

Cambios en el pH del suelo y en la disponibilidad de fósforo durante la descomposición de residuos de leguminosas

Juan Ignacio Vanzolini, Juan A. Galantini, Liliana Suñer y Juan Manuel Martínez

El pH es uno de los factores determinantes de la fertilidad de un suelo y puede ser afectado por el manejo de los cultivos y sus residuos. La acumulación de materia orgánica sobre la superficie del suelo en siembra directa puede modificar el pH, con posibles implicancias en la disponibilidad de nutrientes, en especial el fósforo.



Se ha sugerido que la acumulación de materia orgánica (MO) podría tener efecto de acidificación, sobre todo en suelos en que se cultivan leguminosas (Tang et al., 1999). Esta acidificación del suelo se atribuye principalmente a un desbalance entre los ciclos del carbono (C) y el nitrógeno (N), tanto de corto como de largo plazo. En general, las plantas absorben cationes y aniones de la solución del suelo para satisfacer sus requerimientos de crecimiento. Las cantidades relativas de los iones absorbidos por las raíces están determinadas por los requerimientos específicos de la planta para estos iones y la composición de la solución del suelo. En la mayoría de los casos, las plantas absorben más cationes que aniones y expulsan protones para mantener el balance de cargas. En las leguminosas que realizan la fijación biológica de N_2 , la excreción de protones desde las raíces está estrechamente relacionada con la acumulación de aniones orgánicos (malato, citrato y oxalato) en el tejido vegetal. La liberación de protones por la planta causa un incremento en el pH de las células que estimula la síntesis de aniones orgánicos (Mengel & Steffens, 1982). Los aniones orgánicos acumulados en el material vegetal, son fuente de alcalinidad potencial que puede causar el aumento de pH durante su descomposición por la actividad de los microorganismos del suelo. Las características de un suelo, en especial su pH, pueden condicionar el proceso de descomposición de un residuo y, por lo tanto, modificar el efecto que éste pueda realizar sobre las propiedades químicas o físicas edáficas.

Cuando se utilizan cultivos de cobertura (CC) bajo siembra directa para la producción de cultivos comerciales, los residuos se acumulan sobre la superficie del suelo y la redistribución de los nutrientes contenidos en ellos. El potencial para el cambio de pH de los residuos en superficie es mayor cuando se aplican fertilizantes, residuos ricos en N y cuando no se aplican enmiendas (Schomberg *et al.*, 1994). Estos cambios en el pH del suelo pueden

modificar los equilibrios de las diferentes formas en que se encuentran algunos nutrientes, en especial del P, así como su disponibilidad para las plantas (Lindsay, 1979; Suñer et al., 2018). En este contexto, en suelos bajo siembra directa con la implementación de CC podrían producirse cambios de cierta magnitud sobre el pH del suelo superficial y modificar de alguna manera la disponibilidad de otros nutrientes, entre ellos el P. Actualmente no existe información sobre la magnitud de estos cambios en diferentes suelos, ni sobre la duración de estos cambios, ni los factores que pueden incidir sobre ellos.

El objetivo del siguiente trabajo fue evaluar el efecto del agregado de residuos de vicia villosa y avena sobre el pH y el P extraíble en diferentes suelos.

Metodología

A fin de evaluar el efecto del agregado de residuos de vicia sobre el pH y el P extraíble (Pe), se realizaron tres ensayos de incubación. Los residuos fueron íntegramente mezclados con los suelos, humedecidos al comenzar la incubación y periódicamente a lo largo de la experiencia. Se tomaron muestras a los 10, 20, 30, 60, 90 y 120 días.

Los suelos utilizados fueron obtenidos en el área de influencia de la EEA INTA Hilario Ascasubi y de la zona de Bahía Blanca. Se recolectaron muestras de los primeros 20 cm del perfil en cada uno de los sitios. Las muestras secadas al aire fueron tamizadas por 2 mm y completamente homogeneizadas. De cada una se analizaron el pH inicial y Pe. Además, los suelos estudiados fueron caracterizados física y químicamente (Tabla 1).

Los residuos fueron obtenidos de la materia seca de CC de vicia en 50% de floración y de avena encañada. Las muestras fueron recolectadas en el momento previo a la aplicación del herbicida, secadas (60°C), molidas (< 1 mm) y analizada su composición química (Tabla 2).

