

FECHA DE TRASPLANTE Y REQUERIMIENTOS DE NUTRIENTES (N-P-K) EN LOTES TABACALEROS DE SALTA (ARGENTINA)

JOSEFINA DIEZ*¹; MARÍA ELENA TONCOVICH² & MÓNICA BEATRIZ RODRÍGUEZ³

Recibido: 01-03-14

Recibido con revisiones: 15-08-14

Aceptado: 16-09-14

RESUMEN

El tabaco Virginia que se cultiva en lotes de pequeños productores en Chicoana (Salta) es fertilizado con N-P y K en función de objetivos de producción y calidad. La variación en la fecha de trasplante puede afectar el rendimiento y consecuentemente la demanda de nutrientes incidiendo sobre el ajuste de la dosis de fertilización. Se hipotetizó que el atraso en la fecha de trasplante reduciría el rendimiento del tabaco y consecuentemente la demanda de nutrientes, por menor área foliar resultante y niveles disminuidos de radiación fotosintéticamente activa (Ra). El objetivo del trabajo fue determinar el efecto de la fecha de plantación (temprana: PTE y tardía: PTA) sobre la producción de materia seca y los niveles de nutrientes absorbidos (N, P y K) en plantas de tabaco cultivado en lotes productivos de Chicoana (Salta). En varios momentos fenológicos: adaptación (Ad), altura de rodilla (AR), floración-desflore (FD) y maduración-cosecha (MC), se tomaron muestras vegetales para determinar MS y N, P y K absorbidos en hoja, tallo y raíz. También se estimó el Tiempo térmico (TT) y la Radiación fotosintéticamente activa (Ra). Los resultados obtenidos mostraron que la plantación temprana favoreció la producción de materia seca incrementando significativamente la demanda de N, P y K. En MC los niveles de absorción de N, K y P en la fecha temprana fueron mayores respecto de la tardía (109 vs 65 kg N ha⁻¹; 175 vs 106,07 kg K ha⁻¹; 8 vs 5 kg P ha⁻¹ respectivamente). Los valores de Ra resultaron en un 50% superiores en el grupo transplantado temprano, pudiendo ser vinculados con la expansión del área foliar y la generación de mayor biomasa. Los resultados aportan al mejoramiento del ajuste de las dosis de fertilizantes ya que permiten establecer en qué medida la variación en la fecha de plantación afecta la demanda de nutrientes.

Palabras clave. Nutrientes, fecha de trasplante, producción.

TOBACCO PLANTING DATE AND NUTRIENT UPTAKE (N, P AND K) IN PRODUCTION PLOTS (SALTA-ARGENTINA)

ABSTRACT

Virginia tobacco is cultivated in small plots belonging Chicoana farmers (Salta) and it is fertilized with N, P and K depending on the production and quality objectives. The variation in the planting date could influence yield and consequently the nutrient uptake. We hypothesize that a delay in the planting date could reduce the tobacco yield and consequently, decrease nutrient uptake due to less IAF and photosynthetically active radiation (PAR). The objective of this study was to determine the effect of the planting date: Early planting date and Late planting date (EPD and LPD respectively) on the tobacco yields and nutrient uptake (N, P and K) in small plots in Chicoana. Plant biomass was weighed, and tissue samples were analyzed to determine N, P and K absorbed by leaf, stem and roots. Samples were taken in four phenological stages: adaptation (Ad), height to knee (K); Flowering- unflowering (FU) and maturation-harvest (MH). Degree days (TT) and photosynthetical active radiation (Ra) were also estimated. The results indicated that an early planting date produced a higher biomass, thus increasing nutrient requirements significantly (N, P and K). In the MH stage, N, K and P absorption levels for EPD resulted higher than the LPD group (109 vs 65 kg N ha⁻¹; 175 vs 106,07 kg K ha⁻¹; 8 vs 5 kg P ha⁻¹ respectively). PAR values resulted 50% higher in EPD than LPD and could be related to the IAF values and biomass production. These results contribute to optimize the fertilizer rates according to the planting dates.

Key words. Nutrients, planting date, production.

1 INTA EEA Salta; 2 Universidad Nacional de Salta.

3 Cátedra de Fertilidad y Fertilizantes. Facultad de Agronomía – Universidad de Buenos Aires.

*Autor de contacto: diez.josefina@inta.gob.ar

INTRODUCCIÓN

El tabaco tipo Virginia es un cultivo importante en la Argentina ubicándose el 28% de la producción nacional en la provincia de Salta (MAGyP, 2011). El logro de objetivos de producción y calidad dependen, entre otros factores, de la disponibilidad de nutrientes, principalmente N, P y K (Lopez-Lefebre *et al.*, 2001). El desarrollo y calidad del tabaco son afectados por el tiempo y forma de absorción del nitrógeno junto con su tasa de aplicación y concentración en la hoja (Bowman, 1970; Elliot & Court, 1978; Weybrew *et al.*, 1983; Edwards, 2005). Uno de los principales problemas del manejo del cultivo de tabaco en el mundo es la aplicación de altas dosis de fertilizantes, principalmente nitrogenados siendo escasos los estudios referidos a la eficiencia en el uso del N (Sifola & Postiglione, 2003). Dosis elevadas de N generan altos costos de producción, riesgos de contaminación de suelos y aguas, sin beneficios para el cultivo (Sifola & Postiglione, 2003). Es así como la acumulación de N en la hoja por aplicación de dosis excesivas de fertilizante nitrogenado perjudican su calidad. Los nitratos, nitritos y nicotina han sido reportados como precursores de N-nitrosaminas específicas del tabaco, altamente cancerígenas (Tso, 1990). Además, elevados contenidos de proteína reducen la aptitud para el encendido (Mc Cants & Woltz, 1967). La mejora en la eficiencia de uso del N viene siendo un objetivo prioritario en la generación de nuevos cultivares (Sisson *et al.*, 1991) y depende del conocimiento de los niveles de N requeridos por el tabaco en cada uno de los ambientes donde se cultiva.

