



EDITORIAL

Inoculantes microbianos: piezas de un rompecabezas que aún requiere ser ensamblado



Microbial inoculants: Pieces of a puzzle that still needs to be assembled

Cecilia M. Creus

Editor asociado de REVISTA ARGENTINA DE MICROBIOLOGÍA, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina

Disponible en Internet el 18 de julio de 2017

La intensificación agrícola a través del uso de agroquímicos ha incrementado enormemente la capacidad productiva de los agroecosistemas. Sin embargo, también ha provocado consecuencias no deseadas, como el aumento de la contaminación ambiental y la degradación de los recursos suelo y agua.

El suelo es un recurso finito y no renovable. No obstante, mediante el uso adecuado de este recurso basado en prácticas de manejo agronómico sustentables, se puede mantener su fertilidad e incluso mejorar sus características fisicoquímicas. En este sentido, la salud del suelo dependerá de nuestras acciones.

El concepto de suelo saludable se refiere al mantenimiento continuo de su capacidad funcional como un sistema vivo, que conserva la calidad de sus componentes y promueve la salud ambiental. En esta concepción, los microorganismos adquieren un papel preponderante. Hasta se ha afirmado que la funcionalidad de un ecosistema terrestre depende de los microorganismos del suelo¹. Estos últimos constituyen una parte integral de cada ecosistema edáfico y son esenciales en su equilibrio. Solo un gramo de suelo puede contener billones de microorganismos de diferentes especies. Sus actividades metabólicas, sumadas a las de la fauna del suelo, promueven la salud de dicho recurso natural y la productividad de los cultivos⁵.

Se ha demostrado que el uso indiscriminado de agroquímicos no solo afecta a la fertilidad del suelo y contamina el ambiente, sino que también podría ejercer efectos deletéreos sobre sus poblaciones microbianas⁶.

Desde el inicio de este milenio se reconoce de forma creciente el papel que juegan los procesos biológicos en el funcionamiento del suelo y en la producción agrícola. La principal estrategia adoptada, que busca contrarrestar el efecto de la rápida pérdida de la calidad ambiental, consiste en promover la denominada «agricultura sustentable». El objetivo de la agricultura sustentable es mantener una alta producción con un descenso gradual del uso de agroquímicos, recurriendo al potencial biológico de las plantas y los microorganismos. En ese contexto, el uso de inoculantes compuestos por microorganismos benéficos, ya sean fitoestimulantes, biofertilizantes o agentes de biocontrol, constituye una estrategia tecnológica cada vez más aceptada en las prácticas agrícolas sustentables, tanto para cultivos extensivos como intensivos.

Desde una visión histórica, las capacidades metabólicas de los microorganismos se han explotado en la agricultura desde hace cientos de años, de manera empírica y sin el conocimiento que las sustenta. El uso de inoculantes en forma intencional y consciente se inició a finales del siglo XIX⁴. La aplicación de bacterias vivas vehiculizadas en un preparado en forma de inoculantes fue muy controvertida desde su inicio y lo continuará siendo en la medida en que las respuestas de los cultivos no sean completamente predecibles.

Correo electrónico: creus.cecilia@inta.gob.ar

<http://dx.doi.org/10.1016/j.ram.2017.07.001>

0325-7541/© 2017 Asociación Argentina de Microbiología. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Entre los inoculantes, se denominan biofertilizantes a aquellos que mejoran la disponibilidad de nutrientes para las plantas. Estos productos pueden propiciar el aprovechamiento de una fuente de nutrientes renovable, como sucede cuando se inocula con microorganismos fijadores de nitrógeno atmosférico, o aumentar la disponibilidad de nutrientes poco móviles del suelo, como el fósforo. En este sentido, su aplicación permite reducir el uso de fertilizantes químicos⁵.

Diferentes microorganismos del suelo se utilizan para la producción de inoculantes. Entre ellos se destacan los géneros *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Sinorhizobium*, *Mesorhizobium* y *Streptomyces*. Estos microorganismos habitan la rizósfera y promueven el crecimiento de las plantas, por tal razón se los denomina PGPR (siglas en inglés de *plant growth promoting rhizobacteria*, lo que en español se traduce como rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal).

La promoción del crecimiento vegetal surge de una variedad de mecanismos moleculares que actúan en forma aislada, secuencial o conjunta y que facilitan la adquisición de recursos por parte de las plantas a partir de los propios metabolismos microbianos. La fijación biológica del nitrógeno, la solubilización del fósforo y el aumento de la disponibilidad del hierro son algunos ejemplos. Asimismo, a través de la producción de sustancias reguladoras del crecimiento vegetal, estos microorganismos a menudo producen un incremento en el desarrollo del sistema de raíces, con el consecuente aumento en la absorción de nutrientes y agua debido a la mejor exploración del suelo⁵. Por otro lado, ciertos microorganismos pueden actuar como agentes de control biológico al suprimir patógenos de las plantas debido a la síntesis de sideróforos, antibióticos o bacteriocinas, entre otros antagonistas⁴.

Aun sin conocer precisamente la naturaleza del mecanismo de acción, se sabe que en ciertas condiciones de manejo, la aplicación de estos productos biológicos a las semillas conduce a incrementos del rendimiento de los cultivos, con un impacto moderado en la producción.

