

Recibido 09 de abril de 2018 // Aceptado 13 de agosto de 2018 // Publicado online

Respuesta del tabaco al riego deficitario para dos fechas de trasplante

DIEZ, J.J.¹; ACRECHE, M.M.²

RESUMEN

En Argentina la producción de tabaco Virginia se localiza en Jujuy y Salta, donde la reposición de agua al cultivo se realiza principalmente con riego gravitacional. La posibilidad de regar con mayor precisión y la poca sensibilidad del cultivo a un estrés moderado permite suponer que es factible regar el tabaco de manera deficitaria. Por lo que el objetivo de este trabajo fue evaluar la respuesta de la materia seca de hoja de tabaco y sus componentes al riego deficitario de alta frecuencia durante la fase previa a las precipitaciones en el Valle de Lerma (Cerrillos, Salta) para dos fechas de trasplante, determinando, además, atributos relacionados con la eficiencia en el uso de la radiación y del agua. El estudio se realizó en la EEA del INTA Salta durante tres ciclos agrícolas (2013/14, 2015/16 y 2016/17). Se trabajó con tabaco Virginia variedad K394. Los tratamientos consistieron en la combinación de dos factores, momento de trasplante (Te: temprano y Ta: tardío) y necesidad de riego (NR) con niveles de reposición del 50 y 100%. En diferentes momentos se determinó materia seca de hoja (MSh), materia seca aérea total (hoja+tallo) (MSa) e índice de área foliar (IAF) y masa foliar específica (MFE). En 2015/16 y 2016/17 se determinó filocrono, radiación interceptada acumulada por el cultivo (Rint) y eficiencia de uso de radiación (EUR). Se calculó la eficiencia de uso del agua considerando el agua de riego (EUAr) y el agua aportada por las precipitaciones y el riego (EUApr) a cosecha. La MSh a cosecha fue menor en 2013/14 que en los otros dos ciclos agrícolas, pero fue similar para las dos fechas de trasplante en cada ciclo agrícola. Si bien Te recibió entre 300 y 400 MJ de radiación incidente más que Ta, estos solo se corresponden con un 3% extra de Rint acumulada durante el ciclo agrícola. Por lo tanto, la menor MSh en 2013/14 se explicó por el menor IAF. En 2013/14 y 2016/17 el IAF y la MFE fueron similares entre fechas de trasplante, mientras que en 2015/16 el menor IAF a cosecha de Te generó hojas con mayor MFE. La EUR a cosecha varió entre los 0,46 y 0,48 g/MJ sin diferenciarse entre fechas de trasplante. En 2015/16 y 2016/17, donde el fertilizante utilizado fue líquido, reponer el 50% de la NR no penalizó la MSh y el IAF, lo que sí ocurrió en 2013/14 (donde se utilizó fertilizante sólido). La EUApr fue menor en 2013/14 que en los otros ciclos agrícolas; siempre fue mayor en Ta y solo mayor en 50% de NR en 2015/16, mientras que la EUAr fue en todos los ciclos agrícolas mayor con la combinación de Ta y 50% de NR. Se concluye que el riego deficitario controlado puede ser una alternativa viable para el cultivo de tabaco en el Valle de Lerma, sin embargo, deberían profundizarse estudios donde se considere la calidad de hoja obtenida.

Palabras clave: materia seca, necesidad de riego, eficiencia en el uso del agua, radiación.

¹Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental Agropecuaria (EEA) Salta, Ruta Nac. 68 km 172, (4404) Cerrillos, Salta, Argentina. Universidad Nacional de Salta, Facultad de Ciencias Naturales, Av. Bolivia 5150, Complejo Universitario Castañares. Correo electrónico: diez.josefina@inta.gob.ar

²Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental Agropecuaria (EEA) Salta, Ruta Nac. 68 km 172, (4404) Cerrillos, Salta, Argentina. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Buenos Aires, Argentina. Correo electrónico: acreche.martin@inta.gob.ar

ABSTRACT

The production of tobacco Virginia in Argentina is located at Jujuy and Salta where crop irrigation is mainly done by a gravity system. The possibility of using precision irrigation methods and the low sensitivity of the crop to moderate water stress allow assuming that it is feasible to irrigate tobacco with a deficit strategy. The aim of this study was to evaluate the effects of high frequency deficit irrigation during the period that precede summer precipitation at the Valle de Lerma (Cerrillos, Salta) on tobacco leaf dry matter and its main component for two transplant dates. Attributes related to water and radiation use efficiencies were also determined. The study was conducted during three growing cycles (2013/14, 2015/16 y 2016/17) at INTA EEA-Salta with the tobacco Virginia variety K394. Treatments consisted of the combination of two transplant dates (early, Te; late, Ta) and two level of irrigation requirement (NR): 100 and 50% of NR. Leaf dry matter (MSh), total dry matter (leaf+stem), leaf area index (IAF) and specific foliar mass (MFE) were determined at different moments. Phyllochron, crop accumulated intercepted radiation (Rint) and radiation use efficiency (EUR) were determined in 2015/16 and 2016/17. Water use efficiency was calculated for the 20-24 leaf and harvest samplings considering the irrigation water (EUAr) and the water contributed by the rainfall and irrigation (EUApr). MSh at harvest was lower in 2013/14 than in the other growing cycles, but was similar for the two transplant dates in each growing cycle. Although Te received more incident radiation (300-400 MJ) than Ta, this only represented an extra 3% of Rint during the growing cycle. Therefore, the lowest MSh in 2013/14 was explained by the lowest IAF. IAF and MFE were similar between transplant dates in 2013/14 and 2016/17, whereas for the 2015/16 growing cycle the lower IAF at harvest found for Te generated leaves with higher MFE. There were not differences between transplant date for EUR at harvest, ranging from 0,46 to 0,48 g/MJ. Replacement of 50% of NR did not penalize MSh and IAF during the 2015/16 and 2016/17 growing cycles (when the fertilized used was liquid), whereas it decreased MSh and IAF in 2013/14 (when liquid fertilizer was used). EUApr was lower in 2013/14 than in the other growing cycles. EUApr was always higher for Ta than Te, and for 50% of NR only in 2015/16. During the three growing cycles the lowest EUAr was found with the combination of Ta and 50% of NR. The controlled deficit irrigation is an alternative for tobacco production in Valle de Lerma; however, studies considering leaf quality should be considering.

Keywords: dry matter, irrigation requirements, water use efficiency, radiation.

INTRODUCCIÓN

En la Argentina, la industria del tabaco representa una importante actividad en términos productivos, económicos y sociales para las diferentes economías regionales. Las provincias productoras son Misiones, Salta, Jujuy, Chaco, Catamarca, Corrientes y Tucumán. El NOA aporta más del 77% del tabaco total producido en Argentina, puesto que las provincias de Salta y Jujuy es donde se centra la producción de tabaco Virginia. La provincia de Salta tiene 1.691 productores tabacaleros, ubicándose el 66% de estos en el Valle de Lerma (Salta) (MAGyP, 2011).

Considerando que el trasplante del cultivo se realiza en forma escalonada durante los meses de septiembre y octubre, y debido a que el régimen de las precipitaciones en el NOA es de tipo monzónico, el balance climático para este cultivo presenta un marcado pico de demanda de riego en los meses de octubre y noviembre. Las precipitaciones anuales no superan los 800 mm; el 90% de estas se concentra entre los meses de diciembre a abril (Ledesma, 2012), por lo que en las primeras etapas del ciclo de cultivo se define al riego como de carácter integral, mientras que en etapas posterior-

res (cosecha-maduración), el riego es complementario a las lluvias estacionales (Blanco *et al.*, 1989).