El K por su parte, es el elemento mineral que la planta de tabaco absorbe en mayor cantidad. El ritmo de absorción de este elemento varía considerablemente durante el ciclo vegetativo; es muy alto en las primeras fases de crecimiento y disminuye rápidamente durante las últimas semanas (Hawks & Collins, 1986). El K es absorbido en cantidades similares al N, pero con diferente partición en la planta ya que después de la cosecha un 65% del nutriente queda acumulado en tallos y raíces (Moustakas & Ntzanis, 2005). Su contenido en planta afecta de manera positiva la combustibilidad y otras características deseables en hojas curadas, como elasticidad e intensidad del color en menor medida (Ballari, 2005). La distribución de K en la planta de tabaco indica que este nutriente es importante inclusive después del desflore (McCants & Woltz, 1967).

La absorción de P a diferencia del N y el K, se produce de un modo bastante constante durante todo el período de desarrollo del tabaco. No obstante ello, la influencia de la fertilización fosforada sobre el desarrollo de la planta de

tabaco es más importante al principio del período de crecimiento (Hawks & Collins, 1986). El efecto principal del P en el tabaco es la disminución del tiempo requerido para que la planta alcance la madurez (Fernández de Ulivarri, 1990). Asimismo, el P contribuye a mejorar el color de la hoja curada y su calidad por presentar una relación positiva con el contenido de azúcar (Tso, 1990).

El valor del producto en la comercialización es afectado directamente por los tratamientos de fertilización (Chouteau & Fauconnier, 1993). El desarrollo de un programa de fertilización requiere del conocimiento de la cantidad de nutriente absorbido que determina el máximo rendimiento, la tasa de absorción del nutriente que se corresponde con el período de máxima absorción del mismo y la distribución de éste en la planta (hojas, tallos y raíces) durante la maduración. Estos datos permitirán determinar la cantidad de nutriente que será removido del campo durante la cosecha (Moustakas & Ntzanis, 2005). En Chicoana (Salta) aunque los lotes de tabaco de los pequeños productores son fertilizados con el fin de obtener determinados objetivos de producción y calidad, las dosis que se utilizan distan de ser las más eficientes por ser insuficiente la información disponible en particular aquella referida al efecto de factores de manejo y ambientales (Osinaga *et al.*, 2004). Entre los factores que condicionan la necesidad de nutrientes del tabaco en esta zona, la fecha de trasplante es uno de los más importantes, ya que limitaciones operativas, agronómicas y/o estratégicas condicionan la posibilidad de realizar la plantación en la fecha óptima. La oportunidad de plantación conlleva modificaciones en la oferta climática (en particular térmicas y radioactivas) que se reflejarán en las tasas de crecimiento y el rendimiento cuali-cuantitativo del tabaco entre otros factores (Ballari, 2005). Bajo condiciones de cultivo sin limitaciones hídricas ni nutricionales, las plantaciones tempranas (septiembre) resultan en mayores rendimientos que las tardías (octubre). Se vincula este punto a un alargamiento del "tiempo en el campo" que repercute en los días de aprovechamiento de la oferta radioactiva estacional. La radiación interceptada condiciona la producción de MS y ésta la necesidad de nutrientes, sugiriendo que las plantaciones tempranas presentarán niveles más elevados de producción vinculados a mayores exigencias nutricionales (Ballari, 2005). Sin embargo, el efecto del retraso en la fecha de plantación sobre el rendimiento puede resultar variable. La demora en la plantación de 2 a 5 semanas produjo merma en los rendimientos, aunque sin daño a la calidad en lotes de tabaco cultivados en Carolina del Norte (USA) (Wilkinson *et al.*, 2007/2008). Asimismo, Hawks *et al.* (1976) indicaron que el rendimiento de tabaco se redujo aproxima-

damente 8% por semana a partir de 3 y hasta 5 semanas después de la fecha normal de plantación. Sin embargo, Miner (1978) informó que en 3 de las 5 localidades estudiadas, no hubo reducciones en el rendimiento del tabaco plantado de 2 a 4 semanas más tarde.

En Chicoana, se presentan limitaciones hídricas que podrían, en combinación con la fecha de trasplante, afectar el objetivo de rendimiento y consecuentemente la demanda de nutrientes del tabaco. En esta zona, se fertiliza durante el período de estiaje (mínima oferta de agua de riego en primavera) (Yáñez, 1984); de modo que la frecuencia y número de riegos depende de los turnados establecidos por cada consorcio, pudiendo variar entre siete y diez riegos, resultando los intervalos de riego excesivamente largos debido a que el pico de demanda coincide con el período de menor oferta (Osinaga *et al.*, 2004). Dicha circunstancia afecta la provisión de agua en los momentos adecuados pudiendo limitar la absorción de nitrógeno, principalmente.

Debido a la escasa información disponible acerca de la incidencia de la fecha de plantación en el aprovechamiento de los nutrientes por el tabaco en lotes de producción se plantea como objetivo determinar la producción de biomasa y los niveles de N, P y K absorbidos por la planta, las tasas de absorción y la partición de los mismos en el tabaco cultivado en lotes fertilizados de Chicoana. Se hipotetiza que la fecha de plantación temprana incidirá en la producción de materia seca producida por el tabaco incrementando los niveles de N; P y K requeridos por la planta.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo durante la campaña 2006/2007 en 13 lotes de tabaco tipo Virginia distribuidos en el Departamento de Chicoana, ubicado en el centro del Valle de Lerma, provincia de Salta (65°16' - 65°54' long W y 25°00' - 25°18' lat S). Los suelos de los lotes estudiados se clasifican como: Haplustoles típicos, Haplustoles fluvénticos y Ustipsamientos líticos, cuyas texturas varían de francas a franco arenosas, con presencia de piedras. Los lotes recibieron el riego y la fertilización según el manejo habitual del tabaco en la zona, es decir: 500 a 600 kg ha⁻¹ de fertilización de base de 11-17-24 y 100 a 150 kg ha⁻¹ de 13-00-44 de repique (grado equivalente). La variedad de tabaco cultivada fue la K326.

Los lotes fueron divididos en dos grupos, que se diferenciaron por la fecha de plantación:

- Plantación temprana (PTE): realizada a fines de septiembre (6 lotes)

- Plantación tardía (PTA): realizada a fines de octubre (7 lotes).

