

EFECTO DE LA COMPACTACIÓN SUBSUPERFICIAL DE UN HAPLUDOL TÍPICO SOBRE LA PRODUCCIÓN DE GIRASOL (*Helianthus annus* L.)

DÍAZ-ZORITA M

Cátedra de Cereales, Universidad de Buenos Aires, Av. San Martín 4453, (1417) Cdad. de Buenos Aires, Argentina e Investigación y desarrollo, Nitragin Argentina S.A., Parque Industrial Pilar, Calle 10 y 11, (1630) Pilar, Buenos Aires, Argentina. mdzorita@speedy.com.ar

Recibido 28 de octubre de 2003, aceptado 22 de abril de 2004

EFFECTS OF SUBSURFACE SOIL COMPACTION OF A TYPIC HAPLUDOLL ON SUNFLOWER (*Helianthus annus* L.) PRODUCTION

Soil subsurface compaction is one of the factors that are frequently related with the reduction in sunflower (*Helianthus annus* L.) grain production. However, the available information quantifying this effect under field conditions is scarce and contradictory. The objective of this study was to determine the effects of subsurface compaction on sunflower productivity in the subhumid Pampas region of Argentina. A two season field essay was performed on a Typic Hapludoll with a compacted layer at a depth of 0.18 to 0.22 m after different traffic intensity patterns. Soil bulk density (BD) and penetration resistance (PR) after harvest were measured in 25 sampling sites randomly located in the studied area. In one of the growing seasons, rainfall events were enough for normal crop productivity and differences due to compaction treatments were not observed. Only in the season with low rainfall events, subsurface (0.20 to 0.30 m) compaction reduced plant height and crop grain and oil yields. Grain yields decreased at a rate of 2534 kg ha⁻¹ MPa⁻¹ when increasing the PR up to 1.65 MPa. Sunflower grain production also linearly decreased when soil bulk density in the 0.15 to 0.30 m layer increases. These results suggests that in the subhumid Pampas, the risk of sunflower yield reduction after subsurface compaction in tilled soils strongly interacts with environmental conditions during the growing season.

Key words: bulk density, penetration resistance, machinery traffic, Hapludolls, Pampas Region

INTRODUCCION

El desarrollo de sistemas radicales se favorece por la presencia de suelos con niveles de impedancia mecánica inferiores a la capacidad de penetración de las raíces y en condiciones de fracturas o poros, estables e interconectados, de diámetros mayores a los de las raíces. La compactación de los suelos, si bien es un término que se refiere a la reducción en su espacio poroso, implica la ocurrencia de otros cambios en sus propiedades fisicoquímicas que pueden afectar el normal desarrollo de las raíces y, en algunos casos, reducir la producción aérea de las plantas. En general, la presencia de capas compactadas reduce el desarrollo de las raíces, incrementa su diámetro y su crecimiento se desvía en dirección lateral (Russell Goss 1974, Cook *et al.* 1996). Algunos estudios han sugerido que la compactación, en algunos casos puede tener efectos positivos sobre la producción, al proveer de mejor sustentación y anclaje del sistema radical (Bennie 1996).

Si bien abundan estudios que muestran los efectos directos de la compactación sobre el desarrollo de las raíces, es menos frecuente la evaluación de sus efectos sobre la productividad de los cultivos en condiciones de campo. La presencia de impedancias mecánicas se puede manifestar con cambios morfológicos y en la biomasa de las raíces. En cambio, no siempre afecta los rendimientos de los cultivos, a menos que limiten el anclaje de las plantas o la normal provisión de agua y nutrientes (Miller 1986). Bajo condiciones de excesos hídricos se limita la disponibilidad de oxígeno en suelos compactados dando lugar a procesos de anoxia y mayor frecuencia de ocurrencia de algunas enfermedades (Kirkegaard *et al.* 1992). No obstante el efecto sobre el desarrollo aéreo y productividad puede ser atenuado porque durante el desarrollo del cultivo pueden ocurrir diferentes factores que compensen las restricciones al crecimiento radical por compactaciones.

