

Abonos verdes en el rendimiento del perejil y la fertilidad del suelo en Piracicaba, Brasil

Green manure in parsley production and soil fertility in Piracicaba, Brazil



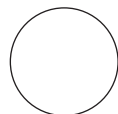
SIMONE DA COSTA-MELLO^{1, 3}
JOSINA NIMI-KASSOMA¹
GUSTAVO QUESADA-ROLDÁN¹
ADRIANO DANTAS-DA SILVA¹
MATEUS AUGUSTO DONEGÁ¹
CARLOS TADEU DOS SANTOS-DIAS²

Vista general de las tres especies de abonos verdes usadas en el experimento, *Mucuna deeringiana*, *Crotalaria juncea* y *C. spectabilis*.

Foto: J. Nimi-Kassoma

RESUMEN

Los abonos verdes han sido utilizados con éxito en la producción de hortalizas como fuente de nitrógeno y como acondicionador del suelo, principalmente en áreas degradadas. Sin embargo, la información referente a esos efectos en el cultivo del perejil es escasa. Así, abonos verdes como *Mucuna deeringiana*, *Crotalaria juncea* y *Crotalaria spectabilis* fueron estudiados en las propiedades físicas y químicas del suelo y en la productividad de dos cultivares de perejil (Lisa Preferida y Graúda Portuguesa). Dos experimentos fueron realizados en el Departamento de Producción Vegetal de la Escuela Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, en Piracicaba-SP, Brasil. Se evaluaron propiedades físicas del suelo como la densidad (real o aparente), porosidad total, macroporosidad y microporosidad, que no fueron alteradas por los abonos verdes en relación al control en los dos experimentos. También propiedades químicas del suelo como el pH, contenido de materia orgánica y nutrientes, quienes presentaron cambios en el segundo experimento, cuando las concentraciones de Ca, P y la suma de bases aumentaron con la aplicación de los abonos verdes de forma significativa. En suelos con alta fertilidad, como el estudiado, se dificulta encontrar beneficios a partir de una única fertilización con abonos verdes. La productividad del perejil en el primer experimento aumentó en promedio 61% después de la fertilización con abonos verdes en relación al control (14,9 t ha⁻¹), independiente de la especie de abonos verdes utilizada. En el segundo experimento, la productividad del perejil no aumentó con la fertilización de esos abonos en relación al control, posiblemente porque las condiciones abióticas afectaron la producción de biomasa de los abonos verdes y del propio perejil producido en ese ciclo.



Palabras clave adicionales: *Petroselinum crispum*, química de suelos, física de suelos, leguminosas.

¹ Escuela Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Departamento de Producción Vegetal, Universidad de São Paulo, Piracicaba-SP (Brasil). ORCID Costa-Mello, S.: 0000-0002-1652-8171; ORCID Nimi-Kassoma, J.: 0000-0002-9304-391X; Quesada-Roldán, G.: 0000-0002-4171-0135; Dantas-da Silva, A.: 0000-0002-9224-3055; ORCID Donegá, M.A.: h0000-0002-7596-9663

² Escuela Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Departamento de Ciencias Exactas, Universidad de São Paulo, Piracicaba-SP (Brasil). ORCID Santos-Dias, C.T.d.: 0000-0003-1015-1761

³ Autor para correspondencia. scmello@usp.br

ABSTRACT

Green manure has been employed successfully in vegetable production as a nitrogen source and for soil conditioning, especially in highly, intensively prepared soils. However, the information on the effects in parsley culture is very limited. The green manure species *Mucuna deeringiana*, *Crotalaria juncea* and *Crotalaria spectabilis* were studied for the physical and chemical soil properties and yield of two cultivars of parsley (Lisa Preferida and Graúda Portuguesa). Two experiments were conducted at the Crop Production Department at the Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba-SP, Brazil. The soil physical properties, such as density, total porosity, macro and microporosity, were not affected by green manure, as compared to the control in both experiments. The chemical properties (pH, organic matter and nutrients content) only changed in the second experiment, significantly increasing the Ca and P concentration and bases sum with the green manure. In soils with high fertility, such as the one in this study, it is difficult to find benefits from a single green manure. The parsley yield increased on average 61% after green manure cultivation, as compared to the control (14.9 t ha⁻¹), regardless of the green manure species used, only in the first experiment. In the second experiment, the parsley yield did not increase because of the green manure effects, as compared to the control, possibly because, in this cycle, the produced green manure biomass and the parsley yield were affected by abiotic conditions.

Additional key words: *Petroselinum crispum*, soil chemistry, soil physics, leguminous.

Fecha de recepción: 09-06-2017 Aprobado para publicación: 30-01-2018

INTRODUCCIÓN

El perejil (*Petroselinum crispum* Mill.), originario del sur de Europa y el Oriente Medio, es una de las especies foliosas bien valorizada comercialmente y tiene gran aceptación por los consumidores como condimento (Heredia *et al.*, 2008). Esta especie es muy utilizada como materia prima en la industria de alimentos, en forma fresca, deshidratada o congelada (Almeida, 2006), además de ser comercializada en atado para el mercado fresco. La planta es fuente de vitamina A, C, niacina, riboflavina, calcio, hierro, potasio y fósforo, además de poseer antioxidantes y ayudar en el tratamiento de procesos inflamatorios (Jia *et al.*, 2014).

