Efecto del riego en soja y maíz en un vertisol de Entre Ríos. 2. Crecimiento, rendimiento y sus componentes

Héctor Rodríguez[1,3], *Juan De Battista*[1,3], *Julio Dardanelli*[2], *Belén Pessolani*[3], *Mauro Castellá*[3] *y Ximena Chaix*[3]
1 INTA EEA Concepción del Uruguay
hrodriguez@concepcion.inta.gov.ar
2 INTA EEA Manfredi
3 FCA-Universidad de Concepción del Uruguay

Introducción

El crecimiento y desarrollo del cultivo son regulados por el fotoperíodo, temperatura, radiación incidente y disponibilidad de agua que además afectan la partición de asimilados y los procesos de removilización y senescencia.

El crecimiento es el resultado de la división y la expansión celular que se ve afectado por la ocurrencia de períodos de estrés hídrico mediante la reducción de la transpiración y la fotosíntesis. La caída de la tasa fotosintética, reduce la eficiencia de conversión de la radiación y la producción de granos (Andrade y Sadras, 2000). El estrés hídrico en etapas vegetativas afecta la expansión foliar reduciendo el índice de área foliar y la radiación incidente interceptada (Dardanelli et al., 2003).

El rendimiento logrado por el cultivo es resultado de la interacción del genotipo con las condiciones climáticas experimentadas y tipo de suelo donde se desarrolla.

En los suelos Vertisoles de Entre Ríos, el rendimiento de maíz y soja presenta una gran variación interanual asociada a las precipitaciones primavero-estivales dadas las condiciones restrictivas de estos suelos para captar y ceder agua a los cultivos.

En soja el período crítico comienza a partir de R4 donde se fija el número de vainas. Deficiencias hídricas entre R4 y R5.5 afectan principalmente el número de granos y en estados posteriores disminuyen el peso de los granos (Andriani et al., 1995; Andriani, 2002).

En maíz el período crítico es de 30 días centrados en floración (Carcova et al., 2003), donde se define el número de granos (Otegui et al., 1995). En este período ocurre el crecimiento de la espiga, emergencia de estigmas y el inicio de llenado de granos y se caracteriza por su alta sensibilidad al déficit hídrico (Payero et al., 2008).

Para profundizar el conocimiento de las relaciones hídricas suelo-planta en los Vertisoles se condujo un ensayo en maíz y soja con diferentes ofertas hídricas con los siguientes objetivos: a) Cuantificar el crecimiento de maíz y soja; b) Determinar el efecto sobre el rendimiento y sus componentes.

Materiales y métodos

Las características del sitio y de los tratamientos se detallan en la primer parte del trabajo en esta misma publicación (Página 55).
La biomasa aérea acumulada (BA) se determinó mediante muestreo de 1 m^2 en intervalos de 10 días y fue separada en estructuras vegetativas (hojas y tallos) y reproductivas (espigas, vainas y granos). Las muestras fueron secadas en estufa a 60ºC hasta peso constante.
El índice de área foliar (IAF) se estimó midiendo el área de las hojas provenientes del muestreo de biomasa utilizando un medidor Li-3100 AREA METER.
El peso de mil granos (PMG) se determinó sobre 3 muestras de 100 granos secas en estufa a 60ºC. El número de granos/m^2 (NG) se determinó mediante el cociente del peso seco de granos y el PMG.
Para la determinación del rendimiento se cosechó manualmente una superficie de 5 m^2 en soja y 10 m^2 en maíz, se trilló en trilladora experimental, se determinó humedad del grano y se expresó a 14 y 13,5 % de humedad para maíz y soja, respectivamente.
El efecto de los tratamientos se determinó mediante un ANOVA y test de comparación de medias de Tukey (p=0,05) (InfoStat, 2011).

Resultados

Biomasa acumulada

La BA no presentó diferencias entre cultivos ni tratamientos de riego hasta los 45 días desde emergencia (DDE). En esa fecha solo se diferencia el tratamiento TR3, sin diferencias entre maíz y soja. A partir de 45 DDE, el maíz tuvo una mayor tasa de crecimiento que la soja diferenciándose significativamente en la BA acumulada en cada fecha de muestreo y finalizando su ciclo con 1.449,5 $gr.m^{-1}$ a diferencia de soja que logró 858,2$gr.m^{-1}$ (Tabla 1). En ningún muestreo se encontró interacción cultivo x riego.