La productividad normal de cultivos de girasol (*Helianthus annuus* L.) está frecuentemente limitada por la presencia de impedancias mecánicas. Se ha demostrado que la presencia de densificaciones subsuperficiales en suelos de texturas finas reduce la extensión foliar, la acumulación de biomasa aérea y el desarrollo de raíces (Manichon *et al.* 1980; Andrade *et al.* 1993). No obstante los efectos de estas compactaciones subsuperficiales sobre los rendimientos dependen de las condiciones climáticas (Blamey *et al.* 1997). En cambio, son escasos los estudios que describen la relación entre compactación subsuperficial y productividad de girasol en suelos de textura franco arenosa. Se supone que hay diferentes respuestas del cultivo según las condiciones de ambiente predominantes durante su ciclo de desarrollo. El objetivo de este estudio fue establecer, en condiciones de campo, los efectos de diferentes niveles de compactación subsuperficial sobre la productividad de cultivos de girasol desarrollados en un Hapludol Típico en la región subhúmeda pampeana.

MATERIALES Y METODOS

El estudio se desarrolló en la Estación Experimental Agropecuaria "General Villegas" del INTA ubicada en Drabble, provincia de Buenos Aires. El suelo fue un Hapludol Típico de textura superficial (0 a 20 cm) franco arenosa (arcilla 238 g kg⁻¹, limo 223 g kg⁻¹ y arena 539 g kg⁻¹) con 46,3 g kg⁻¹ de materia orgánica, 24 mg kg⁻¹ de P extractable, Bray Kurtz 1, 6,4 de pH en agua.

En julio de 1995, se removieron los 15 cm superficiales del suelo en un área de aproximadamente 875 m² y luego de humedecerse hasta contenidos de agua equivalentes a capacidad de campo (210 ± 23 g kg⁻¹) fue transitada con maquinaria agrícola pesada (i.e. tractor con carro cerealero). Así se generaron 12 sectores compactados con alta frecuencia de tránsito de maquinaria y 12 sectores con menor tránsito ubicados en franjas de aproximadamente 1,20 m de ancho y 30 m de longitud. Luego se repuso el suelo superficial quedando las capas compactadas entre los 0,18 y los 0,22 m de profundidad. En la primer quincena de octubre de 1995 y de 1996 se sembraron cultivos de girasol cv DK4030 a razón de 55000 semillas ha⁻¹ y a 0,70 m de distancia entre hileras. En ambas campañas, se realizaron laboreos superficiales con discos de doble acción en agosto y en octubre antes de la siembra de los cultivos. El control de malezas

e insectos durante el cultivo se realizó químicamente. En estadios de madurez fisiológica, primer semana de marzo de 1996 y última semana de febrero de 1997, se identificaron 25 puntos de muestreo ubicados en la intersección de una grilla de aproximadamente 5 m de equidistancia, descartando los bordes del ensayo. Manualmente se cosecharon 6 plantas enteras correspondientes a 2 hileras adyacentes a cada punto de muestreo (aproximadamente 2,1 m² de área cosechada). Se determinó la producción de granos y de materia grasa refiriéndose los resultados a 120 g kg⁻¹ de contenido de humedad. El rendimiento en aceite se estimó a partir del producto entre rendimiento en grano por la concentración de materia grasa de los granos. Además se midió la altura total de los tallos de cada planta desde el suelo hasta la inserción de los capítulos.

Dentro de los 15 días posteriores a la cosecha, y luego de 48 horas de una lluvia abundante, en los entresurcos de cada uno de los puntos de muestreo se determinó la resistencia a la penetración (RP) cada 0,05 m hasta 0,40 m de profundidad con penetrómetro de impactos (O'Sullivan *et al.* 1987). También se determinó la densidad aparente (DA) con cilindros de 170 cm³ en las capas de 0,05 a 0,15 m y de 0,20 a 0,30 m de profundidad. En estas capas, el contenido gravimétrico de humedad fue en promedio de 199 ± 16 g kg⁻¹ y de 207 ± 36 g kg⁻¹ en 1996 y 1997, respectivamente.

Los efectos de alta y baja frecuencia de tránsito de maquinaria sobre la productividad de los cultivos y las propiedades edáficas se evaluaron con la prueba de diferencia de medias de t y análisis de regresión (Analytical Software 2000). Para la relación entre niveles de resistencia a la penetración y rendimientos se ajustó un modelo lineal-meseta empleándose el procedimiento NLIN de PC-SAS (SAS Institute, 1990). Los coeficientes de determinación de los modelos lineal-meseta se calcularon a partir de la relación entre valores observados y predichos, utilizando el procedimiento REG de PC-SAS (SAS Institute, 1990). La información de precipitaciones durante los ensayos fue recolectada en la estación agrometeorológica ubicada a 1500 m del sitio experimental.

