

CONSUMO DE AGUA POR SOJA EN SIEMBRA DIRECTA Y CONVENCIONAL EN UN AMBIENTE SUPROTROPICAL¹

L.N. Mieres²; S.G. Zuil³.

²Manejo de Suelos. ³Ecofisiología de Girasol y Soja. INTA EEA Reconquista Santa Fe. Argentina. Ruta Nac. n° 11 Km 733.

TE: (03482) 420117 - Interno 114; e-mail:lmieres@correo.inta.gov.ar

Introducción

Es conocido que la siembra directa presenta ciertas ventajas sobre la labranza convencional como el aumento del agua disponible en el suelo debido al control de malezas en el barbecho (Papa, 2009) y la menor evaporación directa por la cobertura de suelo (Sinclair *et al.* 2007). Estas ventajas se corresponden con incrementos de la producción de biomasa por una mayor eficiencia de uso del agua disponible (Micucci, 2005). La siembra directa en el norte de Santa Fe se implementa a partir de 1996 con la difusión de las primeras variedades de Soja genéticamente modificadas con resistencia a glifosato (Parra, 2003). En 2010 se estimó que la superficie sembrada fue de 188.000 ha, que representó el 38,9 % del total de cultivos implantados (SAGPyA, 2010).

Las deficiencias hídricas moderadas a severas, propias de climas subtropicales con estación seca, conllevan a pérdidas económicas mayores al 50% de la producción de soja (INTA Reconquista, 2008). Bajo estos escenarios los sistemas de siembra directa presentan mejores productividades cuando se realizan rotaciones con cultivos gramíneas. El crecimiento de los cultivos, en particular la soja, se reduce cuando el contenido hídrico del suelo disminuye por debajo del 50% del agua útil (Andrade *et al.*, 2002). A su vez se producen caídas en el rendimiento.

El objetivo del trabajo fue determinar la utilización del agua y el rendimiento del cultivo de soja en dos sistemas de labranzas.

Palabras claves: Siembra Directa, Soja, eficiencia de uso del agua

Materiales y Métodos

El experimento se realizó en la EEA INTA Reconquista en parcelas de 50 metros de largo por 18 metros de ancho sobre un ensayo de larga duración de 5 años. Se utilizó el cultivar A8000RG, grupo de madurez VIII, sembrado el 15/11/10 con un diseño experimental en bloques completamente aleatorizados. Los tratamientos aplicados fueron: Siembra directa y antecesor trigo (SD-Tr), Siembra directa y antecesor Maíz (SD-Mz), siembra convencional y antecesor Trigo (SC-Tr) y siembra convencional y antecesor Maíz (SC-Mz). En los tratamientos de SC el laboreo consistió en 2 remociones de suelo de 0 a 15 cm de profundidad con rastra de discos y rastra de dientes en pre siembra.

El clima es de transición entre templado y subtropical subhúmedo-subhúmedo seco, con una distribución de las precipitaciones que concentra el 70% desde octubre a marzo. (Vidal, 2006). El suelo pertenece a la unidad cartográfica RTA 4, donde el subgrupo dominante es Argiudol Acuértico (Giorgi *et al.* 2009). Las parcelas poseen en sus 20 cm superficiales valores de materia orgánica de 1.74 % (± 0.17); fósforo disponible 22.07 mg.kg⁻¹ (± 7.13); pH 6.3 (± 0.1) y nitratos (NO₃) 26.83 mg.kg⁻¹ (± 11.38). En todos tratamientos se utilizaron dosis nutrimentales fosforadas y azufradas en pre siembra acordes a la reposición necesaria para mantener los niveles de suficiencia en el suelo.

En cada tratamiento se determinó el peso seco de la biomasa aérea total (BAT), de tallos (BTallo), hojas (BHoja), vainas (Bvaina) y granos (BG) en el estado fenológico R7 (Fehr *et al.*, 1977).