Para maximizar el rendimiento, los requerimientos de agua durante todo el ciclo del tabaco varían entre 400 y 600 mm, dependiendo de las condiciones climáticas y de la duración del período de crecimiento de la planta (Doo-rembos y Kassam, 1979; Maw *et al.*, 2009). Evaluaciones de evapotranspiración del cultivo realizadas en la región permitieron estimar una evapotranspiración del cultivo promedio (ETc) de 495±21 mm, desde trasplante hasta cosecha del último piso foliar (Ballari, 2005). Esto genera un requerimiento de riego para el Valle de Lerma que varía entre los 213 y 235 mm, dependiendo si se trata de un año con precipitaciones medias o menores a estas últimas, con la demanda concentrada entre septiembre y noviembre (Yáñez, 2002).

En el Valle de Lerma, el tabaco es regado principalmente por surcos con escurrimiento al pie. El número de riegos depende de los turnados establecidos por cada consorcio, puede variar entre 7 a 10 riegos, generando frecuencias de riegos que pueden resultar excesivamente largas (Nadir *et*

al., 2004). La dinámica del agua estudiada en diferentes lotes productivos de este valle permitió establecer que la disponibilidad hídrica del suelo antes del inicio del período de precipitaciones es baja y que los riegos aplicados no resultan suficientes para reponer el agua en el perfil a niveles de capacidad de campo, razón por la cual se considera que el riego es de tipo deficitario (Diez, 2011; Ávila *et al.*, 2015). Si bien es un cultivo moderadamente tolerante a la sequía (Salehzade *et al.*, 2009), bajo las condiciones de manejo actuales del valle (riego gravitacional) se observó una disminución aproximada del rendimiento de 30% con respecto al rendimiento potencial, por lo que el aprovechamiento del recurso hídrico debe ser optimizado para evitar o minimizar las penalidades en el rendimiento (Diez, 2011; Ávila *et al.*, 2015).

La utilización de métodos de riego de precisión, como el riego por goteo, juega un papel importante en la reducción del agua de riego bruta requerida en los cultivos agrícolas, pero remarca la necesidad de nuevos métodos de programación y control de riegos más precisos (Karam *et al.*, 2009). El riego por déficit es un método en el que la cantidad de agua utilizada se mantiene por debajo de la evapotranspiración del cultivo (ETc), y el estrés hídrico que se desarrolla tiene efectos mínimos sobre el rendimiento (Jensen *et al.*, 2014). En este sentido, existen estudios que muestran que, en zonas tabacaleras del mundo semejantes a las del Valle de Lerma, el tabaco presenta poca sensibilidad al déficit hídrico moderado. Tso (1990) afirmó que un estrés moderado puede no afectar el rendimiento del tabaco ya que la reducción en el tamaño de las hojas se ve compensada por el aumento de la masa por unidad de unidad de área foliar. En el Valle de Lerma se ha demostrado que con riego por goteo el umbral mínimo de reposición de agua es del 60% de la necesidad de riego (calculada por balance climático) para mantener el 100% de la producción (Tapia Reyna *et al.*, 2015). La tolerancia del tabaco al déficit hídrico podría estar asociada a su capacidad de extraer agua a bajos potenciales hídricos, se ha demostrado que en el tabaco oriental la fracción de agua fácilmente utilizable para la planta fue de 0,6 para el período vegetativo y 0,8 para la cosecha (Ranjabar y Taghavi, 2006).

Los estudios antes mencionados no consideran que al realizar un trasplante escalonado (situación típica de los productores) la oferta ambiental va a ser diferente en los distintos momentos. La respuesta a la fecha de trasplante depende en gran medida de la temperatura y la radiación fotosintéticamente activa (PAR) (Wilkinson *et al.*, 2008). Si bien las plantaciones tempranas presentarán niveles más elevados de producción de materia seca vinculados a mayor captura de PAR (Ballari, 2005), debe tenerse en cuenta que independientemente del momento de trasplante, la radiación interceptada por la canopia puede ser subóptima debido a que el cultivo no puede compensar su baja cobertura de suelo con ramificaciones laterales (Ceotto y Castelli, 2002). Wilkinson *et al.* (2008) mencionan que el tabaco plantado tardío puede presentar un crecimiento más rápido, acelerar la iniciación floral, producir hojas más delgadas y reducir los rendimientos; observan que plan-

taciones realizadas dos a cinco semanas después de su fecha normal disminuyeron su rendimiento sin registrarse daños en la calidad de hoja. Sin embargo, existen antecedentes donde el efecto del retraso en la fecha de trasplante no presentó reducciones en el rendimiento (Miner, 1978).

Es evidente que poder ajustar el tiempo y la cantidad de agua para reponer permite diseñar primero, y luego administrar y controlar el mejor programa riego posible cuando el suministro de agua está restringido. El uso de sistemas de riego presurizado también permite que se apliquen pequeñas cantidades a intervalos frecuentes proporcionando una herramienta adicional para el manejo del estrés (Feres y Soriano, 2007). Por lo tanto, es posible en situaciones de escasez de agua manejar el riego deficitario de forma óptima con el objetivo de mantener, o incluso incrementar, los beneficios de los agricultores, aumentar la eficiencia en la captura y uso de la radiación, y reducir el uso del agua de riego (Feres y Soriano, 2007); precisamente esta situación se podría presentar en el tabaco del Valle de Lerma.

Este estudio adquiere mayor relevancia si se tiene en cuenta que actualmente se está ejecutando el proyecto de Riego Presurizado Gravitacional del Río Toro en la provincia de Salta. Dicho río tiene empadronada una superficie total bajo riego de 10.497 ha, donde el tabaco representa el 83% de la agricultura de regadío. Uno de los objetivos es desarrollar una serie de redes presurizadas colectivas gravitacionales, que abarcarán aproximadamente 6.000 ha del Valle de Lerma (PROSAP, 2015).

Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue i) evaluar la respuesta de la materia seca de hoja de tabaco y sus componentes al riego deficitario de alta frecuencia durante la fase previa a las precipitaciones en el Valle de Lerma (Cerrillos, Salta) para dos fechas de trasplante, y ii) determinar atributos relacionados con la eficiencia en el uso de la radiación y el agua.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la Estación Experimental Agropecuaria de INTA Salta (24° 54' Sur, 65° 29' Oeste, Salta, Argentina) durante los ciclos agrícolas 2013/14, 2015/16 y 2016/17, sobre un suelo de textura franca a franca limosa. Con el objetivo de evitar superposición de tratamientos en el sitio experimental, las parcelas fueron rotando dentro de un lote de características edáficas similares.

El material vegetal utilizado consistió en plántulas vigorosas y uniformes de tabaco tipo Virginia variedad K394 obtenidas con almácigos flotantes.

Los tratamientos surgieron de la combinación de dos factores: momento de trasplante (Te: temprano y Ta: tardío) y necesidad de riego (NR) con niveles de reposición del 50 y 100%; quedando conformados cuatro tratamientos:

Te100: trasplante temprano, 100% de reposición de NR

Te50: trasplante temprano, 50% de reposición de NR

Ta100: trasplante tardío, 100% de reposición de NR

Ta50: trasplante tardío, 50% de reposición de NR

El diseño experimental fue en bloques al azar con cuatro repeticiones por cada tratamiento. Cada unidad experimental estuvo conformada por tres surcos de 12 m de largo distanciados a 1,2 m entre ellos, y 0,40 m de distancia entre plantas.

La siembra de almácigos se realizó escalonada a fin de lograr dos fechas de trasplante, mediados de septiembre y principios de octubre para los tres ciclos agrícolas.

La reposición de agua se calculó en función de NR estimada por balance climático. Los registros de evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_o) estimados con el método FAO Penman-Monteith (Allen *et al.*, 2006) y de precipitación diaria fueron obtenidos de la estación agrometeorológica automática de la Estación Experimental Agropecuaria Salta de INTA. Para el cálculo de evapotranspiración del cultivo (ET_c) se utilizó el coeficiente de cultivo propuesto por Yáñez (2002) (inicial 0,47, medio 0,84 y final 0,65) y la precipitación efectiva (PPE) diaria se calculó como un 80% de la lluvia registrada. En todos los ciclos agrícolas, el riego se realizó por goteo, garantizando la uniformidad y precisión de este. Una vez iniciada las lluvias estivales se suspendió el riego por ser suficientes para cubrir las demandas del cultivo. En las parcelas con el 50% de NR, los riegos se realizaron en el mismo momento que en las de 100%, pero con la mitad de la lámina.