RESULTADOS Y DISCUSION

En ambas campañas, se corroboraron mayores niveles de DA y de RP en los tratamientos con alta frecuencia de tránsito de maquinaria. Independientemente del tratamiento de compactación, los niveles de DA (1,19 a 1,45 Mg m⁻³) y de RP (1,00 a 2,29 MPa) fueron menores en la capa superficial de 0,05 a 0,15 m de profundidad. Entre el 55 y el 67 % de las variaciones en RP en la zona

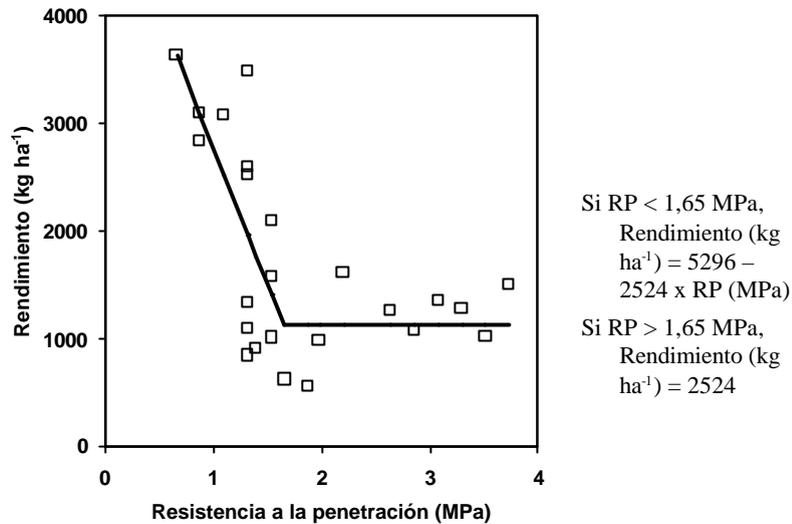


Figura 1. Efecto de la resistencia a la penetración en la capa de 0,20 a 0,25 m de profundidad sobre la producción de grano de girasol en un Hapludol típico en la campaña 1996-97. La línea continua representa el modelo ajustado a los datos observados (símbolos abiertos).

Figure 1. Effect of the soil penetration resistance in the 0.20 to 0.25 m layer on sunflower grain yields in a Typic Hapludoll during the 1996-97 growing season. The solid line shows the adjusted model to the observed values (open symbols).

entre 0,20 y 0,30 m de profundidad fueron explicadas por cambios en la DA. La relación entre ambas variables en la capa superior fue no significativa. En la capa de 0,25 a 0,30 cm de profundidad se observó la mayor diferencia entre tratamientos con alta y con baja intensidad de tránsito.

La producción de girasol mostró diferentes niveles y comportamientos frente a los tratamientos de compactación según la campaña considerada. En la campaña 1995-96 los rendimientos variaron entre 2845 y 4027 kg ha^{-1} sin encontrarse diferencias significativas entre tratamientos de compactación. En cambio, en la campaña 1996-97 los rendimientos no sólo fueron inferiores sino que resultaron más variables (553 a 3640 kg ha^{-1}). En esta campaña se detectaron efectos significativos entre tratamientos según intensidad de tránsito de maquinaria. Ello se relaciona con la presencia de una capa subsuperficial compacta que redujo los rendimientos y la producción de aceite de los cultivos. Las diferencias en producción y en los efectos de los tratamientos entre ambas campañas se atribuyen a la mayor ocurrencia de precipitaciones en el ciclo 1995-96 (412 mm) que en el siguiente (290 mm). Según Taylor y Brar (1991), entre otros autores, los efectos per-

judiciales de zonas compactadas sobre el crecimiento de las raíces en suelos similares a los estudiados se observa en condiciones de deficiencia hídrica o baja provisión de nutrientes.

