

LIBRO DE RESÚMENES



13 al 15 de octubre de 2021

Chaco – Región NEA, Argentina

Efecto del suelo bajo manejo orgánico y convencional sobre el rendimiento de cultivos otoño-invernales.

Jorge Ullé^{1*}; Natalia Curcio²

1. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. 2. Cámara Argentina de Bioinsumos. ulle.jorge@inta.gov.ar

Resumen

El manejo agroecológico de suelos implementado en el largo plazo puede demostrar ventajas productivas. El uso de bioinsumos puede establecer sinergias con los componentes del agroecosistema y ambos necesitan ser evaluados. El objetivo de la presente comunicación fue comparar los rendimientos (grano, G y materia seca aérea, MSA) del primer ciclo de los cultivos de triticale, trigo y arveja, entre los sistemas de producción Orgánico (RORG) y Convencional (RCONV), con consorcios microbianos (CM) y cepas específicas (CE), en una rotación agrícola del norte de la provincia de Bs As. En los tres cultivos, las relaciones planta-microbioma en RORG, acumuladas durante treinta años, permitieron mayores rendimientos en G y MSA que en RCONV, duplicando la producción de G (53 y 49%) y acrecentando la MSA en 93 y 86 % para arveja y trigo, respectivamente. En triticale, el efecto del CM sobre la MSA en RORG superó en un 77% al de CE en RCONV.

Palabras clave: sistema de producción; trigo; arveja, triticale; materia seca aérea; producción de granos.

Abstract

Agroecological soil management implemented in the long term can demonstrate productive advantages. The use of bio-inputs can establish synergies with the components of the agroecosystem and both need to be evaluated. The objective of this communication was to compare the yields (grain, G and aerial dry matter, MSA) of the first cycle of the rotation cycle of triticale, wheat, and pea crops, between the Organic (RORG) and Conventional (RCONV) production systems, with microbial consortia (MC) and specific strains (CE), in an agricultural rotation in the north of the province of Bs As. In the three crops, the plant-microbiome relationships in RORG, accumulated over thirty years, allowed a greater yields in G and MSA, than in RCONV, doubling the G production (53 and 49%) and increasing the MSA by 93 and 86% for peas and wheat, respectively. In triticale, the effect of the CM in RORG on the MSA surpassed by 77% that of CE in RCONV.

Keywords: production system; wheat; pea; triticale; aerial dry matter; grain production.

Introducción

Los sistemas de producción orgánicos constituyeron la primera alternativa o propuesta para ayudar a contrarrestar los impactos negativos de los sistemas de producción agrícola convencionales sobre el suelo. Prueba de ello, son las investigaciones llevadas a cabo por reconocidos institutos como el Rodale de EEUU (en funcionamiento desde 1940) o el FiBL de Suiza (en funcionamiento desde 1973). Los estudios experimentales de procesos edáficos, biológicos, e hidrológicos, de largo plazo, superiores a 20 años, revelan mejor las tendencias graduales, los eventos extremos y sus retroalimentaciones en un amplio rango de agroecosistemas (Morán *et al.*, 2008).

Es así que, a nivel mundial, experimentos de larga duración que comparan sistemas agrícolas, demostraron que el estado de salud del suelo aumenta en el sistema orgánico mientras disminuye en el sistema convencional (FiBL, 2000; RODALE, 2013). Más recientemente, la tendencia se focaliza en desarrollar agroecosistemas menos antropizados (bajos inputs, reducción o eliminación del laboreo), multifuncionales y en transición agroecológica. Tanto en agricultura orgánica como en la agroecológica el manejo y la salud del suelo resultan indicadores muy importantes en la construcción y mantenimiento de un suelo en equilibrio con sus propiedades físicas, químicas y biológicas (Ullé *et al.*, 2018). El sello distintivo de un sistema agroecológico es su capacidad de resiliencia, siendo el manejo ecológico del suelo uno de los pilares básicos durante el período de transición (Altieri y Nicholls, 2007).

En la región pampeana no existen ensayos de larga duración (de al menos 20 años) que incluyan al sistema orgánico en la comparación con otros sistemas de producción de tipo Convencional. Tampoco se ha evaluado la implementación de sistemas agroecológicos sobre manejos del suelo contrastantes (orgánico y convencional), acompañados o no de la aplicación de bioinsumos. El objetivo fue evaluar el efecto antecesor del sistema de producción Orgánico (RORG) y del Convencional (RCONV), con consorcios microbianos y cepas específicas, sobre los rendimientos del primer ciclo de los cultivos antecesores otoño-invernales, en una rotación agrícola del norte de la provincia de Bs As, cuyos cultivos de cosecha son triticale, trigo y arveja.

Este estudio forma parte de una experiencia más amplia que, además, analiza el impacto de dos sistemas de producción sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.

