

Características macromorfológicas e hidrofísicas de un huerto de cítricos con cultivo ecológico y cubierta herbácea temporal

F. Ingelmo*, M. Marés, R. Canet*, M.A. Ibañez* & F. Pomares***

**Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA). Departamento de Recursos Naturales. Moncada. 46113-Valencia.*

***Estación Experimental Agraria de Carcagente. Partida Barranquet s/n. Carcagente, 46740-Valencia.*

ABSTRACT

The macromorphological characteristics and hydrophysical parameters of a citrus orchard were studied. Assays of ecological management using transient green covers, compared with usual management without covering, were carried out in this orchard since 1992. The cover was a mix of *Vicia sativa* and *Avena sativa* in 40:60 proportion and 120 kg/ha of seeding rate, plowed or left as mulching.

Soil was classified as calcic Gleysol-cumulic Anthrosol with a horizon succession up to 60 cm depth of Ap/A₁/AC/2C. Processes of gleysation (because of rise and fall of freatic water), of organic matter, sand and silt accumulation with platy stratification (because of flood irrigation) and calcaric characteristics up to 50 cm depth, the two first affecting the root exploration of adult citrus trees, were observed. Stratification and accumulation processes affected more intensely the conventionally managed plot and less intensely the plots with mulching. The latter plots showed greater biological activity through all their profile and a structure of surface horizon classified as moderate, fine and crumb. The rest showed an structure weak, fine and subangular.

Statistical analysis of hydrophysical parameters showed that apparent density values of the surface horizon were lower, and aggregate stability and basic rate of water infiltration values in the two first horizons were higher in plots with green cover than in those conventionally managed. No differences between moisture and penetration resistance through all the profile were observed.

RESUMEN

Se da cuenta de las características macromorfológicas y de los parámetros hidrofísicos obtenidos en un huerto de cítricos en el que se han llevado a cabo ensayos de manejo ecológi-

co con cubiertas temporales herbáceas, mezcla de *Vicia sativa* y *Avena sativa* en proporción 40:60 con dosis de siembra de 120 kg/ha, enterradas o dejadas como mulching, en comparación con el manejo convencional sin cubiertas, desde 1992.

El suelo se clasificó como *Gleisol calcáreo-Antrosol cumúllico* con una sucesión de horizontes hasta los 60 cm de profundidad: Ap/A₁/AC/2C. En todas las calicatas se observaron procesos de gleización (por ascenso y descenso de la capa freática), de acumulación de materia orgánica, arenas y limos con estratificación laminar (debido al riego por inundación), y carácter calcáreo hasta los 50 cm de profundidad, afectando los dos primeros a la exploración radicular de los naranjos adultos. Los procesos de estratificación y acumulación afectaron con más intensidad a la parcela con manejo convencional y en mucho menor grado a las parcelas con mulching, que presentaron una mayor actividad biológica en todo el perfil y una estructura del horizonte superficial evaluada como moderada, fina y migajosa, a diferencia del resto, que mostró una estructura débil, fina y subangular.

Del análisis estadístico de los parámetros hidrofísicos se dedujo que los tratamientos con cubierta herbácea son significativamente diferentes del convencional por los menores valores de densidad aparente del horizonte superficial y los mayores valores de estabilidad de agregados y de la tasa básica de infiltración de agua en los dos primeros horizontes. No se encontraron diferencias en cuanto a la humedad y en cuanto a la resistencia a la penetración en todo el perfil.

INTRODUCCIÓN

La agricultura ecológica parte de la decidida consideración de las tramas de relaciones naturales y de la premisa de conservar en el tiempo los sistemas productivos, sin renunciar a la explotación del suelo (Díaz Pineda, 1995). En este contexto, la fertilidad física intrínseca de las tierras (Monnier *et al.*, 1982) está ligada a la modalidad de manejo, y por ello deben investigarse con este fin algunas prácticas tradicionales de conservación.

Bajo esta consideración, desde 1992 se han probado sistemas de manejo ecológico de huertos de cítricos con cubiertas herbáceas temporales de leguminosas y gramíneas en las modalidades de siega en primavera e incorporación al suelo como abono verde y en la de siega en primavera sin incorporación (acolchado superficial).

