

RITA

REVISTA DE
TECNOLOGÍA
AGROPECUARIA

TEC
NO
LO
GÍ
A
GRO
PE
CUA
RIA



INTA // Ediciones

STAFF

Editor Responsable:

Dr. (MSci) Ing. Agr. Juan Mattera

Comité Editor:

Dra. (MSci) Ing. Agr. Silvina B. Restovich
Dra. (MSci) Ing. Agr. Raquel Defacio
Dra. (MSci) Ing. Agr. Silvina M. Cabrini
Méd. Vet. Virginia Fain Binda
Ing. Agr. (MSci) Javier Elisei
Ing. Agr. (MSci) José A. Llovet
Dr. (MSci) Ing. Agr. Horacio Acciaresi

Diseño y Edición:

Lic. DG. Georgina Giannon

Colaboración Fotográfica de Portada:

Héctor Alberto Zeballos

Colaboradora de Edición:

Lic. Mónica Coronel

Director Int. EEA Pergamino:

Dr. (MSci) Ing. Horacio Acciaresi

Director del Centro Regional

Buenos Aires Norte:

Dr. Ing. Agr. Hernán Trebino

DATOS EDITORIALES

Vol. 11. N° 43

Diciembre 2023.

Pergamino, Bs. As., Argentina

ISSN Digital 2469-164X

Estación Experimental Agropecuaria
INTA Pergamino - Buenos Aires
Av. Frondizi (Ruta Prov. 32) km. 4,5
2700 - Pergamino
Tel.: 02477 439000
<http://argentina.gob.ar/inta>
rita.intapergamino@gmail.com



Instituto Nacional de
Tecnología Agropecuaria

Secretaría de Agricultura,
Ganadería y Pesca



Ministerio de Economía
Argentina

Esta publicación es propiedad del Instituto Nacional
de Tecnología Agropecuaria. RP 32, km. 4,5.
Pergamino. Buenos Aires, Argentina.

SUMARIO

5

Dispersión de semillas de Capín (*Echinochloa colona*) asociada a la germinación y crecimiento de plántulas

Gabriel Picapietra y Horacio Acciaresi.

11

Eficiencia productiva del sistema de cama profunda

Constanza Stoppani, María Suárez del Cerro, Marcos Pobliti y María José Beribe.

17

Intensificación productiva: comparación de modelos de fertilización para la región núcleo pampeana

Gustavo Ferraris, Martín Díaz Zorita y Andrés Grasso.

23

Mezclas de cultivos de cobertura y su impacto sobre la multifuncionalidad de los agroecosistemas

Silvina Restovich, Adrián Andriulo y Silvina Portela.

29

Producción de materia seca en germoplasma de agropiro alargado creciendo bajo anegamiento y sequía

Oriana Ferraro, Miranda Leguizamón, Ivana Varea, Roque Guillén y Mariela Acuña.

34

Suministro de nitrógeno en soja. ¿Fijación biológica o fertilización química?

Gustavo Ferraris y Santiago de Achaval.

41

Evolución del peso de las cosechadoras de granos ofrecidas en el mercado argentino

Javier Elisei.

45

Análisis económico de propuestas para la intensificación sostenible en el norte de Buenos Aires

Francisco Fillat, Priscila Cano y Silvina Cabrini.

51

Comparación del método de secado tradicional y ultrasecado en semillas de tres razas de maíz (*Zea mays L.*)

Mariana Fernandez, Miriam Arango y Raquel Defacio.

56

Tesis Doctoral Los cultivos de cobertura con filtros bióticos característicos en el ensamblaje de la comunidad de malezas de sistemas agrícolas extensivos

María Victoria Buratovich.

59

Tesis de Maestría Efecto de *Lactobacillus salivarius* sobre la microbiota intestinal, el estado sanitario y el desempeño productivo de cerdos en etapa de recría

Constanza Laura Stoppani.

61

Tesis de Maestría Una mirada sistémica al proceso de difusión de la información meteorológica y climática para la toma de decisiones de los productores agropecuarios en el norte de la prov. de Bs. As.

Cristián Zuchini.

63

46° Congreso Argentino de Producción Animal Innovaciones para sistemas sustentables

Omar Scheneiter.

66

IV Congreso Argentino de Malezas | ASACIM Ciencia, producción y sociedad: hacia un manejo sustentable

Gabriel Picapietra, María Buratovich y Horacio Acciaresi.

