

UTILIZACIÓN DE TRÉBOL DE OLOR BLANCO (*Melilotus albus* Medik.) COMO ABONO VERDE, EFECTO SOBRE LAS CONDICIONES DEL SUELO Y LA PRODUCTIVIDAD DEL CULTIVO SUBSIGUIENTE

USE OF WHITE SWEET CLOVER (*Melilotus albus* Medik.) AS A GREEN FER- TILIZER, EFFECT ON SOIL CONDITIONS AND PRODUCTIVITY OF SUBSE- QUENT CULTIVATION

Fontana Laura M.C.^{1,2,*}, Néstor A. Juan¹,
María A. Ruiz^{1,3} y Francisco J. Babinec^{1,2}

Recibido 28/05/2018

Aceptado 23/11/2018

RESUMEN

El potencial productivo de muchos suelos de regiones semiáridas ha experimentado una significativa disminución debido a la creciente agriculturización, que implica ausencia de rotaciones de cultivos, insuficiente reposición de nutrientes y disminución de la materia orgánica (MO). La incorporación al suelo de cultivos como abono verde puede ser una herramienta para atenuar estos procesos. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la utilización de una leguminosa anual (*Melilotus albus* Medik.) como abono verde sobre las condiciones de fertilidad del suelo y la producción de materia seca (MS) y proteína bruta (PB) de los cultivos subsiguientes en suelos franco arenosos de fertilidad media (2,4% MO) típicos de la Región Semiárida Pampeana. Se compararon dos tratamientos, uno con leguminosa cortada simulando que fue comida por el ganado y otro con leguminosa enterrada contra un testigo sin leguminosa. Hubo un efecto positivo del abono verde sobre la producción de MS y PB del cultivo subsiguiente de centeno. Además, el nivel residual de nitratos en el suelo fue mayor en los tratamientos con abono verde que en el testigo. Estos nutrientes posiblemente sólo pudieron ser aprovechados parcialmente por el centeno, debido a limitaciones hídricas durante el ciclo de este cultivo. En cuanto al contenido de MO, no hubo diferencias entre tratamientos; esta falta de respuesta podría deberse a una baja tasa de descomposición del abono verde, o a que los nitratos liberados fueron lixiviados por las lluvias ocurridas en los meses de febrero y marzo. Las inconsistencias en los resultados obtenidos sugieren la necesidad de profundizar esta investigación, evaluando la tasa de descomposición del material incorporado, y llevando ensayos a suelos entisoles, de menor fertilidad, también muy comunes en la región.

PALABRAS CLAVE: materia orgánica, centeno, fertilidad del suelo, producción de forraje

ABSTRACT

Potential production of many soils of semiarid regions has been significantly reduced by agriculture increasing, which implies absence of crop rotations, inadequate nutrient replenishment and reduction of organic matter (OM) content. Incorporation of green manure crops to the soil can be a tool to mitigate these processes. The aim of this study was to evaluate the effect of using annual legume (*Melilotus albus* Medik.) as green manure on soil fertility conditions and yield of dry matter (DM) and crude protein (CP) of subsequent crops in sandy loam soils of moderate fertility (2.4% OM), typical of the Semiarid Pampean Region of Argentina. Two treatments, one with legume cut simulating grazing, and the other with legume incorporated to soil, were compared with a control without legume. There was a positive effect of green manure on MS and PB yield of subsequent rye crop. In addition, residual level of soil nitrates was higher in green manure treatments than in the control. Rye crop probably was able to use only partially these nutrients due to water deficit during the growing season. Regarding the soil OM content there were no differences among treatments. This lack of response might have been due to a low rate of decomposition of green manure, or because released nitrates were leached by heavy rains that occurred in February and March. These inconsistencies in the results suggest the need to assess the rate of de-

composition of the biomass incorporated as green manure and replicate the studies on low fertility soils, also common in our semiarid region

KEY WORDS: organic matter, rye, soil fertility, forage production

Cómo citar este trabajo:

Fontana L.M.C., N.A. Juan, M.A. Ruiz & F.J. Babinec. 2018. Utilización de trébol de olor blanco (*Melilotus albus* Medik.) como abono verde, efecto sobre las condiciones del suelo y la productividad del cultivo subsiguiente. *Semiárida* 28(2): 25-33

1 Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. EEA Anguil. Anguil, La Pampa
2 Universidad Nacional de La Pampa, Facultad de Agronomía. Santa Rosa, La Pampa
3 Universidad Nacional de La Pampa, Facultad de Cs.Ex. y Naturales. Santa Rosa, La Pampa
* fontana.laura@inta.gob.ar



INTRODUCCIÓN

La disminución de la materia orgánica (MO) en un suelo agrícola de nuestro país, en un período de 20 años, podría ser según autores, de un 35% (Viglizzo *et al.*, 2002) hasta un 53% (Saniz Rozas *et al.*, 2011) del contenido original. En la Región Semiárida Pampeana, el uso de prácticas intensivas que estimulan la descomposición microbiana, y provocan la disminución del contenido de MO, se traduce en menor estabilidad estructural y riesgos de compactación y erosión (Quiroga *et al.*, 2007). Estos efectos pueden contrarrestarse mediante prácticas como el uso de abonos verdes (Muzilli *et al.*, 1980; Derpsch *et al.*, 1985; García *et al.*, 2000a, b; Cherr *et al.*, 2006; Tejada *et al.*, 2008).