En Ingelmo *et al.* (1995) se muestran los efectos positivos de este tipo de prácticas sobre las características hidrofísicas del suelo en comparación con las de un control manejado convencionalmente sin cubierta herbácea temporal. En la discusión de los resultados, siguiendo las observaciones señaladas por Meek *et al.* (1992) se introdujo la hipótesis de que, debido al sistema de riego por gravedad empleado y a las características texturales arenolimosas del suelo de las parcelas, los efectos de mejora quedarían restringidos a medio plazo al horizonte superficial del suelo.

El objetivo de este trabajo es mostrar, al cabo de la práctica continuada durante tres años de estos sistemas de manejo, sus efectos en las características macromorfológicas e hidrofísicas del perfil del suelo.

MATERIALES Y MÉTODOS

En septiembre de 1992 se sembró una cubierta herbácea de *Vicia sativa* y *Avena sativa* con dosis de siembra de 120 kg/ha y proporción 40:60 en las interfilas de un huerto de cítricos con manejo ecológico: parcela A, con plantones *Clemenules* de 3 años, y parcela B, con árboles *Navelina* y *Fortune* de 15 años de edad. En la primavera de 1993 se establecieron en bloques al azar con dos repeticiones los siguientes tratamientos: E (cubierta segada y enterrada como abono verde) y M (cubierta segada y dejada en superficie como acolchado). Esta práctica de manejo se repitió en los mismos sitios durante 1993 y 1994. Otra parcela del mismo huerto, C, con plantones *Clemenules* de 3 años, se manejó en el mismo periodo (1992-1995) convencionalmente sin cubierta y se consideró como parcela control.

En septiembre de 1995 no se sembró la cubierta herbácea en las parcelas A y B, que recibieron los mismos laboreos superficiales que la parcela control C. En la primavera de 1996 se procedió a la apertura de diez calicatas de 1,5 x 1,5 x 0,75 m al azar (dos en cada tratamiento y parcela y dos en el control) y en cada una de ellas se determinaron:

- Características macromorfológicas del perfil (Porta et al., 1994)
- Características hidrofísicas de los horizontes Ap (0-10 cm), A1 (10-20 cm), AC (20-40) y 2C (40-60): humedad gravimétrica, densidad aparente (Ingelmo & Cuadrado, 1986), resistencia a la penetración (Bradford, 1986), estabilidad de los agregados (Kemper & Roseneau, 1986) y tasa básica de infiltración de agua (White *et al.*, 1992), éstas dos últimas sólo en los dos primeros horizontes.
- Clasificación del suelo (F.A.O, 1985).

Para evaluar la significación estadística del efecto de los diferentes tratamientos en las características estudiadas se realizaron análisis de varianza múltiple (prueba F al 95 % de probabilidad), considerando a tratamientos, bloques y su interacción como posibles fuentes de variación, y se determinó la LSD al 95 % para diferenciar entre medias individuales. Mediante similar metodología se estudió la influencia por separado del manejo de la cubierta herbácea y de la parcela.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las características macromorfológicas del perfil de las parcelas quedan reflejadas en la siguiente descripción:

Localidad: Carcagente

Situación: Estación Experimental Agraria “El Mirador”

Coordenadas: 721 4331

Altitud: 20 m
 Posición fisiográfica: llanura aluvial
 Pendiente: llano
 Material original: limos pardos fluviales
 Vegetación o uso: cultivo de naranjos
 Drenaje: moderado
 Clasificación (F. A. O., 1985): gleisol cálcico-antrosol cumúlico

Hor. Prof. Descripción
(cm)

