

Índice

Agradecimientos	i
Resumen	ii
Resum	iii
Summary.....	iv
Índice	v
Introducción.....	1
Chapter I: Root growth, soil water content and yield of barley under different tillage systems on two soils in semiarid conditions	9
Chapter II: Tillage effect on water storage efficiency during fallow, and soil water content, root growth and yield of the following barley crop on two different soils in semiarid conditions	29
Chapter III: Soil bulk density and penetration resistance under different tillage and crop management systems, and their relationship with barley root growth	55
Chapter IV: Hydraulic conductivity, residue cover and soil surface roughness under different tillage and crop management systems in a semiarid environment	83
Discusión general.....	111
Conclusiones.....	117

1. Los secanos semiáridos

Los secanos en España representan el 82% de la superficie agrícola total (unos 15.6 millones de ha). Más de la mitad de esta superficie (53%) está ocupada por cultivos herbáceos, de los cuales el más representativo es la cebada (44% de la superficie de cultivos herbáceos de secano, 19% de la superficie agrícola total) que, dada su rusticidad puede cultivarse a partir de los 250 mm de pluviometría media anual (Voltas, 1998).

Gran parte de los cultivos de secano y en concreto el cultivo de la cebada, se realizan en zonas con pluviometría media anual por debajo de los 500 mm o zonas de clima semiárido (UNESCO, 1979; citado en Porta *et al.*, 1999) que representan un parte importante de la superficie de España (Fig. 1). La característica principal de estas zonas (secanos semiáridos) es la escasez y la variabilidad de las precipitaciones, que se convierte también en el principal factor limitante de la producción agrícola. Por este motivo los rendimientos medios de cebada obtenidos en España se sitúan por debajo de la media europea, siendo la variabilidad de los mismos mucho mayor que en otros países de Europa (Voltas, 1998).

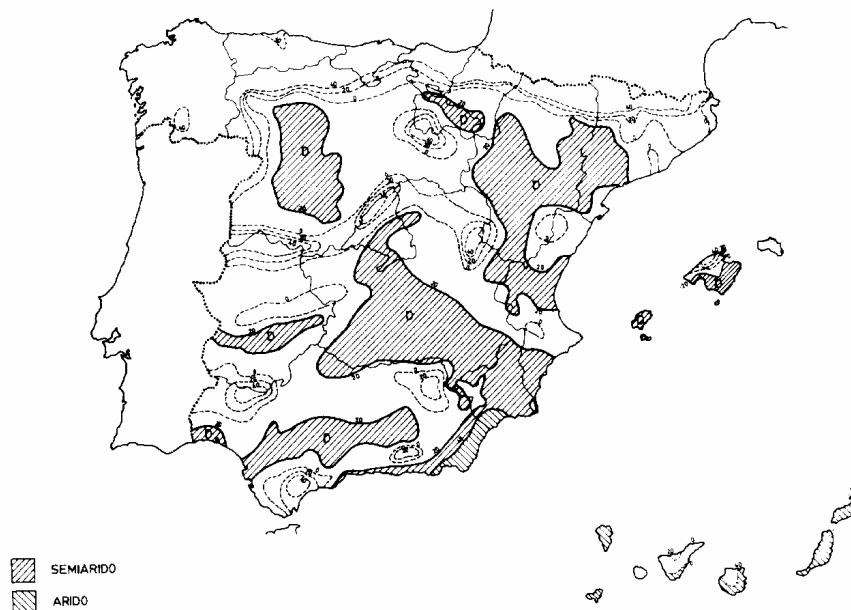


Fig. 1 Distribución de las zonas áridas y semiáridas en la península Ibérica.

En ausencia de otras limitaciones, el rendimiento de un cultivo es directamente proporcional a la cantidad de agua que ha utilizado. Por lo tanto, todo intento de aumentar o estabilizar las producciones en los secanos semiáridos debe pasar por incrementar del agua disponible para el cultivo. Éste es uno de los motivos tradicionales de la utilización del laboreo y el barbecho.