El perejil se ha sembrado continuamente en áreas de cultivo, principalmente destinadas para industria, reduciendo la productividad y calidad de la materia prima. En este cultivo, la preparación intensiva del suelo, el uso limitado de materias orgánicas y el elevado volumen de agua aplicado por sistemas de riego por aspersión han provocado la reducción de la fertilidad del suelo, visualmente constatada por la erosión y la formación de capas compactadas. La compactación de las capas superficiales puede afectar la germinación de las semillas y aumentar la incidencia de patógenos de suelo y de enfermedades foliares (Koike *et al.*, 2013).

Para preservar y restaurar la fertilidad de los suelos intensivamente cultivados, el uso de abonos verdes ha ganado cada vez mayor importancia en la agricultura (Souza *et al.*, 2015). Según Carlos *et al.* (2006) el abono verde es el cultivo de especies vegetales capaces de mejorar las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo, y consecuentemente su capacidad productiva. El uso de abonos verdes puede ser practicado en rotación, sucesión o consorcio con otros cultivos, incorporando esos abonos o dejándolos en la superficie para protección de la capa superficial del suelo (Souza y Resende, 2006).

Las especies más utilizadas como abonos verdes pertenecen a la familia *Fabaceae* debido a la capacidad que tienen de fijar nitrógeno atmosférico y al asociarse simbióticamente a las bacterias del género *Rhizobium* (Mangaravite *et al.*, 2014). El uso de leguminosas como abonos verdes tiene relevancia al posibilitar la disminución de insumos externos en la unidad de producción, por ser utilizadas como fuente de nitrógeno. En algunos casos, incluso pueden suministrar la totalidad del N a los cultivos. Según Almeida *et al.* (2008) el uso de leguminosas como abono verde fue capaz de substituir la fertilización con gallinaza para el suministro de N en la producción de lechuga. También

en el cultivo de la papa, los abonos verdes suplieron las exigencias mínimas de N y fueron responsables en el mantenimiento de la fertilidad del suelo (Sharifi *et al.*, 2014).

Las leguminosas también aumentan la biomasa microbiana y la actividad enzimática de los microorganismos del suelo (Carvalho *et al.*, 2004; Talgre *et al.*, 2012; Sharifi *et al.*, 2014; Ye *et al.*, 2014); protegen el suelo de precipitaciones muy intensas; aumentan la capacidad de retención de agua del suelo, son eficientes en la movilización y reciclaje de los nutrientes y reducen la población de las malezas.

El cultivo continuo de plantas en la misma área causa la degradación del suelo, alterando los contenidos de carbono orgánico y nitrógeno, cuyas pérdidas pueden ser atribuidas a la reducción de la materia orgánica en el suelo. El tipo de materia orgánica aplicada al suelo determina sus propiedades químicas, físicas y biológicas, por tanto, en la forma de residuos vegetales por ejemplo, mejora su calidad (Smolinska, 2014).

Según Carvalho (2004) el cultivo de plantas leguminosas puede mejorar las características físicas del suelo, así como la densidad. Las leguminosas han sido usadas en programas de recuperación de áreas degradadas, por sus características como rusticidad y sistemas radiculares vigorosos y profundos (Favaretto *et al.*, 2000).

Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue evaluar la eficiencia de tres especies de abonos verdes en la producción de dos cultivares de perejil y en las características de fertilidad del suelo, en la región de Piracicaba-SP, Brasil.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización y condiciones del estudio

Se llevaron a cabo dos experimentos en lotes contiguos, en el área experimental del Departamento de Producción Vegetal de la Escuela Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ) de la Universidad de São Paulo (USP), en el municipio de Piracicaba, estado de São Paulo, Brasil, a 546 msnm, 22°42'30" S y 47°38'00" W. El primer experimento (I) se realizó entre el 4 de diciembre de 2008 y el 23 de mayo de 2009, y el segundo experimento (II) entre los días 22 de enero y 3 de julio de 2009. Los datos climatológicos

de estos periodos fueron obtenidos por la estación meteorológica del Laboratorio de Ingeniería de Biosistemas de la ESALQ/USP (Fig. 1).

El suelo de las áreas experimentales fue clasificado como Nitosol rojo eutrófico A moderado de textura arcillosa. El análisis químico local del experimento I fue el siguiente: pH (CaCl₂) 5,9; materia orgánica 27,8 g dm⁻³; fósforo 377,6 mg dm⁻³; azufre 49,6 mg dm⁻³; potasio 11,6 mmol_c dm⁻³; calcio 81,6 mmol_c dm⁻³; magnesio 19,2 mmol_c dm⁻³; H+Al 26 mmol_c dm⁻³; suma de bases 112,4 mmol_c dm⁻³; capacidad de intercambio catiónico 138,4 mmol_c dm⁻³; saturación de bases 81,2 mmol_c dm⁻³; boro 0,8 mg dm⁻³; cobre 12,2 mg dm⁻³; hierro 54,8 mg dm⁻³; manganeso 28,9 mg dm⁻³; zinc 21,4 mg dm⁻³. En el experimento II, los resultados del análisis fueron: pH (CaCl₂) 5,9; materia orgánica 31,2 g dm⁻³; fósforo 412,6 mg dm⁻³; azufre 12,0 mg dm⁻³; potasio 9,5 mmol_c dm⁻³; calcio 115,6 mmol_c dm⁻³; magnesio 21,2 mmol_c dm⁻³; H+Al 23,8 mmol_c dm⁻³; suma de bases 146,3 mmol_c dm⁻³; capacidad de intercambio catiónico 170,1 mmol_c dm⁻³; saturación de bases 86,0 mmol_c dm⁻³; boro 0,6 mg dm⁻³; cobre 10,3 mg dm⁻³; hierro 50,8 mg dm⁻³; manganeso 30,0 mg dm⁻³; zinc 25,1 mg dm⁻³.