Tabla 1. Biomasa acumulada ($g.m^{-2}$) de emergencia a madurez fisiológica.

Trat	Días desde la Emergencia (DDE)								
	23	36	45	53	64	77	97	111	135
Secano	13,4 a	49,9 a	91,8 ab	216,5 a	363,0 a	518,1 a	734,7 a	758,5 a	922,4 a
TR1	14,9 a	49,0 a	83,6 ab	235,4 a	443,4 a	602,6 a	1025,8 c	1099,2 b	1350,3ab
TR2	12,3 a	41,9 a	82,6 a	173,6 a	357,4 a	588,2 a	863,9 b	977,9 ab	1127,7ab
TR3	16,0 a	57,0 a	123,9 b	259,0 a	453,5 a	645,4 a	1190,6 d	1414,2 c	1594,5 b
Maíz	15,1 a	52,6 a	91,7	257,5 b	508,6 b	726,8 b	1105,8 b	1209,8 b	1449,5 b
Soja	11,6 a	42,0 a	105,4	147,9 a	209,1 a	347,5 a	659,8 a	787,3 a	858,2 a

En columnas, letras diferentes indican diferencias significativas según Test de Tukey (p<0.05).

Durante el llenado de granos, a partir de 64 DDE para soja y 77 DDE para máiz, el riego produjo aumento en la BA respecto a secano (Figura 1). En ambos cultivos las mayores diferencias en BA se alcanzaron a madurez fisiológica. En maíz el incremento respecto a secano fue de 79 % para TR3, 26 % para TR2 y 23 % para TR1; en soja 55 % para TR3 y 31 % para TR2.

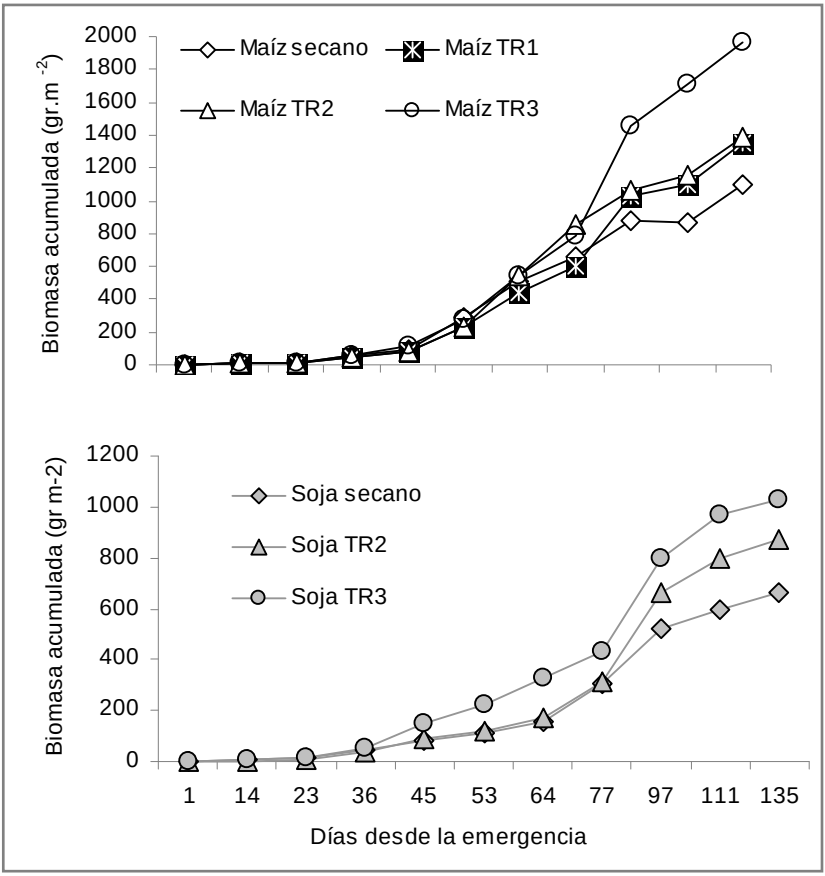

Figura 1. Biomasa acumulada según tratamientos de riego. ***a****) Maíz y* ***b****) Soja.*

Índice de área foliar (IAF)

Hasta los 45 DDE no hubo diferencias (p>0,10) en la generación del IAF por efecto del tipo de cultivo, pero sí por los tratamientos de riego, diferenciándose TR3 con un valor de 1,6 del resto de los tratamientos de riego (Figura 2). A los 53 DDE las diferencias se debieron al cultivo y al riego; el IAF promedio del maíz (2,5) fue superior al de soja (1,4) pero es de destacar que la soja en TR3 alcanzó valores similares a maíz.