2. El sistema de laboreo

En nuestra zona de estudio, la comarca de La Segarra (Lleida), los sistemas de laboreo del suelo han sufrido una evolución a lo largo de los últimos 30 años. El arado de vertedera se sustituyó en una primera fase por el subsolador, para evitar las dificultades que las piedras, frecuentes en muchos de los suelos de la zona, imponían a la labor de vertedera. En una segunda fase, la frecuencia de uso del subsolador se fue reduciendo de anual a cada dos, tres o cuatro años. Actualmente, es frecuente que el laboreo consista únicamente en varios pases de cultivador efectuados antes de la siembra.

Hace alrededor de 15 años se empezó a utilizar el no laboreo, cuando se compraron las primeras sembradoras de siembra directa en la zona. Desde entonces las superficies cultivadas con esta tecnología han ido aumentando lentamente (Cantero-Martínez, 1996).

Para el agricultor el motivo principal que le lleva a reducir las labores es la disminución de los costes de producción (Cantero-Martínez, 1996). Por eso el continuo incremento del precio del combustible y la disminución del valor de la cosecha han favorecido la reducción de las labores previas a la siembra y la adopción de la siembra directa.

El laboreo del suelo se viene realizando tradicionalmente con varios objetivos: suprimir la competencia de las malas hierbas con el cultivo, eliminar los restos de la cosecha anterior, preparar el lecho de siembra, aumentar la porosidad, mejorar la retención del agua en el suelo, etc.

Sin embargo, numerosos estudios demuestran que el aumento de porosidad producido por el laboreo es temporal (Fereris *et al.*, 1990). La lluvia y los ciclos de humectación-deseccación producen un rápido asentamiento del suelo (Unger y Stewart, 1983) con la consiguiente reducción de la porosidad conseguida por el laboreo.

Por otro lado, un laboreo excesivo puede destruir los agregados del suelo o reducir su estabilidad, incrementando la posibilidad de formación de una costra superficial que reduce drásticamente la capacidad de infiltración del agua en el suelo. El resultado de este proceso es el aumento de la escorrentía superficial que contribuye a la pérdida del agua y del suelo (Godwin, 1990).

La base de los efectos positivos del no laboreo y la siembra directa está en el mantenimiento en la superficie del suelo de los residuos de la cosecha anterior. Tanto es así que el laboreo de conservación viene determinado por el porcentaje de cobertura de estos residuos (> 30%).

Los residuos de la cosecha anterior que quedan sobre el suelo cuando se reduce o se suprime el laboreo, protegen los agregados superficiales del impacto directo de las gotas de lluvia, evitando la dispersión de las partículas del suelo y el sellado de su superficie (Unger y Stewart, 1983). Así se mantienen unas tasas de infiltración más elevadas que reducen la escorrentía superficial y la erosión. Los residuos reducen también la evaporación del agua del suelo (Godwin, 1990). Esto permite, en algunas condiciones, aumentar la cantidad de agua disponible para el cultivo.

Por otro lado el no laboreo (siembra directa) es una alternativa más ecológica para el manejo de muchos suelos ya que, además de protegerlos contra la erosión y aumentar la disponibilidad de agua para los cultivos, provoca una acumulación de la materia orgánica y una mayor actividad biológica del suelo.

Si bien este tipo de manejo de suelos tiene unos inconvenientes (como pueden ser cambios en la dinámica de plagas, enfermedades y malas hierbas, así como compactación superficial temporal y modificación de otros aspectos físicos y químicos del suelo), se ha demostrado globalmente su gran importancia en determinados sistemas agrícolas como las zonas áridas y semiáridas.

3. El barbecho

El barbecho es otra de las tecnologías tradicionalmente utilizadas en nuestros secanos. Los principales motivos con los que se justifica su utilización son: incremento del agua disponible para el cultivo, incremento de la fertilidad del suelo, reducción de la infestación de malas hierbas y de la incidencia de plagas y enfermedades en el cultivo siguiente y la imposibilidad de trabajar toda la tierra cada año.