Sin embargo, los inoculantes son simples piezas en un rompecabezas conformado por el suelo y la planta, donde aún intervenimos «a oscuras». Es necesario medir el impacto ambiental en el contexto de la ecología microbiana moderna y contrastar los efectos de los diferentes productos, a fin de continuar desarrollando con éxito este cambio de paradigma, de químico a biológico.

Un análisis minucioso de los factores que afectan a la eficiencia de los productos basados en microorganismos permitirá superar las barreras que disminuyen su eficacia y que, finalmente, imponen la percepción que tienen de ellos quienes los aplican, los productores. Estos factores pueden agruparse en 4 grandes categorías que engloban distintos aspectos de este complejo escenario: a) el cultivo; b) el suelo; c) el proceso de producción del inoculante, y d) las prácticas de manejo que realiza el productor⁵.

Se debe tener en cuenta que los mecanismos involucrados en la promoción del crecimiento vegetal pueden resultar específicos para la interacción entre la planta hospedante y la cepa microbiana implicada. Además, una vez introducido en la rizósfera, el microorganismo del inoculante no solo debe competir con la microflora nativa, sino lograr una colonización adecuada de la raíz. Los efectos benéficos

derivados de su aplicación pueden diferir ampliamente en diferentes sistemas agroecológicos. El escenario se complejiza aún más debido a que todos estos factores varían con el contenido hídrico, la temperatura, los nutrientes y la estructura del suelo, entre otros componentes ambientales. Es así que las aplicaciones en la producción agrícola están aún ralentizadas y la interacción de todos estos factores conduce a resultados muchas veces impredecibles.

Por otro lado, están los factores que afectan a la adopción de la tecnología desde la perspectiva del productor, quien la evalúa y la incorpora, en última instancia, sobre la base de su eficacia.

En la Argentina, el Ministerio de Agroindustria se ha comprometido con la necesidad de fomentar la producción y el uso de insumos biológicos en agricultura, ya que entiende que tales insumos no solo constituyen una herramienta útil para mejorar la productividad agropecuaria en forma amigable con el ambiente, sino que también contribuyen al agregado de valor en origen².

Para el desarrollo y la consolidación del sector de los bioinsumos resulta necesario, primero, contar con un marco institucional que articule las necesidades del sector; segundo, promover el uso de estos productos en el marco de una agricultura sustentable; y en tercer lugar, favorecer el crecimiento y la diversificación de una oferta nacional de bioinsumos de calidad, que responda a las necesidades del sector agrícola del país².

Las oportunidades para el desarrollo de bioinsumos son numerosas y se potenciarán con acciones multidisciplinarias que valoren en forma integrada la relación microorganismo-cultivo-ámbito productivo, incluyendo programas de comunicación entre sus usuarios directos y otros actores de los medios rurales y urbanos. Cuantificar los resultados de la aplicación de los inoculantes microbianos y, principalmente, difundir información al respecto deberían ser los próximos objetivos de trabajo. La adopción de la inoculación con insumos biológicos probablemente será proporcional al profesionalismo de quienes trabajamos en esto y al nivel de conocimiento que sepamos generar y aplicar³.

En suma, los riesgos ambientales de la intensificación agrícola requieren de soluciones que atiendan a necesidades complejas e impulsen mejoras en la producción del sector agrícola de manera sustentable. Para llegar a esas soluciones es necesario un enfoque integral y superador, guiado por una visión prospectiva que considere las demandas emergentes del sector agroproductivo, sin desconocer la importancia de las bases fisiológico-moleculares de estas interacciones claves para lograr la sustentabilidad de los sistemas agrícolas.

Bibliografía

1. Blanco H, Lal L. Erosion control and soil quality. En: Blanco H, Lal L, editores. *Principles of soil conservation and management*. Springer Science and Business Media; 2008. p. 611.
2. Conte Grand D. Políticas para fomentar la producción y el uso de los bioinsumos en la República Argentina. V Jornadas Bonaerenses de Microbiología de Suelos para una Agricultura Sustentable, 2016, Libro de resúmenes, p. 30, La Plata, Argentina.
3. Diaz-Zorita M. Nuevas tecnologías en bioinsumos: oportunidades para nuevos emprendimientos en el uso y producción de inoculantes. V Jornadas Bonaerenses de Microbiología de Suelos para

- una Agricultura Sustentable, 2016, Libro de resúmenes p. 34, La Plata, Argentina.
4. Kilian M, Steiner U, Krebs B, Junge H, Schmiedeknecht G, Hain R. FZB24 *Bacillus subtilis*-mode of action of a microbial agent enhancing plant vitality. Pfl anzenschutz-Nachrichten Bayer. 2000;1:72–93.
 5. Singh DP, Singh HB, Prabha R, editores. Microbial inoculants in sustainable agricultural productivity. Vol. 2. Functional Applications. India: Springer; 2016.
 6. Youssef MMA, Eissa MFM. Biofertilizers and their role in management of plant parasitic nematodes. A review. J Biotechnol Pharm Res. 2014;5:1–6.