Los suelos de tipo "B", con un contenido de Limo + Arcilla mayor al 30% y con menos de 3% de MO, son aquellos en los que se recomienda la práctica de siembra convencional combinada con labranza profunda, porque tienden a compactarse en profundidad (Buschiazzo *et al.*, 2006).

En la Región Semiárida, Romero y Ruiz (2001) utilizaron como abono verde *Melilotus* (trébol de olor), incorporándolo durante cuatro años sucesivos y logrando una mejora en las propiedades físicas del suelo. En el tratamiento de trébol enterrado el contenido de MO joven (MOj) aumentó significativamente de 0,32% a 0,69%. Esto explicó que la MO total se incrementara de 2,17 a 2,70%. La MOj es muy importante para la interpretación de cambios en la fertilidad del suelo y podría ser utilizada como un índice de calidad de los mismos (Kapkai *et al.*, 1999).

El objetivo fue evaluar el efecto de la utilización de *Melilotus albus* Medik. utilizado como abono verde sobre las condiciones de fertilidad del suelo y la productividad de los cultivos subsiguientes en un suelo típico de la Región Semiárida Pampeana. Se planteó como hipótesis que la utilización de *Melilotus albus* Medik. como abono verde mejora las propiedades del suelo, y como consecuencia, se produce un aumento en la producción y calidad de cul-

tivos subsiguientes.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se llevó a cabo en la Estación Experimental Agropecuaria Anguil "Ing. Agr. Guillermo Covas" del INTA, ubicada en el centro-este de la provincia de La Pampa, Argentina y perteneciente a la Región Semiárida Pampeana. El suelo es un Haplustol éntico con textura franco arenosa (8% de Arcilla, 44% de Limo y 48 % de Arena), con 27,3 ppm de fósforo y pH 6,06. El contenido de MO total en 0 a 20 cm de profundidad medido por digestión húmeda según Walkey y Black (1934) fue de 2,30%, con 38,2 ppm de nitratos determinados según AOAC (1990).

La precipitación promedio histórica para el período entre 1976 y 2012 en el lugar es de 760 mm. Durante los años que se realizó el ensayo llovieron 1050, 782 y 886 mm en 2010, 2011 y 2012 respectivamente. Las temperaturas presentan una gran amplitud entre sus valores máximos y mínimos anuales, habiéndose observado valores extremos de -13,5°C y 42,2°C en abrigo meteorológico.

El período de ensayo abarcó los años 2010 (año 0), 2011 (año 1) y 2012 (año 2). Se utilizó la leguminosa forrajera trébol de olor blanco (*Melilotus albus* Medik.) sembrada junto con centeno (*Secale cereale* cv. Quehué). Se compararon tres tratamientos, un testigo con centeno puro (Test), y dos tratamientos de trébol de olor blanco, con (TrePIEnt) y sin (TreRem) enterrado del remanente, usando un diseño en bloques aleatorizados completos con cuatro repeticiones. Los cultivos se sembraron el 15 de marzo de 2010. La leguminosa se sembró en surcos separados y alternados con centeno a 20 cm, un total de 9 surcos de 6 metros de largo. Las densidades de siembra utilizadas fueron para el tratamiento testigo 60 kg.ha⁻¹ de centeno y en los tratamientos con trébol de olor blanco 7 kg.ha⁻¹ de trébol de olor blanco y 30 kg.ha⁻¹ de centeno.

Para la determinación de producción de materia seca (MS) se delimitó una parcela de 5 m², con 1 m de ancho y 5 m de largo, dejando como bordura en cada extremo 50 cm y a cada lado dos surcos. Se cortó con una motoguadañadora con

un ancho de corte de 1 m y 10 cm de altura de remanente. Se determinó la producción de MS y el contenido de PB (AOAC, 1990) sobre el forraje de centeno testigo y el producido en asociación con leguminosa, en el año cero y en los años posteriores como cultivo puro. En el tratamiento TrePIEnt, se determinó la producción de MS y contenido de PB en el forraje de trébol de olor blanco del último corte, incorporado en diciembre del año cero.