A partir de los 15 días después del trasplante (DDT) se aplicaron los dos niveles de reposición hídrica, considerando diferentes tiempos de aplicación de agua. Los intervalos de riego fueron variables, pero no superaron los 5 días en ninguno de los ciclos agrícolas. Para garantizar la independencia entre los niveles hídricos de las unidades experimentales se dejó entre estas un surco sin regar.

Para evitar cualquier estrés de tipo nutricional se aplicaron fertilizantes sintéticos en los tres ciclos agrícolas. Durante el ciclo agrícola 2013/14 la fertilización se realizó con formulaciones sólidas, de acuerdo a la fertilización que se realiza en la zona, aportando 86 kg/ha de N, 45 kg/ha de P y 174 kg/ha de K distribuidos al trasplante (mezcla 11-17-24) y a los 30 DDT (nitrato de potasio). En los siguientes ciclos agrícolas, el aporte nutricional (NPK) se lo realizó con fertiriego con base en las curvas de absorción de nutrientes obtenidas para la zona (Ortega, 2007), considerando al suelo como si fuera un sustrato. Se aplicaron 198 kg/ha de N, 16 kg/ha de P y 248 kg/ha de K. El 80% de estos se aplicaron antes de los 70 DDT, y el 20% restante entre los 90 y 110 DDT. En el ciclo agrícola 2015/16 se logró aplicar el 100% de la dosis, mientras que en el 2016/17, debido a las precipitaciones ocurridas, solo pudo aplicarse el 40% de lo requerido al inicio del ciclo.

En diferentes momentos del ciclo se seleccionaron dos a tres plantas al azar del surco central de cada unidad experimental: 5-6 hojas (ciclo agrícola 2013/14), 8-11 hojas (ciclo agrícola 2013/14 y 2015/16), 20-24 hojas y cosecha (todos los ciclos agrícolas). En cada momento se

determinó materia seca de hoja por planta (MSh) y materia seca aérea por planta (hoja+tallo) (MSa) utilizando una estufa a 60 °C hasta peso constante. Además, se determinó el índice de área foliar (IAF) con el areafoliómetro LI-3100 y la masa foliar específica (MFE) realizando el cociente entre MSh por planta y área de las hojas de la planta.

En los ciclos agrícolas 2015/16 y 2016/17 se registró semanalmente la tasa de aparición de hojas, mediante el intervalo de aparición de la punta de dos hojas consecutivas desde iniciado el tratamiento hasta la aparición del botón floral, y se calculó el filocrono como la inversa de la relación lineal entre el número acumulado de hojas emergidas y el tiempo térmico (Miralles *et al.*, 2001).

Con la misma frecuencia de medición (semanal) se realizaron lecturas con ceptómetro digital para determinar la fracción de radiación fotosintéticamente activa (fRFA) interceptada por el cultivo. Las mediciones se realizaron al mediodía en días soleados. Con datos de radiación incidente (Rinc) obtenidos de la estación agrometeorológica del INTA EEA Salta se calculó a cosecha la radiación interceptada acumulada por el cultivo durante el ciclo (Rint) y la eficiencia de uso de radiación (EUR):

$$EUR = \frac{MSa}{fRFA * Rinc} = \frac{MSa}{Rint}$$

Donde:

EUR: eficiencia de uso de radiación (g/MJ)

MSa: materia seca aérea por planta (g/m²)

fRFA: fracción de radiación interceptada (%)

Rinc: radiación incidente (MJ/m²)

Rint: radiación interceptada por el cultivo (MJ/m²)

Para el muestreo de cosecha se calculó la eficiencia de uso del agua (EUA). La EUA se calculó considerando el agua de riego sola (EUAr) o el agua aportada por las precipitaciones y el riego (EUApr) a partir de la siguiente expresión:

$$EUA = \frac{MSa}{PPE + R} \text{ ó } \frac{MSa}{R}$$

Donde:

EUA: eficiencia de uso del agua (g/mm)

MSa: materia seca aérea por planta (g/m²)

R: agua aportada por riego (mm)

PPE: agua aportada por precipitación efectiva (mm)

Los efectos de los tratamientos y los años sobre los parámetros analizados se determinaron por análisis de varianza (ANOVA) y se realizó comparaciones de medias con el test de mínima diferencia significativa (LSD) con p<0,05. El año de fertilización sólida se analizó por separado.

RESULTADOS

En función de las lluvias totales caídas durante el ciclo del cultivo (septiembre a febrero), se pueden considerar a los ciclos agrícolas 2013/14 y 2016/17 más secos que el 2015/16 (431, 357 y 675 mm, respectivamente). Los dos primeros, 2013/14 y 2016/17, se encuentran por debajo de la media histórica para el Valle de Lerma de 540 mm (figura 1). Cabe destacar que si bien el ciclo agrícola 2015/16 fue el más húmedo al considerar la precipitación acumulada en cuanto a su distribución, presentó menores precipitaciones que los otros dos ciclos agrícolas hasta fines de enero, pero significativos incrementos de las precipitaciones luego de este mes (figura 1).

En general, la oferta de agua acumulada de las precipitaciones y riegos aplicados llegó a cubrir la demanda evapotranspiratoria acumulada del cultivo para los tratamientos con el 100% de reposición hídrica en todos los ciclos agrícolas (figura 2).

Para los ciclos agrícolas con fertilización líquida (2015/16 y 2016/17) la interacción triple entre fecha de trasplante, nivel de reposición hídrica y ciclo agrícola no fue significativa para ninguna de las variables estudiadas. Sí se observaron interacciones dobles para para EUArp entre ciclo agrícola y NR ($p=0,0368$); además para EUAr entre momento de trasplante y NR ($p<0,001$), y entre ciclo agrícola y momento de trasplante ($p=0,001$). En el ciclo agrícola 2013/14, con fertilización sólida, hubo interacción entre momento de trasplante y NR ($p=0,0008$) para EUAr. Es por ello que en el análisis de los resultados para el resto de variables medidas se tratan estos factores por separado.

El filocrono fue similar en ambos ciclos agrícolas ($p>0,49$); se necesitaron entre 1,5 a 1,8 °Cd⁻¹ más para la

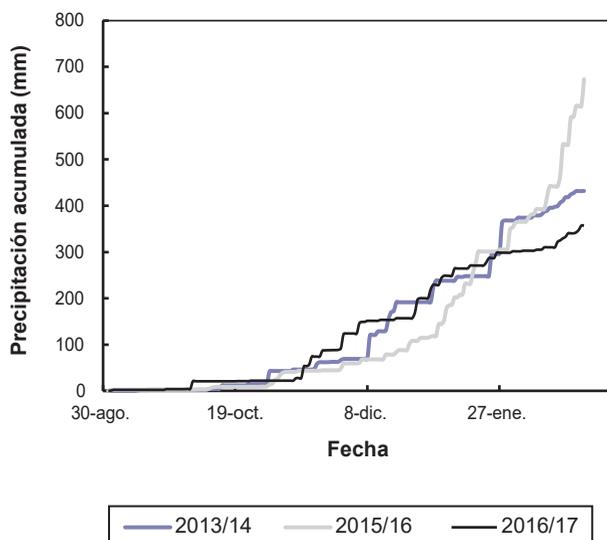


Figura 1. Precipitación acumulada (mm) en Cerrillos (Valle de Lerma, Salta) durante los meses de septiembre a febrero para los ciclos agrícolas de tabaco 2013/14, 2015/16 y 2016/17.