El uso creciente de los fertilizantes químicos, de los herbicidas y el aumento de la potencia de los tractores ha hecho que esta técnica se haya abandonado en muchas zonas, ya que el incremento de producción que se suele obtener después del barbecho no compensa la ausencia de producción del año en que no se cultiva (López y Giráldez, 1997). Por otro lado, se ha visto también que la eficiencia del barbecho para la acumulación del agua es en general baja.

La aplicación de la Política Agraria Comunitaria (PAC) ha hecho renacer el “interés” por el barbecho ya que, desde la campaña 1995-96, en la mayoría de las zonas agrícolas es requisito obligatorio dejar un porcentaje de tierra sin cultivar para poder recibir los pagos compensatorios.

Resulta por lo tanto interesante estudiar las diferentes maneras de realización del barbecho con objeto de maximizar los beneficios que éste puede aportar al cultivo siguiente. De las posibles formas de barbecho tenemos dos contrapuestas: el barbecho tradicional (barbecho blanco, siempre labrado) y el barbecho químico.

En el barbecho tradicional se utiliza el laboreo para incrementar la capacidad de infiltración del suelo, reducir la evaporación y eliminar las malas hierbas. Para conseguir esto último es muy corriente el laboreo continuo del suelo realizando de 2 a 5 pases de cultivador o grada y hasta 10-12 pases en los casos más extremos.

En el barbecho químico se utilizan herbicidas totales para la eliminación de las malas hierbas y se confía en la capacidad de infiltración del suelo no disturbado, mejorada por la presencia de residuos en su superficie (que también reducen la evaporación) y por el aumento paulatino de la materia orgánica.

4. El sistema radicular

Tanto el laboreo como el barbecho modifican las condiciones físicas del suelo donde se desarrollan las plantas. Las raíces son las primeras en detectar estas modificaciones, y actúan de puente entre el manejo que se hace del suelo y la respuesta productiva del cultivo (Klepper, 1990).

Los principales factores que afectan al crecimiento de las raíces son el contenido hídrico y la resistencia a la penetración del suelo. Ambos están relacionados entre sí pues para un mismo grado de compactación la resistencia que ofrece el suelo a la penetración de las raíces disminuye al aumentar su contenido hídrico y viceversa (Ehlers, 1983).

En condiciones de secano es muy importante que las raíces del cultivo encuentren condiciones favorables para crecer en profundidad de manera que puedan extraer toda el agua acumulada en el suelo durante el período de recarga. A su vez deben ser capaces de un crecimiento rápido en superficie para aprovechar el agua de las precipitaciones que se producen durante el ciclo de crecimiento, reduciendo así las pérdidas por evaporación (Gardner, 1991).

5. Objetivos

La hipótesis que hemos querido comprobar en este trabajo es que las técnicas del laboreo y del barbecho tienen un efecto sobre la acumulación del agua en el suelo y sobre el crecimiento de las raíces del cultivo, y que adaptando estas técnicas a nuestras condiciones particulares de suelo y clima podemos conseguir unas producciones mayores y sobre todo más estables en el tiempo.

En consecuencia, nuestro objetivo general ha sido especificar el sistema de laboreo y la forma de llevar a cabo el barbecho que facilitan una mayor acumulación de agua en el suelo y una mejor distribución en el perfil tanto del agua como de las raíces, permitiendo una mayor extracción de agua por el cultivo, con el consiguiente incremento y mayor estabilidad de la producción en los sistemas agrícolas de secano.

Este objetivo general se concretó en cuatro objetivos particulares:

- i) Determinar, en condiciones de cultivo continuado de cebada, qué sistema de laboreo permite una mejor distribución de agua y raíces en el perfil de suelo y por tanto una mayor disponibilidad de agua para el cultivo.
- ii) Determinar qué sistema de laboreo permite acumular más agua en el suelo durante el barbecho y facilita el crecimiento de las raíces en el cultivo siguiente.