Estos análisis se llevaron a cabo momentos antes del inicio de los experimentos. Para el análisis de la materia orgánica se usó dicromato de K y posteriormente análisis colorimétrico; P, K, Ca y Mg fueron analizados por el método de resina. B a través de la metodología con agua caliente; Cu, Fe, Mn y Zn por extracción con DTPA; S por extracción con fosfato de calcio 0,01 mol L⁻¹.

Material vegetal

Los abonos verdes evaluados presentaron las siguientes características, conforme a lo descrito por Calegari *et al.* (1993): *Mucuna deeringiana* Merr.: planta anual de crecimiento determinado, de clima tropical y subtropical, con buen desarrollo en suelos arcillosos y arenosos; ofrece alguna resistencia a condiciones de acidez y baja fertilidad. *Crotalaria juncea* L.: planta de clima tropical y subtropical, con buen desenvolvimiento en suelos arcillosos y arenosos; presenta crecimiento rápido y elevada producción de biomasa. *Crotalaria spectabilis* Roth: planta anual de clima tropical y subtropical con buen desarrollo en los diferentes tipos de textura de suelo; posee raíz pivotante profunda y el crecimiento inicial es lento.

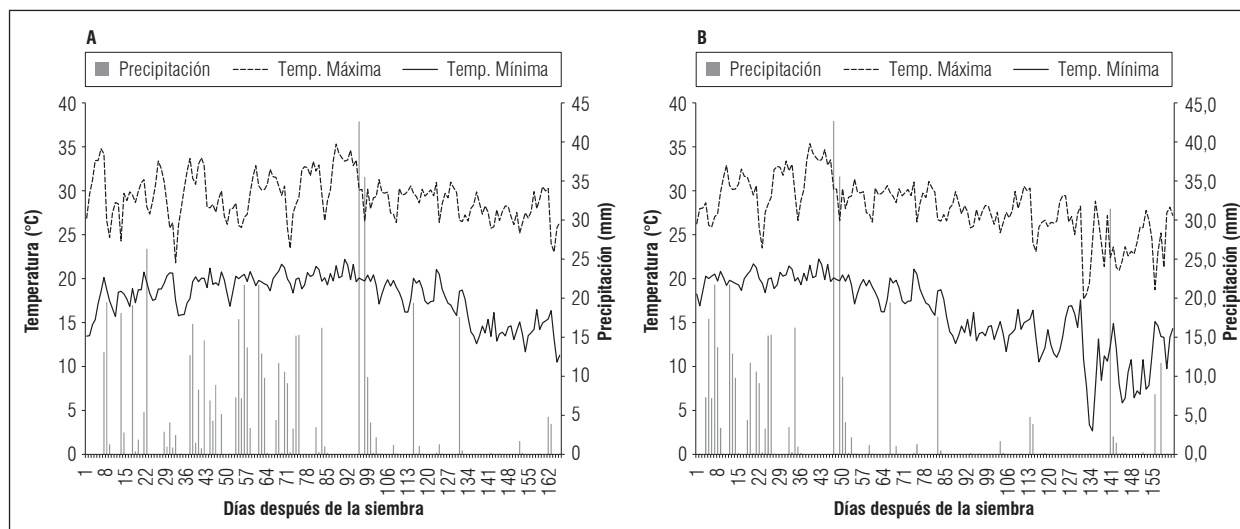


Figura 1. Datos climáticos registrados en ESALQ/USP (Piracicaba-SP, Brasil) en el momento de realizarse el experimento I (A) y experimento II (B).

Se emplearon dos cultivares de perejil, Graúda Portuguesa y Lisa Preferida. El primer cultivar presenta hojas grandes, lisas y de color verde oscuro, tallos gruesos y largos que miden cerca de 30 a 35 cm de altura, permite varios cortes obteniéndose alto rendimiento. El segundo cultivar crece con hojas lisas, largas y de color verde oscuro, miden de 30 a 35 cm de altura, pueden realizarse varios cortes y es resistente al volcamiento. El inicio de la cosecha ocurre entre 45 y 55 d después de sembradas (dds) en ambos cultivares.

Manejo del experimento y variables analizadas

Las semillas de los abonos verdes fueron sembradas al voleo y cortadas a los 75 y 95 dds, en los experimentos I y II, respectivamente. Estos experimentos no se llevaron a cabo secuencialmente, sino con un desfase de 48 d entre uno y otro experimento. Para el experimento I después del corte de los abonos verdes, las plantas fueron dejadas como cobertura sobre los surcos. En el experimento II, una semana después del corte fueron formados los surcos de siembra e incorporados sobre la superficie.

En ambos experimentos, inmediatamente después del corte de los abonos verdes, fueron colectadas muestras de suelo entre 0 a 20 cm de profundidad. En todas las parcelas se realizó una caracterización química de la materia orgánica, pH, capacidad de intercambio catiónico (CIC) y contenido de P, K, Ca, Mg, B, Cu, Fe,

Mn y Zn. Para la determinación de las propiedades físicas del suelo (densidad, porosidad total, macro y microporosidad), se colectaron muestras inalteradas a esta misma profundidad con la ayuda de anillos volumétricos. En los dos experimentos se trasplantó las plántulas de perejil a 32 d después del corte de los abonos verdes. Las plántulas de perejil fueron producidas en vivero comercial usando bandejas de 288 celdas utilizando como sustrato fibra de coco y colocando 10 semillas por celda. Después de la germinación las bandejas fueron transferidas a invernadero para el desarrollo de las plántulas. Se plantaron con un espaciamiento de 15 cm entre plantas y 30 cm entre líneas. Cada subparcela tenía 20 plantas.