70

XXXI Congreso de AAPRESID "C, elemento de vida"

Alicia Irizar.

72

Semblanza Dr. Alfredo Cirilo

Editorial

Estimados Lectores:

Un nuevo número de la Revista de Tecnología Agropecuaria ha sido publicado y con ello nuestra Experimental sostiene y renueva el compromiso con la innovación tecnológica y el desarrollo territorial, aportando a la misión institucional y componentes estratégicos.

La permanencia de la RTA a través del compromiso y trabajo de los equipos de investigación y extensión es un claro ejemplo del acompañamiento permanente de nuestra EEA y Territorio como actor relevante en el sistema productivo de la Región.

Ello ha sido así desde la década del '90 donde ese compromiso se ha ido trasladando de una generación a otra lo que hace posible mantener nuestra Revista como instrumento que visibiliza el accionar en los distintos campos de acción de nuestra Institución.

Es importante destacar como a través de la renovación de las estructuras de gestión y equipos de trabajo, se mantiene la esencia de sostener y aportar al desarrollo territorial que se canaliza entre otros muchos medios por nuestra Revista.

Como surge de la política institucional, la RTA presenta un panorama variado de enfoques que contribuyen a la innovación tecnológica, a la generación de conocimiento, a la intervención territorial, la formación de capital humano, aspectos que son abordados en el presente número.

Es oportuno agradecer a todos los miembros de nuestra EEA que han aportado con esfuerzo y responsabilidad al sostenimiento no sólo de la Revista, si no de todo Inta Pergamino. Es gracias a ellos que nuestra Institución resulta posible y se constituye en un actor relevante del Territorio.

En el contexto de la alegría institucional que implica cada nuevo número de la RTA, existe una pátina de profunda tristeza debido al fallecimiento de nuestro querido compañero y amigo, el Dr. Alfredo Cirilo. Más allá de los innumerables aportes que Alfredo ha realizado en su desempeño profesional, es importante destacar todo su trabajo y compromiso permanente con la RTA desde los diferentes lugares que asumió con entusiasmo y genuina responsabilidad. Es momento asimismo de

destacar la calidad humana de Alfredo como así la ética y nobleza profesional que lo caracterizó. Te echaremos de menos Alfredo.

Hasta el próximo número...

Dr. (MSci.) Horacio Acciaresi

Director | EEA Inta Pergamino

04

Mezclas de cultivos de cobertura y su impacto sobre la multifuncionalidad de los agroecosistemas

SILVINA RESTOVICH^{1, *},
ADRIÁN ANDRIULO¹
Y SILVINA PORTELA¹

¹ Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Estación Experimental Agropecuaria Pergamino. Gestión Ambiental. (Argentina).
* restovich.silvina@inta.gob.ar

Este estudio demuestra que las secuencias de cultivos de verano que incorporan mezclas de cultivos de cobertura aumentan la multifuncionalidad del ecosistema y que incluir vicia en la mezcla incrementa su potencial de producción y sus beneficios al suelo, especialmente en la secuencia soja-soja.

Palabras clave: Propiedades del suelo, Rendimiento, Leguminosa.

Introducción

Los agroecosistemas actuales han disminuido la diversidad de especies de plantas, tanto espacial como temporalmente. Además, se volvieron dependientes de insumos externos, despreciando el rol de procesos edáficos como el ciclado de nutrientes, y perdieron capacidad para proveer algunos servicios ecosistémicos asociados al suelo. La inclusión de cultivos de cobertura en los sistemas de cultivos anuales puede incorporar una importante biodiversidad temporal, taxonómica y funcional (Schipanski *et al.*, 2014), mientras que proporcionan otros servicios ecosistémicos adicionales en los sistemas agrícolas, como el aumento en la calidad y el funcionamiento del suelo, ciclado de nutrientes, menor erosión, calidad del agua, regulación de plagas y productividad de los cultivos (Daryanto *et al.*, 2018).