A partir de 64 DDE se generaron diferencias por el efecto del riego en ambos cultivos. El maíz alcanza el IAF máximo de 2,5 y comienzan a desencadenarse los procesos de senescencia que reducen el IAF siendo mayor la disminución en el tratamiento de secano que en los regados.

En soja, el IAF continua incrementándose, por la generación de nuevas hojas hasta 77 DDE; el IAF máximo logrado fue afectado significativamente ($p<0,05$) por los tratamientos de riego con valores de 4,9; 3,4 y 3,3 para TR3, TR2 y secano, respectivamente. A partir de este momento, se desencadena la reducción del área foliar, igual que en maíz, ésta es más pronunciada en el tratamiento de secano (Figura 2).

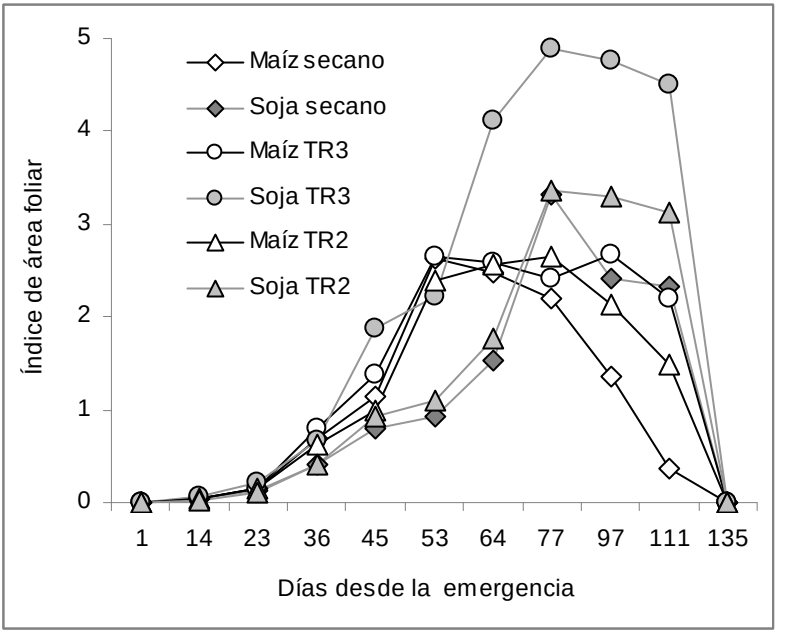

Figura 2. Evolución del índice de área foliar en maíz y soja en secano, TR2 y TR3.

Número de granos (NG)

Ambos cultivos fijaron similar NG/m^2. El riego produjo aumento significativo tanto en maíz como en soja. El máximo NG fue para TR3 con 3650 granos/m^2 en maíz y 2906 en soja lo que representa un 54 % de incremento respecto a secano para ambos cultivos.

En maíz, el NG explicó el 97 % de la variación del rendimiento, mientras que en soja esta relación tuvo un menor ajuste, 47 % (Figura 3).

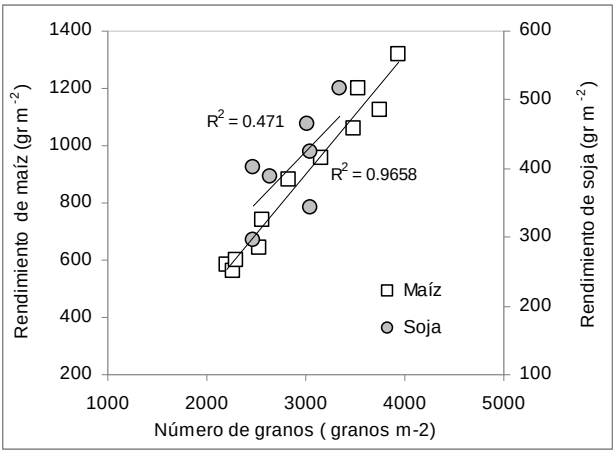

Figura 3. Relación entre NG/m² y rendimiento en maíz y soja.