Metodología

En agosto de 2019, en la EEA INTA SAN PEDRO, sobre un sitio experimental que estuvo durante 30 años con sistemas de manejo Orgánico y Convencional, se implantó un experimento de cinco años de duración para que una misma rotación agrícola tuviera representados todos los cultivos en el mismo año y que dichos cultivos se constituyeran en antecesores del cultivo de batata. El suelo es Argiudol Vértico Serie Ramallo (INTA, 1978). Los sistemas de manejo estuvieron separados por un área buffer de 4 ha. El sistema de manejo basado en los principios de la agricultura orgánica se utilizó para fines hortícolas. La fertilidad del suelo se condujo mediante aplicaciones de compost, abonos verdes, mínima labranza para preparación de la cama de siembra y labores secundarias para el control de malezas. Por otro lado, el sistema de manejo convencional incluyó la alternancia del cultivo de batata y sorgo de escoba, seguido, mayoritariamente, por soja bajo siembra directa, con control químico de enfermedades y plagas.

El experimento se diseñó para que la rotación estuviera representada en cada uno de los sistemas mencionados (RORG y RCONV) simultáneamente. Los cultivos anuales son: avena/soja 1ra, arveja/batata, vicia/maíz, trigo/soja 2da y batata (cada uno representa 20% de la superficie total). La rotación en cada sistema se repitió en dos bloques. Cada bloque se dividió en cinco partes iguales para que representaran los cultivos antecesores, los cuales se constituyeron en tratamientos. A su vez, cada tratamiento se dividió en dos subparcelas para el estudio del efecto de bioinsumos específicos con cepas microbianas a base de *Pseudomonas fluorescens*, *Azospirillum brasilense* aplicado en semillas y *Trichoderma harzianum* en hojas (CE) y una enmienda biológica líquida con consorcios microbianos de tipo aeróbico, CM (SENASA, 2016). Las superficies de cada parcela y subparcela fueron 1000 y 500 m² respectivamente.

En 2020 se sembraron los cultivos de cobertura Triticale, y cosecha Trigo y Arveja, acompañados de los bioinsumos CE y CM. Los cultivos antecesores fueron Soja 1ra, Batata y Maíz, respectivamente. Antes de la siembra de los cultivos de ciclo otoño-invernal, cada año se aplicó, un fertilizante orgánico a base de Leonardita (ácidos húmicos a 78% de pureza) a razón de 8 kg/ha, en todo el experimento, para estimular la fertilidad edáfica de corto plazo. El triticale var. Yagan, fue sembrado a principios de junio y su ciclo fue interrumpido 5 meses después (en antesis) con desmalezadora de eje vertical. El trigo var. Klein Cien años fue sembrado el 28/06 y la arveja var. Manantiales, el 28/07. En todos los cultivos, durante la inoculación de semillas, los formulados de CM y CE fueron aplicados a razón de 1 litro y 50 cm³ cada 50 kg, respectivamente. Luego, durante los primeros 60 días, se aplicaron 2 veces en forma foliar 3 l y 1,5 l/ha, respectivamente. En RCONV se aplicaron 200 kg urea/ha y 50kg superfosfato triple/ha. Para control de malezas y enfermedades en RCONV se utilizaron herbicidas de contacto y sistémicos y funguicida en semillas y en RORG se realizó solo control mecánico de malezas.

Las variables analizadas fueron materia seca aérea (MSA) para cultivo de cobertura (este año triticale en lugar de avena) y rendimiento en grano (G) y materia seca aérea para los cultivos de trigo y arveja. Se tomaron dos muestras al azar de 1m² por cada subparcela en sitios representativos del estado del cultivo. El análisis estadístico se realizó con un diseño factorial. La fuente de variación principal fue el sistema de producción, con aleatorización de los tratamientos de cultivos antecesores dentro de cada uno de los dos

bloques. El efecto fijo del tratamiento en la subparcela estuvo dado por cada tipo de bioinsumo. Los resultados fueron analizados mediante ANOVA (SAS PROG GLM) para verificar las interacciones significativas entre sistemas de producción y bioinsumos. Luego se compararon los valores medios de rendimientos en G y MSA entre tratamientos mediante Prueba de Duncan al 5% de probabilidad.

Resultados y discusiones

Existieron diferencias altamente significativas (menores de 1%) entre los rendimientos (G y MSA) de los sistemas de producción RORG y RCONV. El tipo de bioinsumo afectó solamente la producción de triticale. Además, no existieron interacciones significativas entre el sistema de producción y el tipo de bioinsumo para G y MSA en los cultivos de triticale, trigo y arveja (Tabla 1). La producción de MSA de triticale en el RORG+CM superó a la producción de los tratamientos restantes. Lo contrario ocurrió en RCONV+CE. Las producciones de RORG+CE y RCONV+CM fueron intermedias y sin diferencias entre ellas. Los rendimientos de G en arveja y trigo difirieron entre tratamientos: RORG superó a RCONV+CE y el tipo de bioinsumo no afectó el rendimiento en ambos sistemas. La producción de MSA, tanto en arveja como en trigo, fue más elevada en RORG que en RCONV, y tampoco hubo efecto del tipo de bioinsumo en cada sistema (Tabla 2).