En la cabecera de cada lote se delimitó una parcela de 90 m x 25 m donde se seleccionaron 3 surcos para la recolección de las muestras.

Se realizaron determinaciones en planta en cuatro estados fenológicos del cultivo: adaptación (Ad), altura de rodilla (AR), floración-desflore (FD) y maduración-cosecha (MC). Se recolectaron dos plantas consecutivas elegidas al azar en cada surco, a excepción del momento Ad en el que se recogieron seis plantas con el fin de garantizar la cantidad de materia seca necesaria para los análisis de laboratorio.

Cada planta fue extraída del suelo excavando un pozo alrededor de la misma cuidando no dañar las raíces. Una vez en el laboratorio, fueron lavadas con agua corriente para remover los restos de suelo. Con el fin de efectuar las determinaciones analíticas, las hojas, tallos y raíces de cada una de las plantas fueron separados para conformar una muestra compuesta por parcela experimental.

Las determinaciones analíticas realizadas en planta fueron:

- Materia seca acumulada (MS) (gravimetría a 70 °C) (Chapman & Prat, 1973).
- Nutrientes absorbidos: N total (micro-Kjeldahl), P total (extracción "vía húmeda" y cuantificación colorimétrica) y K total (extracción "vía húmeda" y cuantificación por fotometría de llama) (Quiroga & Corvalán, 1988).

Las estimaciones realizadas para las diferentes etapas del ciclo fueron:

- Tiempo térmico (TT): tiempo térmico para las diferentes etapas del ciclo se estimó a partir de la siguiente expresión (Miralles *et al.*, 2003):

$$TT = \sum (T_m - T_b) \quad [1]$$

TT: es el tiempo térmico acumulado para una etapa determinada de la ontogenia del cultivo; T_m: temperatura media diaria; T_b: temperatura base. Se consideró 10 °C para el cultivo de tabaco var K326 (Ortega, 2010).

- Radiación fotosintéticamente activa (Ra): La radiación solar o de onda corta se calculó a través de la fórmula de Angstrom (Allen *et al.*, 2006) que relaciona la radiación solar con la radiación extraterrestre y la duración relativa de la insolación:

$$R_s = \left(a_s + b_s \times \frac{n}{N} \right) \times R_a \quad [2]$$

Rs: radiación solar o de onda corta ($\text{MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$); a_s : constante de regresión, que expresa la fracción de radiación extraterrestre que llega a la tierra en días muy nublados ($n=0$); $a_s + b_s$: fracción de la radiación extraterrestre que llega a la tierra en días despejados ($n=N$); n : duración real de la insolación (horas) (dato aportado por la estación agro meteorológica del INTA EEA Salta); N : duración máxima posible de la insolación (horas); n/N : duración relativa de la insolación (-); R_a : radiación extraterrestre ($\text{MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$);

A su vez, N se obtuvo mediante la siguiente ecuación:

$$N = \frac{24}{\pi} \omega_s \quad [3]$$

ω_s : ángulo de radiación a la puesta del sol (rad)

La radiación extraterrestre para cada día del año se estimó de acuerdo al procedimiento propuesto en el Manual de la FAO N°56 (Allen *et al.*, 2006).

Las diferencias en los valores de las variables determinadas y estimadas entre los grupos PTA y PTE se detectaron con prueba T de Student (InfoStat, 2008).

RESULTADOS

Efecto de la fecha de plantación sobre la producción de MS y absorción de nutrientes (N, K, P)

Los valores de MS medidos en planta presentaron un rango de variación comprendido entre 2200 y 9000 kg ha^{-1} mientras que los valores de MS medida en hoja a cosecha variaron entre 1300 y 5700 kg ha^{-1} . La fecha de plantación afectó significativamente los valores de MS independientemente del órgano de la planta y el momento fenológico, siendo siempre superiores aquellos niveles correspondientes a la plantación temprana (PTE) (Fig. 1a).

La plantación temprana produjo incrementos significativos en los valores de MS de hoja en los momentos FD y MC. Similar tendencia fue detectada para los valores de MS en raíces aunque sólo para el momento FD. Los valores de MS de tallo no mostraron diferencias entre momentos fenológicos. En consecuencia, la plantación temprana produjo mayores valores de MS de planta entera, con diferencias significativas para el período FD.

Los niveles de nutrientes N, P y K absorbidos en los diferentes órganos de la planta también fueron condicionados por el momento de plantación independientemente del nutriente considerado, órgano de la planta y momento fenológico (Fig. 1 b, c y d.).

Con respecto al N absorbido, tanto el N medido en hoja como en tallo y raíz en los tratamientos plantados temprano (PTE) resultaron significativamente superiores para el momento FD (Fig. 1 b). El N absorbido en hoja también resultó superior en plantaciones tempranas en el momento MC. Considerando la planta entera, el N absorbido fue significativamente superior en plantaciones tempranas para los momentos FD y MC.

El K absorbido siguió la misma tendencia que el N absorbido, salvo con respecto a los niveles de K medido en tallo que no mostraron diferencias entre momentos de plantación (Fig. 1 c). Es decir, que la plantación temprana también causó mayores niveles de K absorbido en la planta entera para los momentos FD y MC.

Los niveles de P absorbido mostraron una tendencia similar a la observada para la MS, el N absorbido y el K absorbido aunque con leves diferencias (Fig. 1 d) ya que el P absorbido en hoja resultó superior en plantaciones tempranas sólo para el MC. En FD sólo se observaron diferencias significativas entre momentos de plantación para los valores de P absorbido en raíces. Estos valores indican que los niveles de P absorbido en planta entera fueron significativamente superiores para el grupo plantado temprano en el momento MC.

Las relaciones entre los niveles de MS, N, P y K correspondientes a la hoja, tallo y raíz de tabaco se presentan en la Figura 2.

Con respecto a la incidencia del momento de plantación sobre las relaciones entre órganos de la planta medidos en el experimento, sólo se observaron diferencias significativas para la MS y el N absorbido. Es así como tanto las relaciones

MS hoja/MS tallo como Nabs hoja/Nabs tallo resultaron significativamente superiores en los tratamientos plantados temprano.