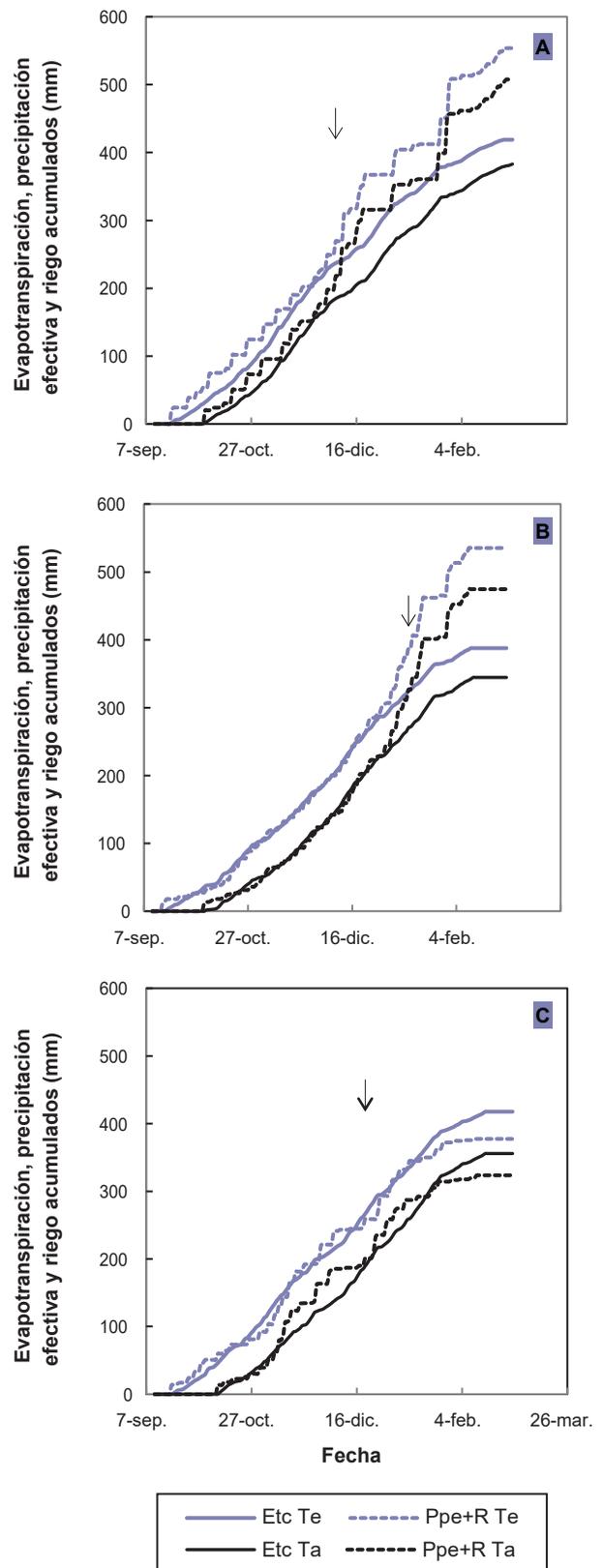


Figura 2. Valores acumulados expresados en milímetros (mm) de evapotranspiración de cultivo (línea llena) y precipitación efectiva más riegos (línea punteada) considerando el 100% de reposición hídrica para las fechas de trasplante temprana (Te, septiembre) y tardía (Ta, octubre) durante los ciclos agrícolas 2013/14 (a), 2015/16 (b) y 2016/17 (c) de tabaco en Cerrillos, Salta.

Factor	Filocrono (°C día por hoja)		
Necesidad de riego	100	23,5±	0,5 b
	50	25,0±	0,6 a
Trasplante	Te	26,7±	0,5 a
	Ta	24,9±	0,4 b

Tabla 1. Intervalo medio de tiempo (y error estándar) entre la aparición de dos puntas de hojas consecutivas (filocrono) de tabaco para dos momentos de trasplante (temprano, Te; tardío, Ta) y dos niveles de reposición hídrica (100 y 50%) durante los ciclos agrícolas 2015/16 y 2016/17 en Cerrillos, Salta. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,05$).

aparición de una punta de hoja cuando las plantas tuvieron menor disponibilidad hídrica o fueron trasplantadas más temprano (tabla 1).

En las restantes variables estudiadas, los ciclos agrícolas se diferenciaron entre ellos para todas las variables ($p < 0,05$), por lo que se evaluaron de forma individual.

La MSh a cosecha no se vio afectada por la fecha de trasplante en ninguno de los tres ciclos agrícolas, alcanzando valores de más de 200g/planta cuando se trabajó con fertirriego. Se destaca la menor MSh del ciclo agrícola 2013/14, el único que recibió fertilización sólida (figura 3).

En el ciclo agrícola 2016/17, la MSh en los muestreos anteriores a cosecha fue mayor en Ta, lo cual puede deberse a que para estos momentos las plantas de Ta tuvieron el aporte de las primeras lluvias de noviembre (30 mm de PPe). En el ciclo agrícola 2013/14, Te presentó mayor MSh con plantas entre 10-11 hojas (figura 3).

El IAF alcanzado en 2013/14 fue la mitad del alcanzado en los otros dos ciclos agrícolas (tabla 2). A cosecha, el IAF se diferenció entre fechas de trasplante solo en el ciclo agrícola 2015/16, donde Te presenta un 12% más de IAF que Ta. En muestreos previos de cosecha del ciclo agrícola 2013/14, plantas con 10 a 11 hojas trasplantadas a mediados de septiembre alcanzaron un IAF mayor que las trasplantadas más tarde; mientras que en el último ciclo agrícola Ta es el que presentó mayores IAF en los dos primeros muestreos (8 a 11 y 16 a 17 hojas). El mayor IAF de Ta en este ciclo agrícola puede deberse a que ya recibieron el aporte de las lluvias de noviembre (20 mm de PPe) (tabla 2). Estos milímetros de agua pueden ser los responsables de la mayor área foliar y, por ende, de su mayor capacidad de captura de recursos para producir materia seca (figura 3).

La MFE fue incrementándose a lo largo del ciclo del cultivo en todos los ciclos agrícolas, presentando hojas más pesadas al finalizar el ciclo. Se destaca que en el ciclo agrícola 2015/16 Ta presentó hojas un 10% más pesadas por unidad de área que Te a cosecha (tabla 2), comportamiento opuesto al observado para IAF.