En el año cero se realizó el corte y posterior pesada de peso fresco y toma de submuestras para determinar el porcentaje de MS el 2/06/10 y el 22/09/10. En diciembre se cortó y removió el centeno, y se procedió al enterrado del remanente en el testigo (Test); al corte y remoción del forraje de centeno y trébol de olor blanco y posterior enterrado del remanente de ambas especies en el tratamiento 2 (TreRem); y al enterrado del total de la biomasa aérea de la leguminosa acumulada desde septiembre hasta diciembre y el remanente de centeno en el tratamiento 3 (TrePIEnt). En este momento se pasó una rastra de 6 discos (3 discos delanteros y 3 traseros) con un ancho de labor de 120 cm y una profundidad de labor de 20 cm, luego de realizar el corte a 10 cm y remoción del forraje de centeno. En el mismo día en el tratamiento TreRem el forraje se cortó a 10 cm y se cosechó, se pesó y se pasó la rastra incorporando solamente el remanente de centeno y trébol de olor blanco. También el mismo día, en el tratamiento TrePIEnt se incorporó el forraje de la leguminosa como abono verde con el remanente de centeno.

El forraje de trébol de olor blanco en TrePIEnt se cortó a 10 cm, se pesó y se esparció el material en la parcela para luego ser incorporado por la rastra a 20 cm de profundidad. El valor promedio para todos los tratamientos de la biomasa enterrada fue de 2,33 t MS.ha⁻¹ con 13,05% de PB, equivalente a 48,7 kg N.ha⁻¹.

Al año siguiente (año 1), se sembró centeno en los tres tratamientos. Se realizaron cortes durante el período de crecimiento con la misma metodología del año anterior. Las fechas de los cortes realizados fueron: 19/05/11, 13/07/11 y 29/12/11. Se realizó muestreo de centeno en todos los cortes para el análisis de PB. En el año dos se sembró centeno en las mismas parcelas, siguiendo con la

metodología del año anterior. Se realizó un único corte el día 01/06/12 por razones climáticas. Se tomó una muestra de centeno para el análisis de PB en todos los cortes.

Las parcelas se mantuvieron libres de malezas y de plagas durante los años evaluados. Los barbechos realizados entre diciembre y la siembra de centeno fueron a suelo desnudo libre de malezas.

En noviembre de los años uno y dos se determinó el contenido de MO total (MOt), y sus fracciones vieja (MOv) y joven (MOj) en la capa de 0 a 20 cm de profundidad, por el método de Cambardella y Elliott (1993), y el contenido de nitratos según la técnica estándar.

Los datos se analizaron mediante ANOVA y separación de medias mediante test FLSD (diferencia mínima significativa protegida) con $\alpha=0.05$, utilizando el programa InfoStat (Di Rienzo *et al.*, 2013).

RESULTADOS

Implantación del abono verde

Durante el año 0 la producción de forraje de los tres tratamientos (Test, TreRem y TrePIEnt) fue similar y estuvo en el orden de las 3,3 t MS.ha⁻¹. El porcentaje de PB en el primer corte fue de 18,9 % y en el segundo corte de 19,4%. El aporte anual de PB fue de 621 kg.ha⁻¹.

Determinaciones en suelo

a. Contenido de nitratos

En marzo del año cero el suelo contaba con 38,2 ppm de nitratos. Al finalizar el año uno (noviembre de 2011) no se observaron diferencias significativas entre los tres tratamientos (Tabla 1); en cambio al finalizar el año dos, se encontró una diferencia significativa de 30 ppm entre el tratamiento TrePIEnt y el Test.

b. Contenido de Materia Orgánica

En marzo del año cero el contenido de MO en los primeros 20 cm de profundidad había sido de 2,33%. En Noviembre del año uno sólo se observaron diferencias significativas en MOv a favor del tratamiento TrePIEnt con respecto a TreRem y Test. En noviembre 2012 sólo se observaron diferencias significativas en MOv a favor del tratamiento TrePIEnt con respecto a TreRem y Test (Tabla 2).

Tabla 1. Contenido de nitratos en suelo del ensayo con manejos alternativos de trébol de olor blanco incorporado como abono verde en diciembre año 0 (2010).

Table 1. Nitrate content of soils with alternative management of white sweet clover incorporated as green manure in december year 0 (2010).

Tratamientos	Noviembre	Noviembre
	año 1	año 2
	NO ₃ ⁻ (ppm)	NO ₃ ⁻ (ppm)
Test	38,0 a	17,7 b
TreRem	39,0 a	26,0 b
TrePIEnt	44,0 a	47,4 a

En la misma columna, letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$). Test: testigo sin incorporación de trébol de olor blanco al suelo; TreRem: incorporación de remanente de trébol de olor blanco y centeno; TrePIEnt: incorporación de planta entera de trébol de olor blanco y remanente de centeno; NO₃⁻: nitratos; ppm: partes por millón.

