

A photograph of a cornfield at sunset, with a warm orange and yellow color palette. The corn plants are in the foreground, and a line of trees is visible in the distance under a cloudy sky.

Seamaíz

XI Congreso Nacional de Maíz

**MANEJO DEL CULTIVO,
FERTILIDAD Y USOS**

EFFECTO DEL RIEGO COMPLEMENTARIO Y LA FERTILIZACIÓN NITRO-AZUFRA DEBEN SOBRE EL RENDIMIENTO DEL MAIZ EN EL NORTE DE BUENOS AIRES

Lopresti M. F.* y Camarasa J. N.^a

^a Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), EEA Pergamino, Ruta 32 km 4,5, Pergamino (2700), Buenos Aires, Argentina.

* lopresti.mariano@inta.gob.ar

EFFECT OF COMPLEMENTARY IRRIGATION AND NITROGEN WITH SULFUR FERTILIZATION ON MAIZE YIELD IN THE NORTH OF BUENOS AIRES

ABSTRACT

Northern Buenos Aires is a rainfed agricultural region. The Complementary irrigation allows to minimize the climate risk, increasing the stability of crop production. An adequate use of the crop fertilization requires the assurance of the water availability in the soil. The objective of this study was to evaluate the yield of the maize under irrigation and rainfed conditions, with different levels of fertilization with nitrogen (N) and sulfur (S). We conducted a field experiment on a clay soil during the 2016-2017 growing season. The BAHICU software was used to the irrigation scheduling. Irrigation was applied using a sprinkler system. Three fertilization levels were applied: 50 kg ha⁻¹ N and 0 kg ha⁻¹ S, 330 kg ha⁻¹ N and 60 kg ha⁻¹ S and 0 kg ha⁻¹ N and 0 kg ha⁻¹ S. Grain yield and water use efficiency (WUE) were measured. The yield was not influenced by the irrigation due to the rainfall occurred during the critical period of the crop. The fertilization affected the yield and the WUE, a higher yield implied a greater WUE. The irrigation effect was strongly influenced by the climatic characteristics of the analyzed season. The fertilization improved the WUE.

Palabras Clave

BAHICU; Sodificación del suelo; Eficiencia en el uso del agua.

Keywords

BAHICU software; Soil sodification; Water use efficiency.

INTRODUCCIÓN

El norte de Buenos Aires, dentro de la Pampa Húmeda Argentina, es una región predominantemente agrícola bajo condiciones de secano. El riego complementario en momentos de sequía permite fundamentalmente aumentar la estabilidad interanual de la producción, minimizando el riesgo climático (Torres Duggan *et al.*, 2016). El maíz es el cultivo más regado en la zona dada su característica de producción de semilla híbrida. El 90% de las compañías semilleras de Argentina se encuentran radicadas en un eje de 180 km entre las ciudades de Pergamino y Venado Tuerto (Cluster de la Semilla, 2015). A su vez, dada la sensibilidad del cultivo a la sequía durante el período alrededor de floración (período crítico, PC), si se produce un déficit hídrico en dicho período la respuesta del cultivo al riego será alta (Andrade *et al.*, 1996). No obstante, el agua subterránea utilizada para riego, siendo bicarbonatada sódica, es de limitada calidad (Santa Cruz, 1988). El porcentaje de sodio intercambiable del suelo se sextuplicó luego de 11 años de riego complementario sobre un Argiudol Típico del norte de Buenos Aires (Andriulo *et al.*, 1998). Por lo tanto, el riego complementario en nuestras condiciones edafoclimáticas, en condiciones inadecuadas de manejo y monitoreo, tiene como implicancia negativa la sodificación del suelo.

Existe una relación positiva entre la disponibilidad de agua en el suelo y la absorción de nutrientes de un cultivo (Maddonna *et al.*,

2003). En consecuencia en cultivos como el maíz, con un alto requerimiento de fertilización nitrogenada, el aseguramiento de la disponibilidad hídrica en el suelo es de suma importancia. En los últimos años se ha difundido en la región pampeana la fertilización con azufre en el maíz, el empleo de mezclas arrancadoras conteniendo principalmente fósforo (P), nitrógeno (N) y azufre (S) es muy común. Luego de evaluar la respuesta al agregado de S en el cultivo de maíz, se observó una diferencia de 1,7 t ha⁻¹ entre los tratamientos que aportaron S y el testigo, esto fue equivalente a un incremento del rendimiento del 12% (Ventimiglia y Torrens Baudrix, 2017).