Cada especie de cultivo de cobertura (o familia) es reconocida por prestar servicios o funciones específicas al sistema de cultivo, por ejemplo, la vicia, y las leguminosas en general, fijan biológicamente el N atmosférico, lo que permite reducir el ingreso de N a través de la fertilización inorgánica. Las gramíneas generalmente producen abundante biomasa y de lenta descomposición debido a su relación C/N relativamente alta, proporcionando mayor protección del suelo por los residuos, como también la regulación de la temperatura y la humedad del suelo. Las gramíneas también tienen raíces fibrosas con una gran cantidad de pelos radicales que actúan como una malla, mejorando la estructura del suelo. Por otro lado, las crucíferas producen raíces pivotantes que penetran las capas profundas del suelo reduciendo la compactación.

Aunque los cultivos de cobertura pueden utilizarse como una sola especie, la incorporación de mezclas de especies de cultivos de cobertura en rotación con cultivos comerciales, se propone como una estrategia emergente desde hace unos años para proveer, de forma simultánea, múltiples funciones o servicios del ecosistema a partir de los distintos atributos de las especies (Finney y Kaye 2017). En Restovich *et al.*, (2012) observamos que el rendimiento de maíz luego de la incorporación de vicia como cultivo de cobertura fue similar al uso de vicia + avena, pero el N residual a la cosecha del maíz fue menor luego de la mezcla de cultivos de cobertura. Este resultado demuestra el potencial de combinar especies para mejorar la sincronía entre la liberación de N de los residuos del cultivo de cobertura y la demanda del cultivo de cosecha. Por otro lado, también se observó dentro de las especies monoespecíficas evaluadas, que el nabo forrajero se destacó como generador de porosidad en la base del horizonte A1 y la avena como estabilizadora del sistema poroso (Restovich *et al.*, 2011). Así, los servicios reportados por estas especies utilizadas como cultivos de cobertura en el corto plazo estimularon a explorar las mezclas de estas especies en busca de combinar servicios que aumenten la sustentabilidad y la resiliencia de los agroecosistemas poco diversificados.

El objetivo de este estudio fue evaluar de forma integral los cambios en las propiedades del suelo (fracciones orgánicas y estructura) y en la productividad (biomasa de cultivos de cobertura y rendimiento del cultivo de cosecha) durante cinco años de rotación con dos mezclas de cultivos de cobertura introducidas en las secuencias soja-soja y soja-maíz. Las mezclas de cultivos de cobertura estuvieron compuestas por una gramínea (avena) y una crucífera (nabo forrajero) en presencia y ausencia de leguminosa (vicia).

Materiales y Métodos

Sitio de estudio y diseño experimental

En el año 2011 se instaló un experimento de campo en la Estación Experimental Pergamino del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) (33°51'S, 60°40'W) con dos secuencias de cultivo (soja-soja y soja-maíz) con mezclas de cultivos de cobertura bajo SD. Las especies utilizadas como cultivo de cobertura fueron: avena (*Avena sativa* L.), vicia (*Vicia villosa* L.) y nabo forrajero (*Raphanus sativus* L.), que se combinaron en dos mezclas: avena + nabo forrajero (CC1) con densidades de 80 y 20 kg ha⁻¹, respectivamente y avena + nabo forrajero + vicia (CC2) con densidades de 20, 20 y 40 kg ha⁻¹, respectivamente. Además, se incluyó un control sin cultivo de cobertura, el cual se mantuvo sin malezas utilizando control químico (3 a 4 L/ha de glifosato (principio activo al 48%)). Los tratamientos fueron: **a)** soja-CC1-soja; **b)** soja-CC2-soja; **c)** soja-barbecho-soja (control); **d)** soja-CC1-maíz; **e)** soja-CC2-maíz; y **f)** soja-barbecho-maíz (control). El diseño experimental fue en parcelas divididas con tres repeticiones (bloques). La parcela principal (30 m de largo y 15 m de ancho) correspondió a la secuencia del cultivo de cosecha y la subparcela los tratamientos con CC y al control sin CC. El tipo de suelo es un Argiudol típico (Taxonomía de suelo del USDA) de la serie Pergamino con un horizonte A franco limoso sin fase erosionada (<0,3% de pendiente) y un fuerte horizonte B argílico. El clima es templado húmedo, sin estación seca, con una temperatura media anual de 16,5 °C y una precipitación media anual de 971 mm para el período 1910-2010 (base de datos de la red agroclimatológica, INTA). La lluvia y el drenaje ocurren principalmente en otoño y primavera, y los meses de verano se caracterizan por déficits de lluvia de intensidad variable.