Ensayos

Experiencia para evaluar el efecto del tipo de residuo aplicado

Se utilizaron dos suelos (A1 y C1) y se aplicaron residuos de vicia (V) y de avena (A) en dos dosis (D1 y D4).

Experiencia para evaluar el efecto de la dosis de residuo aplicada

Se utilizaron dos suelos (A1 y C1) de características similares pero diferente origen. Se aplicó diferentes dosis de residuos de vicia: 0, 10, 20, 30 y 40 g MS kg⁻¹ suelo (D0,D1,D2,D3,D4).

Experiencia para evaluar el efecto del residuo aplicado sobre diferentes suelos

Se utilizaron los residuos de vicia (V) y de avena (A) en dos dosis (D1 y D4) en todos los suelos Tabla 1.

En total, se procesaron 504 unidades experimentales, en las que se determinó pH (en solución 1:2,5) y Pe por el método de Bray & Kurtz (1945).

Tabla 1. Propiedades básicas de los diez suelos utilizados en las distintas experiencias.

Suelo	Ubicación	pH	Pe ppm	Tamaño (μm)			Carbono orgánico (%)			MO %
				0-50	50-100	100-2000	COM	COPf	COP	
A1	Ascasubi	7,0	30	27	27	42	0,83	0,15	0,13	2,53
A2	Ascasubi	7,0	25	25	14	61	0,73	0,13	0,24	1,86
C1	Cabildo	7,1	43	22	22	56	0,74	0,09	0,12	2,19
C2	Cabildo	8,0	8	25	24	50	0,63	0,10	0,10	1,21
C3	Cabildo	6,5	7	24	23	52	0,62	0,08	0,09	1,29
C4	Cabildo	6,3	30	36	33	29	1,04	0,21	0,12	2,02
C5	Cabildo	6,7	8	37	29	31	0,89	0,17	0,09	1,72
C6	Cabildo	7,2	6	28	19	52	0,54	0,08	0,10	1,91
Cg	Cagliero	7,2	13	19	15	65	0,68	0,15	0,24	1,15
O	Tte. Origone	7,4	5	14	11	73	0,56	0,12	0,25	1,20

Tabla 2. Composición química del residuo utilizado en las incubaciones.

Residuo	C	N	S	P	Na	Mg	Ca	K	Cl	C:N	
	%				mg g^{-1}						
Vicia	41,2	4,00	2,82	3,29	1,28	2,77	14,8	38,3	7,66	10	
Avena	42,1	2,34	2,20	2,70	1,7	1,34	4,1	31,6	4,60	18	

Resultados y discusión

Efecto de la cantidad de residuo agregada

El pH inicial fue 7,0 para A1 y 7,1 para C1, valor que en los tratamientos sin agregado de residuos disminuyó durante la incubación en ambos casos. Este descenso del pH se lo atribuye a la mineralización del N original del suelo, seguida del proceso de nitrificación. Por este motivo, el efecto de los residuos en cada momento se analiza como el aumento respecto del testigo (Figura 1). El agregado de residuos produjo cambios significativos en el pH del suelo y en el Pe, que fueron variables según el suelo y momento analizado.

En esta experiencia, el pH de los suelos mostró un incremento casi instantáneo tanto en A₁ como en C₁, aunque de diferente magnitud (Figura 1). El aumento inicial de pH se correspondió con las dosis aplicadas, así el incremento fue mayor cuando mayor fue la dosis de residuo adicionada (D₄>D₃>D₂>D₁).

En A₁, el ascenso inicial de pH después de la adición de residuos fue de menor magnitud que en C₁. El escaso aumento de pH en A₁ con las dosis de residuos más altas, se adjudicó a los altos niveles de MO que tenía el suelo (2,5%). Probablemente, A₁ presentó alta actividad de microorganismos descomponedores y tuvo capacidad para estabilizar más rápidamente el pH.

La disminución del pH con D1 y D2 a partir de los 30 días de incubación, se atribuyó a la nitrificación del N mineralizado del residuo con la consiguiente liberación de H⁺.

En C₁ se observó un incremento inicial promedio de 1,9 unidades en el pH cuando el suelo fue tratado con las dosis más altas de residuo (D3 y D4). Posiblemente, el menor contenido de MO del suelo y la menor actividad microbiana, motivó el aumento en el pH ante la liberación de los aniones contenidos en el residuo. Por el contrario, el agregado de D1 y D2 en C₁ no provocó cambios en el pH final del suelo.