Para determinación de la masa fresca, se cosecharon los abonos verdes en un área equivalente a 1 m² por parcela. Después de esta etapa, 500 g de cada muestra se secaron por 48 h en estufa a 65°C con circulación forzada para las mediciones de masa seca de los materiales vegetales.

El perejil fue cosechado mediante el corte de las plantas inmediatamente encima de los brotes nuevos en un área de 0,45 m² en el centro de la subparcela a los 90 d después del trasplante (DDT) en el experimento I y 100 DDT en el experimento II. Se evaluó la producción de masa fresca del tallo, hojas, total (parte aérea), área foliar, número de hojas, masa seca del tallo, hojas y total. La masa fresca de cada parte y total es usada para evaluar el rendimiento destinado para industria (tallos y hojas). El área foliar fue medida

a través de un medidor de área foliar Licor 3100-C (Biosciences, Lincoln, NE).

Diseño experimental y análisis estadístico

Se empleó un diseño experimental de bloques al azar dispuesto en parcelas divididas, con cinco repeticiones. Las parcelas (10,8 m²) estaban compuestas por tres abonos verdes (*M. deeringiana*, *C. juncea* y *C. spectabilis*) y el tratamiento control (sin cobertura), mientras que las subparcelas (1,8 m²) estaban formadas por los cultivares de perejil (Graúda Portuguesa y Lisa Preferida). Se realizó un análisis de variancia de los datos y la prueba de Tukey al 5% de probabilidad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Producción de biomasa de los abonos verdes

La cobertura *C. juncea* produjo mayor masa fresca comparado a *M. deeringiana* y mayor masa seca en relación a los demás tratamientos del experimento I. En el experimento II, la masa fresca y seca también fueron superiores para *C. juncea* en relación a las demás leguminosas (Tab. 1), corroborando con los resultados obtenidos por Calegari *et al.* (1993) y Wutke *et al.* (2009).

En el experimento I, la producción de masa seca de *C. juncea* y *M. deeringiana* alcanzó un 54,4% y 136,8% de mayor producción en relación a los registros reportados por Wutke *et al.* (2009), cuyos rendimientos máximos alcanzaron 10,0 y 17,6 t ha⁻¹ para *C. juncea* y 2,0 y 4,0 t ha⁻¹ para *M. deeringiana* entre septiembre y marzo. Para *C. spectabilis*, el rango de masa seca reportado por esos autores fue 4 a 14,9 t ha⁻¹. En el experimento II, aún con producciones menores en relación al primer experimento en consecuencia a menores temperaturas en ese período (Fig. 1) y por tanto menor crecimiento, los valores de masa seca de los tres abonos verdes evaluados se mantuvieron dentro de los rangos obtenidos por esos autores.

Propiedades físicas y químicas del suelo

Pese a que las condiciones favorecieron la producción de masa seca en los abonos verdes, las características químicas del suelo en el experimento I no fueron alteradas con el empleo de los abonos verdes conforme

a lo esperado (Tab. 2). Segundo Myers *et al.* (1994) citado por Espindola *et al.* (2005) son varios los factores que pueden influenciar en la degradación de los abonos verdes, siendo los principales las características edafoclimáticas, la composición química de los abonos verdes y las estrategias de manejo. De acuerdo con esos autores, en las mismas condiciones de clima y suelo, la velocidad de descomposición de los abonos verdes es afectada por la composición química del material vegetal. Abonos verdes con elevadas relaciones C/N y alto contenido de lignina proporcionaron una velocidad de descomposición y disponibilidad de nutrientes que no fueron suficientes para alterar las características químicas del suelo en el primer año de cultivo, más aún en un suelo con alta fertilidad como el que fue utilizado. Bajas relaciones lignina/nitrógeno son necesarias para aumentar la velocidad de descomposición de los abonos verdes y, consecuentemente, proporcionar nutrientes en el suelo (Cobo *et al.*, 2002). En un suelo más pobre (que no fue el caso de este trabajo), inmediatamente después del primer año podría esperarse alguna mejoría en la fertilidad, sin embargo Alcântara *et al.* (2000) en estudios sobre la recuperación de los suelos degradados, 150 d después de realizado el manejo, no encontraron efecto de los abonos verdes sobre la fertilidad del suelo.

En el experimento II, las concentraciones de Ca y P y la suma de bases aumentaron con el cultivo de *M. deeringiana* en relación a los demás abonos verdes y al control (Tab. 2), probablemente porque las plantas de esa especie extrajeron más P y Ca y sufrieron el proceso de descomposición más rápido en relación a los demás, haciendo disponibles esos nutrientes en el suelo. La especie *M. deeringiana* tiende a tener menor relación C/N (12 a 20) en comparación con especies de *Crotalaria* (17 a 20), acelerando la descomposición (Wutke *et al.*, 2007). La incorporación de los abonos verdes en el experimento II ayudó también a una mayor descomposición, beneficiando más a la *Mucuna*. Según Cavalcante *et al.* (2012) la *M. deeringiana* cosechada con 50% de las plantas en la fase de florecimiento extrajo más P y Ca que otros abonos verdes. Para Sharifi *et al.* (2014) el empleo de abonos verdes aumentó la biomasa microbiana del suelo, resultando en mayor fertilidad y disponibilidad de nutrientes para las plantas. Cultivos sucesivos de *C. juncea*, repollo y maíz, después de tres años consecutivos, aumentaron las concentraciones de P y redujeron las de K y Mg, además del pH. Las concentraciones de calcio, la suma de bases, la CIC potencial (pH 7,0) y el contenido de materia orgánica del suelo, por su parte,

Tabla 1. Producción de masa fresca y seca de tres abonos verdes a los 75 d después de la siembra en Piracicaba, Brasil.