El cultivo de soja (*Glycine max* L.) var. DM 5.1 se sembró con un espacio entre hileras de 0,52 m y una densidad de 500.000 plantas ha⁻¹. En la rotación soja-maíz, la siembra de soja, durante el mes

de noviembre, fue en 2012, 2014 y 2016 o todos los años en la secuencia soja-soja; el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) DK 747, se sembró entre fines de septiembre y primera quincena de octubre en hileras espaciadas a 0,70 m de distancia (75.000 plantas ha⁻¹) en 2011, 2013 y 2015. Al momento de la siembra, los cultivos de cobertura y el maíz fueron fertilizados con 14,7 y 31,5 kg de P₂O₅ ha⁻¹ o 6,4 y 13,7 kg P ha⁻¹, respectivamente, utilizando como fuente el superfosfato simple de calcio, y el maíz fue fertilizado en la etapa V₅₋₆ con 32 kg de N ha⁻¹. La soja no se fertilizó con N ni con P. La vicia y la soja fueron inoculadas con *Rhizobium leguminosarum* Biovar *viciae* y *Bradyrhizobium* sp., respectivamente, inmediatamente antes de la siembra. Las fechas de secado de los cultivos de cobertura se determinaron de acuerdo con las fechas de siembra de soja y maíz y la distribución de las precipitaciones. Los cultivos de cobertura se secaron en invierno o principios de la primavera (agosto-septiembre) antes del maíz y en la primavera (octubre) cuando precedieron a la soja. Los cultivos de cobertura se secaron con 3-4 L ha⁻¹ de glifosato (48% de ingrediente activo).

Determinaciones de suelo y planta

Luego de cinco ciclos de cultivos de cobertura (abril de 2016), se extrajo una muestra de suelo disturbada y no disturbada (cilindro) de 0-5, 5-10, 10-20 y 20-30 cm de profundidad de cada subparcela para determinar la densidad aparente, la distribución del tamaño de poro, la estabilidad de agregados, carbono y nitrógeno orgánico del suelo (COS y NOS) y carbono orgánico particulado (COP). Al secado de los cultivos de cobertura, se determinó la concentración de N-NO₃ en el suelo y el contenido de agua hasta el metro de profundidad. Además, se extrajo biomasa aérea a partir de dos muestras de 0,25 m² por cada subparcela durante 5 años. El material recolectado se secó a 65 °C y se registraron los pesos de la materia seca. La producción de biomasa aérea de maíz y soja en la cosecha se obtuvieron de dos

muestras de 1 m² por cada subparcela. El material cosechado se secó a 65 °C y los granos se separaron de la materia seca y se registró ambos pesos por separado. Adicionalmente, se incluyeron cuatro variables biológicas (fosfatasa ácida, deshidrogenasa, esterases y fosfolípidos totales (PLFA)) medidas a 0-10 cm de profundidad en marzo de 2013 y 2014 (cosecha de cultivo principal). La actividad de la fosfatasa está relacionada con la mineralización bioquímica del P, la deshidrogenasa está encargada de la oxidación de los compuestos orgánicos, las esterases están implicadas en la descomposición de diferentes tejidos en el suelo y participan en la degradación de la materia orgánica y por último los PLFA es un indicador de la estructura de las comunidades microbianas.

Las variables de suelo y planta medidas en las secuencias de cultivos con y sin mezclas de cultivos de cobertura se integraron utilizando gráficos de araña

(spider plot). Para ello, los datos de 14 y 15 variables medidas, para las secuencias soja-soja y soja-maíz, respectivamente, se normalizaron en una escala de 0 a 1, bajo el criterio de "más es mejor" (Schipansky *et al.*, 2014) usando la siguiente ecuación:

$$Y_{norm} = \frac{Y_t}{Y_{mean} * 2}$$

Donde Y_{norm} es el valor normalizado de cada variable, Y_t es el valor de la variable en el momento del muestreo e Y_{mean} es el valor medio de cada variable para los tratamientos CC1, CC2 y control. En el caso del N-NO₃ en el suelo al momento de secado de los CC para los distintos tratamientos, continuando con el criterio de "más es mejor", se utilizó el valor complementario de Y_{norm} , esto quiere decir: $1 - Y_{norm}$, y se lo denominó control de la lixiviación N. Las variables elegidas constituyen algunos de los indicadores del suministro de diferentes servicios ecosistémicos prestados por el sistema suelo-planta.