Dinámica de absorción de nutrientes

Los requerimientos de N, K y P fueron bajos en la primera etapa del ciclo (Ad). La hoja fue el órgano de la planta que presentó los mayores niveles de acumulación de los tres nutrientes, los cuales no superaron el 7% de los totales absorbidos (Fig. 3).

En ninguno de los momentos fenológicos evaluados la fecha de plantación afectó la partición de nutrientes en la planta. En floración, el tabaco plantado temprano había absorbido el 98% del K, valor superior al 70% observado

Figura 1. Producción de (a) *MS* de planta, tallo y raíz y acumulación de (b) *N*, (c) *K* y (d) *P* en la planta, hoja, tallo y raíz de tabaco en diferentes momentos (Ad: adaptación, AR: altura de rodilla, FD: floración-desflore, MC: maduración cosecha) para los grupos productivos PTE y PTA (plantación temprana y tardía). Letras minúsculas indican diferencias significativas ($p < 0.01$) entre grupos PTE y PTA para cada órgano de la planta y nivel de tiempo térmico

Figure 1. Production of (a) plant dry matter (*MS*), stem and root, and (b) *N*, (c) *K* and (d) *P* accumulation in plant, leaf, stem and root of tobacco at different times (Ad: adaptation, AR: knee height, FD: Bloom-deflowering, MC: ripening-harvest) for productive groups PTE and PTA (early and late planting). Small letters indicate significant differences ($p < 0.01$) between PTE and PTA for plant parts and termic times.

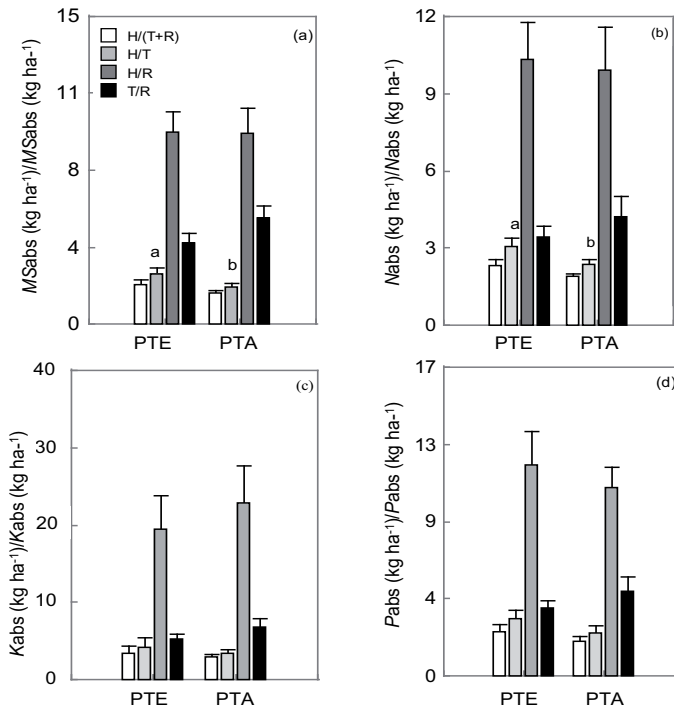
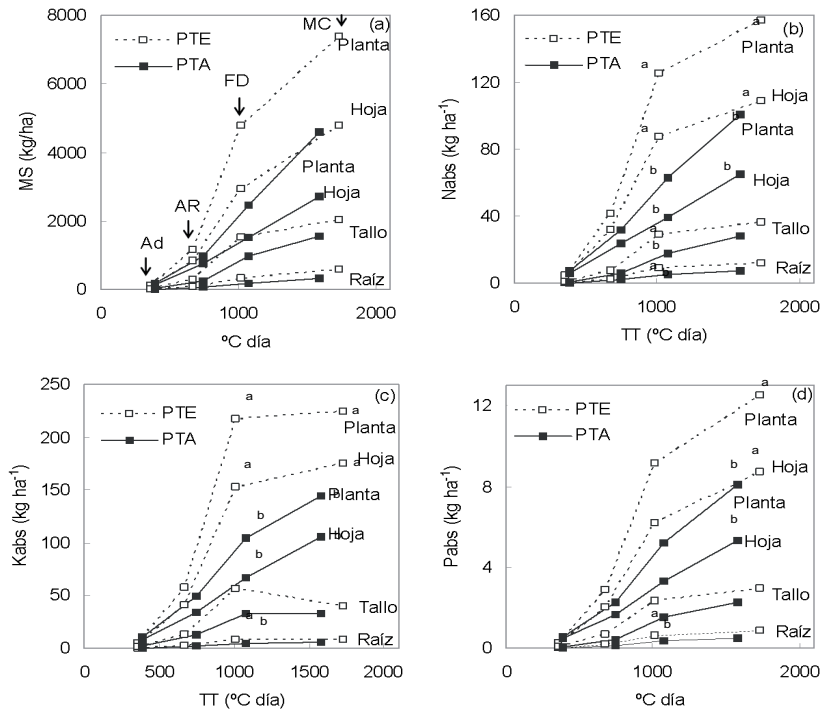


Figura 2. Relaciones de (a) *MS* producida, (b) *N*, (c) *K* y (d) *P* absorbidos entre las diferentes partes de la planta para los grupos de plantación temprana (PTE) y tardía (PTA) (medias \pm error estándar). Las barras en cada columna indican el error estándar de la media. Letras minúsculas distintas para una misma relación indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) entre grupos productivos. (H: hojas, T: tallo y R: raíz).

Figure 2. Dry biomass (a), *N* (b), *K* (c) and *P* (d) uptake for different plant parts for early and late planting groups (mean \pm standard error). The bars in each column indicate the standard error of the mean. Different lowercase letters indicate statistically significant differences ($p < 0.05$) between production groups (H, sheets, T: stem and R: root).

en el grupo tardío, correspondiendo a la hoja el 60% del total del *K* absorbido en ambos grupos. En el caso del *N*, en este mismo estadio, la planta absorbió alrededor del 75% del total (50% destinado a la hoja), mientras que para el *P* en planta se observó una absorción de aproximadamente un 70% (46% destinado a la hoja) (Fig. 3).