Un uso eficiente del agua de riego requiere de un ajuste entre la demanda y la oferta de agua durante el ciclo del cultivo. En la región pampeana húmeda Argentina se desarrolló un software (BAHICU; Andriani, 2012), que es un balance hídrico dirigido principalmente a cultivos agrícolas extensivos bajo riego, requiere pocos datos de entrada y permite determinar cuándo y cuánto regar. El uso racional de los acuíferos a través de un balance hídrico, no sólo provee a la sustentabilidad de los recursos agua y suelo, sino que también favorece un ahorro económico por el uso más eficiente del sistema de riego. El objetivo de este estudio fue evaluar el rendimiento del maíz bajo riego y en secano, con distintos niveles de fertilización con nitrógeno y azufre.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se llevó a cabo en la Estación Experimental Agropecuaria INTA Pergamino (33° 56' 55" S, 60° 33' 53" O y 68 snm), sobre un suelo Argiudol típico perteneciente a la serie Pergamino y capacidad de uso IIIe (<http://anterior.inta.gov.ar/suelos/cartas/index.htm>). La precipitación media anual, con un régimen de tipo monzónico, es de 1043 mm (1970-2016, Estación meteorológica INTA Pergamino). La campaña analizada fue la 2016/17, y la precipitación en el ciclo del cultivo fue 103 mm por encima de la media histórica. Dicha

diferencia se atribuye fundamentalmente a que en el mes de diciembre entre los días 25 y 26/12 la precipitación registrada fue 183 mm (lluvia de diciembre: 277 mm en el año 2016 vs 106 mm promedio histórico). Las características del suelo fueron: pH: 6,6; MO: 2,38%; Nt: 1,4 g kg⁻¹; N-NH₃: 5,5 mg kg⁻¹; P: 32,6 mg kg⁻¹ y S-SO₄: 1,9 mg kg⁻¹. El híbrido de maíz sembrado fue Duo 548 PW, con un distanciamiento entre hileras de 70 cm; y con una densidad de semillas por hectárea de 85.700. La siembra se realizó el 03/10/2016

y la cosecha el 21/03/2017. La floración femenina se produjo el 29/12/2016 y el PC estuvo entre el 15/12/2016 y el 13/01/2017 (considerando 15 días antes y después de la floración femenina). La fertilización a la siembra se realizó en todos los tratamientos con 100 kg ha⁻¹ de un arrancador (7N; 40P; 0K; 5S). Se analizaron dos niveles hídricos (riego y secano). A partir de V6 (seis hojas expandidas) se aplicaron tres niveles de fertilización con N y S: 50 kg ha⁻¹ N y 0 kg ha⁻¹ S (N50 S0), 330 kg ha⁻¹ N y 60 kg ha⁻¹ S (N330 S60) y un control (N0 S0). La dosis del tratamiento N50 S0 se aplicó en una única vez en V6 y la del tratamiento N330 S60 se repartió semanalmente en cuatro partes iguales hasta aplicar la dosis total.

La programación del riego fue realizada mediante el software BAHICU (<http://inta.gob.ar/noticias/nuevo-software-de-balance-hidrico-de-cultivos-extensivos-bahicu-102>). El software permite conocer la evolución diaria del contenido de agua disponible entre la capacidad de campo y el límite de estrés. El límite de estrés preestablecido por el modelo equivale al 50% de la capacidad de campo. La medición de la humedad del suelo el día anterior a la siembra fue necesaria para iniciar la corrida del balance hídrico. La carga de la evapotranspiración potencial (ETP) diaria, la lluvia y la lámina de agua regada es requerida por el modelo. Para el cálculo de la ETP fue utilizada la Ecuación de FAO Penman-Monteith, y los datos meteorológicos provinieron de la estación meteorológica del INTA Perga-

mino. La lámina de riego aplicada se calculó a través del promedio de seis pluviómetros distribuidos al azar en las parcelas bajo riego. La evapotranspiración del cultivo (ETc) de los tratamientos bajo riego y secano se obtuvo del modelo. El riego fue aplicado mediante un sistema de aspersores.

El experimento fue un factorial con arreglo en parcelas divididas, que tuvo como parcela principal el riego y secano, y como parcela secundaria los tratamientos de fertilización. Los tratamientos se distribuyeron mediante un diseño en bloques completos al azar ($n = 4$). La superficie de la parcela experimental fue de 14 m² (largo: 5 m, ancho: 2.8 m). En cada parcela se midió el rendimiento de grano sobre muestras de dos m² (14,5 H%), y se calculó la eficiencia en el uso del agua (EUA) del cultivo (Ecuación 1).

$$EUA \text{ (kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}\text{)} = Y / ETc$$

donde Y es el rendimiento del cultivo (kg ha⁻¹) y ETc es la evapotranspiración total del cultivo (mm).