- A_p 0-11 Color en húmedo: variable desde pardo oscuro (2,5YR 3/2) en A a pardo grisáceo (10YR 5/2) en B, pardo (7,5YR 5/2) en C. Textura: arenolimoso, más arenoso en B. Estructura: en general, subangular; migajosa en tratamiento M; muy fina a fina en C y fina a mediana en el resto; muy débil en C y moderada en el resto. Consistencia: en mojado, ligeramente adherente y no plástico (A y B), y ligeramente plástico (C); en húmedo, friable a muy friable; en seco, suelto; en M, de forma discontinua, blando, y en C, duro. Acumulación: en A y B, de arenas y materia orgánica en forma de lenguas, no estratificadas; en C, de limos y arenas finas, con estratificación zonal en la base del horizonte y una ligera costra en la superficie. Porosidad: frecuentes a muchos poros finos y medianos, discontinuos, caóticos, exped, intersticiales y tubulares abiertos (A y B, sobre todo, tratamiento M) y menos y más finos en C (que presenta algunos de tipo vesicular); muy pocos poros micro y muy finos, de similar tipología. No hay elementos gruesos (menos del 1% del volumen del horizonte), calcáreos, y restos de cerámica fracturados. La actividad biológica es mediana en A y en B (destaca en M) y prácticamente nula en C. Abundantes raíces de vegetación espontánea en M, y muy pocas en E y en C. En B no se observan raíces de naranjo. No se observan manchas redox. Reacción HCl: medianamente calcáreo (A y C), fuertemente calcáreo B. Límite: brusco en general, plano en C, irregular en AE y ondulado en el resto.
- A1 11-25 Color en húmedo: variable desde pardo rojizo (2,5YR 4/4; 5YR 4/4) de AM y AE, a pardo amarillento claro y pardo (10YR 6/4; 10YR 5/3) de BE y BM, pasando por pardo (7,5YR 5/4) de C. Textura: arenosa fina a arenolimoso (A); arenoarcillosa a arenolimoso (C) y arenosa a arenolimoso (B). Estructura: subangular, débil y mediana (A) y débil y muy fina (C); granular, sin estructura, muy fina (BE); migajosa, débil y fina (BM). Consistencia: en mojado, ligeramente adherente y no plástico (A y BE); ligeramente adherente y ligeramente plástico (C y BM); en húmedo, friable (A y C) y muy friable a suelto en B. Acumulación: muy

débil y ligera, de materia orgánica, arenas y limos en A y B, y moderada y de mayor espesor en C (con estratificación de arenas y limos); en todos los casos, discontinua. Porosidad: frecuentes poros medianos y finos, discontinuos, caóticos, exped, intersticiales y tubulares (en M) y pocos y más finos, de similar tipología, en el resto. Menos del 1% de elementos gruesos, de similar naturaleza que en el horizonte anterior. La actividad biológica es nula en C y escasa en el resto. Sólo en M se observan raíces, finas y muy finas, de vegetación espontánea, verticales y sin cambio de dirección; y escasas raíces de naranjo, con dirección horizontal, en B. Pocas manchas redox, pequeñas y definidas. Reacción HCl: como horizonte anterior. Límite: neto y ondulado en A y B, y gradual y ondulado en C.

- AC 25-41 Color en húmedo: variable desde pardo rojizo (5YR 4/4) y pardo rojizo amarillento (5YR 5/5) en A, a amarillo parduzco (10YR 6/6) y pardo (7,5YR 5/4) en B, pasando por pardo rojizo (5YR 5/3) en C. Textura: arenosa fina. Estructura: sin estructura (granular) fina a muy fina, débil, en general; en M, donde se deposita materia orgánica se observa tendencia a subangular, débil y fina y a migajosa, débil y fina. Consistencia: en mojado, no adherente a ligeramente adherente y no plástico; en húmedo, muy friable a suelto. Acumulación: de arenas y materia orgánica, mediana y con estratificación continua en C y, baja a muy baja, sin estratificación, en el resto (menor en M). Porosidad: en general, pocos poros, intersticiales, muy finos, discontinuos, caóticos, exped, abiertos. No hay elementos gruesos. Escasa actividad biológica (A y B) y nula en C. Sin raíces de vegetación espontánea y pocas y delgadas y horizontales, en B. Pocas manchas redox. Reacción HCl: débilmente calcáreo (A y C) y medianamente calcáreo (B). Límite: gradual irregular.
- 2C 41-64 Color en húmedo: amarillo rojizo (5YR 6/6) en general, con aumento del matiz a 7,5YR en B y aumento de 1 a 2 puntos de la saturación en M. Textura: arenosa fina. Estructura: sin estructura (granular), muy débil y fina. Consistencia: en mojado, no adherente y no plástico; en húmedo, muy friable a suelto. Acumulación: escasa, de arenas sin estratificación, en C y sin acumulación o muy débil en el resto. Porosidad: pocos a muy pocos poros intersticiales muy finos, caóticos, exped, abiertos y continuos en A y B y discontinuos en C. No hay elementos gruesos. No hay actividad biológica ni raíces de vegetación espontánea y sólo alguna, delgada y oblicua descendente de naranjo en BE. No hay manchas redox. Reacción HCl: muy débilmente calcáreo o no calcáreo. Límite: gradual irregular.