A cosecha, las hojas absorbieron del 65 al 70% de los totales de *N*, *P* y *K* absorbidos. En la raíz se absorbió alrededor del 7% del total de *N* y *P*, mientras que para *K* fue del 4%. La proporción de *N*, *P* y *K* para el tallo al finalizar el ciclo del cultivo varió aproximadamente entre 20 al 25% (Fig. 3).

En el estado MC, la *MS* de hoja representó aproximadamente el 60-65% respecto de la planta entera. En cambio, la proporción de *MS* de tallo varió entre 25 y 35%, siendo el grupo PTA el que presentó la mayor proporción en la campaña. La proporción de raíces fue muy baja, inferior al 8% en ambos grupos (Tabla 1).

Tabla 1. Proporción de *MS* en hoja, tallo y raíz (%) de tabaco tipo Virginia en el estado MC (maduración-cosecha), para los grupos de plantación temprana (PTE) y tardía (PTA) (medias \pm error estándar). Letras minúsculas distintas para un mismo órgano indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre grupos productivos.

Table 1. Proportion of dry matter (*DM*) in leaf, stem and root (%) of tobacco Virginia type in the MC (harvest maturity) stage, for groups of early (PTE) and late planting (PTA) (means \pm standard error). Different lowercase letters for the same plant part indicate statistically significant differences ($p < 0,05$) between production groups.

Órgano de la planta	Proporción de Materia Seca respecto a la planta entera(%)	
	PTE	PTA
Hoja	65,0 \pm 2,3	59,3 \pm 2,0
Tallo	27,6 \pm 2,3b	33,8 \pm 1,7a
Raíz	7,5 \pm 1,0	6,9 \pm 0,7

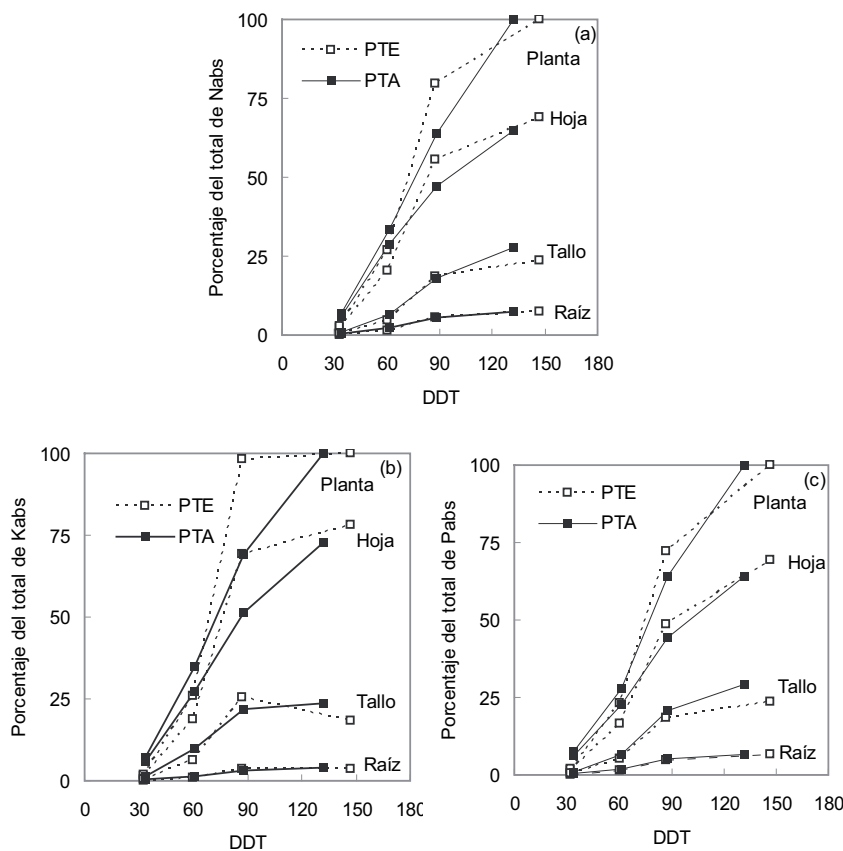


Figura 3. Porcentaje de (a) *N*, (b) *K* y (c) *P* en diferentes órganos de la planta de tabaco en función de los días después del trasplante para grupos de plantación temprana (PTE) y tardía (PTA) en diferentes momentos del ciclo (Ad: adaptación, AR: altura de rodilla, FD: floración-desflore y MC: maduración-cosecha).

Figure 3. *N*(a), *K* (b) and *P*(c) percentages in different organs of the tobacco plant according to the days after transplantation early (PTE) and late planting (PTA) groups at different moments of the crop cycle (Ad: adaptation, AR: knee height, FD: bloom-deflowering and MC: Maturation-harvest).

Estados fenológicos y duración de las fases

Las duraciones de las fases de cultivo correspondientes a los grupos PTE y PTA (plantación temprana y tardía) se muestran en la Figura 4.

El grupo de plantación temprana superó al grupo tardío en 20 días resultando el período FD-MC significativamente más largo ($p < 0,06$) respecto de PTA. Si se considera el tiempo térmico, la longitud de las fases presentó diferencias significativas entre ambos grupos productivos en el período comprendido entre FD y MC ($p = 0,01$). No obstante las diferencias observadas, la finalización de la cosecha para ambos grupos se produjo en fechas similares.

El momento de plantación también incrementó significativamente los niveles de radiación fotosintéticamente activa disponible. Estos valores resultaron significativamente superiores para el momento FD-MC en los tratamientos plantados temprano (Tabla 2).