El efecto acumulado del sistema RORG estaría aumentando los servicios ecosistémicos prestados por el suelo, duplicando la producción de G (53 y 49%) y acrecentando la MSA en 93 y 86% para arveja y trigo, respectivamente. En triticale, el aumento de MSA fue del 28%. Esto podría deberse a la existencia de condiciones bióticas o procesos de regulación funcional fuertemente establecidos en el sistema suelo-planta a través de sus sistemas radicales, microbiota del suelo, y elevado reciclado de nutrientes dentro de RORG. Resultados similares, en ensayos de largo plazo, fueron informados por el Instituto Rodale (2013), aunque en maíz y soja NO OGM. En la Pampa Ondulada, Ortiz *et al.* (2018), reportaron rendimientos de maíz y soja orgánicos, superiores al obtenido con barbecho desnudo, con aplicación de cultivo de cobertura y compost, luego de un período de tres años de ensayo. En ambas publicaciones los mayores rendimientos fueron atribuidos a una mayor calidad de suelos en el sistema orgánico. En el sudeste bonaerense, Zamora *et al.* (2015), en módulos experimentales, informaron rendimientos de trigo con manejo agroecológico similares al trigo manejado convencionalmente, sin comparación de propiedades biológicas edáficas entre los dos sistemas. Por otro lado, en el territorio agrícola del norte bonaerense, Chavarría *et al.* (2018), sugirieron que el manejo orgánico se caracteriza por el predominio de hongos en las comunidades microbianas del suelo y por una mayor eficiencia metabólica microbiana en comparación con el manejo convencional. Sus resultados demostraron un uso más eficiente de sustratos de carbono en el sistema orgánico, lo que podría contrarrestar la falta de fertilización sintética y labranza reducida en el largo plazo, preservándose así la calidad del suelo. Sin embargo, en situaciones con elevadas estabilidad y diversidad de grupos funcionales microbianos bajo agricultura orgánica, se reporta que los procesos en la biomasa microbiana también están gobernados por bacterias capaces de transformar gran cantidad de sustratos orgánicos (Primavesi, 1964).

Los CM, en general, se caracterizan por un conjunto de grupos funcionales de amplio espectro, que aumentan la funcionalidad del suelo. En su accionar, colonizan tanto las plantas en crecimiento como el ambiente edáfico y la rizósfera (Trivedi *et al.*, 2020). En cambio, las CE actúan como promotores de crecimiento vegetal (Plant Growth-Promoting Rhizobacteria) con mecanismos endofíticos y otros en la filósfera de la planta. En el caso particular del triticale, la mayor producción de MSA con el CM podría deberse a que éste estimula un elevado crecimiento radical a nivel de la rizósfera, que se hace más evidente, cuando se interrumpe el crecimiento del cultivo en un período de actividad muy intensa. En el caso de los cultivos de cosecha, al momento de madurez fisiológica, la actividad radical es más baja

Tabla 1. Niveles de probabilidad estadística resultantes para las variables de producción analizadas por Sistema (RORG y RCONV), tipo de Bioinsumos (CE y CM) y las interacciones entre ambos. EEA INTA San Pedro 2020.

Fuente de Variación	Triticale kg MSA*/ha	Arveja Kg G**/ha	Arveja kg MSA/ha	Trigo kg G/ha	Trigo kg MSA/ha
	Pr > F				
Sistema	0.0002	0.0046	0.0001	0.0011	0.0026
Bioinsumo	0.0001	0.4622	0.6912	0.088	0.4055
Interacción Sistema*Bioinsumo	0.5108	0.9512	0.8754	0.8579	0.5032

(*) Materia Seca aérea: MSA; (**) Grano: G

Tabla 2. Comparación de los rendimientos medios en granos y biomasa seca aérea de los cultivos de Triticale, Trigo y Arveja. EEA INTA San Pedro 2020.

Fuente de Variación	Triticale kg MSA/ha	Arveja kg G**/ha	Arveja kg MSA/ha	Trigo kg G/ha	Trigo kg MSA/ha
RORG + CM	6656 a	3100 a	5400 a	2412 a	4650 a
RORG + CE	5250 b	3078 a	4900 a	2125 ab	3862 a
RCONV + CM	5562 b	2075 ab	2800 b	1700 bc	2337 b
RCONV + CE	3750 c	1975 b	2537 b	1350 c	2250 b

Sistema de producción: ORGANICO (RORG) y CONVENCIONAL (RCONV).