Peso de mil granos (PMG)

El PMG fue diferente en maíz y soja con valores medios de 255 g y 138 g, respectivamente. El riego produjo aumento significativo en el PMG de maíz de 222 g en secano a 285 g en TR3. Por el contrario, en soja el PMG disminuyó con el riego de 151 g en secano a 140 g para TR3 y 129 g para TR2. El PMG estuvo estrechamente relacionado con el rendimiento en maíz pero no en soja (Figura 4).

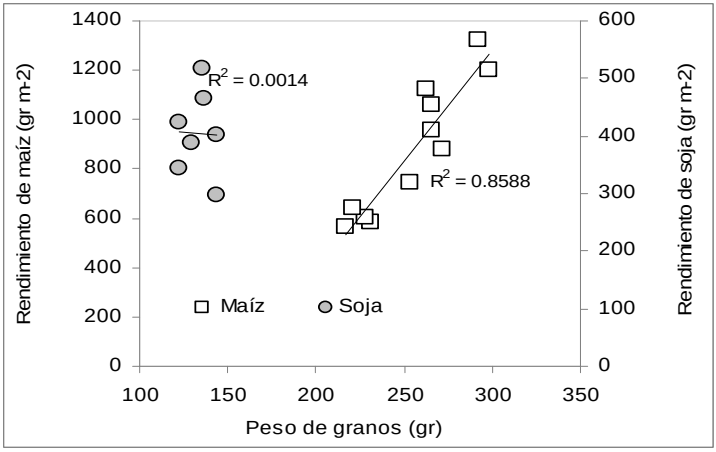

Figura 4. Relación entre PMG y rendimiento en maíz y soja.

Los cultivos presentaron mecanismos diferentes de compensación entre el peso y número de granos. En soja se observó una correlación negativa entre

NG y PMG a diferencia del maíz que presentó una correlación positiva entre estos componentes (Figura 5).

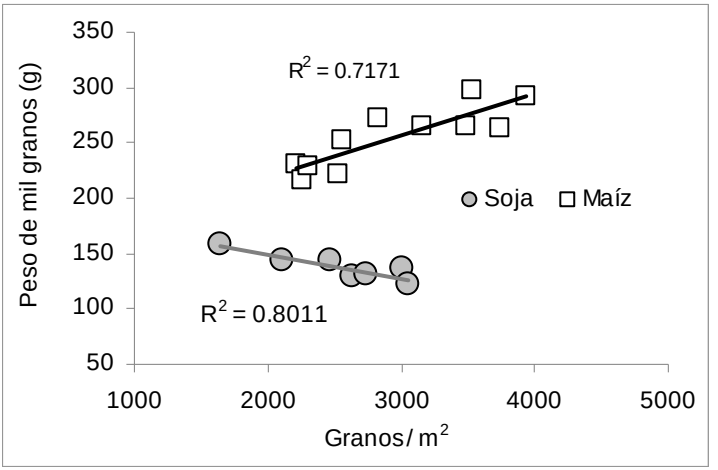

Figura 5. Relación entre NG y PMG en maíz y soja.

En maíz, el riego aumentó tanto el NG/m^2 como el PMG mientras que en soja produjo incremento en el número y disminución en el peso.

Rendimiento

El riego produjo aumento en el rendimiento de ambos cultivos, los incrementos fueron mayores en maíz que en soja (Tabla 2). El tratamiento TR3, que no tuvo restricciones hídricas, aumentó el rendimiento en un 87 % en maíz y 34 % en soja, TR2 43 % en maíz y 6 % en soja y TR1 29 % en maíz.

Tabla 2. Efecto del riego sobre el rendimiento (kg.ha^{-1}) de maíz y soja.

Cultivo	Secano	TR1	TR2	TR3
Maíz	4.694	6.051	6.697	8.781
Soja	3.326	*	3.548	4.464

* No se presenta el rendimiento del tratamiento TR1 en soja debido a pérdida de dos parcelas.