Abono verde	Experimento I		Experimento II	
	Masa fresca (t ha ⁻¹)	Masa seca (t ha ⁻¹)	Masa fresca (t ha ⁻¹)	Masa seca (t ha ⁻¹)
<i>C. juncea</i>	89,59 a	27,18 a	48,52 a	12,16 a
<i>C. spectabilis</i>	72,85 ab	13,23 b	28,04 b	4,02 b
<i>M. deeringiana</i>	44,79 b	9,47 b	20,29 b	4,00 b
CV (%)	28,53	27,38	13,38	14,62

Promedios con letras distintas, en la misma columna, indican diferencia significativa según la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$).

Tabla 2. Características químicas y físicas de suelos con tres abonos verdes bajo dos experimentos en Piracicaba, Brasil.

Características químicas	Experimento I					Experimento II				
	Md	Cs	Cj	Control	F	Md	Cs	Cj	Control	F
pH (CaCl ₂)	5,7	5,5	5,4	5,5	2,53 ^{ns}	5,4	5,6	5,7	5,6	2,60 ^{ns}
M.O. (g dm ⁻³)	34,50	35,50	36,75	36,75	0,60 ^{ns}	35,00	37,33	35,33	35,00	0,30 ^{ns}
P (mg dm ⁻³)	470,8	523,2	535,5	521,5	0,62 ^{ns}	352,7	450,3	399,0	425,0	4,09*
K (mg dm ⁻³)	9,8	8,4	9,2	9,8	0,45 ^{ns}	6,7	6,9	7,3	7,4	0,79 ^{ns}
Ca (mmol _c dm ⁻³)	79,75	77,50	81,25	78,50	0,22 ^{ns}	76,33	87,00	85,33	92,00	4,11*
Mg (mmol _c dm ⁻³)	20,00	19,75	18,75	18,50	0,64 ^{ns}	20,00	24,66	23,66	20,33	0,81 ^{ns}
H+Al (mmol _c dm ⁻³)	36,50	41,25	44,75	43,25	1,91 ^{ns}	41,33	35,33	33,00	32,33	1,62 ^{ns}
SB ¹ (mmol _c dm ⁻³)	109,60	105,60	109,17	106,82	0,16 ^{ns}	103,00	118,60	116,30	119,76	5,19*
ClC ² (mmol _c dm ⁻³)	146,10	146,85	153,92	150,07	0,47 ^{ns}	144,33	153,93	149,33	152,10	1,87 ^{ns}
V ³ (%)	75,2	71,8	70,8	71,0	1,49 ^{ns}	71,7	77,0	78,0	78,7	2,55 ^{ns}
B (mg dm ⁻³)	0,7	0,6	0,7	0,6	0,90 ^{ns}	0,6	0,7	0,5	0,4	1,91 ^{ns}
Cu (mg dm ⁻³)	14,4	14,9	15,5	14,8	0,26 ^{ns}	13,9	15,4	14,4	12,8	1,21 ^{ns}
Fe (mg dm ⁻³)	57,8	73,8	81,2	79,8	1,63 ^{ns}	89,0	92,3	87,0	67,3	0,69 ^{ns}
Mn (mg dm ⁻³)	36,4	35,2	40,2	34,9	0,74 ^{ns}	50,4	49,3	46,1	38,0	1,17 ^{ns}
Zn (mg dm ⁻³)	33,2	33,3	33,0	32,8	0,02 ^{ns}	19,7	22,8	24,3	20,8	2,18 ^{ns}
Características físicas	Md	Cs	Cj	Control	F	Md	Cs	Cj	Control	F
Porosidad total	0,51	0,51	0,53	0,53	0,08 ^{ns}	0,52	0,52	0,53	0,53	0,22 ^{ns}
Macroporosidad	0,18	0,18	0,21	0,20	0,56 ^{ns}	0,18	0,20	0,22	0,20	0,50 ^{ns}
Microporosidad	0,33	0,33	0,32	0,32	0,43 ^{ns}	0,34	0,33	0,31	0,33	1,39 ^{ns}
Densidad (g cm ⁻³)	1,34	1,36	1,35	1,34	0,08 ^{ns}	1,43	1,50	1,39	1,42	1,58 ^{ns}

¹ suma de bases; ² capacidad de intercambio catiónico; ³ saturación de bases; ^{ns} no significativo a $P \leq 0,05$; * significativo a $P \leq 0,05$; Md: *M. deeringiana*; Cs: *C. spectabilis*; Cj: *C. juncea*.

no fueron alterados por esta práctica de manejo según Souza *et al.* (2015).