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos permiten establecer que la plantación temprana indujo mayores niveles de MS en planta, hoja y raíces en la etapa FD mientras que en el momento MC dicho efecto se detectó sólo en MS hoja. Los

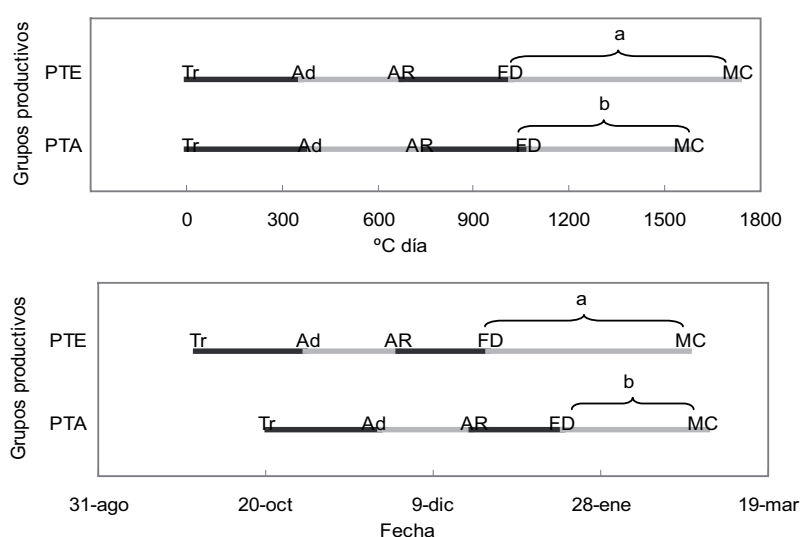


Figura 4. Duración de las diferentes fases de cultivo (Tr: trasplante, Ad: adaptación, AR: altura de rodilla, FD: floración-desflore y MC: maduración-cosecha) para los grupos productivos PTE y PTA (plantación temprana y tardía) correspondientes a la campaña 2006/2007.

Figure 4. Duration of different stages of cultivation (Tr: transplant Ad: adaptation, AR: knee height, FD: Bloom-deflowering and MC: Maturation-harvest). Expressed in degree days (a) and date (b) for PTE and PTA (early and late planting date).

Tabla 2. Radiación fotosintéticamente activa (Ra) disponible en diferentes momentos del ciclo para los grupos PTE y PTA (plantación temprana y tardía). Solamente se utilizan letras diferentes cuando se observan diferencias estadísticamente significativas entre grupos productivos para un mismo momento ($p < 0,05$). ($p < 0,05$) (medias \pm error estándar).

Table 2. Photosynthetically active radiation (Ra) available at different crop stages for PTE and PTA groups (early and late planting). Different lowercase letters are used only when statistically significant differences between productive groups were observed within periods ($p < 0.05$) (mean \pm standard error).

Etapa del ciclo del cultivo	Ra estimada acumulada en cada período (MJ m ⁻²)	
	PTE	PTA
Tr-Ad	326,6 \pm 8,21	345,6 \pm 13,0
Ad-AR	279,4 \pm 44,4	297,9 \pm 54,1
AR-FD	277,8 \pm 26,3	264,2 \pm 29,1
FD-MC	567,4 \pm 27,8 a	395,7 \pm 41,3 b

Tr: trasplante, Ad: adaptación, AR: altura de rodilla, FD: floración-desflore, MC: maduración-cosecha.

valores de *MS* en planta entera variaron entre 2439 y 7398 kg ha⁻¹, resultando dentro de los rangos informados por otros autores en estudios realizados en la zona y en el exterior. Por ejemplo, en un ensayo efectuado en la EEA Salta se obtuvieron valores de *MS* en planta entera de 4895 kg ha⁻¹ (Suarez & Ortega, 2006). Dichos valores fueron duplicados (8300 kg ha⁻¹) en condiciones de cultivo sin limitaciones hídricas ni nutricionales (Ballari, 2005). La mayor tasa de producción de *MS* se observó en el período AR-FD resultando los valores del grupo de plantación temprana dos veces superiores a los del grupo tardío (130,11 kg ha⁻¹ día⁻¹ vs 61,13 kg ha⁻¹ día⁻¹ respectivamente). Este período de mayor tasa coincide con el informado por Moustakas & Ntzanis (2005), quienes reportaron que el máximo crecimiento ocurre cuando se alcanza el 50% del valor de máxima acumulación, período comprendido entre altura de rodilla y el estado de rápido crecimiento y elongación, entre los 41 y 75 días después del trasplante (DDT). De manera similar a lo observado en la planta entera, los valores de *MS* en hoja se encuentran dentro de los rangos observados por otros autores. En un ensayo local, se registraron 2000 kg ha⁻¹ y 3000 kg ha⁻¹ de *MS* de hoja con y sin restricción del nivel hídrico en el período crítico del cultivo respectivamente (Ledezma, 2012). La partición de la *MS* de hoja medida en MC observada varió entre el 60 y 65% de la planta entera, valores que resultan superiores a los citados en la bibliografía. La partición del tallo presentó la misma tendencia, con un rango de variación entre 25 y 35% y fue concordante con los resultados obtenidos en otros estudios, mientras que la proporción de raíz observada en nuestro trabajo fue muy inferior a la informada por otros autores, resultando menor al 10%. En un estudio realizado en la misma zona que el nuestro, se informó el 50% de partición destinado a la hoja en correspondencia con una producción de *MS* de hoja de 4500 kg ha⁻¹ (Ortega, 2007). Una partición similar (42% hoja, 33% tallo y 28,5% raíz) se observó en un experimento a campo en Grecia Occidental (Moustakas & Ntzanis, 2005).

Además de mayores valores de *MS*, el grupo de plantación temprana (PTE) presentó superioridad en los valores de Radiación fotosintéticamente activa (*Ra*). En las plantas del grupo PTE, la *Ra* estimada acumulada en el período FD-MC resultó un 50% superior a la observada para el grupo PTA. Estos valores explican la mayor mayor acumulación de *MS* de hoja en FD, relacionada con un área foliar más elevada (Ballari, 2005).