- iii) Investigar el efecto del sistema de laboreo y del barbecho sobre la compactación y la resistencia a la penetración del suelo, y su repercusión en el crecimiento de las raíces del cultivo.
- iv) Investigar el efecto del sistema de laboreo y del barbecho sobre las propiedades físicas del suelo que afectan a su balance hídrico: conductividad hidráulica, superficie cubierta por residuos y rugosidad superficial.

Estos cuatro objetivos han sido cubiertos sucesivamente en cada uno de los cuatro capítulos que componen este documento. Hay que advertir que cada capítulo se ha concebido como una unidad independiente con miras a su publicación. Esto ha obligado a que algunas partes del apartado de Material y Métodos y lo referente a las precipitaciones se hayan tenido que repetir en varios capítulos.

La correspondencia entre capítulos y publicaciones es la siguiente:

- Capítulo I: Lampurlanés, J., Angás, P., Cantero-Martínez, C., 2000. Root growth, soil water content and yield of barley under different tillage systems on two soils in semiarid conditions. *Field Crops Res.* (Aceptado el 26 de septiembre de 2000).
- Capítulo II: Lampurlanés, J., Angás, P., Cantero-Martínez, C., 2000. Tillage effect on water storage efficiency during fallow, and soil water content, root growth and yield of the following barley crop on two different soils in semiarid conditions. *Soil Till. Res.* (Enviado).
- Capítulo III: Lampurlanés, J., Cantero-Martínez, C., 2000. Soil bulk density and penetration resistance under different tillage and crop management systems, and their relationship with barley root growth. (Preparado para ser enviado).
- Capítulo IV: Lampurlanés, J., Cantero-Martínez, C., 2000. Hydraulic conductivity, residue cover and soil surface roughness under different tillage and crop management systems in a semiarid environment. (Preparado para ser enviado).

6. Referencias citadas

- Cantero-Martínez, C., Lampurlanés, J., Angás, P. 1996. Cultiu de conservació a Catalunya: Mínim cultiu i sembra directa. *Catalunya rural i agrària*. 22, 5-13.
- Ehlers, W., Köpke, U., Hesse, F., Böhm, W., 1983. Penetration resistance and root growth of oats in tilled and untilled loess soil. *Soil Till. Res.* 3, 261-275.
- Fereres, E., González, P., Giráldez, J.V., 1990. Agronomía del laboreo de conservación en cultivos anuales. *El Campo. Boletín de Información Agraria*. 117, 21-25.
- Gardner, W.R., 1991. Modelling water uptake by roots. En: Klepper, B. (Ed.), *Root-irrigation systems interactions*. *Irrig. Sci.* 3, 109-114.
- Godwin, R.J., 1990. Agricultural engineering in development: tillage for crop production in areas of low rainfall. *FAO, Rome*, 124 pp.
- Klepper, B., 1990. Root growth and water uptake. In: Stewart, B.A. y Nielsen, D.R. (Eds.), *Irrigation of agricultural crops*. ASA-CSSA-SSSA, Madison, pp. 281-322.
- López, J.J., Giráldez, J.V., 1996. ¿Es el barbecho necesario? Análisis de la eficiencia del barbecho mediante un modelo de la evolución de la humedad del suelo. *Invest. Agr.: Prod. Prot. Veg.* 7, 327-343.
- Porta, J., López-Acevedo, M., Roquero, C., 1999. Edafología para la agricultura y el medio ambiente. *Mundi-Prensa*, pp.725-748.
- Unger, P.W. y Stewart, B.A., 1983. Soil management for efficient water use: an overview. En: Taylor, H.M., Jordan, W.R. y Sinclair, T.R. (Ed.), *Limitations to efficient water use in crop production*. ASA-CSSA-SSSA. Madison, pp. 419-460.
- Voltas, J., 1998. Barley improvement and yield constrains in Mediterranean environments: interfacing crop physiology with plant breeding. Tesis Doctoral, Universitat de Lleida, pp. 3-10.