In the same column, different letters indicate significant differences ($p < 0,05$). Test: control without incorporation of white sweet clover into the soil; TreRem: incorporation of remnants of white sweet clover and rye clover; TrePIEnt: incorporation of whole white sweet clover plant and rye remnants; NO₃⁻: nitrates; ppm: parts per million

Determinaciones en planta

a. Producción de forraje de centeno en el primer año

En el primer corte del año uno la producción de forraje del centeno aumentó significativamente en el tratamiento TrePIEnt en más de un 150% con respecto al testigo, en el segundo corte no se observaron diferencias significativas; y en el tercer corte la producción de MS tuvo una diferencia significativa entre Test y TreRem. La producción total anual del centeno no difirió significativamente entre los tratamientos, aunque el testigo estuvo por debajo de los tratamientos con trébol de olor blanco, especialmente respecto del tratamiento TrePIEnt (Tabla 3). No se observaron diferencias significativas en los valores de proteína del cultivo

de centeno entre los tratamientos para ninguno de los cortes (Tabla 3). Analizando el total de PB por hectárea producida por el centeno a partir de la producción de MS y su contenido de PB, en el primer corte del año uno se encontraron diferencias del 130% entre los tratamientos Test y TrePIEnt. En el segundo corte no hubo diferencias significativas entre los tratamientos, pero en el tercer corte se encontraron diferencias significativas entre los tres tratamientos, con una diferencia de casi 40 kg de PB a favor de los que incluían leguminosa. En el total anual, el tratamiento TrePIEnt fue superior en casi un 40% al tratamiento Test (Tabla 3).

b. Producción de forraje de centeno en el segundo año

La producción de MS del centeno no presentó diferencias significativas entre los tratamientos, mientras que el porcentaje de PB sí mostró diferencias significativas entre los tres tratamientos. Tomando en cuenta la producción de MS y su contenido de PB se calculó el total de PB por hectárea producida por el centeno en el año dos no mostró diferencias significativas (Tabla 4).

DISCUSIÓN

Efectos del abono verde sobre el contenido de nitratos y MO del suelo

Los resultados mostraron que el nivel de nitratos logrado con la incorporación de planta en-

Tabla 2. Contenido de materia orgánica y sus fracciones en suelo, en noviembre de los años uno y dos, del ensayo con manejos alternativos de trébol de olor blanco incorporado como abono verde en diciembre año cero (2010).

Table 2. Organic matter and its fractions content in soil, in November of first and second year, of the trial with alternative management of white sweet clover incorporated as green manure in December year zero (2010).

Tratamientos	1º Año	2º Año	1º Año	2º Año	1º Año	2º Año
	Moj (%)	Moj (%)	Mov (%)	Mov (%)	Mot (%)	Mot (%)
Test	0.75 a	0.67 a	1.35 b	1.49 b	2.10 a	2.15 a
TreRem	0.77 a	0.63 a	1.36 b	1.51 b	2.13 a	2.33 a
TrePIEnt	0.76 a	0.73 a	1.61 a	1.70 a	2.37 a	2.24 a

En la misma columna, letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$). Test: testigo sin incorporación de trébol de olor blanco al suelo; TreRem: incorporación de remanente de trébol de olor blanco y centeno; TrePIEnt: incorporación de planta entera de trébol de olor blanco y remanente de centeno; MOj: materia orgánica joven; MOv: materia orgánica vieja; MOT: materia orgánica total.

In the same column, different letters indicate significant differences ($p < 0,05$). Test: control without incorporation of white sweet clover to the soil; TreRem: incorporating remnants of white sweet clover and rye; TrePIEnt: incorporation of whole white sweet clover plant and remnants of rye; MOj: young organic matter; MOv: old organic matter; MOT: total organic matter

Utilización de trébol de olor blanco (*Melilotus albus* Medik.) como abono verde, efecto sobre las condiciones del suelo y la productividad del cultivo subsiguiente

Tabla 3. Producción de forraje, contenido de proteína y producción de proteína de centeno en año 1 (2011) luego de la aplicación de manejos alternativos de trébol de olor blanco como abono verde incorporado en diciembre del 2010.

Table 3. Forage production, protein content and production of rye in year 1 (2011) after the application of alternative management of white sweet clover as green manure incorporated in December 2010

Tratamientos	1 ^{er} corte			2 ^{do} corte			3 ^{er} corte			Total año 1	
	t MS ha ⁻¹	PB (%)	kg PB ha ⁻¹	t MS ha ⁻¹	PB (%)	kg PB ha ⁻¹	t MS ha ⁻¹	PB (%)	kg PB ha ⁻¹	t MS ha ⁻¹	kg PB ha ⁻¹
Test	0,21 _b	23,1 _a	66,7 _b	0,74 _a	14,6 _a	110,7 _a	1,60 _a	10,7 _a	171,7 _b	2,63 _a	349 _b
TreRem	0,29 _b	23,0 _a	48,7 _b	0,74 _a	15,5 _a	127,6 _a	2,02 _b	11,0 _a	221,5 _a	2,97 _a	398 _{ab}
TrePIEnt	0,73 _a	22,0 _a	152,9 _a	0,70 _a	16,3 _a	118,1 _a	1,86 _{ab}	11,4 _a	211,5 _a	3,25 _a	483 _{ab}

En la misma columna, letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$). Test: testigo sin incorporación de trébol de olor blanco al suelo; TreRem: incorporación de remanente de trébol de olor blanco y centeno; TrePIEnt: incorporación de planta entera de trébol de olor blanco y remanente de centeno; t MS.ha⁻¹: tonelada de materia seca por hectárea; PB: proteína bruta; kg PB ha⁻¹: kilogramos de proteína bruta por hectárea.

