- BOHNE, H. 1987. Die Verteilung von Wurzeln in einer Parabraunerde aus LÖB als Folge der Kombination von Aggregatgröße und Lagerungsdichte des Bodens. Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch. 55(1): 127-131.
- EHLERS, W., GOSS, M.J. and BOONE, F.R. 1986. Einfluß der Bodenbearbeitung auf Bodenwasserhaushalt, Durchwurzelung und Wasserentzug. Kali-Briefe 18(2): 107-125.
- ELLIES, A. and HARTGE, K. 1990. Erfassung der Fügeveränderung infolge Inkulturnahme von Sekundärwald in Südchile durch Multivarianzanalysen. Z.f. Kulturtechnik und Landentwicklung. 31: 380-388.
- FAO-UNESCO, 1985. Soil Map of the World. Third draft, Roma. 415 p.
- FREDE, H.G. y MEYER, B. 1981. Die spezifische Porenkontinuitäts Parameter des Bodengefüges. Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch. 32: 79-86.
- HARTGE, K. y ELLIES, A. 1990. Gefügeänderung bei Andosolen Südchiles als Folge der Nutzung seit der Rodung. Z. Pflanzenernähr. Bodenk. 153: 389-393.
- HORN, R. 1985. Der Einfluß der Bodenbearbeitung auf die mechanische Belastbarkeit von Böden als Pflanzenstandort. Mitteilgn. Dtsch. Gesellsch. 43(1): 251-252.
- KAUSCH, W. 1968. Das Wurzelwerk der Pflanzen als Organ für die Wasseraufnahme. Umschau in Wissenschaft und Technik 2: 38-44.
- HIDDING, A. and VAN DEM BERG, C. 1960. The relation between porevolume and deformation of roots systems in soil with sandy layer. 7th Intern. Congress of Soil Science, Madison Wisconsin 7: 369-373.
- KUTSCHERA-MITTER, L. 1973. Morphologie der Wurzeln von Arten des Acker- und Grünlandes und ihre Veränderung durch die Umwelt unter besonderer Berücksichtigung des Geotropenwachstums. Wissenschaftliche Beiträge der Martin Luther Universität, Halle-Wittenberg 11(2): 170-176.
- MOHR, H.D. 1980. Einfluss der Bodeneigenschaften auf das Wurzelwachstum. Kali-Briefe 15(5): 305-316.
- MONNIER, G. and GOSS, M.J. 1987. Soil compaction and regeneration. A.A. Balkema, Publ. Rotterdam. 189 p.
- TOSSO T., JUAN. 1985. Suelos volcánicos de Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Ministerio de Agricultura, Santiago, Chile. 723 p.