La reducción de la productividad de los cultivos en la campaña 1996-1997 se relacionó negativa y significativamente con la RP de las capas ubicadas por debajo de 0,20 m de profundidad. A partir del ajuste de modelos del tipo lineal-meseta entre los niveles de RP y los rendimientos se determinó que el nivel crítico de RP para los rendimientos varió entre 1,22 y 2,00 MPa (prof. < 0,20 m). La mayor explicación de las variaciones de rendimiento asociadas a cambios en la RP fue del 60 % y se determinó en la capa de 0,20 - 0,25 m. Entre aproximadamente 1,00 y hasta 1,65 MPa, los rendimientos se redujeron linealmente a razón de 252,4 kg por cada 0,1 MPa de aumento en la RP (Fig. 1). Los valores de RP que limitarían la producción de los cultivos coinciden con los informados en otros trabajos en suelos con similar textura (Unger Kaspar 1994; Vepraskas, 1994).

Al aumentar la DA en la capa de 0,20 a 0,30 m los rendimientos en grano decrecieron siguiendo un modelo lineal según la siguiente ecuación:

Rendimiento (kg ha^{-1}) = $7138 - 3940 \times \text{DA}$
 (Mg m^{-3}), $R^2 = 0,27$, $p < 0,01$

Esta relación también fue descripta para cultivos de maíz (*Zea mays* L.) para la misma área de estudio y tipo de suelos (Díaz-Zorita 2000). Ello sugiere que en estos ambientes es relevante la contribución de la porosidad de los suelos en el desarrollo y producción de cultivos de secano. Los contenidos de materia grasa de los granos, la producción de aceite y la altura desarrollada por los cultivos de girasol mostró comportamientos similares a los descriptos para los rendimientos en cuanto a la relación con la RP y la DA de los suelos. Según estimaciones visuales realizadas durante la cosecha de los cultivos, en los tratamientos correspondientes a alta intensidad de tránsito de maquinarias se observó un menor desarrollo de raíces que en los sectores menos transitados.

REFERENCIAS

- Analytical Software. 2000. Statistix7. User's manual. Analytical Software, Tallahassee, FL. USA. 359 pp.
- Andrade A, Wolfe D, Fereres E. 1993. Leaf expansion, photosynthesis and water relations of sunflower plants grown on compacted soil. *Plant and Soil* 149: 175 - 184
- Bennie AT. 1996. Growth and mechanical impedance. En: Waisel Y, Eshel E (Ed.). *Plant roots: The hidden half*. 2nd Ed. Marcel Dekker Inc. New York, NY, USA. 453-470.
- Blamey F, Zollinger R, Schneiter A. 1997. Sunflower production and culture. En: American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America, Sunflower technology and production. Monograph no.35, Madison, WI, USA. 595-670.
- Cook A, Marriot CA, Seel W, Mullins CE. 1996. Effect of soil mechanical impedance on root and shoot growth of *Lolium Perenne* L., *Agrostis capillaris* and *Trifolium repens* L. *J. of Exp. Bot.* 47:1075-1084.
- Díaz-Zorita M. 2000. Effect of deep tillage and nitrogen fertilization interactions on dryland corn (*Zea mays* L.) productivity. *Soil Till. Res.* 54: 11-19.
- Kirkegaard JA, So HB, Troedson RJ. 1992. The effect of soil strength on the growth of pigeonpea radicles and seedlings. *Plant & Soil.* 140: 65-74.
- Manichon H, Ribeyre H, Rollier M. 1980. Relation entre l'état physique du sol et la nutrition minerale du tournesol. *Proceedings of 9th International Sunflower Conference*, Torremolinos, España. II: 166 - 173.
- Miller DE. 1986. Root systems in relation to stress tolerance. *Hort. Sci.* 21:963-970.
- O'Sullivan MF, Dickson JW, Campbell DJ. 1987. Interpretation and presentation of cone resistance data in tillage and traffic studies. *J. of Soil Sci.* 38: 137-148.
- Russell RS, Goss MJ. 1974. Physical aspects of soil fertility. The response of roots to mechanical impedance. *Neth. J. of Agric. Sci.* 22:305-318.
- SAS Institute. 1990. SAS/STAT user's guide. Vol 2. 6th Ed. SAS Institute, Cary, NC.
- Taylor H, Brar G. 1991. Effect of soil compaction on root development. *Soil Till. Res.* 19: 111-119.
- Unger P, Kaspar T. 1994. Soil compaction and root growth: A review. *Agron. J.* 86: 759-766.
- Vepraskas, M.J., 1994. Plant response mechanisms to soil compaction. En: Wilkinson RE (Ed.) *Plant-Environment interactions*. Marcel Dekker Inc. New York, NY, USA. 263-287.