In the same column, different letters indicate significant differences ($p < 0,05$). Test: control without incorporation of white sweet clover into the soil; TreRem: incorporation of remnants of white sweet clover and rye clover; TrePIEnt: incorporation of whole white sweet clover plant and rye remnants; t MS.ha⁻¹: ton of dry matter per hectare; PB: crude protein; kg PB.ha⁻¹: kilograms of crude protein per hectare

Tabla 4. Producción de forraje, contenido de proteína y producción de proteína bruta de centeno en año 2 (2012) luego de la aplicación de manejos alternativos de trébol de olor blanco como abono verde incorporado en diciembre del 2010.

Table 4. Forage production, protein content and production of crude protein of rye in year 2 (2012) after the application of alternative management of white sweet clover as green manure incorporated in December 2010.

Tratamientos	Producción de forraje y contenido de proteína		
	t MS.ha ⁻¹	PB (%)	kg PB.ha ⁻¹
Test	1,1 _a	22,0 _c	240 _a
TreRem	1,1 _a	23,8 _b	264 _a
TrePIEnt	0,9 _a	24,7 _a	257 _a

Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$). Test: testigo sin incorporación de trébol de olor blanco al suelo; TreRem: incorporación de remanente de trébol de olor blanco y centeno; TrePIEnt: incorporación de planta entera de trébol de olor blanco y remanente de centeno, t MS.ha⁻¹: tonelada de materia seca por hectárea; PB: proteína bruta; kg PB ha⁻¹: kilogramos de proteína bruta por hectárea.

Different letters indicate significant differences ($p < 0,05$). Test: control without incorporation of white sweet clover into the soil; TreRem: incorporation of remnants of white sweet clover and rye; TrePIEnt: incorporation of whole white sweet clover plant and rye remnant, t MS.ha⁻¹: dry matter ton per hectare; PB: crude protein; kg PB.ha⁻¹: kilograms of crude protein per hectare.

tera de trébol de olor blanco como abono verde en diciembre del año 0 superó en casi tres veces al obtenido en tratamiento testigo. En promedio se incorporaron 1,92 t MS.ha⁻¹ con 22,5% PB, equivalente a 69 kg N.ha⁻¹. Al finalizar el ensayo, luego de uno o dos años de cultivos extractivos sin fertilizar, se observaron diferencias significativas en la cantidad residual de nitratos disponibles a favor del tratamiento con incorporación de trébol de olor blanco. Los resultados conciden con los encontrados por Valdivieso y Espinoza (1995) y Agamennoni y Vanzolini (2006), quienes luego de utilizar vicia como abono verde encontraron incrementos en el N disponible.

Si bien el contenido de nitratos es un indicador del N disponible para los cultivos, debe tenerse en cuenta que es un parámetro edáfico muy variable y que depende de las condiciones ambientales, en particular la cantidad y distribución de las precipitaciones en relación al momento de estudio. Las condiciones de precipitaciones durante los ensayos del presente trabajo fueron muy variables. Si bien en el año 2010 llovieron en total 1050 mm, es importante destacar que el 60% se registró entre los meses de febrero y marzo durante el período de barbecho, lo que constituyó una situación poco usual, teniendo en cuenta las medias históricas. Así mismo, durante el año 2011 también hubo precipitaciones por arriba de la media (marzo y

abril), mientras que en el 2012, las precipitaciones se asemejaron a la media histórica.

El N orgánico que potencialmente se mineraliza varía según el manejo al que es sometido el suelo, y el tipo y cantidad de material orgánico depositado de manera natural (Carlen *et al.*, 2004). Según Cherr *et al.* (2006) la composición química del abono verde tiene una importancia determinante sobre los beneficios que brinda esta práctica, haciendo que la liberación de N de los residuos sea más lenta o más rápida. En el presente estudio la diferencia en la respuesta podrían deberse a la velocidad de descomposición del trébol de olor blanco, lo que no se midió en este trabajo. Se obtuvieron aumentos en nitratos pero se evidenció luego de dos ciclos de centeno.

La liberación de N no sólo es afectada por la relación C/N del abono y por el tiempo transcurrido, sino también por la profundidad de incorporación, el tipo de gestión de la labranza, el contenido de agua, y la textura del suelo (Sarrantonio & Scott, 1988; Francis *et al.*, 1995). Los residuos de leguminosas como la utilizada en estos ensayos, contienen generalmente una alta cantidad de N y tienen una baja relación C/N en comparación con los residuos de cereales (Janzen & Kucey, 1988; Probert *et al.*, 2005). Inicialmente, la liberación del N del residuo al sistema podría ser de forma rápida, lo que le permitiría encontrarse disponible para el cultivo subsiguiente. Sin embargo, dependiendo de las condiciones del suelo y ambientales, una gran proporción de residuo de leguminosa puede ser inmovilizado en una forma de N que podría mejorar el suministro del mismo a largo plazo (McCauley, 2011). Este podría ser el caso del ensayo, donde recién al final del segundo año de cultivo de centeno el tratamiento TrePIEnt mostró un valor mayor de nitratos con respecto a los tratamientos TreRem y Test.