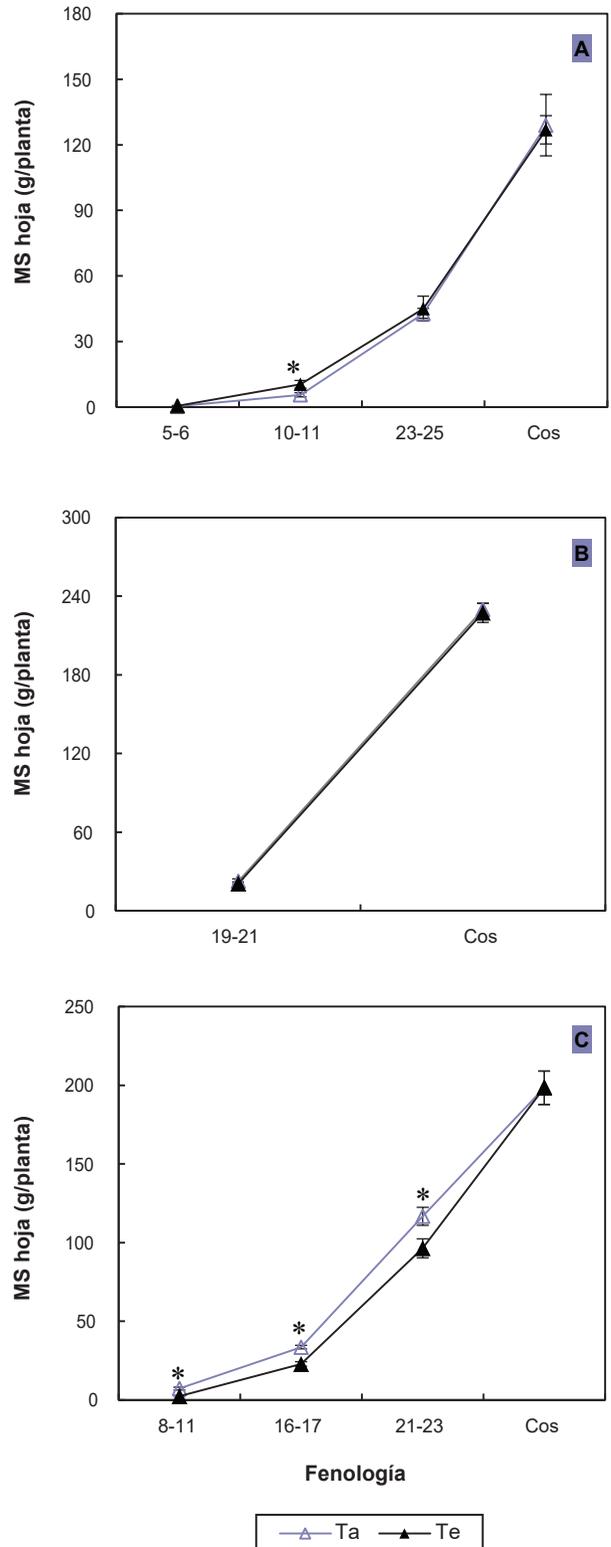


Figura 3. Materia seca de hojas de tabaco (g/planta) para dos momentos de trasplante (temprano, Te; tardío, Ta) en diferentes momentos fenológicos (los números se corresponden con el número de hojas y cosecha, Cos) durante los ciclos agrícolas 2013/14 (a), 2015/16 (b) y 2016/17 (c) en Cerrillos, Salta. Las barras representan el error estándar y los * indican diferencias significativas entre tratamientos en cada ciclo agrícola para cada muestreo fenológico ($p < 0,05$).

	IAF		MFE (mg/cm ²)	
	Te	Ta	Te	Ta
2013-14				
05-jun	0,03±0,01ns	0,02±4,5 10 ⁻³ ns	3,71±0,15ns	4,16±0,32ns
10-nov	0,36±0,06a	0,22±0,03b	5,95±0,16a	5,26±0,16b
23-25	1,30±0,15ns	1,12±0,07ns	7,14± 0,15b	8,10±0,43a
Cos	2,68±0,10ns	2,40±0,16ns	9,82±0,18ns	10,09±0,4ns
2015-16				
19-21	1,76±0,14ns	1,66±0,16ns	2,52±0,20ns	2,84±0,05ns
Cos	5,15±0,18a	4,59±0,1b	9,25±0,29b	10,47±0,26a
2016-17				
08-nov	0,07±0,01b	0,22±0,02a	5,95±0,21b	6,85±0,08a
16-17	0,76±0,06b	1,12±0,05a	6,14±0,21ns	6,29±0,12ns
21-23	3,18±0,22ns	3,70±0,28ns	6,38±0,30ns	6,78±0,52ns
Cos	4,60±0,24 ns	4,49±0,24ns	8,85±0,17ns	9,23± 0,07ns

Tabla 2. Valores medios (y errores estándar) de índice de área foliar (IAF) y masa foliar específica (MFE) de tabaco para dos momentos de trasplante (temprano, Te; tardío, Ta) en diferentes momentos fenológicos (los números se corresponden con el número de hojas y cosecha, Cos) en los ciclos agrícolas 2013/14, 2015/16 y 2016/17 en Cerrillos, Salta. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos para cada muestreo fenológico ($p < 0,05$); ns=diferencias no significativas.

	IAF		MFE (mg/cm ²)	
	100	50	100	50
2013-14				
05-jun	0,03±0,01ns	0,02±4,5 10 ⁻⁰³ ns	4,06±0,32ns	3,81±0,19ns
10-nov	0,28±0,05ns	0,3±0,06ns	5,41±0,21ns	5,8±0,18ns
23-25	1,34±0,11ns	1,08±0,11ns	7,42±0,16ns	7,81±0,49ns
Cos	2,74±0,15a	2,34±0,09b	10,29±0,32ns	9,62±0,21ns
2015-16				
19-21	1,83±0,17ns	1,59±0,1ns	2,66±0,14ns	2,69±0,16ns
Cos	4,81±0,2ns	4,93±0,15ns	9,82±0,4ns	9,9±0,32ns
2016-17				
08-nov	0,14±0,03ns	0,15±0,04ns	6,36±0,22ns	6,44±0,24ns
16-17	1,01±0,07ns	0,87±0,09ns	6,09±0,18ns	6,33±0,16ns
21-23	3,35±0,21ns	3,52±0,31ns	7,01±0,52ns	6,16±0,23ns
Cos	4,61±0,22ns	4,48±0,27ns	9,03±0,17ns	9,05±0,12ns

Tabla 3. Valores medios (y errores estándar) de índice de área foliar (IAF) y masa foliar específica (MFE) de tabaco para diferentes niveles de reposición de agua de riego (100 y 50% de la NR) durante los ciclos agrícolas 2013/14, 2015/16 y 2016/17 (los números se corresponden con el número de hojas y cosecha, Cos) en Cerrillos, Salta. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos para cada muestreo fenológico ($p < 0,05$); ns=diferencias no significativas.

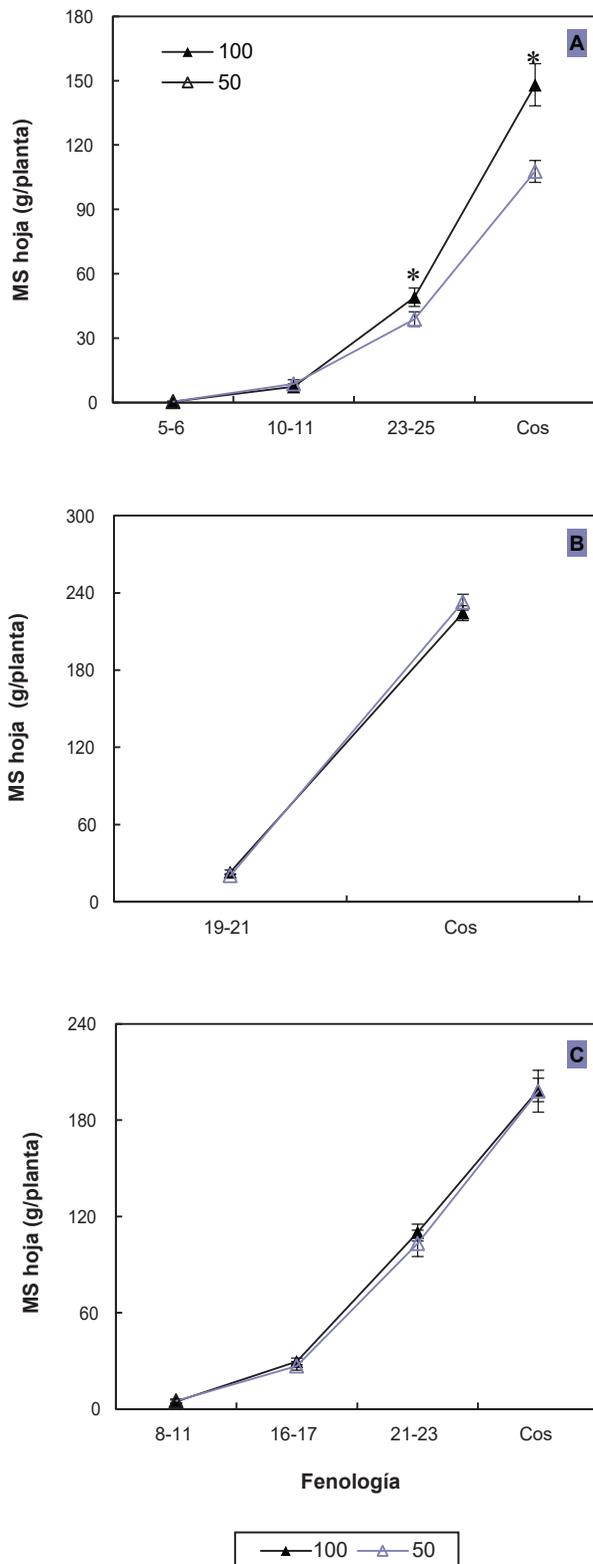


Figura 4. Materia seca de hojas de tabaco (g/planta) para dos niveles de reposición de agua de riego (100 y 50% de NR) en diferentes momentos fenológicos (los números se corresponden con el número de hojas y cosecha, Cos) durante los ciclos agrícolas 2013/14 (a), 2015/16 (b) y 2016/17 (c) en Cerrillos, Salta. Las barras representan el error estándar y los * indican diferencias significativas entre tratamientos en cada ciclo agrícola para cada muestro fenológico ($p < 0,05$).