Los niveles iniciales de P de los dos suelos fueron de 30 ppm para A1 y de 43 ppm para C₁. El agregado de residuos de vicia incrementó la disponibilidad de P en el suelo. Los residuos de vicia utilizados contenían 3,29 mg P g⁻¹, por lo que las dosis de residuo de vicia incorporaron P al suelo al descomponerse. Sin embargo, se hallaron algunas evidencias de cambios en el Pe que podrían estar relacionadas con el cambio de pH del suelo.

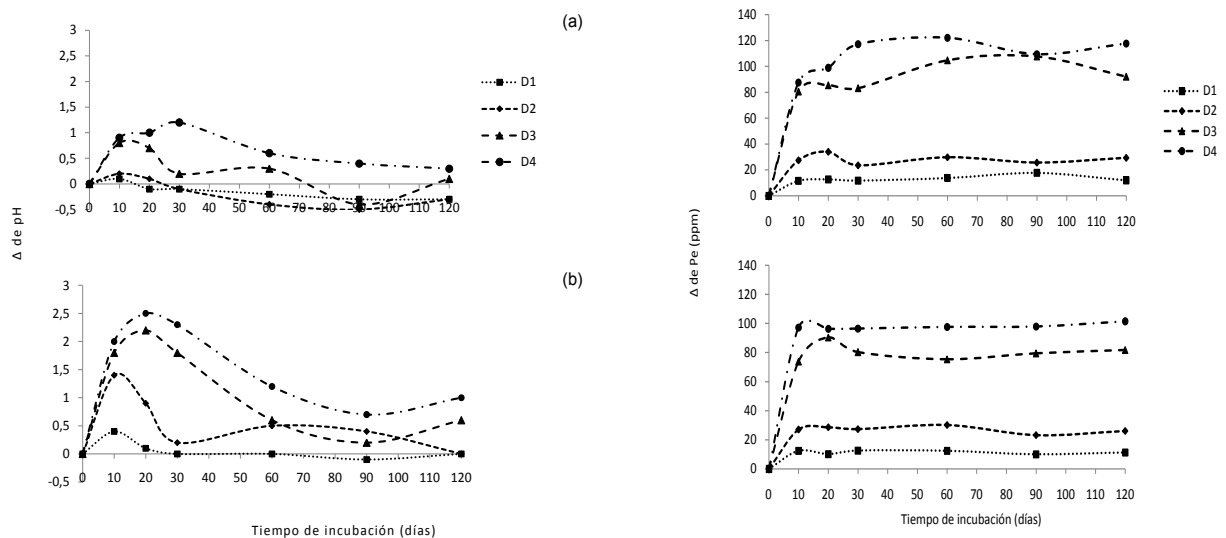


Figura 1. Cambios en el pH y el Pe en los suelos (a) A1 y (b) C₁ con el agregado de diferentes cantidades de residuo de vicia, durante los 120 días de incubación.

Efecto de la calidad de los residuos agregados

Cuando se agregó residuo de avena, el valor de pH observado en el suelo incubado fue mayor que el registrado en el caso del residuo de vicia. Esto se contradice con lo afirmado por varios autores sobre la mayor capacidad de “alcalinización” de las leguminosas respecto de las gramíneas, aunque posiblemente se deba a la baja cantidad de residuo incorporada. Con el agregado de D4, el residuo de vicia produjo un mayor valor de pH del suelo que el residuo de avena, durante el transcurso de los 120 días de incubación. Es decir, la capacidad de

"alcalinización" de los residuos leguminosa se pone de manifiesto cuando los aportes son altos.

Los cambios fueron más marcados en el suelo C1, con menor contenido de MO (Figura 2).

Con respecto al cambio observado en el Pe, los aumentos producidos por el agregado de la menor dosis de residuo, fueron similares entre las especies estudiadas. Sin embargo, cuando se agregó la dosis más alta, el cambio en el Pe fue mayor en el caso de la vicia que en el caso de la avena (Figura 5). La velocidad con que se descomponen los residuos pudo haber sido diferente debido a las características de calidad diferenciales que presentan las gramíneas y las leguminosas. Una rápida descomposición de los residuos de vicia no sólo modifica el pH del suelo sino que favorece la descomposición de los materiales orgánicos nativos por aporte de nitrógeno y la transformación del fósforo orgánico a inorgánico.