Yuwen *et al.* (2003) y Chaves *et al.* (2004) observaron que el N mineralizado acumulado se correlacionó negativamente de manera significativa con la relación C/N de tratamientos evaluados. La tendencia a la mineralización o a la inmovilización del N dependerá de la composición bioquímica del material, donde su relación C/N se asocia significativamente con la minera-

lización del N lábil del suelo, pero no así con la descomposición neta de los residuos (Hernández Mendoza *et al.*, 2007). Otros autores (Becker *et al.*, 1994; Chaves *et al.*, 2004; Tejada & González, 2006; Tejada *et al.*, 2008) también señalaron que algunos componentes químicos del abono verde como la relación lignina/N y, la relación tanino/N controlan la liberación de N y las tasas de descomposición.

En cuanto al contenido residual de MO en el suelo, no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos. Esto podría deberse a que normalmente los incrementos de MO no son observables a corto plazo y en general son consecuencia de la incorporación reiterada de material vegetal como abono verde. En tal sentido Romero y Ruiz (2001) encontraron en un sitio similar al del ensayo un incremento en la MOj y MOt luego de la incorporación de *Melilotus albus* como abono verde durante cuatro años seguidos con respecto al tratamiento testigo.

Beltrán Morales *et al.* (2006) observaron que el contenido de MO y de nutrientes del suelo depende principalmente de la tasa de descomposición del abono verde, el tipo de material utilizado y el manejo agronómico. Por otra parte Hernández Mendoza *et al.* (2007) aseguran que la descomposición del abono y la subsecuente liberación de N dependen, en mayor medida, de la calidad y cantidad de los residuos, la humedad y la temperatura del suelo, la mineralización y el pH.

Producción de materia seca y contenido de proteína de cultivos subsiguientes de centeno

Hubo un efecto positivo, aunque limitado, del abono verde sobre la producción de forraje y PB del cultivo subsiguiente. Por otro lado, también quedó un remanente de nitratos en el suelo, por lo que podemos inferir que la mayor fertilidad no se tradujo totalmente en producción, posiblemente por limitaciones hídricas durante el ciclo del cultivo de centeno. Durante los años 2011 y 2012 en que se desarrollaron los cultivos de centeno, las lluvias mensuales promedio difirieron de los valores medios históricos. En el año 2011, seis meses presentaron valores mensuales me-

Utilización de trébol de olor blanco (*Melilotus albus* Medik.) como abono verde, efecto sobre las condiciones del suelo y la productividad del cultivo subsiguiente

nores al promedio histórico,, mientras que en año 2012 esto ocurrió durante cinco meses.

Los resultados de este trabajo coinciden con los encontrados por otros autores, que también detectaron efectos positivos significativos por la incorporación de abono verde. Agamennoni y Vanzolini (2006) usando vicia como abono verde, encontraron diferencias significativas en la producción y en PB en un cultivo posterior de trigo, y Derpsch *et al.* (1985) y Son *et al.* (2004) lograron incrementos en cultivos subsiguientes en arroz, maíz, frijol y soja. Resultados similares fueron encontrados usando otras leguminosas como abono verde en otros cultivos subsiguientes. Yadav & Dey (2000) y Yavad (2004) utilizaron la leguminosa *Sesbania aculeata* como abono verde, mejorando la producción de caña y arroz. Treto *et al.* (2001) con crotalaria (*C. juncea*) y vigna (*Vigna unguiculata*) como abono verde incrementaron los rendimientos de calabaza, y Muzilli *et al.* (1980) y Scherer y Baldissera (1988) lograron incrementar la producción de maíz utilizando altramuz blanco (*Lupinus albus*) y mucuna (*Mucuna preta*) como abono verde, respectivamente. García *et al.* (2000a) utilizaron *Mucuna aterrimum* y *Crotalaria juncea*, y García *et al.* (2000b) utilizaron la leguminosa *Canavalia ensiformis* como abono verde, logrando en ambos casos sustituir parcialmente la aplicación de fertilizante de N para cubrir los requerimientos de cultivos de papa. Bongsu *et al.* (2014) con colza (*Brassica napus*) como abono verde incrementaron el rendimiento en arroz.

La tasa de liberación de nutrientes puede tener diferentes efectos sobre la disponibilidad de N en el suelo. Una liberación rápida mejora la captación temprana de N por el cultivo siguiente, pero puede conducir a la pérdida por lixiviación si la demanda del cultivo es menor que la cantidad de nutriente liberado. Por otro lado, una liberación lenta garantizaría un suministro continuo de N al cultivo en la mayor parte de la temporada de crecimiento. Sin embargo, si la cantidad de N liberado es demasiado pequeña, su contribución al crecimiento de los cultivos puede ser no significativa (Sakala *et al.*, 2003).