Tipo de BIOINSUMO: Consorcio Microbiano (CM) y Cepas Específicas (CE).

(*) Materia Seca aérea: MSA; (**) Grano: G

Letras minúsculas iguales dentro de una misma columna no significan diferencias estadísticas

Conclusiones

Las relaciones planta-microbioma en RORG, acumuladas durante treinta años, permitieron una mayor expresión de los rendimientos en G y MSA, con respecto a las desarrolladas en RCONV. En triticale, el efecto del CM sobre la MSA en RORG superó ampliamente al de CE en RCONV.

Agradecimientos

Al Dr A. Andriulo por la revisión del manuscrito, a Dra V. Barrera (PI069) por la orientación sobre Bioinsumos, a J. Piris, R. Medina, R. Barbosa, por su apoyo de equipo de campaña. A MSc. Silvina Bacigaluppo (RIST 503), a la EEA San Pedro, a los Proyectos I047 Perirurbanos, REDAE (RIST 027) y CABIO (Cámara Argentina de Bioinsumos) por su permanente apoyo y financiamiento.

Referencias bibliográficas

- Altieri, M., y Nicholls, C. 2007. Conversión agroecológica de sistemas convencionales de producción: teoría, estrategias y evaluación. Ecosistemas. 2007/1.
- Chavarría, D., Pérez-Brandan, C., Serri, D., Meriles, J., Restovich, S., Andriulo, A., Jacquelin, L., Vargas-Gil, S. Agriculture, Ecosystems and Environment 264 (2018) 1–8.
- FiBL DOSSIER. 2000. Results from a 21 years old field trial. Organic farming enhances soil fertility and biodiversity. N°1 august 2020.16 p. FiBL- Research Institute of Organic Agriculture. <https://www.researchgate.net/publication/262001933>
- INTA, 1978. Carta de suelos de la República argentina. Hoja 3360, 27 y 28 (Ramallo), 77p.

- Morán, S., Debra, P., Peters, C., Mitchel, P., McClaran, H., Nichols, M., Adams, M. Long-term data collection at USDA experimental sites for studies of ecohydrology. *Ecohydrology* Volume1, Issue4. December 2008. Pages 377-393. <https://doi.org/10.1002/eco.24>
- Ortiz, J., Faggioli, V., Gabbarini, L., Baigorria, T., Pegoraro, V., Boccolini, M., Cazorla, C. Evaluación de alternativas de manejo orgánico sobre parámetros biológicos del suelo. CAPÍTULO IV. pp 107-131. In *El suelo como reactor de los procesos de regulación funcional de los agroecosistemas*. 1a ed.– San Pedro: Ediciones INTA, 2018
- Primavesi, A.M.1964. *A Moderna agricultura intensiva VOL I. Cap I. A Biocenose do solo na producao vegetal*. pp 23-26. Ed. Pallotti, Santa María RG 1964 Brasil.
- RODALE INSTITUTE, 2013. *Farming Systems trials. Celebrating 30 years*. 13p. KuTzTown, USA
- SENASA, 2016. Listado oficial de insumos aptos para la producción orgánica. Resolución 374/16. <http://www.senasa.gob.ar/normativas/resolucion-374-2016-senasa-servicio-nacional-de-sanidad-y-calidad-agroalimentaria>
- SAS INSTITUTE INCORPORATION. *Guide for Personal Computers.Version 6 Edition SAS/STAT™*. Cary , NC. SAS Institute Inc. 1987.1028 p.
- Trivedi, P., Leach, J, Tringe, S., Sa, T. , Singh, B. Plant–microbiome interactions: from community assembly to plant health. 2020. *Nature Reviews Microbiology* volume 18, pages 607–621 (2020).
- Ullé, J.A. y Diaz, M.B. 2018. *El suelo como reactor de los procesos de regulación funcional de los agroecosistemas*. 1a ed . – San Pedro: Ediciones INTA, 2018. Colección Investigación. Libro digital, PDF 265 p. <https://inta.gob.ar/documentos/el-suelo-como-reactor-de-los-procesos-de-regulacion-funcional-de-los-agroecosistemas>
- Zamora, M., Cerdá, E., Carrasco, N., Pusineri, L., Barbera, A., Di Luca, L., Pérez, R. 2015. *Agroecología vs agricultura actual I: producción, costos directos y márgenes comparados en cultivos extensivos en el centro sur bonaerense, Argentina*. MEMORIAS DEL V CONGRESO LATINOAMERICANO DE AGROECOLOGÍA. Archivo Digital: A1-427 descarga y online ISBN 978-950-34-1265-7 480