Los resultados fueron analizados mediante un análisis de la varianza (ANOVA) y comparación de medias con el test de Tukey. Se evaluó el efecto de la interacción entre el riego y la fertilización sobre el rendimiento. La significancia estadística se determinó con un $p < 0,05$ y el software utilizado fue InfoStat (Di Rienzo *et al.*, 2015).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Si bien, a diferencia de lo ocurrido en secano, en el cultivo bajo riego el agua disponible en el suelo se mantuvo siempre entre el límite de estrés y la capacidad de campo (Fig. 1), el efecto del riego sobre el rendimiento fue nulo ($p: >0,05$). De la lámina de riego total aplicada (151 mm), solamente una aplicación de 19 mm fue necesaria dentro del PC. El déficit de agua que presentó el cultivo en secano comienza antes del PC; luego, debido a la abundante precipitación ocurrida, el agua disponible en el suelo aumentó notoriamente, a tal punto de alcanzar la capa-

de campo. Durante el PC llovieron en total 314 mm (un promedio de 10,5 mm día⁻¹). En una campaña de características climáticas normales, el efecto del riego seguramente se hubiera visto reflejado en el rendimiento. La ETc acumulada hasta cosecha del maíz bajo riego y en secano fue 589 mm y 566 mm, respectivamente.

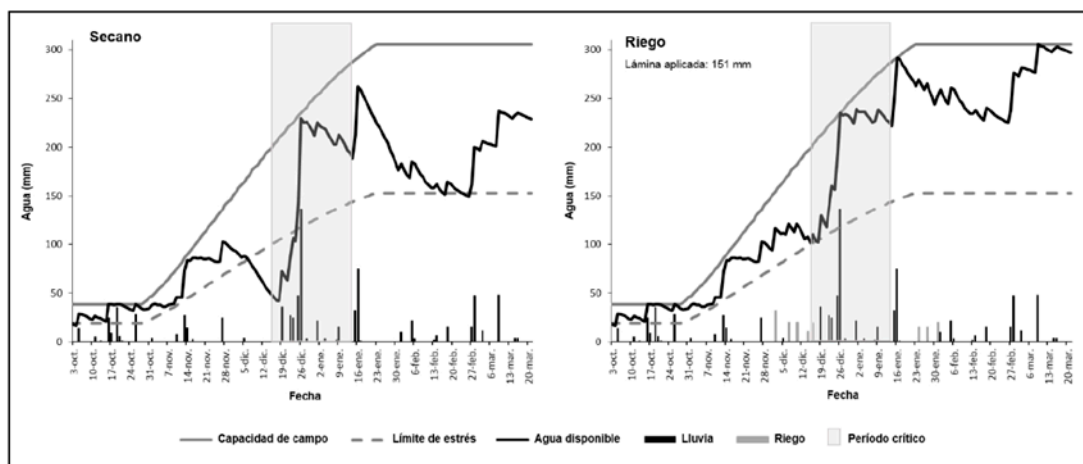


Figura 1. Salida gráfica del modelo BAHICU. Balance de agua en el suelo con y sin riego.

La interacción entre el riego y la fertilización fue nula ($p: >0,05$). El rendimiento sólo se vio afectado por la fertilización ($p: < 0,05$). De acuerdo a la prueba de Tukey (Tabla 1), el tratamiento N330 S60 se diferenció de los tratamientos N50 S0 y N0 S0 tanto para el rendimiento como para la EUA. Por lo tanto, la fertilización, además de influir en el rendimiento, mejoró la EUA del cultivo con y sin riego. Si bien en el cultivo de trigo, la fertilización mejoró la EUA con y sin deficiencias hídricas (Dardanelli *et al.*, 2003). Luego de 20 campañas de análisis, en el INTA Manfredi se

obtuvo un valor de EUA promedio para maíz bajo riego de $20,2 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ (Salinas *et al.*, 2017), similar al obtenido en este estudio en el tratamiento de mayor fertilización.

Al no haber existido un efecto del riego en el rendimiento, en secano se evitó el ingreso de sodio al suelo con el agua de riego y hubo un ahorro en lo referente a los costos de irrigación. A pesar del exceso de precipitaciones ocurridas en la campaña, el riego no afectó negativamente la EUA.