Las propiedades físicas del suelo no fueron influenciadas por los abonos verdes (Tab. 2), evidenciando que la mayor influencia de la técnica de los abonos verdes, a corto plazo, es la protección y la conservación de la

humedad del suelo (Villatoro, 2000). No son esperables cambios en la física del suelo producto de un solo ciclo de cultivo con abonos verdes. Silva *et al.* (2008) demostraron que algunas propiedades físicas del suelo como la humedad, macroporosidad, microporosidad y porosidad total no fueron influenciadas por los sistemas de manejo del suelo, caracterizados por cultivos

sucesivos de *C. juncea* y frijol, y el consorcio entre *Mucuna* y maíz seguido también del frijol. En otro trabajo, Nascimento *et al.* (2005), evaluando los efectos en la física del suelo de varios abonos verdes, entre ellos *C. juncea*, constataron que la densidad, la porosidad total, la arcilla dispersa en agua y la estabilidad de los agregados permanecieron inalteradas después de tres años de experimento.

Productividad del perejil

En ninguno de los experimentos hubo interacción significativa entre los abonos verdes y los cultivares de perejil (Tab. 3). La producción de masa fresca y seca de las hojas, tallos y total (parte aérea) aumentaron con el cultivo de los abonos verdes pero no difirieron significativamente entre sí en el primer experimento.

El área foliar del perejil fue superior en las áreas cultivadas con los abonos verdes *M. deeringiana* y *C. spectabilis* en relación al control. Bento *et al.* (2014) demostrando efectos benéficos de estos dos abonos verdes en la productividad de hortalizas de hoja, obtuvieron mayor producción de lechuga.

En el segundo experimento, los abonos verdes no afectaron las características estudiadas para los cultivares de perejil 'Graúda Portuguesa' y 'Lisa Preferida'. Resultados semejantes fueron obtenidos por algunos autores como Fontanétti *et al.* (2006), donde los abonos verdes *Crotalaria juncea*, *Mucuna aterrima* y *Canavalia ensiformis* no presentaron un aumento de masa y de productividad para repollo y lechuga americana en relación al control. Para el caso de zanahoria plantada en suelos incorporados con *C. juncea*, fueron reportadas mayores productividades, sin embargo no se encontró

Tabla 3. Efecto de tres abonos verdes sobre la producción de masa fresca y seca en dos cultivares de perejil en dos experimentos (Piracicaba-SP, Brasil).

Experimento I							
Factor principal	Masa fresca (t ha ⁻¹)			Masa seca (kg ha ⁻¹)			AF (cm ²)
	Hoja	Tallo	Total	Hoja	Tallo	Total	
Abonos verdes (A)							
<i>M. deeringiana</i>	16,9 a	8,9 a	25,8 a	1575,8 a	635,4 a	2211,2 a	2403,5 a
<i>C. spectabilis</i>	15,2 a	7,9 a	23,1 a	1499,7 a	558,2 a	2057,9 a	2383,3 a
<i>C. juncea</i>	15,0 a	8,1 a	22,9 a	1430,3 a	564,8 a	1995,1 a	2128,0 ab
Control	9,8 b	5,1 b	14,9 b	1067,1 b	356,9 b	1424,0 b	1566,4 b
Cultivares de perejil (V)							
Graúda Portuguesa	14,8 a	7,6 a	22,4 a	1439,3 a	526,6 a	1965,8 a	2107,6 a
Lisa Preferida	13,6 a	7,4 a	20,9 a	1347,2 a	531,1 a	1878,3 a	2133,0 a
Interacción A X V	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	22,37	27,86	23,94	20,9	23,16	20,51	26,04
Experimento II							
Abonos verdes (A)							
<i>M. deeringiana</i>	10,9 a	7,3 a	18,2 a	1127,6 a	524,8 a	1652,4 a	1536,0 a
<i>C. spectabilis</i>	12,7 a	7,9 a	21,6 a	1219,1 a	567,2 a	1786,3 a	1707,5 a
<i>C. juncea</i>	11,3 a	7,7 a	19,0 a	1079,8 a	484,0 a	1563,8 a	1503,6 a
Control	10,8 a	6,7 a	17,5 a	1089,4 a	444,5 a	1534,0 a	1511,1 a
Variedades (V)							
Graúda Portuguesa	11,1 a	7,7 a	18,8 a	1090,8 a	493,4 a	1584,2 a	1573,5 a
Lisa Preferida	11,8 a	7,6 a	19,4 a	1167,2 a	516,9 a	1684,0 a	1555,6 a
Interacción A X V	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	22,8	28,15	24,44	19,79	24,2	20,2	17,10

Promedios con letras distintas, en la misma columna, indican diferencia significativa según la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$).

significancia en relación a la fertilización convencional inorgánica (Bruno *et al.*, 2007). En plantas de frijol, el aumento de la productividad tampoco fue significativo en suelos cultivados con *M. aterrima* (Arf *et al.*, 1999). Los resultados obtenidos en el experimento II obedecen posiblemente al hecho de haber acumulado menor biomasa de los abonos verdes en relación al experimento I. Así, las condiciones no favorecieron para aumentar significativamente la productividad del perejil, aun siendo incorporada la biomasa de los abonos verdes antes de la siembra del perejil.

La otra posible justificación, es que la sincronía entre la liberación de nutrientes de los abonos verdes y los períodos de mayor demanda por nutrientes en las plantas de perejil puede no haber ocurrido. En el experimento II, las temperaturas más favorables que se registraron en los últimos 76 d de cultivo del perejil (acumulando más días fríos con temperaturas mínimas inferiores a 15°C, Fig. 1) pueden haber afectado la tasa de descomposición de los abonos verdes, consecuentemente la mineralización de los nutrientes y el patrón de crecimiento del perejil. La productividad de ese cultivo por efecto de los abonos verdes depende de factores abióticos como la temperatura, que afecta la tasa de crecimiento y de descomposición de los propios abonos verdes así como la tasa de crecimiento del propio perejil. Para Alcântara *et al.* (2000), citado por Santos *et al.* (2014), los efectos benéficos de los abonos verdes en la producción de plantas pueden ser influenciados por factores abióticos como la temperatura. Miyazawa *et al.* (2014) mencionan que fluctuaciones en las condiciones ambientales pueden también alterar los patrones de crecimiento y las interacciones entre especies vegetales.