El perfil del suelo presenta la sucesión de horizontes Ap/A1/AC/2C hasta los 60 cm de profundidad, con el horizonte 2C libre de carbonatos, lo cual manifiesta el ori-

gen alóctono del resto. Según las definiciones de FAO-UNESCO (Forteza *et al.*, 1995) se ha clasificado como *Gleisol cálcico* por las propiedades gleicas heredadas (manchas redox) debido a los ascensos y descensos de la capa freática y por poseer uno o más horizontes con carbonatos, aunque por su origen aluvial y alóctono podría clasificarse como *Fluvisol calcárico*. Actualmente, debido a su uso, posición topográfica y sistema de riego por gravedad se ha definido como *Antrosol cumúlico* con tendencia a fímico.

De las características macromorfológicas se deduce que el proceso de acumulación con estratificación laminar discontinua de materia orgánica y material fino por filtración, ha afectado con mayor intensidad al tratamiento control (C), y en mucho menor medida al tratamiento M, que presenta mayor porosidad, mayor actividad biológica (lombrices, ácaros y hormigas) y una estructura más evolucionada.

Tabla 1. Influencia de los diferentes tratamientos en las características físicas del suelo.

Tratamiento	0-10 cm	10-20 cm	20-40 cm	40-60 cm
<i>-Densidad aparente (kgm⁻³)</i>				
BM	1290	1590	1390	1345
BE	1285	1560	1570	1455
AM	1185	1495	1585	1510
AE	1250	1510	1505	1535
C	1410	1585	1605	1590
L. S. D. 5%	109	NS	128	130
<i>-Resistencia a la penetración (kpa)</i>				
BM	100	350	225	138
BE	88	250	275	163
AM	63	338	413	338
AE	38	238	350	375
C	63	463	488	438
L. S. D. 5%	NS	NS	NS	NS
<i>-Estabilidad de los agregados (%)</i>				
BM	38,5	17,7	—	—
BE	32,1	22,6	—	—
AM	46,7	48,9	—	—
AE	36,8	41,4	—	—
C	25,4	29,6	—	—
L. S. D. 5%	6,5	5,8	—	—

NS: no significativo

Los tratamientos con cubierta (Tabla 1) presentan las características físicas más favorables en el perfil: menores valores de densidad aparente y de resistencia a la penetración, y mayores de estabilidad de agregados debido a la mayor actividad

biológica (Berry, 1994) y a la menor filtración (Meek *et al.*, 1992) y por la contribución de la actividad biológica y de la biomasa vegetal a la protección del suelo y a la agregación y mejora de la estructura (Roberson *et al.*, 1991). Las diferencias texturales entre B y C en el segundo horizonte explican los menores valores de estabilidad de agregados en B.

Para texturas similares, las características hídricas (Tabla 2) difieren significativamente (con valores superiores en los tratamientos con cubiertas) únicamente en cuanto a tasa básica de infiltración de agua en los dos primeros horizontes, si bien en el segundo horizonte hay una contribución textural a la mayor tasa de infiltración en B, que se deduce de su menor valor de humedad gravimétrica retenida.

Tabla 2. Influencia de los diferentes tratamientos en las características hídricas del suelo.