La variación en los valores de *MS* promovidos por la plantación temprana coincidieron con mayores requeri-

mientos de N, P y K evidenciados por los mayores valores de nutrientes absorbidos en planta entera, hoja, tallo y raíz. Respecto del N, los rangos de absorción de N obtenidos en MC en hoja y tallo variaron entre 30 a 110 y 20 a 40 kg ha⁻¹, respectivamente, siendo los valores superiores correspondientes al grupo de plantación temprana (PTE). Estos datos resultaron similares a los informados en la bibliografía: 109,0 kg ha⁻¹ (Moustakas & Ntzanis, 2005) y 101,2 kg ha⁻¹ (Marchetti *et al.*, 2006) para hoja y 32,2 kg ha⁻¹ para tallo (Moustakas & Ntzanis, 2005). En cambio, en el caso de la raíz, en nuestro estudio se registraron valores que variaron entre 4 y 12 kg ha⁻¹, muy inferiores a los 46,0 kg N ha⁻¹ absorbidos informados por Moustakas y Ntzanis (2005). Los bajos contenidos de nitrógeno en la raíz pueden ser explicados por la menor producción de materia seca de esta zona respecto a otras. El escaso desarrollo radical observado en nuestro trabajo (aproximadamente el 7-8% de la *MS* de la planta entera) puede atribuirse a impedancias del suelo asociadas al intenso laboreo requerido para la producción del tabaco en sistema de monocultivo. Dicho deterioro de la condición física del suelo fue previamente observada para suelos tabacaleros de la zona, en los que se detectó una disminución del 90 % en la estabilidad de los agregados de 1 a 2 mm y una reducción de los contenidos de materia orgánica del 60% (Giménez Monge *et al.*, 2010). Dado que un exceso de N produce abundancia de hojas y brotes e insuficiente sistema radicular (Farrokh & Farrokh, 2012) puede sugerirse que el excesivo nivel de nitrógeno aportado con el fertilizante podría ser otro factor que explique el escaso desarrollo radicular observado.

Los valores de concentración de N en hoja medidos en este estudio (2 a 2,3%) resultaron similares a los informados localmente por Blanco *et al.* (1989) (2 y 3,1%) y por Karaivazoglou *et al.* (2005) (1,8 a 2,1%) superando el 1,5% considerado como límite para la aparición de síntomas de deficiencia (Chouteau & Fauconnier, 1993). La mayor tasa de absorción de N por la planta se produjo en el período AR-FD, coincidiendo con lo informado por Moustakas & Ntzanis (2005), quienes la observaron entre los estados de altura de rodilla y de rápido crecimiento y elongación. Ortega (2007) reportó la ocurrencia de la máxima tasa entre los 35 y 63 DDT, mientras que Ballari (2005) observó tasas elevadas y sostenidas desde la quinta semana hasta el desflor. En nuestro experimento, la tasa de absorción medida en las plantas de tabaco plantadas temprano (PTE) duplicó a la de aquellas plantadas tardíamente (PTA), 2,91 vs 1,37 kg ha⁻¹ día⁻¹ respectivamente. Cabe destacar que en esquemas de alta producción la tasa de absorción puede superar los 3 kg ha⁻¹ día⁻¹ (Ballari, 2005).

Los valores de *K* absorbido en planta, hoja y raíz también resultaron superiores en el grupo PTE respecto del PTA para el momento FD y en planta y hoja para el momento MC. Comparados con la literatura, dichos valores resultaron inferiores a los 225 kg ha⁻¹ informados para un rendimiento medio en la zona (Ballari, 2005). Sin embargo, la absorción de *K* observada en hoja fue 1,3 a 2,3 veces superior a los 76 kg ha⁻¹ cuantificados en un experimento de campo realizado en Grecia (Moustakas & Ntzanis, 2005). En cambio, la absorción de *K* en tallo y raíz (20 a 40 y 2 a 8 kg ha⁻¹, respectivamente) fue menor que la obtenida en el ensayo de Moustakas & Ntzanis (2005) (67 y 53 kg K ha⁻¹ para tallo y raíz, respectivamente). Cabe destacar que las concentraciones consideradas como rangos adecuados para el cultivo de tabaco Virginia varían entre 2,5 y 3% (Ballari, 2005).

Los niveles de *P* absorbidos en planta y hoja resultaron significativamente superiores en las plantas del grupo plantado temprano para el momento MC mientras que en el estadio FD, sólo el *P* de la raíz fue afectado. Con respecto a la partición de *P* la literatura reporta valores de 5; 2,5 y 2,7 kg ha⁻¹ para hoja, tallo y raíz, respectivamente (Moustakas & Ntzanis, 2005). En nuestro experimento, la absorción de *P* en hoja fue superior a 5 kg ha⁻¹ para ambas fechas de plantación, y en el tallo presentó la misma tendencia, mientras que el *P* absorbido por la raíz para los dos grupos fue menor que lo informado en la bibliografía (menor a 1 kg ha⁻¹). Las concentraciones de *P* medidas en hoja variaron entre 0,12 y 0,36% para los dos grupos. Estos valores se encuentran dentro del rango de 0,17 a 0,38% correspondientes a contenidos usuales de fósforo en hojas de tabaco (Chouteau & Fauconnier, 1993). A pesar de que los valores mínimos observados no se ubican dentro del mencionado rango se equiparan con los de 0,08 a 0,16% informados por Karaivazoglou *et al.* (2005)

Los resultados obtenidos en este experimento permiten aceptar la hipótesis planteada ya que se demostró que la plantación temprana se correspondió con mayor producción de materia seca. Al permanecer 20 días más en el campo, las plantas del grupo temprano recibieron mayor Ra generando más área foliar y consecuentemente mejoras en los valores de MS que se vinculan con niveles más elevados de requerimientos de nutrientes.

CONCLUSIONES

Los datos obtenidos aportan información sobre los niveles de producción de MS y nutrientes absorbidos en las condiciones de producción de los lotes de Chicoana. Asi-

mismo, se pudo establecer que el tabaco en los lotes plantados temprano produjo mayores niveles de MS en respuesta a mayores requerimientos tanto de N como de K y P. Estos datos permiten ajustar los programas de fertilización a fin de optimizar la aplicación de nutrientes que, según se determinó en esta investigación será significativamente condicionada por la fecha de plantación.

AGRADECIMIENTOS

Las autoras agradecen a los productores de Chicoana por aportar los sitios experimentales, al Sr. F. Chocobar por su participación en la parte experimental, al personal del Laboratorio de Suelos del INTA Salta y especialmente al Ing. Raúl S. Lavado por los comentarios y sugerencias realizados. Este trabajo fue financiado por el proyecto SALJU 09.