Al utilizar fertilizantes líquidos, los dos niveles de reposición hídrica produjeron similar MSh en todos los momentos del ciclo (ciclos agrícolas 2015/16 y 2016/17). Con la fertilización sólida (ciclo agrícola 2013/14) se observó mayor producción de MSh a partir de las 23 a 25 hojas para el 100 de NR, por lo que este tipo de fertilización aparentemente aumenta el efecto de la restricción hídrica (figura 4).

La menor reposición hídrica solamente disminuyó el IAF a cosecha en el ciclo agrícola 2013/14, y no tuvo ningún efecto significativo sobre la MFE (tabla 3). La disminución de IAF se vio reflejada en la menor MSh a cosecha del cultivo con menor disponibilidad hídrica en este ciclo agrícola (figura 4).

La dinámica de la fracción de radiación interceptada a lo largo del ciclo del cultivo se observa en la figura 5. Los niveles de reposición de agua presentan una dinámica similar entre ellos para los ciclos 2015/16 y 2016/2017. Si bien en los primeros momentos del ciclo se observa menor intercepción para Ta, cuando las plantas alcanzan el número final de hojas (diciembre) la fracción de intercepción de ambas fechas alcanza el 80% para luego disminuir con el inicio de las cosechas (figura 5). Esto se vio reflejado en que las dos fechas de trasplante y los dos niveles de riego acumularon similares cantidades de Rint durante el ciclo del cultivo y lograron una EUR semejante (tabla 4). La Rint acumulada durante el ciclo agrícola 2015/16 fue menor a la del ciclo 2016/17 (tabla 4).

La EUApr fue menor en el ciclo agrícola 2013/14 respecto a los otros ciclos. En los tres ciclos agrícolas se observan mayores EUApr a cosecha para el trasplante de octubre (Ta). En el ciclo agrícola 2013/14 no existieron diferencias entre los niveles de reposición hídrica, mientras que en los años con fertilización líquida el ciclo agrícola 2015/16 con nivel de reposición hídrica de 50% presentó la mayor EUApr. (tabla 5).

En todos los ciclos agrícolas, la mayor EUAr se presentó en los tratamientos que combinan el trasplante tardío con 50% de reposición hídrica (tabla 6). El tratamiento Te100% fue el que presentó a cosecha las menores EUAr en todos los ciclos agrícolas (tabla 6). Para esta misma variable, la interacción significativa entre el ciclo agrícola y el momento de trasplante mostró la mayor eficiencia para Ta en el ciclo 2016/17 y luego para Ta en 2015/16, con medias de $5,29 \pm 1,91$ g/mm y $4,65 \pm 1,74$ g/mm respectivamente; los momentos de trasplante Te fueron menores que los Ta y no se diferenciaron entre los ciclos agrícolas (tabla 6).

DISCUSIÓN

Se encontró una gran variabilidad en la producción de MSh de tabaco a cosecha entre los ciclos agrícolas en Cerrillos, Salta (94,3 a 253,9 g/planta). Más allá de los tratamientos de fecha de trasplante y necesidad de riego, las características meteorológicas del ciclo agrícola, el manejo del riego y la fertilización nitrogenada definieron esta variabilidad: la mayor MSh se observó en el ciclo agrícola 2015/16, luego le siguió la MSh del ciclo agrícola 2016/17

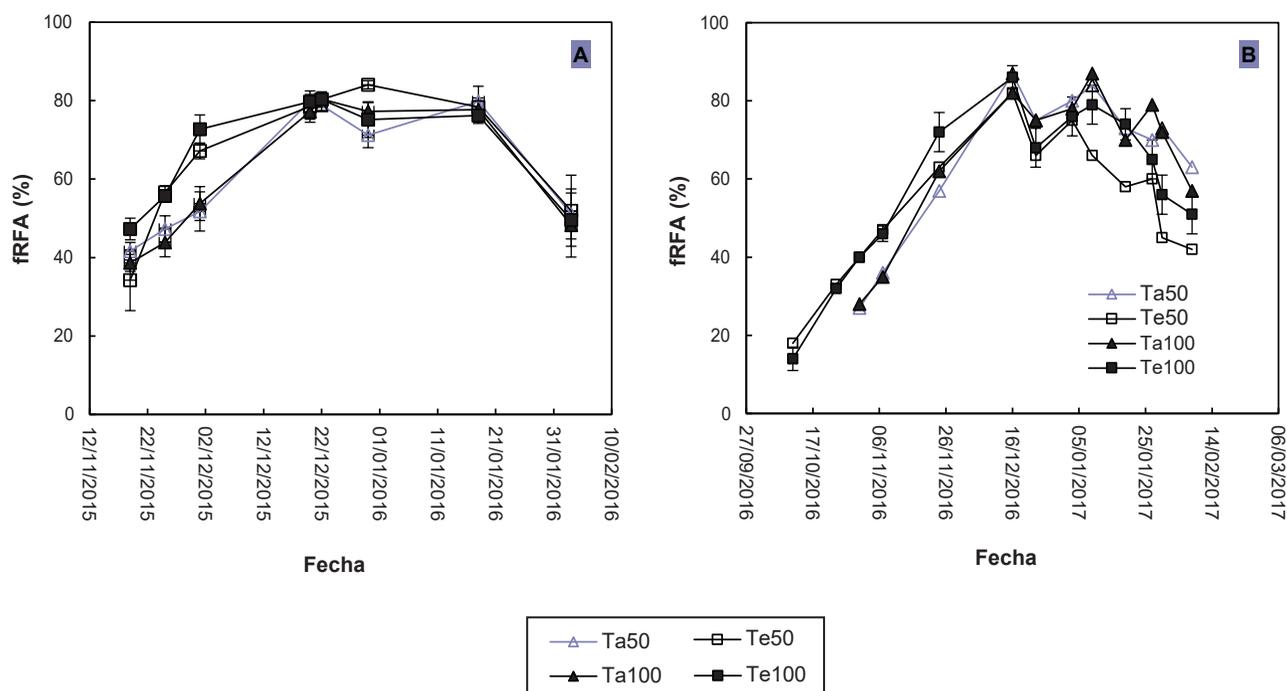


Figura 5. Dinámica de radiación interceptada (%) (fRFA) durante el ciclo de cultivo de tabaco para dos momentos de trasplante (temprano, Te; tardío, Ta) y dos niveles de reposición de agua de riego (100 y 50% de NR) durante los ciclos agrícolas 2015/16 (a) y 2016/17 (b) en Cerrillos, Salta.

	Momento de trasplante		Nivel de reposición hídrica	
	Te	Ta	100	50
2015-16				
Rint	1152±23ns	1123±31ns	1130±26ns	1145±30ns
EUR	0,51±0,02ns	0,53±0,02ns	0,52±0,02ns	0,51±0,01ns
2016-17				
Rint	1308±45ns	1253±22ns	1312±34ns	1249±36ns
EUR	0,51±0,02ns	0,55±0,01ns	0,54±0,02ns	0,52±0,02ns

Tabla 4. Valores medios (y errores estándar) de radiación interceptada acumulada (Rint) (MJ/m²) y eficiencia de uso de radiación (EUR) (g/MJ) de tabaco a cosecha para dos momentos de trasplante (temprano, Te; tardío, Ta) y dos niveles de reposición de agua de riego (100 y 50% de NR) en los ciclos agrícolas 2015/16 y 2016/17 en Cerrillos, Salta. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,05$); ns=diferencias no significativas.