CONCLUSIONES

El cultivo de abonos verdes de un único ciclo no fue suficiente para mejorar significativamente las características químicas y físicas del suelo, hecho corroborado en los dos experimentos realizados, aun realizando la incorporación de la materia orgánica en uno de esos ciclos. Por tanto, son necesarios más ciclos utilizando abonos verdes en el mismo suelo, así como los estudios pertinentes para confirmar mejoras en la fertilidad de los suelos, principalmente si los abonos verdes son incorporados en suelos no deficientes. Condiciones más favorables en el cultivo de los abonos verdes *M. deeringiana*, *C. spectabilis* y *C. juncea* benefició la producción de ambos cultivares de perejil solamente en el primer experimento, aumentando la biomasa

producida y el número total de atados que pueden ser comercializados. Nuevos estudios que consideren períodos de empleo de los abonos verdes más prolongados y en suelos de baja fertilidad serían útiles para confirmar los efectos benéficos de los abonos verdes aquí estudiados e intentar diferenciar algún abono verde en particular.

Conflicto de intereses: el manuscrito fue preparado y revisado con la participación de los autores, quienes declaran no tener algún conflicto de interés que coloquen en riesgo la validez de los resultados aquí presentados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcântara, F.A., A.E. Neto, M.B. Paula, H.A. Mesquita y J.A. Muniz. 2000. Adubação verde na recuperação da fertilidade de um latossolo vermelho-escuro degradado. *Pesq. Agropec. Bras.* 35(2), 277-288. Doi: 10.1590/S0100-204X2000000200006
- Almeida, D. 2006. Manual de culturas hortícolas. Vol. 1. 3ª ed. Editorial Presença, Lisboa, Portugal.
- Almeida M.M., A. Lixa, E. Silva, P.H. Azevedo, H. Polli y R. Ribeiro. 2008. Fertilizantes de leguminosas como fontes alternativas de nitrogênio para produção orgânica de alface. *Pesq. Agropec. Bras.* 43(6), 675-682. Doi: 10.1590/S0100-204X2008000600002
- Arf, O., L.S. Silva, S. Buzetti, M.C. Alves, M.E. Sá, R.A. Rodrigues y F. Hernández. 1999. Efeito da rotação de culturas, adubação verde e nitrogenada sobre o rendimento do feijão. *Pesq. Agropec. Bras.* 34(11), 2029-2036. Doi: 10.1590/S0100-204X1999001100008
- Bento, T., M.A. Carvalho y W. Gervazio. 2014. Adubação verde e sistemas de cultivo na produção orgânica de alface. *Cad. Agroecol.* 9(4), 1-12.
- Bruno, R.S., J. Viana, V.F. Silva, G.B. Bruno y M.F. Moura. 2007. Produção e qualidade de sementes e raízes de cenoura cultivada em solo com adubação orgânica e mineral. *Hortic. Bras.* 25, 170-174. Doi: 10.1590/S0102-05362007000200008
- Calegari, A., P.B. Alcântara, S. Muiyasa y T.J.C. Amado. 1993. Caracterização das principais espécies de abonos verdes. pp. 206-319. En: Costa, M.B. (ed.). Adubação verde no sul do Brasil. 2ª ed. Asses e Serv a Proj em Agricultura Alternat (AS-PTA), Rio de Janeiro, Brasil.
- Carlos, J.A., J.A. da Costa y M.P. da Costa. 2006. Adubação verde: do conceito à prática. Série Produtor Rural 30. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ), Universidade de São Paulo (USP), Piracicaba-SP, Brasil.
- Carvalho, M.A., R. Soratto, M.L. Athayde, O. Arf y M. Sá. 2004. Produtividade do milho em sucessão a