Tratamiento	0-10 cm	10-20 cm	20-40 cm	40-60 cm
<i>-Humedad (%)</i>				
BM	16,2	7,7	7,8	7,6
BE	14,2	9,1	8,7	10,1
AM	13,3	14,0	10,4	11,2
AE	10,4	13,5	9,7	10,4
C	9,9	12,6	9,2	9,6
L. S. D. 5%	NS	4,0	NS	2,1
<i>-Tasa básica de infiltración $\times 10^5$ (ms^{-1})</i>				
BM	6,7	7,0	—	—
BE	4,6	4,0	—	—
AM	3,9	1,2	—	—
AE	5,2	1,2	—	—
C	2,7	0,3	—	—
L. S. D. 5%	0,8	1,0	—	—

NS: no significativo

En las Tablas 3 y 4 se muestra la influencia en las características hidrofísicas de los diferentes manejos y de las diferentes parcelas en los tratamientos con cubierta herbácea. En cuanto al manejo (E y M) se deduce que sólo existen diferencias significativas en la estabilidad de agregados del primer horizonte y en la tasa básica de infiltración de agua en el segundo, con valores superiores en M por la influencia en ambos parámetros de la mayor actividad biológica. Finalmente, las diferencias texturales y el mayor o menor grado de acumulación por filtración con acumulación laminar de elementos finos (materia orgánica y arenas más limos) señalados en la caracterización macromorfológica, explican las diferencias significativas entre las características hidrofísicas de las parcelas A y B.

CONCLUSIONES

El estudio realizado ha permitido demostrar que, a pesar del sistema de riego por gravedad empleado (inadecuado para suelos de textura ligera), la práctica continuada de implantación de cubiertas herbáceas temporales en septiembre para ser segadas y dejadas como acolchado superficial en abril (manejo M), en un huerto de cítricos con manejo ecológico, da lugar a la mejora de las características macromorfológicas del perfil del suelo, la cual repercute en la modificación positiva de algunas características hidrofísicas como la tasa básica de infiltración de agua y la estabilidad de agregados, incluso en el horizonte subsuperficial. El sistema de manejo convencional sin cubiertas herbáceas (manejo C) presenta comparativamente una mayor degradación de las características macromorfológicas y de las hidrofísicas asociadas.

Tabla 3. Influencia del manejo de la cubierta vegetal en las características hidrofísicas del suelo.

Manejo	0-10 cm	10-20 cm	20-40 cm	40-60 cm
<i>–Densidad aparente (kgm^{-3})</i>				
E	1270	1530	1540	1495
M	1240	1540	1490	1428
L. S. D. 5%	NS	NS	NS	NS
<i>–Resistencia a la penetración (kPa)</i>				
E	63	244	313	269
M	81	344	319	238
L. S. D. 5%	NS	NS	NS	NS
<i>–Estabilidad de los agregados (%)</i>				
E	34,4	32,0	—	—
M	42,6	33,3	—	—
L. S. D. 5%	4,3	NS	—	—
<i>–Humedad (%)</i>				
E	12,3	11,3	9,2	10,3
M	14,7	10,8	9,1	9,4
L. S. D. 5%	NS	NS	NS	NS
<i>–Tasa básica de infiltración $\times 10^5$ (ms^{-1})</i>				
E	4,9	2,6	—	—
M	5,3	4,1	—	—
L. S. D. 5%	NS	0,7	—	—

NS: No significativo.

Tabla 4. Influencia de la parcela con cubierta vegetal en las características hidrofísicas del suelo.

Parcela	0-10 cm	10-20 cm	20-40 cm	40-60 cm
<i>-Densidad aparente (kgm⁻³)</i>				
A	1220	1500	1540	1523
B	1290	1580	1480	1400
L. S. D. 5%	NS	49	NS	90
<i>-Resistencia a la penetración (kPa)</i>				
A	50	288	381	356
B	94	300	250	150
L. S. D. 5%	NS	NS	NS	173
<i>-Estabilidad de los agregados (%)</i>				
A	41,7	45,1	—	—
B	35,3	20,1	—	—
L. S. D. 5%	4,3	3,7	—	—
<i>-Humedad (%)</i>				
A	11,9	13,8	10,0	10,8
B	15,2	8,4	8,2	8,8
L. S. D. 5%	NS	3,1	1,4	1,4
<i>-Tasa básica de infiltración x10⁵ (ms⁻¹)</i>				
A	4,5	1,2	—	—
B	5,7	5,5	—	—
L. S. D. 5%	0,5	0,7	—	—

NS: No significativo.