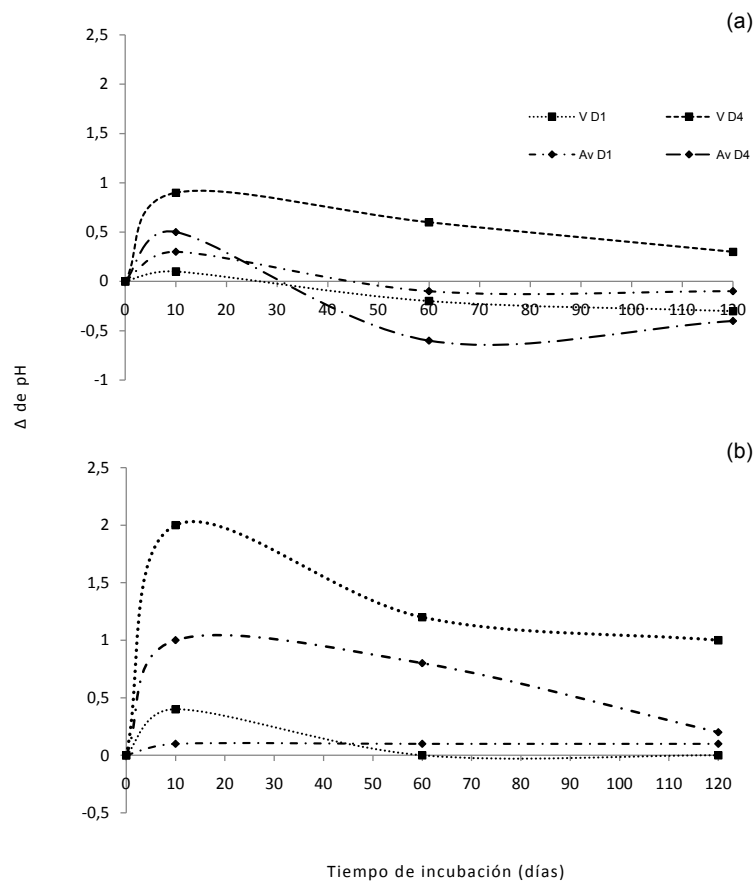


Figura 2. Cambio del pH del suelo (a) A1 y (b) C1, durante la incubación con el agregado de dos cantidades (D1 y D4) de residuo de vicia y residuo de avena (V y Av)