En un espacio común se abrió una calicata donde se determinó la profundidad de los horizontes de suelo hasta 1.5 metros de profundidad. En trincheras de 40 cm en cada tratamiento se realizó muestreo de suelo no disturbado (cilindro) para determinar la densidad aparente de suelo (Dap) por horizontes. En cada tratamiento también se determinó el contenido hídrico volumétrico [$\text{cm}^3 (\text{cm}^3)^{-1}$] en cinco momentos del ciclo del cultivo hasta un metro de profundidad para estimar la lámina de agua disponible.

Se consideraron los datos meteorológicos de precipitaciones (Pp), evapotranspiración del cultivo de referencia (ETo) estimada según Penman-monteith (Allen *et al.*, 2003), obtenidos en la estación Agrometeorológica de la EEA Reconquista durante el ciclo del cultivo.

Para determinar el consumo de agua de los tratamientos se estimó la evapotranspiración del cultivo (ETc) aplicando el método de balance hídrico simplificado de acuerdo a las ecuaciones (1) y (2) de (Alli *et al.*, 2007) citadas por Camussi y Marano (2008).

$$Pt + LRn - ETr - \Delta L - Es = 0 \quad (1)$$

$$Pt - Pe = Es \quad (2)$$

Siendo: Pt, precipitación total; Pe, precipitación efectiva, estimada utilizando la ecuación de Dardanelli *et al.* (2003); ETr, evapotranspiración real; LRn, lámina de riego neta; ΔL , variación del almacenamiento de agua del suelo, estimado a partir del análisis de los contenidos hídricos por el procedimiento de plano de flujo cero (Kirsch, 1993) y Es, pérdidas por escorrentía superficial.

Considerando que, bajo condiciones secas pueden presentarse déficit hídrico y $ETr \neq ETc$ que representa la máxima evapotranspiración, se determinó el coeficiente de cultivo en condiciones no potenciales (K_r) obtenido como la relación entre ETr y ETo. La eficiencia de uso de agua para la producción de biomasa aérea total (EUA_{BAT}) y grano (EUA_{BG}) de cada tratamiento se estimó mediante la relación entre la información de cultivo (BAT y BG) y de balance hídrico simplificado (ETr).

Para realizar el análisis estadístico de la información se utilizó Infostat/P (Infostat, 2008).

Resultados y Conclusiones

Durante el ciclo del cultivo de soja 2010-2011, las precipitaciones efectivas totales fueron de 621.6 mm, de las cuales 524 mm se registraron en la etapa vegetativa y 93.6 mm en la reproductiva. Las Pe de esta campaña agrícola se encuentran dentro de valores medios de la serie histórica de región (596 mm) disponible (INTA, 2011).

La generación de BAT fue mayor ($p < 0.0031$) en los tratamientos SD-Tr y SD-Mz con respecto a SC-Tr (Tabla 1). Similar comportamiento se encontró para la variable BG ($p < 0.0024$). Las mayores diferencias se encontraron entre SD-Tr (2468 kg ha^{-1}) y SC-Tr (1645 kg ha^{-1}).

Al analizar la partición de BAT, las hojas (BHoja) y vainas (BVainas) se incrementaron significativamente ($p \leq 0.0233$) en siembra directa con ambos antecesores. No se encontraron diferencias significativas en la acumulación de biomasa de tallos entre los tratamientos considerados.

Tabla 1: Pesos Secos en kg ha⁻¹ de BAT, BG, BTallo, BHoja y BVaina para los tratamientos considerados con sus Desvíos Estándares respectivamente (DE).

Tratamiento	BAT	DE	BG	DE	BTallo	DE	BHoja	DE	BVaina	DE
SC-Tr	5775 A	±328	1645 A	±246	1722 A	±53	1584 A	±2	823 A	±153
SC-Mz	6655 A B	±80	2084 A B	±115	1768 A	±125	1795 A B	±34	1007 A B	±73
SD-Tr	7859 B	±389	2468 B	±136	2165 A	±116	2138 A B	±192	1088 B	±36
SD-Mz	7975 B	±952	2360 B	±202	2169 A	±296	2201 B	±380	1243 B	±72

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$)

La ETr estimada para los cuatro tratamientos osciló entre 591.5 y 621 mm ha⁻¹. Si bien valores inferiores fueron encontrados por Marano *et al.*, (2006) bajo riego y secano para grupos de madurez V y VIII en la región central de Santa Fe, en un ambiente subtropical del chaco Ernesto *et al.* (2008) estimó consumos de 571 mm ha⁻¹.