AGRADECIMIENTOS

Hemos realizado el trabajo gracias a la financiación de los proyectos: CICYT-AGF92-0245 e INIA-9559, y a la colaboración de la Estación Experimental Agraria de Carcagente (Valencia).

REFERENCIAS

Berry, E.C., 1994. Earthworms and other Fauna in the Soil. En *Advances in Soil Science. Soil Biology: Effects on Soil Quality*. Hatfield, J.L. y Stewart, B.A. (eds.). pp. 61-90. Lewis Publish. CRC. Press. Boca Raton, Florida. USA.

- Bradford, J.M., 1986. Penetrability. En *Methods of Soil Analysis: part 1-Physical and Mineralogical Methods*. Klute, A. (ed.). Capítulo 19, pp. 466-468. 2ª edición. Agronomy Series, 9(1). A.S.A. Inc. S.S.S.A., Inc Publish. Madison, Wisconsin. USA.
- Diaz Pineda, F., 1995. Ecología de los sistemas agrarios. En *Prácticas ecológicas para una agricultura de calidad*. S.E.A.E. (ed.) pp. 5-17. Actas del I Congreso S.E.A.E., Toledo 28-29 septiembre de 1994. Consejería de Agricultura y Medio Ambiente. Toledo.
- FAO-UNESCO, 1985. *Soil map of the world (1:5000000)*. Revised legend. World Soil Resources Report (Revised 3th draft). F.A.O. Rome.
- Forteza, J.; Rubio, J. & Gimeno, E., 1995. *Catálogo de suelos de la Comunidad Valenciana*. 199 págs. Generalitat Valenciana. Valencia.
- Ingelmo, F. & Cuadrado, S., 1986. *El agua y el medio físico del suelo*. Monografías nº18. 101 págs. CSIC-Diputación Provincial de Salamanca. Salamanca.
- Ingelmo, F.; García, J. & Ibañez, A., 1995. Efectos de una cubierta herbácea en las características físicas de un huerto de cítricos. En *Prácticas ecológicas para una agricultura de calidad*. S.E.A.E. (ed.) pp. 343-348. Actas del I Congreso S.E.A.E., Toledo 28-29 septiembre de 1994. Consejería de Agricultura y Medio Ambiente. Toledo.
- Kemper, W.D. & Roseneau, R.C., 1986. Aggregate stability and size distribution. En *Methods of Soil Analysis: part 1-Physical and Mineralogical Methods*. Klute, A. (ed.). Capítulo 19, pp. 425-442. 2ª edición. Agronomy Series, 9(1). A.S.A. Inc. S.S.S.A., Inc Publish. Madison, Wisconsin. USA.
- Meek, B.D.; Rechel, E.M.; Carter, L.M. & Tar, W.R., 1992. Bulk density of a sandy loam: traffic, tillage, and irrigation method effects. *Soil. Sci. Soc. Am. J.*, 56:562-565.
- Monnier, G.; Stengel, P. & Gerif, J., 1982. Recherche de critères de la fertilité physique du sol et son evolution en fonction du système de culture. En *Evolution du niveau de fertilité des sols dans diferentes systèmes de culture: critères pour mesurer cette fertilité*. Lanza, F. (ed.). pp. 35-52. Instituto Sperimentale Agronomico de Bari. Bari. Italia.
- Porta, J.; Lopez-Acevedo, M. & Roquero, C., 1994. Morfología y descripción de suelos. En *Edafología para la Agricultura y el medio ambiente*. Capítulo 3, pp. 39-61. Editorial Mundi-Prensa. Madrid.
- Roberson, E.B.; Schlomo, S. & Firestone, M.K., 1991. Cover crops management of polysaccharide-media aggregation in an orchard soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 55:734-739.
- White, I.; Sully, M.J. & Perroux, K.M., 1992. Measurement of surface-soil hydraulic properties: disk permeameters, tension infiltrometers, and other techniques. En *Advances in measurement of soil physical properties: Bringing theory into practice*. Topp, C., et al. (eds.). Capítulo 5, pp. 69-103. SSSA. Sp publ. 30. SSSA Inc. Madison, Wisconsin. USA.