- abonos verdes no sistema de plantio direto e convencional. *Pesq. Agropec. Bras.* 39(1), 47-63. Doi: 10.1590/S0100-204X2004000100007
- Cavalcante, V.S., V.R. Santos, A.L. Neto, M.A.L. Santos, C.G. Santos y L.C. Costa. 2012. Biomassa e extração de nutrientes por plantas de cobertura. *Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambient.* 16(5), 521-528. Doi: 10.1590/S1415-43662012000500008
- Cobo, J.G., E. Barrios, D.C.L. Kass y R.J. Thomas. 2002. Decomposition and nutrient release by green manures in tropical hillside agroecosystem. *Plant Soil* 240, 331-342. Doi: 10.1023/A:1015720324392
- Espindola, J.A., J.G. Guerra y D. Almeida. 2005. Uso de leguminosas herbáceas para adubação verde. pp. 435-451. En: Aquino, A.M. y Assis, R.L. (eds.). *Agroecologia: princípios e técnicas para uma agricultura orgânica sustentável*. EMBRAPA, Brasília-DF, Brasil.
- Favaretto, N., A. Moraes, A.C. Motta y B.M. Prevedello. 2000. Efeito da revegetação e da adubação de área degradada na fertilidade do solo e nas características da palhada. *Pesq. Agropec. Bras.* 35(2), 289-297. Doi: 10.1590/S0100-204X2000000200007
- Fontanetti, A., G.J. Carvalho, L.A. Gomes, K. Almeida, S.R. Moraes y C. Teixeira. 2006. Adubação verde na produção orgânica de alface americana e repolho. *Hortic. Bras.* 24, 146-150. Doi: 10.1590/S0102-05362006000200004
- Heredia, N.A., M.C. Vieira, J. Rech, A. Quast, B.C.A. Pontim y R.P. Gassi. 2008. Yield and gross income of arracacha in monocrop and intercropping with the Japanese bunching onion and parsley. *Hortic. Bras.* 26, 287-291. Doi: 10.1590/S0102-05362008000200032
- Jia, H., W. Aw, M. Hanate, S. Takahashi, K. Saito, H. Tanaka, M. Tomita y H. Kato. 2014. Multi-faceted integrated omics analysis revealed parsley (*Petroselinum crispum*) as a novel dietary intervention in dextran sodium sulphate induced colitic mice. *J. Funct. Foods* 11, 438-448. Doi: 10.1016/j.jff.2014.09.018
- Koike, S.T., N. Nichole, J. Wolf, P. Van Berkump y O. Dugovich. 2013. Stemphylium leaf spot of parsley in California caused by *Stemphylium vesicarium*. *Plant Dis.* 97(3), 315-322. Doi: 10.1094/PDIS-06-12-0611-RE
- Mangaravite, J.C., R. Passos, F. Andrade, D. Burak y E. Mendonça. 2014. Phytomass production and nutrient accumulation by green manure species. *Rev. Ceres* 61(5), 732-739. Doi: 10.1590/0034-737X201461050017
- Miyazawa, K., M. Takeda, T. Murakami y T. Murayama. 2014. Dual and triple intercropping: potential benefits for annual green manure production. *Plant Prod. Sci.* 17(2), 194-201. Doi: 10.1626/ppls.17.194
- Myers, R.J.K., C.A. Palm, E. Cuevas, I.U.N. Gunatilleke y M. Brossard. 1994. The synchronization of nutrient mineralization and plant nutrient demand. pp. 81-116. En: Woomer, P.L. y M.J. Swift (eds.). *The biological management of tropical soil fertility*. John Wiley and Sons, Chichester, UK.
- Nascimento, J., I. Silva, R. Santiago y L.F. Neto. 2005. Efeito de leguminosas nos atributos físicos e carbono orgânico de um Luvisolo. *Rev. Bras. Ciênc. Solo* 29, 825-831. Doi: 10.1590/S0100-06832005000500018
- Santos, R.A., P.T. Carneiro, V.R. Santos, L.C. Costa, C.G. Santos y A.S. Neto. 2014. Crescimento de leguminosas utilizadas na adubação verde em diferentes níveis de sais na água de irrigação. *Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambient.* 18(12), 1255-1261. Doi: 10.1590/1807-1929/agriambi.v18n12p1255-1261
- Sharifi, M., D.H. Lynch, A. Hammermeister, D.L. Burton y A.J. Messiga. 2014. Effect of green manure and supplemental fertility amendments on selected soil quality parameters in an organic potato rotation in Eastern Canada. *Nutr. Cycl. Agroecosys.* 100, 135-146. Doi: 10.1007/s10705-014-9633-x
- Silva, M.G., O. Arf, M.C. Alves y S. Buzetti. 2008. Sucessão de culturas e sua influência nas propriedades físicas do solo e na produtividade do feijoeiro de inverno irrigado em diferentes sistemas de manejo do solo. *Bragantia* 67(2), 335-347. Doi: 10.1590/S0006-87052008000200009
- Smolinska, U., B. Kowalska, W. Kowalczyk y M. Szczec. 2014. The use of agro-industrial wastes as carriers of *Trichoderma fungi* in the parsley cultivation. *Sci. Hortic.* 179, 1-8. Doi: 10.1016/j.scienta.2014.08.023
- Souza, J.L., G.P. Guimarães y L.F. Favarato. 2015. Desenvolvimento de hortaliças e atributos do solo com adubação verde e compostos orgânicos sob níveis de N. *Hortic. Bras.* 33, 19-26. Doi: 10.1590/S0102-053620150000100004
- Souza, J.L. y P. Resende. 2006. *Manual de horticultura orgânica*. 2ª ed. Aprenda Fácil, Viçosa-MG, Brasil.
- Talgre, L., E. Lauringson, H. Roostalu, A. Astover y A. Makke. 2012. Green manure as a nutrient source for succeeding crops. *Plant Soil Environ.* 58(6), 275-281. Doi: 10.17221/22/2012-PSE
- Villatoro, M.A. 2000. Contribuição da adubação verde como fonte de nitrogênio para as culturas de milho e sorgo. Tesis de maestría. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro-RJ, Brasil.
- Wutke, E.B., E.J. Ambrosiano, L.F. Razera, P.F. Medina, L.H. Carvalho y H. Kikuti. 2007. Bancos comunitários de sementes de adubos verdes: informações técnicas. MAPA, Brasília-DF, Brasil.
- Wutke, E.B., P.E. Trani, E.J. Ambrosiano y M.I. Drugowich. 2009. Adubação verde no estado de São Paulo. *Boletim Técnico* 249. CATI, Campinas-SP, Brasil.
- Ye, X., H. Liu, Z. Li, Y. Wang, Y. Wang, H. Wang y G. Liu. 2014. Effects of green manure continuous application on soil microbial biomass and enzyme activity. *J. Plant Nutr.* 37, 498-508. Doi: 10.1080/01904167.2013.867978