Los valores de EUA_{BAT} y EUA_{BG} estimados (Tabla 2) con BAT y BG de los diferentes tratamientos, indican una mayor eficiencia del uso del agua en el sistema de siembra directa con respecto a la siembra convencional, sin diferencias importantes entre los antecesores Trigo y Maíz.

La EUA_{BG} en SC fue menor con ambos antecesores a lo encontrado en suelos laboreados convencionalmente y con labranza reducida de la región pampeana por Micucci, (2005).

Tabla 2: Balance hídrico simplificado, donde se presenta la ETr, ETc, Pe, EUA_{BAT} EUA_{BG} de los tratamientos estudiados.

Tratamiento	Pe (mm)	Δh (mm)	ETr	ETc	EUA _{BAT}	EUA _{BG}
SC-Mz	621	10.7	610.9	775.9	10.9	3.4
SC-Tr	621	30.1	591.5	775.9	9.8	2.8
SD-Mz	621	-0.3	621.9	775.9	12.8	3.8
SD-Tr	621	29.9	601.7	775.9	13.1	4.1

Los tratamientos estudiados determinaron coeficientes de cultivo en condiciones no potenciales (Kr) crecientes en la etapa vegetativa del cultivo, que alcanzan su máximo valor en R6, donde los tratamientos considerados oscilaron entre 0.97 y 1.01 de Kr. (Figura 1).

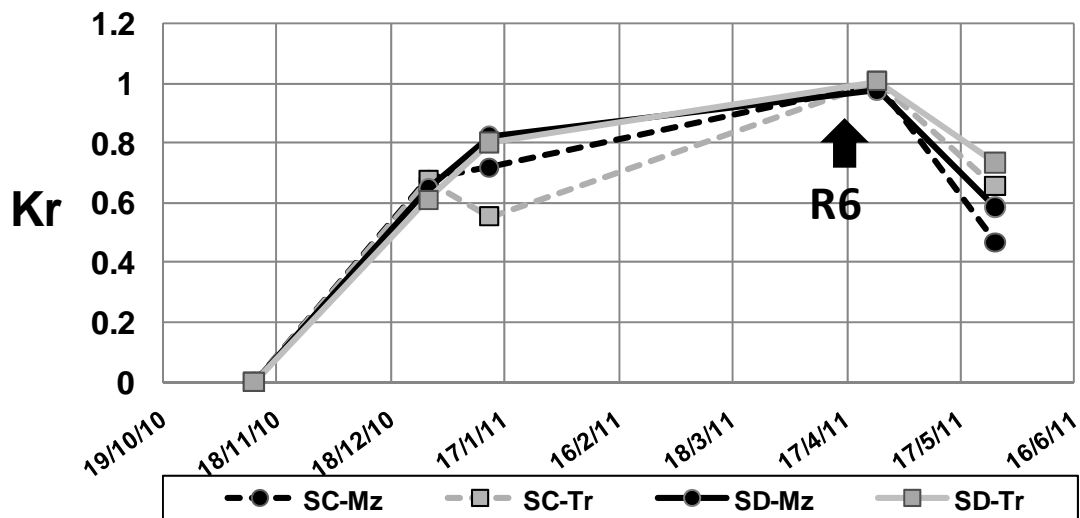


Figura 1: Evolución del Coeficiente de cultivo en condiciones no potenciales (K_r) para los tratamientos considerados a lo largo del ciclo del cultivo de Soja.

Conclusiones

Con el presente trabajo se concluye que en condiciones meteorológicas normales de precipitaciones imperantes, el sistema de siembra directa de 5 años de continuidad fue más eficiente para la producción de biomasa y granos que el sistema de siembra convencional. Esto se debió a una mayor eficiencia de uso de agua en el sistema de siembra directa.

Las evapotranspiraciones reales estimadas fueron mayores a las determinadas en ambientes templados para el mismo grupo de madurez, por lo que resulta importante continuar estudios que permitan interpretar las causas de estas diferencias en condiciones de restricción hídrica.