Índice de Cosecha (IC)

El riego modificó la partición de biomasa a granos de manera diferente en maíz y soja. El IC se incrementó con el aumento de la lámina de riego aportada en maíz mientras que el comportamiento en soja fue inverso (Figura 6).

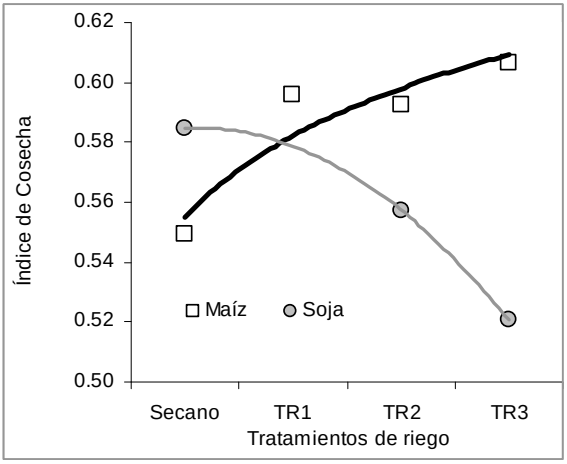

Figura 6. Efecto del riego sobre el IC en soja y maíz.

Conclusiones

El aporte de riego permitió incrementar la biomasa acumulada. La tasa de acumulación de biomasa en maíz fue mayor que en soja a partir de los 45 días después de la emergencia.

En soja, el riego incrementó el índice de área foliar con respecto al tratamiento en secano. En maíz el mayor impacto se debió al retraso y disminución de la tasa de senescencia.

El número de granos.m^{-2} aumentó con el aporte de riego suplementario en maíz y soja.

El PMG aumentó con el riego en maíz y disminuyó en soja. El PMG se correlacionó negativamente en soja y de manera positiva para maíz con el NG.

El riego permitió incrementar los rendimientos en un 34 % en soja y un 87 % en maíz.

Bibliografía

Andrade, F.H. y Sadras, V.O. 2000. Efectos de la sequía sobre el crecimiento y rendimiento de los cultivos. En: Bases para el manejo del maíz, el girasol y la soja. Eds. Andrade, F y Sadras, V. EEA INTA Balcarce-Fac. de Ciencias Agrarias UNMP. Pág. 173-206.

Andriani, J. y Bodrero, M. 1995. Respuesta de cultivares de soja a la disponibilidad hídrica. 1º Congreso Nac. Soja y 2ª Reunión Nac. Oleag., Pergamino, Bs As. Tomo I Cap. II. Pág. 81-87.

Andriani, J. 2002. Estrés hídrico en soja. Idia XXI 2(3I):48-51.

Benavídez, R.; Grantón, M.; Valenti, R. y Arévalo, E. 1998. Características hídricas de los suelos. Métodos de laboratorio y estimaciones: su evaluación y aplicación para suelos de Entre Ríos. XVI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Villa Carlos Paz. Mayo 1998.

Carcova, J.; Borrás, L.; Otegui, M.E. 2003. Ciclo ontogénico, dinámica del desarrollo y generación del rendimiento y la calidad en maíz. En: Producción de Granos: Bases funcionales para su manejo. Satorre, E. y col. (Eds.) Facultad de Agronomía. UBA. Pág. 135-157.

Dardanelli, J.; Colino, D.; Otegui, E. y Sadras, O. 2003. Bases funcionales para el manejo del agua en los sistemas de producción de los cultivos de grano. En: Producción de Granos: Bases funcionales para su manejo. Satorre, E. y col. Eds. Facultad de Agronomía. UBA. Pág. 377-434.

InfoStat, 2011. InfoStat versión 2011. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

Otegui, M.E.; Andrade, F.H. y Suero, E.E. 1995. Growth, water use, and kernel absorption of maize subjected to drought at silking. Field Crops Research 40:87-94.

Payero, J.O.; Tarkalson, D.D.; Irmak, S.; Davison, D. y Petersen, J.L. 2008. Effect of irrigation amounts applied with subsurface drip irrigation on corn evapotranspiration, yield, water use efficiency, and dry matter production in a semiarid climate. Agric. Water Management 95:895–908.