CONCLUSIONES

En un suelo franco arenoso de fertilidad media de la región semiárida pampeana, la in-

corporación de trébol de olor blanco como abono verde incrementa el nivel de nitratos del suelo, pero el contenido de MO no varía significativamente. La respuesta productiva en términos de MS y PB de cultivos de centeno subsiguientes resulta también positiva, aunque limitada. Posiblemente, la deficiencia hídrica durante el ciclo de estos cultivos fue la causa por la cual el aporte de fertilidad nitrogenada de abono verde no se tradujo en una mayor producción. Estas inconsistencias en los resultados obtenidos indican la necesidad de profundizar la investigación, evaluando la tasa de descomposición de las distintas fracciones (biomasa aérea y raíces) del material incorporado, bajo distintas condiciones ambientales, y en ensayos de mayor duración. Asimismo, sería importante llevar a cabo estudios similares en suelos de fertilidad baja, también comunes en la región semiárida pampeana.

BIBLIOGRAFÍA

- Agamennoni R. & Vanzolini J. I. 2006. Diferentes manejos para la vicia y su efecto sobre el rendimiento y la calidad de trigo. *En: XX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo*. Salta-Argentina.
- AOAC. 1990. Official methods of analysis of the association of analytical chemists. 15th Edition 3er supplement. Association of Official Analytical Chemists, Inc. Arlington, Virginia, USA, 70p.
- Becker M., J.K. Ladha, I.C. Simpson & J.C.G. Ottow. 1994. Parameters affecting residue N mineralization in flooded soils. *Soil Sci. Soc. Ame.* 58: 1666-1671.
- Beltrán Morales F. A., García-Hernández J. L., Valdez- Cepeda R. D., Murillo-Amador B., Troyo-Diéguez E., Larrinaga J. & Beltrán Morales L.F. 2006. Efecto de sistemas de labranza e incorporación de abono verde (*Lablab purpureus* L.) sobre la respiración edáfica en un yermosolháplico. *Interciencia* 31: 226-230.
- Bongsu Ch., L. Jung Eun, S. Jwa Kyung, J. Weon Tai, Sang Soo L., O. Sang-Eun, E.Y. Jae & O. Yong Sik. 2014. Effect of rapeseed green manure amendment on soil properties and rice productivity. *Commun. Soil Sci. Plant Ana.* 45: 751-764.
- Buschiazzo D.E., G.A. Peterson, P.W. Unger &

- W.A. Payne. 2006. Management systems in southern South America. *J. Dryland Agric.* 2: 395-425.
- Cambardella C. A. & Elliott E. T. 1993. Methods for physical separation and characterization of soil organic matter fractions. *Geoderma* 56: 449-457.
- Carlen Ch., J.A. Neyroud, C.A. Carron & C.H. Rey. 2004. Effect of different organic nitrogen fertilizers on yield of aromatic and medicinal *Rev. Suisse Vitic. Arboric. Hortic.* 36: 263-267.
- Chaves B., S. Neve, G. De Hofman, P. Boeckx & O.V. Cleemput. 2004. Nitrogen mineralization of vegetable root residues and green manures as related to their (bio) chemical composition. *European J. Agron.* 21: 161-170.
- Cherr C.M., J.M.S. Scholberg & R. McSorley. 2006. Green Manure approaches to crop production: a synthesis. *Agron. J.* 98: 302-319.
- Derpsch R., N. Sidiras & F.X. Heinzmann. 1985. Manejo do solo com coberturas verdes de inverno. *Pesq. Agrop. Bras.* 20: 761-773.
- Di Rienzo J.A., F. Casanoves, M.G. Balzarini, L. Gonzalez, M. Tablada & C.W. Robledo. InfoStat versión 2013. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Disponible: <http://www.infostat.com.ar>
- Francis G.S., R.J. Haynes & P.H. Williams. 1995. Effects of the timing of ploughing-in temporary leguminous pastures and two winter cover crops on nitrogen mineralization, nitrate leaching, and spring wheat growth. *J. Agric. Sci.* 124: 1-9.
- García M., E. Treto & M. Alvarez. 2000a. Los abonos verdes: una alternativa para la economía del nitrógeno en el cultivo de la papa. I. Estudio comparativo de diferentes especies. *Cultivos tropicales* 21: 5-11.
- García M., E. Treto & M. Alvarez. 2000b. Los abonos verdes: una alternativa para la economía del nitrógeno en el cultivo de la papa. II. Efecto de la interacción abono verde-dosis de nitrógeno. *Cultivos Tropicales* 21: 13-19.
- Hernández Mendoza T. M., E. Salcedo Pérez, G. Arévalo Galarza & A. Galvis Spinola. 2007. Evaluación de la concentración de lignina como indicador de la capacidad de aporte de nitrógeno de residuos orgánicos. *Chapingo. Rev. Chapingo Ser. CIE* 13: 5-13.
- Janzen H.H. & R.M.N. Kucey. 1988. C, N, and S mineralization of crop residues as influenced by crop species and nutrient regime. *Plant Soil* 106: 35-41.
- Kapkiyai J., N. Karanja, J. Qureshi, P. Smithson & P. Woomer. 1999. Soil organic matter in size fractions of soil texture and management. *Soil Biol. Biochem.* 31: 1773-1782.
- McCauley A. M. 2011. Nitrogen fixation by annual legume green manures in a semi-arid cropping system. Tesis Doctoral. Montana State University, Bozeman, Montana, EEUU. 131 p.
- Muzilli O., M.J. Vieira & M.S. Parra. 1980. Adução verde. *En: Manual Agropecuario para o Paraná. Capítulo 3, Fundação Instituto Agronômico do Paraná.* pp. 76-93.
- Probert M.E., R.J. Delve, S.K. Kimani & J.P. Dimes. 2005. Modelling nitrogen mineralization from manures: representing quality aspects by varying C/N ratio of sub-pools. *Soil Biol. Biochem.* 37: 279-287.
- Quiroga A., R. Fernández, O. Ormeño, E. Manera & N. Fuente. 2007. Efectos del sistema de labranza y la ganadería sobre propiedades de un haplustol éntico. *En: Aspectos de la evaluación y el manejo de los suelos de la región semiárida pampeana. Ensayos de larga duración. Publicación Técnica* 69: 3-18.
- Romero N.A. & M.A. Ruiz 2001. Efectos de la alfalfa y del melilotus usados como forraje y abono verde, sobre la producción de pasturas y cultivos. *Boletín de Divulgación Técnica EEA Anguil, INTA* 7: 42-47.
- Sakala W.D., J.D.T. Kumwenda & A.R. Saka. 2003. The potential of green manures to increase soil fertility and maize yields in Malawi. *Biol. Agric. Hort.* 21: 121-130.
- Sainz Rozas H.R., H.E. Echeverría & H. Angelini. 2011. Niveles de materia orgánica y pH en suelos agrícolas de la Región Pampeana y Extrapampeana Argentina. *Informaciones Agronómicas* 2: 6-12.
- Sarrantonio M. & T.W. Scott. 1988. Tillage effects on availability of N to corn following a winter green manure crop. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 52: 1661-1668.
- Scherer E.E. & I.T. Baldissera. 1988. Mucuna: proteção do solo em pavoura de milho. *Agropecuaria Catarinense* 1: 21-25.
- Son B.K., J.S. Cho, D.J. Lee, Y.J. Kim, S.Y. Jin & G.S. Cha. 2004. Paddy rice growth and yield