BIBLIOGRAFÍA

- Allen, RG; LS Pereira; D Raes & M Smith. 2006. Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. FAO.
- Ballari, MH. 2005. Tabaco Virginia aspectos ecofisiológicos y de la nutrición en condiciones de cultivo. 1ª ed-Jujuy: el autor, 2005. 224 p
- Blanco LE; CE Yañez & I Quiroga I. 1989. Riego en tabaco Virginia. INTA Estación Experimental Salta. Informe Final del Plan de Trabajo N° 07:2165, Argentina.
- Bowman, DR. 1970. Nitrogen source, rate, and method of application on nicotine, nitrogen, potassium and calcium content of burley tobacco. *Tob. Sci* 14: 151-154.
- Chapman, HD & PF Pratt. 1973. Diagnostic criteria for plants and soils. Dept. of Soils and Plant Nutrition, Riverside, California. 793 p.
- Chouteau J & D Fauconnier. 1993. Fertilizando para alta calidad y rendimiento. Tabaco. Instituto Internacional de la Potasa. Boletín No. 11, Suiza.
- Edwards, PB. 2005. The effect of management practices on grade distribution in flue-cured tobacco. MSc Thesis. North Carolina State University [North Carolina, EEUU].
- Elliot, JM & WA Court. 1978. The effects of applied nitrogen on certain properties of flue-cured tobacco and smoke characteristics of cigarettes. *Tob. Sci* 22: 54-58.
- Farrokh, AR & A Farrokh. 2012. Effect of nitrogen and potassium on yield, agronomy efficiency, physiological efficiency and recovery efficiency of nitrogen and potassium in flue cured tobacco. *Intl J Agri Crop Sci*. 4(12): 770-778.
- Fernández de Ullivarri, D. 1990. El cultivo de tabacos claros. Manual N° Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Centro Regional Salta-Jujuy.
- Giménez Monge, JL; G Mercado Cárdenas; AE Ortega & JL Arzeno. 2010. Un enfoque integral del amarillamiento en el tabaco. *Panorama Agropecuario* 52: 3-7.

- Hawks, SN & WK Collins. 1986. Tabaco flue-cured. Principios básicos de su cultivo y curado. Versión española de H Perez Carbonell y E Cabrera Martínez. Secretaría General Técnica. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- Hawks, SN; WK Collins & BU Kittrell. 1976. Effects of transplanting date, nitrogen rate and rate of harvest on extending the harvest of flue cured tobacco. *Tob Sci* 20: 51-54.
- InfoStat .2008. InfoStat versión 2008. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Karaivazoglou, NA; DK Papakosta & S Divanidis. 2005. Effect of chloride in irrigation water and form of nitrogen fertilizer on Virginia (flue-cured) tobacco. *Field Crop Res* 92: 61-74.
- Ledesma FM. 2012. Evaluación del efecto de distintos regímenes de riego como estrategia de riego deficitario controlado en tabaco (*Nicotiana tabacum* L). Tesis de Magister en Riego y Drenaje. Universidad Nacional de Cuyo. Facultad de Ciencias Agrarias (Mendoza, Argentina).
- Lopez-Lefebvre, LR; RM Rivero; PC García; E Sanchez; JM Ruiz & L Romero. 2001. Effect of calcium on mineral nutrient uptake and growth of tobacco. *J Sci Food Agr* 81(14): 1334-1338.
- MAGYP. 2011. Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca. Información Global por Provincia Campaña 2011-2012.
- Marchetti, R; F Castelli & R Contillo. 2006. Nitrogen Requirements for Flue-Cured Tobacco. *Agron J* 98: 666-674.
- McCants, CB & WG Woltz. 1967. Growth and mineral nutrition of tobacco. *Adv. Agron.* 19: 211-65.
- Miner, GS. 1978. The effects of seedling age and transplanting date on yield and quality of flue-cured tobacco and on harvest extension. *Tob Sci* 22: 118-121.
- Miralles, DJ; LB Windauer & NV Gomez. 2003. Factores que regulan el desarrollo de los cultivos de granos. En: EH Satorre, RL Benech-Arnold, GA Slafer, EB de la Fuente, DJ Miralles, ME Otegui & R Savín (eds). Producción de granos: Bases funcionales para su manejo. pp. 61-74. Facultad de Agronomía Universidad de Buenos Aires.
- Moustakas, NK & H Ntzanis. 2005. Dry matter accumulation and nutrient uptake in flue-cured tobacco (*Nicotiana tabacum* L). *Field Crops Res* 94(1): 1-13.
- Osinaga, R; MA Zapater & MC Mattalia. 2004. Diagnóstico Programa de desarrollo para pequeños productores tabacaleros. Administración Fondo especial del tabaco, Secretaría de la producción.
- Ortega, AE. 2007. Absorción de macronutrientes y acumulación de materia seca de tabaco tipo virginia en el Valle de Lerma (Salta). INTA EEA Salta.
- Ortega, AE. 2010. Ecofisiología della produzione vivaistica di solanacee in fuori suolo. Tesi di Dottorato, Universita' Degli Studi Di Padova. [Padua, Italia].
- Quiroga, IR & ER Corvalán. 1988. Análisis químico de suelos y de aguas. 1° Curso para auxiliares de laboratorio -Zona Norte. EEA Salta.
- Sífolo, MI & L Postiglione. 2003. The effect of nitrogen fertilization on nitrogen use efficiency of irrigated and non-irrigated tobacco (*Nicotiana tabacum* L). *Plant and Soil* 252: 313-323.
- Sisson, VA; TW Rufty & RE Williamson. 1991. Nitrogen-Use Efficiency among Flue-Cured Tobacco Genotypes. *Crop Sci* 31: 1615-1620.
- Suarez, M & A Ortega. 2006. Comportamiento de la formulación líquida de fertilizantes en dos manejos de cultivo de tabaco. *INPOFOS Informaciones Agronómicas* 32: 16-18.
- Tso, TC. 1990. Production, Physiology, and Biochemistry of Tobacco Plant. Institute of International Development & Education in Agricultural and Life Sciences.
- Weybrew, JA; WA Ismail & RC Long. 1983. The cultural management or flue-cured tobacco quality. *Tobacco Sci* 27: 56-61.
- Wilkinson, WC; L Fisher; WD Smith and D J Jordan. 2007/2008. Effects of stand loss, planting date and replanting method on yield and quality of flue-cured tobacco. *Tob Sci* 47: 44-52.
- Yáñez, CE .1984. Riego. *Panorama Agropecuario* 25: 18-21.