Resultados y Discusión

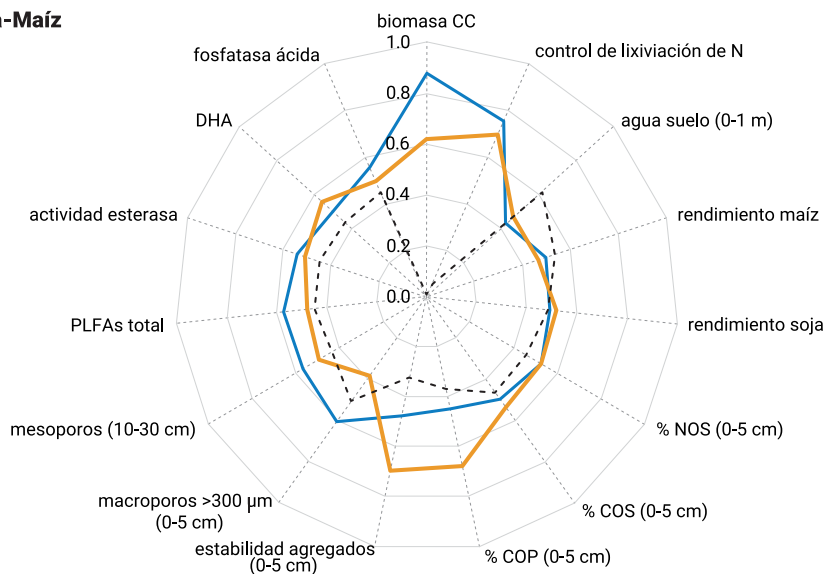
En un sistema de producción de soja-maíz o soja-soja, el aumento de las especies en las secuencias con el uso de mezclas de cultivos de cobertura tuvo moderado/alto impacto en algunas variables relacionadas con el suelo y la producción (figura 1a y b). La producción de biomasa de los cultivos de cobertura en las secuencias soja-maíz y soja-soja redujo el contenido de N mineral del suelo, al momento de secado de los cultivos de cobertura, en comparación con las mismas secuencias sin cultivo de cobertura, aumentando el control sobre la pérdida de N por lixiviación. Además, el crecimiento de los CC consumió agua del suelo pero esta reducción no impactó, excepto en algunos años secos en el cultivo de soja y maíz, sobre el rendimiento de los cultivos de cosecha. La inclusión de mezclas de cultivos de cobertura incrementó las concentraciones de las

diferentes fracciones de la materia orgánica en las dos secuencias e impactó positivamente sobre la estructura del suelo. En este sentido, si bien las dos mezclas de cultivos de cobertura incrementaron la estabilidad de agregados, la triple mezcla (CC2), fue la que produjo mayor proporción de poros conductores de agua con respecto a la mezcla de gramínea y crucífera (CC1) en los espesores de suelo más profundos. Por otro lado, la inclusión de CC1 y CC2 aumentó las concentraciones de C y N orgánico en el suelo en ambas secuencias. Las mezclas de cultivos de cobertura adicionaron distintos servicios ecosistémicos a las secuencias agrícolas simplificadas, particularmente en lo relacionado con las fracciones de la materia orgánica, la estructura del suelo, la producción de biomasa y el control de las pérdidas de N a partir de la reducción de N mineral.

No obstante, las mezclas de cultivos de cobertura mostraron comportamientos diferenciales dentro de cada secuencia agrícola. La secuencia soja-maíz con la mezcla de cultivos de cobertura que incluyó o no una leguminosa, tuvo un desempeño similar en las mejoras de las variables relacionadas con algunos servicios ecosistémicos: CC2 se destacó en la construcción de poros y producción de biomasa

mientras que CC1 en la estabilidad de agregados y la fracción lábil del C. En cambio, en la secuencia soja-soja, la mezcla de cultivos de cobertura con leguminosa tuvo un mayor impacto sobre la provisión de servicios que la mezcla de cultivos de cobertura solo con gramínea y crucifera: CC2 impactó sobre la estructura del suelo, la fracción lábil del C y la producción de biomasa.