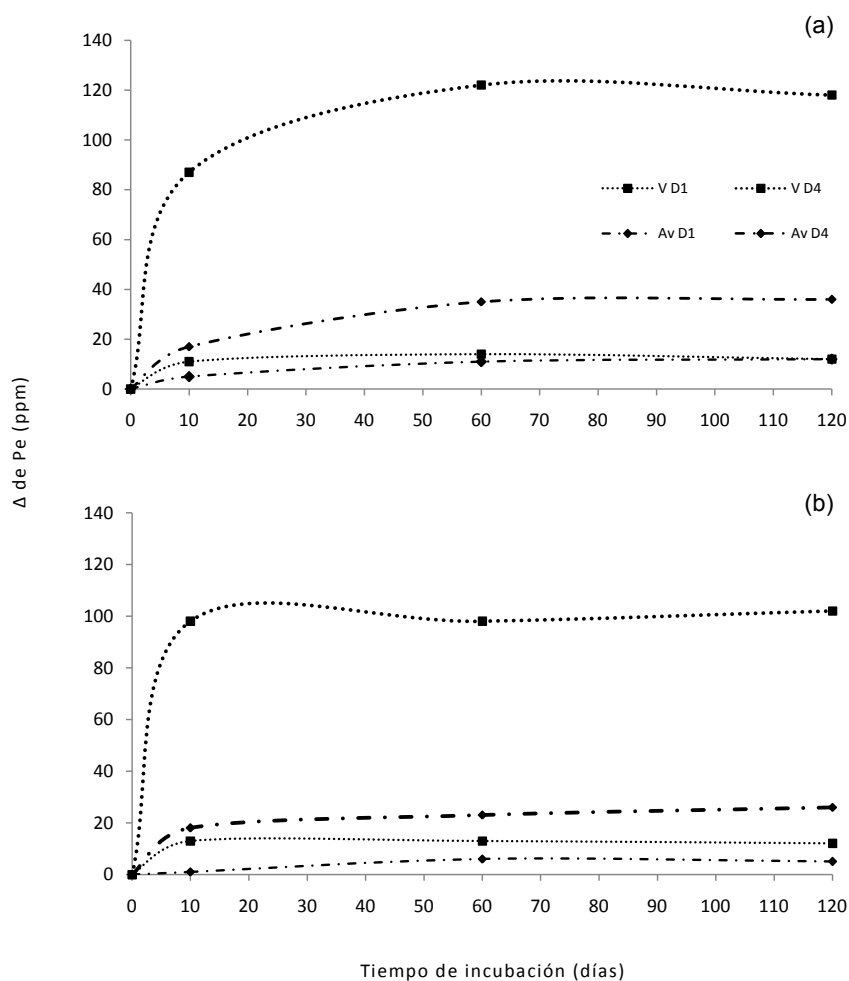


Figura 3. Cambio del Pe del suelo (a) A1 y (b) C1, durante la incubación con el agregado de dos cantidades (D1 y D4) de residuo de vicia y residuo de avena (V y Av)

Efecto de las características edáficas sobre los cambios observados

Con los datos obtenidos de los 10 suelos analizados, se realizó una regresión múltiple a fin de encontrar un modelo que permitiera describir los efectos del agregado de residuos de vicia sobre el pH y el Pe del suelo.

Los cambios iniciales observados en el pH del suelo con dosis bajas de residuo se relacionaron con el pH inicial del suelo, el C de la MO estable (COM) y particulada (COP_f) ($R^2_{aj}=0,81$). A los 60 días de incubación no se encontró significancia en ningún componente. Al finalizar la incubación, el cambio de pH se relacionó con el pH inicial del suelo y el COM ($R^2_{aj}=0,73$).

Con dosis altas, el cambio inicial en el pH del suelo se relacionó con el pH inicial y el COM ($R^2_{aj}=0,43$). A los 60 días de iniciada la experiencia, la variación en el pH se relacionó con los dos factores citados en el inicio y con el COP ($R^2_{aj}=0,80$). En la culminación de la

experiencia se determinó que tanto el pH inicial, el COM, el COP_f, como la textura (fracción fina<100) se relacionaron con el cambio de pH ($R^2_{aj}=0,93$).

Con la dosis más baja de residuos, el pH de los suelos C1, C2, C3, C5, O y Cg no cambió cumplidos los 120 días de incubación. Sin embargo, cuando se agregó la mayor dosis, el cambio de pH en cada suelo fue distinto. En C1 y C3, el pH al final de la incubación fue mayor que el pH inicial.

En los suelos A1, C4 y C6, con dosis bajas, el pH al finalizar la incubación fue menor que el pH inicial. En el caso de los dos primeros suelos, el agregado de la dosis máxima, incrementó el pH. Sin embargo, en C6 se observó también una disminución en el pH final, respecto del inicial.

En el caso de los cambios evidenciados en el Pe, no se halló un modelo que los describiera en los primeros 60 días de incubación. Sólo se encontró una relación a los 120 días de comenzada la experiencia y los parámetros asociados fueron el contenido de MO, el COM y el COP ($R^2_{aj}=0,94$). Cuando se agregó la mayor dosis de residuo, en las tres fechas de análisis se encontró una relación fuerte del cambio en el Pe con la MO y la textura.

El aumento en el Pe de los suelos con el agregado de la dosis menor de residuo, no superó los 10-15 ppm.

El agregado de residuos causó un cambio en el pH del suelo, cuya magnitud y dirección dependió de las características iniciales del suelo y de la cantidad de residuo adicionado. Las reacciones del suelo ante la descomposición del residuo fueron variables y esta variabilidad se relacionó con la capacidad de aquél de restablecer su pH.

El cambio en el Pe correspondió con la cantidad de P contenida en el residuo agregado. No obstante, por la dinámica del nutriente en el suelo sería erróneo asumir que el Pe medido en los diferentes momentos proviene sólo del residuo. Posiblemente, parte del cambio en la disponibilidad del P en el suelo se deba también a la variación observada en el pH.