Utilización de trébol de olor blanco (*Melilotus albus* Medik.) como abono verde, efecto sobre las condiciones del suelo y la productividad del cultivo subsiguiente

- as affected by incorporation of green barley and Chinese milk vetch. *Korean J. Soil Sci. Fertil.* 37: 156-164.
- Tejada M. & J.L. Gonzalez. 2006. Crushed cotton gin compost on soil biological properties and rice yield. *Europ. J. Agron.* 25: 22-29.
- Tejada M., J.L. Gonzalez, A.M. García-Martínez & J. Parrado. 2008. Effects of different green manures on soil biological properties and maize yield. *Bioresource Technol.* 99: 1758-1767.
- Treto E., M. García, R. Martínez & J.M. Febles. 2001. Avances en el manejo de los suelos y la nutrición orgánica. Transformando el campo cubano. Avances de la agricultura sostenible (F. Funes *et al.*, Asociación Cubana de Técnicos Agrícolas y Forestales Eds). La Habana, Cuba. pp. 167-189.
- Valdivieso C. & A. Espinoza. 1995. Utilización de la vicia y arveja como abono verde en la producción de maíz, poroto y zapallo. Agroecología y desarrollo. Santiago de Chile. Disponible: www.abcargo.com/fertilizantes/abonos_verdes.asp o en <http://www.virtual.chapingo.mx/dona/paginaIntAgronomia/abonoverde3.pdf>. Activo abril 2014.
- Viglizzo E.F., A. Pordomingo, M.G. Castro & F.A. Lértora. 2002. La sustentabilidad ambiental del agro pampeano. Programa Nacional de Gestión Ambiental Agropecuaria, EEA Anguil, INTA, Anguil, La Pampa, Argentina. 84 p.
- Walkey A. & I.A. Black. 1934. An examination of Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sci.* 37: 29-38.
- Yadav D.V. & P. Dey. 2000. Increasing productivity of soils and sugarcane through green manure crop intercropped with late planted sugarcane. *En: Proc. International Conference on Managing Natural Resources for Sustainable Agricultural Production in the 21st Century*. New Delhi, India. pp. 34-36.
- Yadav R. L. 2004. Enhancing efficiency of fertilizer N use in rice-wheat systems of Indo-Gangetic plains by intercropping *Sesbania aculeata* in direct seeded upland rice for green manuring. *Bioresource Technol.* 93: 213-215.
- Yuwen L., L. Tsangshen & W. Chungho. 2003. Study on N mineralization characteristics of organic materials. *J. Agric. Res. China* 52: 178-190.