(ambos con fertilización líquida), mientras que la significativa y menor MSh se observó en el ciclo agrícola 2013/14, donde la fertilización fue realizada con fertilizante sólido. Estos valores de MSh a cosecha se encuentran dentro de los rangos reportados para la zona y en otros países donde se cultiva tabaco. En lotes productivos de Chicoana (Salta), la MSh varió entre los 62,4 y 273,6 g/planta (Diez *et al.*, 2014); mientras que en Tifton (EE. UU.), Maw *et al.* (2009) para un ensayo de restricción hídrica en diferentes momen-

tos de la etapa de rápido crecimiento obtuvieron MSh entre 141,3 y 206,2 g/planta.

En este estudio la fecha de trasplante no generó cambios en la producción de materia seca de hoja a cosecha, mientras que en lotes productivos de la zona se observó que las plantaciones tempranas (septiembre) resultan en una mayor producción de MSh que las tardías (octubre) (Diez *et al.*, 2014). Estos autores sugieren que la diferencia entre las dos fechas de trasplante puede deberse a un alarga-

Factores principales				
	Momento de trasplante		Nivel de reposición hídrica	
	Te	Ta	100	50
2013-14	0,22±0,03b	0,4±0,02a	0,32±0,04ns	0,3±0,04ns
2015-16 y 2016-17	0,80±0,04b	0,96±0,03a	0,81±0,03ns	0,95±0,04ns
Interacción				
	Ciclo agrícola x Momento de trasplante		Ciclo agrícola x Nivel de reposición hídrica	
2015-16	0,89±0,05ns	0,98±0,04ns	0,83±0,03b	1,04±0,03a
2016-17	0,72±0,03ns	0,93±0,04ns	0,79±0,04b	0,86±0,06b

Tabla 5. Valores medios (y errores estándar) de eficiencia de uso del agua a cosecha en función de las precipitaciones y el riego (EUApr) (g/mm) para los ciclos agrícolas 2013/14, 2015/16 y 2016/17 para dos momentos de trasplante (temprano, Te; tardío, Ta) y dos niveles de reposición de agua de riego (100 y 50% de NR). Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,05$); ns=diferencias no significativas.

Interacción (Momento de trasplante x Nivel de reposición hídrica)				
	Te100	Te50	Ta100	Ta50
2013-14	0,73±0,1d	1±0,19c	1,43±0,11b	2,5±0,12a
2015-16 y 2016-17	2,08±0,07d	3,97±0,22b	3,30±0,14c	6,64±0,21a
Interacción (Ciclo agrícola x Momento de trasplante)				
	Te		Ta	
2015-16	3,21±1,25c		4,65±1,74b	
2016-17	2,84±0,92c		5,29±0,013a	

Tabla 6. Valores medios (y errores estándar) de eficiencia de uso del agua de riego (EUAr) (g/mm) en el cultivo de tabaco en Cerrillos-Salta para la interacción entre momento de trasplante (temprano, Te; tardío, Ta) y nivel de reposición de agua de riego (100 y 50% de NR) en los ciclos agrícolas 2013/14, 2015/16 y 2016/17, y la interacción entre ciclo agrícola (2015/16, 2016/17) y momento de trasplante. Letras diferentes indican diferencias significativas para la interacción ($p < 0,05$); ns=diferencias no significativas.

miento del “tiempo en el campo” que repercute en los días de aprovechamiento de la oferta radioactiva estacional. A pesar de que no se reflejó en la MSh a cosecha, esta mayor oferta de radiación también se observó en este estudio entre las fechas de trasplante; la diferencia entre Te y Ta fue de 300 a 400 MJ/m² para los ciclos agrícolas 2015/16 y 2016/17, respectivamente. Esta diferencia se asocia principalmente a la primera etapa del ciclo ya que los tiempos a cosecha entre las fechas de trasplante variaron solo una semana (datos no mostrados). Sin embargo, este plus de radiación incidente no se ve reflejado en la radiación interceptada acumulada por el cultivo al final del ciclo que es similar entre fechas de trasplante, lo que justifica la no diferencia entre fechas de trasplante para MSh.

Asociado a la radiación interceptada acumulada y a la MSh, en los ciclos agrícolas 2013/14 y 2016/17, el IAF y

la MFE a cosecha no se diferenciaron entre las fechas de trasplante. En el ciclo agrícola 2015/16, el mayor IAF a cosecha de las plantas trasplantadas a mediados de septiembre no se vio reflejado en un mayor MSh. Esto podría estar asociado a que ocurrieron importantes precipitaciones durante la fase de activo crecimiento en este ciclo agrícola, lo que llevó a que el menor IAF de las plantas de Ta sea compensado con hojas con mayor MFE. Los valores de MFE a cosecha en los tres ciclos agrícolas variaron entre los 9,03 a 10,3 mg/cm², esto es similar al rango obtenido por Maw *et al.* (2009) (8,7 a 9,8 mg/cm², valores promedios de tres años); los valores más altos corresponden a los tratamientos con estrés.

Los valores de EUR obtenidos variaron entre los 0,46 y 0,53 g/MJ, resultando inferiores a los valores de 0,74 y 0,95 g/MJ reportados por Ceotto y Castelli (2002). Estas

diferencias se deben a que en este estudio la eficiencia fue calculada en función de la radiación incidente, mientras que Ceotto y Castelli (2002) utilizaron para su cálculo la radiación fotosintéticamente activa; la relación entre ambas es cercana a 0,5 (Monteith, 1972), por lo que los valores de EUR son similares. Estos autores sugieren que la baja EUR luego de la fase vegetativa se debe a que al realizar el desflore y la aplicación de desbrotador se impondría una fuerte limitación por destino al cultivo y consecuentemente obstaculizaría el crecimiento de este. A esto se le podría sumar que, debido a la cosecha escalonada de hojas en activo crecimiento, que ante el desflore y desbrote actuarían como destinos prioritarios, la limitación por destinos se agrava. Esta limitación por destino incrementaría el Pi (fósforo inorgánico) en el citosol, por lo que los productos de la fotosíntesis son rápidamente sacados del cloroplasto en forma de triosa fosfato y cambiado por Pi (Ceotto y Castelli., 2002), ralentizando la fotosíntesis.

Reponer el 50% de la NR no modificó MSh, IAF ni MFE para ninguno de los momentos evaluados de los ciclos agrícolas 2015/16 y 2016/17 (donde se utilizó fertilizante líquido). Sin embargo, en el ciclo agrícola 2013/14, donde la fertilización se realizó con fertilizante sólido, la MSh y el IAF a cosecha fueron significativamente menores en el tratamiento de 50% de la NR. Esto demuestra que el tabaco podría penalizar su rendimiento con un déficit hídrico del 50% de NR si se aplica fertilizante sólido, situación poco probable si se utiliza riego presurizado. Estos resultados difieren de los de Sifola (2010) en tabaco Burley quien observó una disminución del rendimiento de 31 y 10% al comparar dos tratamientos de deficiencia de riego del 50% de ETc impuestos como déficit convencional o por la alternancia de surco regado respectivamente. Ledesma (2012) afirma que el desarrollo vegetativo y la producción del cultivo de tabaco responde de manera diferencial a los niveles de reposición de agua, y que con métodos donde se asegure una alta frecuencia de reposición existe la posibilidad de imponer estrategias de riego deficitario, por lo que la aplicación del estrés con riego de alta frecuencia puede haber influenciado positivamente en los resultados.

El ciclo agrícola 2013/14 presentó la menor EUApr y EUAr debido a que en este ciclo agrícola se utilizó fertilización sólida, la cual podría haber disminuido el potencial osmótico del suelo dificultando el aprovechamiento del agua y del mismo fertilizante por el cultivo. Esta situación se agravó cuando se aplicó el 50% de la NR.

Mientras menor cantidad de agua (precipitación + riego) recibió el cultivo, mayor EUApr y EUAr presentó, por lo que la plantación Ta y la reposición del 50% de NR han generado más eficiencia en el uso de este recurso. En tabaco Burley la eficiencia de uso de agua de riego calculada en función del rendimiento y los milímetros de agua aplicados no se diferenció entre el testigo y los tratamientos de estrés, sin embargo, los tratamientos deficitarios fueron más eficientes que el control (Sifola, 2010).