Agradecimientos

Proyecto Nacional de Cereales, (PNCER 022411) INTA, "Rotaciones, labranzas y otras estrategias de manejo de suelos y de cultivos para aumentar los rendimientos agrícolas en un marco de bajo impacto ambiental". Modulo de Ensayos de Larga Duración, EEA INTA Reconquista. Área de Investigación en Producción Vegetal de la EEA INTA Reconquista. Perteneciente al CERSAN

Bibliografía

- ALLEN, R.G., L.S. PEREIRA, D. RAES Y M. SMITH. 1998. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrig. and Drain. Pap., 56, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- 300 pp.
- ALI, M. HOQUE, M.R.; HASSAN, A.A. & KHAIR, A. 2007. Effects of deficit irrigation on yield, water productivity, and economic returns of wheat. Agricultural water management 92:151-16.
- ANDRADE, F. Y SADRAS V. 2000. Bases para el manejo del maíz, el girasol y la soja. EEA INTA Balcarce - Facultad de Ciencias Agrarias UNMP. Cap 4,5 y6, Pp 97-169

- DARDANELLI, J.; COLLINO, D.; OTEGUI M. & SADRAS, V.O. 2003. Bases funcionales para el manejo del agua en los sistemas de producción de los cultivos de granos. (P: 375-440). En Pascale, J.A. (ed). Producción de Granos: Bases Funcionales para su manejo. Ed. Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires.
- ERNESTO I., CURRIE H., VIRT L. 2008. Seguimiento de la dinámica hídrica a un cultivo de soja en el área de influencia de la tigrá, Chaco. Comunicaciones científicas y tecnológicas. Universidad Nacional del Nordeste. Disponible en <http://www.unne.edu.ar/investigacion/com2008/A-038.pdf>
- FEHR, W., CAVINESS C. 1977. Stages of soybean developmet. Iowa State University. Special Report, 80: 11pp.
- INTA EEA RECONQUISTA. 2009. Informe de impacto de sequia, Mayo de 2008, Abril de 2009 y Octubre de 2009. Consejo Local Asesor. Disponible en http://www.inta.gov.ar/reconquista/info/documentos/Informe_%20impacto_sequ%C3%ADa.htm
- INTA EEA RECONQUISTA. 2011. Boletines mensuales meteorológicos. Disponible en http://www.inta.gov.ar/reconquista/info/documentos/meteorologia/bol_meteor_2004_2011.htm
- MARANO R.P, M HERMAN; I CARNEVALE. 2006. Estudio de la dinámica hídrica del cultivo de soja de segunda en la región central de Santa Fe. Actas 3º Congreso de Soja del MERCOSUR. Rosario, 30 de junio 2006.
- MICUCCI G.2005. El agua en los sistemas Extensivos. Capitulo Impacto de las prácticas de manejo sobre la eficiencia de uso del agua. Informe Agronómico nº8 INPOFOS. Disponible en. [http://www.ipni.net/ppiweb/ltams.nsf/87cb8a98bf72572b8525693e0053ea70/57353ddb287cee7d03256e04007615ca/\\$FILE/AAN%C2%BA8-Micucci-Agua%20II.pdf](http://www.ipni.net/ppiweb/ltams.nsf/87cb8a98bf72572b8525693e0053ea70/57353ddb287cee7d03256e04007615ca/$FILE/AAN%C2%BA8-Micucci-Agua%20II.pdf)
- PAPA, J Y ANDRIANI, J. 2009. Determinación de la evapotranspiración real en barbechos químicos de distinta duración. INTA EEA Oliveros. Disponible en www.inta.gov.ar/oliveros/info/documentos/malezas/trabajos/trab1.htm
- SAGPyA, 2010. Delegación Avellaneda Santa Fe. Superficie de siembra de cultivos 2010. Informe digital.
- VIDAL C. 2006. Evaluación de la aptitud de las tierras para riego por aspersión en el Noreste Santafesino. Facultad de Ingeniería y Ciencias Hidricas y Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Litoral. Disponible en http://www.inta.gov.ar/reconquista/info/documentos/agricultura/tesis_evaluacion_riego_aspersion.htm