a) Soja-Maíz



b) Soja-Soja

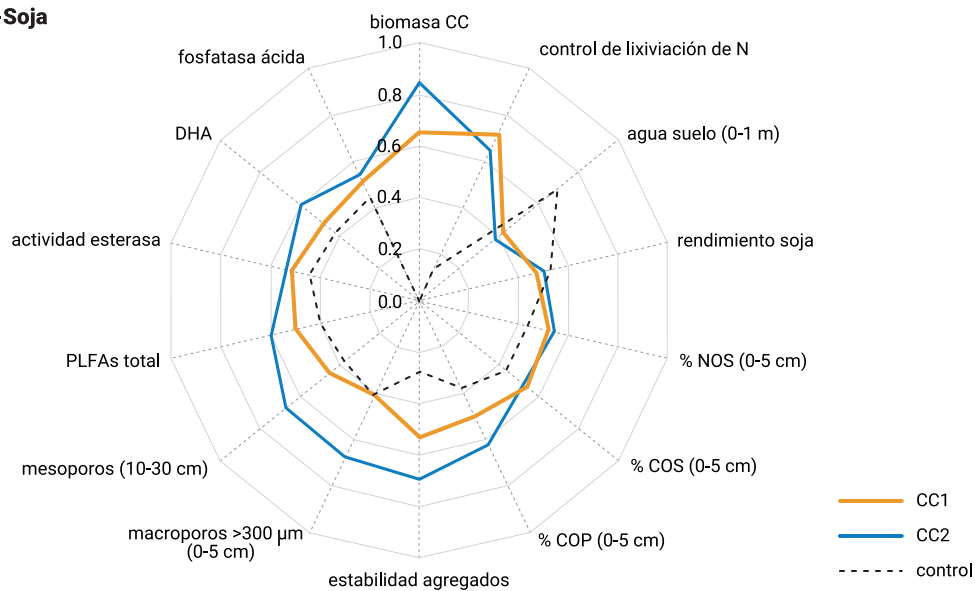


Figura 1: Análisis integral de diferentes beneficios aportados por mezclas de cultivos de cobertura en las secuencias soja-maíz y soja-soja. Estudio a lo largo de 5 años de rotación de cultivos de cosecha con y sin mezcla de cultivos de cobertura: **a) rotación soja-maíz, b) soja-soja**. CC1: avena + nabo forrajero; CC2: avena+ nabo forrajero + vicia. COS: carbono orgánico del suelo; NOS: nitrógeno orgánico del suelo; COP: carbono orgánico del suelo. *Todas las variables evaluadas presentaron diferencias significativas entre tratamientos.*

Conclusiones

En este estudio se destaca el potencial de las mezclas de cultivos de cobertura, particularmente la que incluye vicia, en adicionar e influir sobre diversos servicios ecosistémicos, en particular sobre la mejora de la estructura del suelo en profundidad, las fracciones de la materia orgánica y la producción de biomasa. En consecuencia, su inclusión, en secuencias agrícolas simplificadas y con bajas dosis de fertilización nitrogenada, contribuyen a la sustentabilidad de los sistemas de producción en el mediano plazo.

Bibliografía

Daryanto, S.; Fu, B.; Wang, L.; Jacinthe, P - A.; Zhao, W. 2018. *Quantitative synthesis on the ecosystem services of cover crops*. En: Earth-Science Reviews 185: 357-373.

<https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2018.06.013>

Finney, D. M.; Kaye, J. P. 2017. *Functional diversity in cover crop polycultures increases multifunctionality of an agricultural system*. En: Journal Appl Ecology 54:509–517.

<https://doi.org/10.1111/1365-2664.12765>

Restovich, S. B.; Andriulo, A.; Amendola, C. 2011. *Inclusion of cover crops in a soybean-corn rotation: effect on some soil properties*. En: Ciencia del Suelo (Argentina) 29:61–73

Restovich, S. B.; Andriulo, A. E.; Portela, S. I. 2012. *Introduction of cover crops in a maize-soybean rotation of the Humid Pampas: effect on nitrogen and water dynamics*. En: Field Crop Research 128:62–70. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2011.12.012>

Schipanski, M.E.; Barbercheck, M.; Douglas, M. R.; Finney, D. M.; Haider, K.; Kaye, J. P.; Kemanian, A. R.; Mortensen, D. A.; Ryan, M. R.; Tooker, J.; White, C. 2014. *A framework for evaluating ecosystem services provided by cover crops in agroecosystems*. En: Agriculture Systems 125:12–22.

<https://doi.org/10.1016/j.agsy.2013.11.004>