En las condiciones climáticas del Valle de Lerma (Cerrillos, Salta) la reposición con hasta el 50% de NR con riego

de alta frecuencia durante el período de estiaje le permite al cultivo mantener la producción de MSh, IAF, MFE, independientemente de la fecha de trasplante. Además de no penalizar el rendimiento, este tratamiento deficitario no disminuye la EUR y para una misma fecha de trasplante incrementa la EUAr, por lo que se considera que es una alternativa viable para la zona. Sin embargo, estudios que consideren la calidad de la hoja deberían ser llevados a cabo para reafirmar estos resultados.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado por los proyectos PNIND 1108064 y PRET SALJU N° 1232102 del INTA, y el Trabajo N° 2202 del Consejo de Investigación de la Universidad Nacional de Salta. Agradecemos la colaboración Lucas Quispe y Julieta Herrera Onaga, y de todos los integrantes del área de Ecofisiología de Cultivos de la EEA Salta de INTA.

BIBLIOGRAFÍA

- ALLEN, R.G.; PERIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M, 2006. Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Estudio FAO Riego y Drenaje 56. Roma, Italia. 298 p.
- ÁVILA, N.; DIEZ J.; LEDESMA F.; YÁÑEZ E.; PAOLI, H. 2015. Evaluación de la dinámica del agua en lotes de tabaco con y sin antecedentes de amarillamiento en el Valle de Lerma. Anales de resúmenes del xxv Congreso Nacional del Agua. Paraná, Entre Ríos. 183 p.
- BALLARI, M.H. 2005. Tabaco Virginia. Aspectos ecofisiológicos y de la nutrición en condiciones de cultivo. 1.ª ed. Córdoba, Argentina. 224 p.
- BLANCO, L.E.; YÁÑEZ, C.E.; QUIROGA, I. 1989. Riego en tabaco Virginia. Informe final del trabajo N.º 07:2165. Estación Experimental, Salta. INTA-
- CEOTTO, E.; CASTELLI, F. 2002. Radiation-use efficiency in flue-cured tobacco (*Nicotiana tabacum* L.): response to nitrogen supply, climatic variability and sink limitations. *Field Crops Research* 74, 117-130.
- DIEZ, J. 2011. Optimización en el uso de los recursos hídricos y nutricionales por el tabaco Virginia en el departamento de Chichina (Salta). Tesis Magister Scientiae en Producción Vegetal. Escuela para Graduados Alberto Soriano. Universidad Nacional de Buenos Aires. 102 p. (Disponible: <http://ri.agro.uba.ar/files/download/tesis/maestria/2011diezjosefina.pdf>).
- DIEZ, J.; TONCOVICH, M.E.; RODRÍGUEZ, M.B. 2014. Fecha de trasplante y requerimientos de nutrientes (N-P-K) en los lotes tabacaleros de Salta (Argentina). *Ciencia del suelo* 32(2), 209-218.
- DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. 1979. Yield response to water. FAO Irrigation and Drainage Paper N.º 33. Roma, Italia. 193 p.
- FERERES, E.; SORIANO, M.A. 2007. Deficit irrigation for reducing agricultural water use. *Journal of Experimental Botany* 58 (2), 147-159.
- HAWKS, S.N.; COLLINS, W.K.; KITTRELL, B.U. 1976. Effects of transplanting date, nitrogen rate and rate of harvest on extending the harvest of flue cured tobacco. *Tobacco Science* 20, 51-54.
- JENSEN C. R.; ØRUM J. E.; PEDERSEN S. M.; ANDERSEN M. N.; PLAUBORG F.; LIU F.; JACOBSEN S.E. 2014. A Short Overview of Measures for Securing Water Resources for Irrigated Crop Production. *J Agro Crop Sci* 200, 333-343.

- KARAM, F.; MASAAD, R.; BACHOUR, R.; RHAYEM, C.; ROUPHAEL, Y. 2009. Water and radiation use efficiencies in drip-irrigated pepper (*Capsicum annum* L.): Response to full and deficit irrigation regimes. *Europ. J. Hort. Sci.* 74, 79-85.
- LEDESMA, M.F. 2012. Evaluación del efecto de distintos regímenes de riego como estrategia de riego deficitario controlado en Tabaco. Tesis de Magister en Riego y Drenaje. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo. 77 p. (Disponible: <https://inta.gob.ar/documentos/evaluacion-del-efecto-de-distintos-regimenes-de-riego-como-estrategia-de-riego-deficitario-controlado-en-tabaco-nicotiana-tabacum-l>).
- MAW, B.W.; STANSELL, J.R.; MULLINIX, B.G. 2009. Soil-plant-water relationships for flue-cured Tobacco. Research Bulletin Cooperative Extension, Universidad de Georgia. 427.
- MINER, G.S. 1978. The effects of seedling age transplanting date on yield quality of flue-cured tobacco and on harvest extension. *Tabacco Science* 22, 118-121.
- MIRALLES, J.D.; FERRO, B.C.; SLAFER, G.A. 2001. Developmental responses to sowing date in wheat, barley and rapeseed. *Field Crop Research* 71, 211-223.
- MONTEITH, J.L. 1972. Solar Radiation and Productivity in Tropical Ecosystems. *The Journal of Applied Ecology* 9 (3), 747-766.
- NADIR, A.R.; OSINAGA, R.; ZAPATER, M.A.; MATTALIA, M.C. 2004. Diagnóstico. Programa de desarrollo para pequeños productores tabacaleros. Administración fondo especial del tabaco. EEA Cerrillos, Salta. 80 p.
- ORTEGA, A. 2007. Absorción de macronutrientes y acumulación de materia seca de tabaco tipo Virginia en el Valle de Lerma (Salta). EEA Salta. INTA. 7p.
- PROSAP. 2015. Proyecto de reconversión productiva del área tabacalera del Río Toro, el proyecto de riego presurizado gravitacional más importante de América del Sur. (Disponible: <http://www.proyectorioro.org> verificado: 02 de febrero de 2018).
- RANJBAR, R.; TAGHAVI, R. 2006. Determination of maximum allowable depletion fraction in different stages of growth for Oriental tobacco, variety B.S.31. Agronomy/Phytopathology Groups. Conferencia llevada a cabo en el Congreso CORESTA, París.
- SALEHZADE, H.; MOGADDAM, A.F.; BERNOSI, I.; GHYASI, M.; AMINI, P. 2009. The effect of irrigation regimes on yield and chemical quality of oriental Tobacco in west Azerbaijan. *Research Journal of Biological Science* 4 (5), 632-636.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y PESCA DE LA NACIÓN. 2011. Impacto regional del convenio marco para el control del Tabaco. 1.ª ed. Buenos Aires, Argentina. 112 p.
- SIFOLA, M.I. 2010. Yield response and nitrogen accumulation of furrow-irrigated. *Agrochimica* (54), 13-24.
- TAPIA REYNA, D.; DIEZ, J.; LEDESMA, F.; YÁÑEZ, C.; PAOLI, H.; ANUCH, J. 2015. Efecto del riego deficitario controlado en la producción de tabaco tipo Virginia. Anales de resúmenes del xxv Congreso Nacional del Agua. Paraná, Entre Ríos. 233 p.
- TSO, T.C. 1990. Production, Physiology, and Biochemistry of Tobacco Plant. Institute of International Development & Education in Agricultural and Life Sciences, Maryland, EUA. 753 p.
- WILKINSON, W.C.; FISHER, L.; SMITH, W.D.; ORDAN, D.J. 2008. Effects of stands loss, planting date and replanting method on yield and quality of flue-cured tobacco. *Tabacco Science* 47, 44-52.
- YÁÑEZ, C.E. 2002. Necesidades de Agua y Riego para 20 localidades de Salta y Jujuy [CD-ROM]. EEA Cerrillos. INTA, Salta, Argentina.