Riego *	Fertilización	n	Rendimiento (t ha^{-1})	EUA ($\text{kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$)
SR	N0 S0	4	5,9 a	10,5 a
SR	N50 S0	4	7,5 a	13,2 a
CR	N50 S0	4	7,7 a	13,0 a
CR	N0 S0	4	8,1 a	13,8 a
CR	N330 S60	4	13,2 b	22,4 b
SR	N330 S60	4	13,2 b	23,4 b

Salida gráfica del modelo BAHICU. Balance de agua en el suelo con y sin riego.

Tabla 1. Rendimiento y eficiencia en el uso del agua (EUA) del maíz en función del riego y la fertilización.

CONCLUSIÓN

El efecto del riego sobre el rendimiento se vio fuertemente influenciado por las características climáticas de la campaña analizada. Si bien el cultivo bajo riego no sufrió estrés hídrico en ningún momento del ciclo del cultivo, dada la abundante precipitación durante el PC, el ren-

dimiento del maíz no se vio influenciado por el riego. No obstante, el rendimiento se incrementó por efecto de la fertilización; y, a su vez, la fertilización mejoró la EUA. El software utilizado permitió conocer la dinámica del agua disponible en el suelo y el límite de estrés durante todo el ciclo del cultivo; y además permitió comparar la EUA de los distintos tratamientos. En el futuro se sugiere aplicar la estrategia de riego deficitario, limitando el uso del riego solamente al PC del cultivo.

Agradecimientos

Agradecemos la colaboración de Pablo Barletta, Oscar Bertín y Andrés Codaro para la realización del experimento. Este trabajo fue desarrollado en el marco de los Proyectos del INTA PNAGUA 1133042 y PNPA 1126021.

Referencias

Andrade F.; Cirilo A.; Uhart S.; Otegui M., 1996. Ecofisiología del cultivo de maíz. La Barrosa (Ed.), Dekalb Press, INTA, FCA UNMP p. 292.

Andriani J.M., 2012. Desarrollo y validación del software de balance hídrico de cultivos extensivos "BAHÍCU". En: XIX Congreso Latinoamericano y XXIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, Mar del Plata, Argentina.

Andriulo A.; Galetto M.L.; Ferreyra C.; Cordone C.; Sasal C.; et al., 1998. Efecto de once años de riego complementario sobre un Argiudol típico Pampeano. *Ci. Suelo* 16, 125-127.

Cluster de la Semilla, 2015. Plan de mejora competitiva. <http://www.ucar.gob.ar/index.php/biblioteca-multimedia/buscar-publicaciones/24-documentos/357-plan-de-mejora-competitiva-cluster-de-la-semilla>.

Dardanelli J.; Collino D.; Otegui M.E.; Sadras V.O., 2003. Bases funcionales para el manejo del agua en los sistemas de producción de los cultivos de grano. En: Satorre EH; Benech Arnold RL; Slafer GA; et al. (Eds.), *Producción de Granos: Bases funcionales para su manejo*. FAUBA, pp. 375-440.

Di Rienzo J.A.; Casanoves F.; Balzarini M.G.; Gonzalez L.; Tablada M.; et al., 2015. InfoStat, FCA, UNC.

Maddonni G.A.; Ruiz R.A.; Vilariño P; García de Salamone I., 2003. Fertilización en los cultivos para grano. En: Satorre EH; Benech Arnold RL; Slafer GA, et al. (Eds.), *Producción de Granos: Bases funcionales para su manejo*. FAUBA, pp. 499-557.

Santa Cruz J.N., 1988. Caracterización del recurso hídrico subterráneo con miras al riego complementario en la región NNE –maicera típica- de la provincia de Buenos Aires. En: Proyecto de cooperación para la modernización del sector agropecuario, SAGyP - IICA. IICA-Oficina de Argentina N° 15, pp. 1-83.

Salinas A.; Severina I.; Giubergia J.P; Boccardo M.; Aimar F., 2017. Riego suplementario en la región de Córdoba: producción y eficiencia de uso del agua de trigo, soja y maíz. *Riegos y Drenajes Argentina* 93: 56-57.

Torres Duggan M.; Álvarez C.R.; Rimski Korsakov H., 2016. Evaluación y monitoreo de suelos bajo riego complementario en la Región Pampeana. En: 5° Reunión Internacional de Riego: Uso eficiente del agua para riego, INTA Manfredi (Ed.), pp. 13-39.

Ventimiglia L.; Torrens Baudrix L., 2017. Maíz: Por qué fertilizar con azufre. INTA EEA Pergamino. https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_9_de_julio_maiz_por_que_fertilizar_con_azufre.pdf.