Estas experiencias de incubación difieren de los sistemas reales, en los que los residuos que son dejados en superficie, quedan expuestos a pérdidas por descomposición y erosión, y por lo tanto, varían en el aporte de cationes/aniones y N. Sin embargo, exponen la posibilidad de que ocurra un cambio de pH en el suelo por el aporte de residuos de leguminosas y que éste modifique la dinámica del P en el suelo. Estos cambios se producirían en la delgada capa que se modifica en suelos bajo siembra directa y podría tener efectos acumulativos si la técnica se repitiera en el tiempo.

Conclusiones

La descomposición de los residuos de vicia modifica el pH de la capa superficial del suelo en el corto plazo y posteriormente tiende a su valor inicial. El cambio depende de la cantidad de residuos aplicados, del pH inicial y del contenido de las fracciones orgánicas. El cambio es mayor en suelos con bajo nivel de MO donde la descomposición del residuo es más rápida.

El P extraíble rápidamente aumenta con la aplicación de los residuos, manteniéndose estable en ese nivel más alto. Este incremento podría originar un cambio en los equilibrios de las formas de P al modificarse el pH del ambiente edáfico.

Sería importante tener en cuenta este efecto sobre el microambiente edáfico cuando se están evaluando estrategias de fertilización con fósforo.

Bibliografía consultada

- Galantini, J.A., Rosell, R.A., 2006. Long-term fertilization effects on soil organic matter quality and dynamics under different production systems in semiarid Pampean soils. *Soil & Till. Res.* 87: 72-79.
- Galantini, J.A., Rosell, R.A., Brunetti, G., Senesi, N., 2002. Dinámica y calidad de las fracciones orgánicas de un Haplustol durante la rotación trigo-leguminosas. *Ciencia del Suelo* 20: 17-26.
- Mengel, K., Steffens, D., 1982. Relationship between the cation/anion uptake and the release of protons by roots of red clover. *Z Pflanzenernaehr Bodenkd* 145, 229-236.
- Migliarina, A.M., Iglesias, J.O., Landriscini, M.R., Galantini, J.A., Rosell, R.A., 2000. The effects of crop rotations and fertilization on wheat productivity in the pampean semiarid region of Argentina. 1. Soil physical and chemical properties. *Soil & Till. Res.* 53, 129-135.
- Schomberg, H.H., Ford, P.B., Hargrove, W.L., 1994. Influence of crop residues on nutrient cycling and soil chemical properties. In: Unger, P.W. (Ed.), *Managing Agricultural Residues*. Lewis Publishers, Boca Raton, FL, USA, pp. 100-119
- Suñer L.G., J.A. Galantini. 2012. Fertilización fosforada en suelos cultivados con trigo de la región pampeana. *Ciencia del Suelo* 30(1) 57-66.
- Suñer L., J.A. Galantini. 2013. Dinámica de las formas del P en suelos de la región sudoeste pampeana: Estudio de la incubación con fertilizante fosfatado. *Ciencia del Suelo* 31: 33-44.
- Suñer L., R. García, J.A. Galantini, H. Forján, A. Paz González. 2018. Edaphic forms of phosphorus in no-tillage cropping sequences in the Argentine southern central Pampas. *Geoderma* 323: 107-115.
- Tang, C., Sparling, G.P., McLay, C.D.A., Raphael, C., 1999. Effect of short-term legume residue decomposition on soil acidity. *Australian Journal of Soil Research* 37, 561-573.
- Vanzolini J.I., J.A. Galantini. 2013. Cultivos de Cobertura. Cap. 10 en *Vicias: Bases agronómicas para el manejo en la Región Pampeana*. (Eds. J.P. Renzi y M.A. Cantamutto). pags. 233-250. ISBN: 978-987-521-470-5
- Vanzolini J.I.; J.A. Galantini; R. Agamennoni. 2013. Cultivos de cobertura de Vicia villosa Roth. en el valle bonaerense del Río Colorado. Cap 4 en "Contribución de los cultivos de cobertura a la sustentabilidad de los sistemas de producción", Eds. C. Álvarez; A. Quiroga; D. Santos; M. Bodrero, Ediciones INTA, págs. 21-28. ISBN 978-987-679-177-9
- Vanzolini J.I., J.A. Galantini, J.M. Martínez, L. Suñer. 2017. Changes in soil pH and phosphorus availability during decomposition of cover crop residues. *Archives of Agronomy and Soil Science* 63 (13) 1864-1874. <http://dx.doi.org/10.1080/03650340.2017.1308493>